

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ТРИНАДЦАТЫЙ

2

1970

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. И. М. Боховкин (отв. редактор), доц. П. И. Войчаль (зам. отв. редактора), доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, проф. И. П. Донской, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. Ф. И. Коперин, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. С. И. Рахманов, доц. В. О. Самуйлло, 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 вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

Выходит 6 раз в год.

---

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2.

(Год издания тринадцатый).

---

Сдан в набор 13/III-1970 г. Подписан к печати 29/V-1970 г. Форм. бум. 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печ. л. 15,4 + 3 вкл. Физ. л. 11. Уч. изд. л. 15,87. Тираж 2270.  
Сл 02414. Заказ № 1166. Цена 1 руб.

---

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 668.445.44 : 634.0.443

О СОСТАВЕ И ТОКСИЧНОСТИ ЖИВИЦЫ СОСНЫ  
В ОЧАГАХ КОРНЕВОЙ ГУБКИ

П. А. ПОЛОЖЕНЦЕВ, Л. А. ЗОЛОТОВ, В. Г. ЛАТЫШ

(Воронежский лесотехнический институт)

В очагах корневой губки (*Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst.) сосновых культур обнаруживаются характерные биоценотические взаимоотношения между: а) деревьями и паразитирующим грибом, к которому одни из них предрасположены, другие — резистентны; б) деревьями и насекомыми, к наиболее хозяйственно вредным из которых относятся усачи, короеды, златки, долгоносики, сосновый подкорный клоп, хрущи.

Одна корневая губка не способна быстро умерщвлять деревья [9]; болезнь принимает хронический характер и может длиться много лет, завершаясь иногда выздоровлением деревьев. Но так как больные деревья обычно поражаются указанными вредителями, то они быстро погибают. Исход болезни под влиянием этого сложного патогенного комплекса во многом зависит от вида и численности вредителей, степени резистентности деревьев и от внешних условий.

В чем же причины, обуславливающие начало болезни, и на какой ее стадии деревья становятся доступными для нападения вредных насекомых? На эти вопросы, имеющие научное и практическое значение, ответы можно, очевидно, получить лишь в результате изучения физиологических изменений, наблюдающихся в деревьях в период возникновения заболевания (фомоза), а затем — инсектозов (болезней, вызываемых насекомыми). В отечественной и зарубежной литературе за последние 10—15 лет начали появляться работы, характеризующие физиологическое состояние деревьев в очагах корневой губки ([9], [6], [7], [2], [14], [11], [4], [5] и др.). Однако химический состав живицы и сока луба деревьев в очагах изучен крайне недостаточно. Настоящая работа представляет собой попытку отчасти восполнить этот пробел. В нашу задачу входило изучение химического состава скипидара, а также токсичности живицы и сока луба деревьев сосны для короедов в очагах корневой губки.

Исследования проводили в 1966—1967 гг. в культурах сосны Учебно-опытного лесхоза Воронежского ЛТИ на пробной площади (1,6 га), включающей очаги корневой губки. Возраст насаждения 45 лет, класс бонитета II, полнота 0,7—0,8 (в очагах 0,2—0,5); подрост сосны от 2 до 10 лет, редкий; почва — темно-серая лесная супесчаная. Были выбраны модельные деревья (27 шт.) следующих категорий физиологического состояния: а) здоровые (устойчивые к корневой губке); б) больные I стадии (зараженные грибом, стволы без поселений вторичных вредителей); в) больные II стадии (зараженные грибом, стволы подвергаются заражению или заселены вторичными вредителями).

При выборе деревьев учитывали состояние их корневой системы, форму кроны, цвет и размер хвои, размер прироста побегов, строение коры, наличие и характер повреждений насекомыми. После сбора образцов живицы корневую систему раскапывали на глубину 0,7—1,0 м в радиусе до 2,0 м и тщательно осматривали.

Живицу для анализа состава скипидара получали из ранок, сделанных на стволах деревьев на высоте груди высечкой диаметром 2 см. Живица стекала в герметические стеклянные канюли, а из них — в ампулы, которые затем запаивали. Применение указанной методики ([1], в нашей модификации) обеспечивало чистоту образцов и

почти полностью устраняло потери эфирных масел. Как показали последующие анализы, данная методика обеспечила сбор живицы с необычно высоким («нетипичным») по сравнению с промышленным сбором при подсочке содержанием  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена, где эфирные масла в значительных количествах теряются вследствие испарения и химических превращений под действием света и кислорода воздуха.

Собранные образцы живицы подвергали перегонке с водяным паром. Анализ химического состава полученного скипидара проводили по методу газожидкостной хроматографии на хроматографе «Пай». Размер колонки —  $1000 \times 4$  мм, наполнитель — целлит 545, неподвижная фаза — силиконовое масло, газ-носитель — аргон, скорость пропускания газа через колонку — 40 мл/мин, температура колонки 100°C. Процентное содержание компонентов рассчитывали по площади пиков, взятых с хроматограмм. Идентификацию проводили по чистым веществам, а также путем сопоставления с литературными данными ([8], [13] и др.). Основные компоненты — пинен и  $\Delta^3$ -карен идентифицированы по инфракрасным спектрам, снятым на автоматической установке марки VR-10W «Карл Цейс» (материал призм — NaCl и LiF, толщина слоя — 0,04 мм). Параллельно на этих же деревьях определяли токсичность живицы для жуков трех видов короедов: *Blastophagus piniperda* L., *Blastophagus minor* Hart., *Ips sexdentatus* Voerr.

Живицу для опытов с насекомыми получали из искусственных ран, наносимых на стволах деревьев высечкой; сок луба — путем отжатия ручным прессом (давление 60 атм) кружков луба, извлеченных высечкой. Степень токсичности определяли путем погружения активных жуков в свежевытекшую живицу или сок луба. Она характеризовалась временем «замирания» и «оживления» жуков, а также продолжительностью их последующей жизни. Для каждого вида короеда и категории состояния дерева соблюдалась 7-кратная повторность наблюдений; контролем служила дистиллированная вода.

Процентное содержание и химический состав живичного скипидара сосен в очагах корневой губки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Категории состояния деревьев		
	здоровые	больные I стадии	больные II стадии
Количество деревьев, шт. . . . .	8	10	9
Содержание скипидара в живице, %	25,3	35,2	36,1
Состав монотерпенов, %			
$\alpha$ -пинен . . . . .	43,8	60,0	68,3
камфен . . . . .	+	+	+
$\beta$ -пинен . . . . .	2,3	3,1	1,8
мирцен . . . . .	3,9	6,5	3,0
$\Delta^3$ -карен . . . . .	40,8	21,0	19,2
лимонен . . . . .	5,2	6,4	4,7
$\beta$ -фелландрен . . . . .	+	+	+
$\gamma$ -терпинен . . . . .	0,7	0,7	0,8
терпинолен . . . . .	3,3	2,3	1,2

Примечание. У здоровых деревьев и больных I стадии приведены средние за май—август содержания и состав скипидара; у больных II стадии — за период заселения короедами (апрель—июнь). Знаком плюс обозначено незначительное содержание компонента (следы).

В живичном скипидаре деревьев сосны всех категорий состояния преобладают  $\alpha$ -пинен и  $\Delta^3$ -карен, составляющие до 88,5% скипидара. Эти терпены, процент которых изменяется в зависимости от состояния деревьев, дополняют друг друга (то есть с увеличением содержания  $\alpha$ -пинена почти соответственно снижается количество  $\Delta^3$ -карена и наоборот) таким образом, что сумма средних процентов их содержания в скипидаре остается в пределах  $81 \div 88,5$  (наибольшие отклонения для отдельных деревьев находятся в пределах  $79,4 \div 89,1\%$ ).

Имевшие место индивидуальные различия в составе скипидара сосен не выходили за пределы специфических особенностей его состава по категориям состояния деревьев, что облегчило задачу обобщения результатов и позволило установить следующее.

Как видно из таблицы, в скипидаре здоровых деревьев большое количество  $\Delta^3$ -карена и относительно умеренное (по сравнению с большими) —  $\alpha$ -пинена. Примечательно, что у 60% этих деревьев  $\Delta^3$ -карена оказалось столько же или несколько больше, чем  $\alpha$ -пинена. Средние значения содержания  $\beta$ -пинена, лимонена, мирцена в скипидаре здоровых деревьев занимают промежуточные положения между таковыми у деревьев больных I стадии (большие величины) и II стадии (меньшие величины). Процент скипидара в живице здоровых деревьев значительно ниже, чем у больных.

Состав скипидара больных деревьев характеризовался повышенным количеством  $\alpha$ -пинена и резким снижением доли  $\Delta^3$ -карена.

Скипидар больных II стадии деревьев отличается наибольшим содержанием  $\alpha$ -пинена, наименьшим —  $\Delta^3$ -карена (до 5,7%). Понижается также содержание  $\beta$ -пинена, лимонена, мирцена, терпинолена.

Для деревьев, больных корневой губкой, характерно повышенное содержание скипидара.

Известно ([15], [16], [3], [10] и др.), что токсичность живицы для насекомых обуславливается свойствами некоторых терпенов ( $\alpha$ -пинена,  $\Delta^3$ -карена и др.), входящих в состав скипидара и синергически действующих в зависимости от сочетаний их концентраций в общей смеси. В последнее время установлено ([10] и др.), например, что  $\Delta^3$ -карен и лимонен наиболее активно повышают суммарную токсичность смеси терпенов, благодаря высокой окисляющей способности первого, приводящей (при взаимодействии с другими терпенами) к образованию вредных для насекомых гидроперекисей. Полученные нами результаты согласуются с этими данными. Очевидно, пониженное (в 2 раза и более) содержание  $\Delta^3$ -карена, отмеченное в живице больных II стадии деревьев, нарушает синергизм действия терпенов, что делает живицу малотоксичной, снижает ее репеллентные свойства. Аналогичная картина наблюдается в отношении лимонена. Биологическая активность  $\alpha$ -пинена в живице этих деревьев, ввиду снижения содержания  $\Delta^3$ -карена, лимонена и других терпенов, нарушения синергизма их действия, также становится низкой, он интенсивно испаряется, что делает его источником аттрактивной информации для ксилофагов ([12], [3] и др.). Полученные данные находятся в соответствии с показателями, характеризующими токсичность живицы и сока луба (по отношению к короюдам), которая оказалась у здоровых деревьев в 2,5—5 и более раз выше, чем у больных II стадии.

Наибольшей токсичностью обладала живица здоровых сосен для малого соснового лубоеда, а относительно меньшей — для шестизубчатого короюда. Наименее токсична живица больных II стадии сосен для шестизубчатого короюда и большого соснового лубоеда. Токсичность сока луба больных II стадии деревьев для шестизубчатого короюда оказалась в 2—3,5 раза меньше, чем в контроле (вода).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Е. Арбузов. Об истечении и химическом составе смол некоторых хвойных. Техничко-экономический вестник, т. V, № 8—9, 1925. [2]. Д. И. Здрайковский. К вопросу о диагностировании энтомоустойчивости сосны в очагах корневой губки. Научные записки ВЛТИ, т. XXI, Воронеж, 1960. [3]. А. С. Исаев. Роль аттрактантов в поведении стволовых вредителей. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1967. [4]. Е. И. Ладейщикова. Физиологические основы устойчивости сосны против корневой губки. Сб. «Борьба с корневой губкой в лесах Черниговской области», Киев, 1966. [5]. Е. И. Ладейщикова, А. И. Побегайло. Биохимические показатели сосны в связи с устойчивостью ее против корневой губки. Труды Харьковского СХИ, т. XXXXIII (LVI), Киев, 1966. [6]. С. Ф. Негруцкий. К патофизиологии сосны в очагах корневой губки. Сб. «Охрана природы Центрально-черноземной полосы», вып. 1, Воронеж, 1958. [7]. С. Ф. Негруцкий. Гриб *Fomitopsis annosa*

(Fr.) Band. et Sing. и патофизиология древесного растения. Материалы научной конференции по вопросам массовых размножений вредителей леса, Уфа, 1962. [8]. Г. В. Пигулевский, А. Т. Рыскальчук. Инфракрасные спектры соединений, входящих в состав эфирных масел. Растительное сырье, изд-во АН СССР, сер. V, вып. 8, М.—Л., 1961. [9]. П. А. Положенцев, Д. И. Здрайковский. О химической борьбе с вторичными вредителями в очагах корневой губки. Научные записки ВЛТИ, т. 15, Воронеж, 1956. [10]. Д. Ф. Руднев, В. П. Смелянец. Сравнительная устойчивость сосны крымской и обыкновенной к вредителям на Нижнеднепровских песках. «Зоологический журнал», т. 47, вып. 2, 1968. [11]. А. Г. Черных. Устойчивые деревья сосны в очагах корневой губки и возможности использования их в лесохозяйственной практике. Сб. «Борьба с корневой губкой в лесах Черниговской области», Киев, 1966. [12]. C. Chararas, A. Berton, J. Bregeaut. Recherches comparees sur l'attraction exercee respectivement par Cedrus libani Barr. et d'autres Coniferes vis-a-vis Phloeinus cedri Sub. sp. acatayi Schedl. C. R. Acad. Sci., v. 259, 25, 1964, 4836—4838. [13]. M. H. Kluuven. Jour. Chromatog., 7, 1962, 297—310. [14]. T. R. Peace. Pathology of Trees and Shrubs. Clarendon Press, Oxford, 1962. [15]. V. Perttunen. Reactions of two bark beetle species Hylurgops palliatus Gyll. and Hylastes ater Payk. (Col., Scolitidae) to the terpene  $\alpha$ -pinene. Annales Entomol. Fennici, Helsinki, 23 (2), 1957, 101—110. [16]. R. H. Smith. Toxicity of pine resin vapors to three species of Dendroctonus bark beetles. J. econom. Entomol., 59, 1963, 827—831.

Поступила 18 октября 1969 г.

УДК 634.0.232

## ПОДПОЛОВОГОВЫЕ КУЛЬТУРЫ ЕЛИ В СОСНЯКАХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Ю. Д. СИРОТКИН, А. Н. ПРАХОДСКИЙ

(Белорусский технологический институт)

В пределах ареала ели обыкновенной на супесчаных и суглинистых почвах часто формируются сосново-еловые фитоценозы, смешанные по составу или сложные по форме.

В центральных и особенно в западных районах Советского Союза смешанные сосново-еловые насаждения произрастают на довольно значительных площадях. В Гослесфонде БССР они занимают до 8% лесопокрытой площади, а в некоторых лесхозах Калининградской области и Литовской ССР до 17—28%.

При одинаковой полноте естественные сосново-еловые насаждения имеют запасы на 15—20%, а с искусственно созданным ярусом ели на 30—50% выше, чем чистые сосновые [6].

Еловый ярус повышает общую продуктивность сосновых насаждений только в условиях местопроизрастания, пригодных для роста и развития ели. В такие насаждения (если нет доброкачественного подроста ели и условий для его появления) желательно вводить ель во второй ярус, путем создания подпологовых культур.

Подпологовыми называют предварительные культуры, созданные под пологом спелых насаждений, поступающих в ближайшие годы в рубку главного пользования [3], [4], [2]. Идея предварительных культур принадлежит видному русскому лесоводу Ф. К. Арнольду. По исследованиям Н. И. Рубцова [5], производство предварительных культур обеспечивает повышение продуктивности лесов на 6—12% за счет сокращения времени на лесовыращивание.

Подпологовые культуры создаются в молодняках или средневозрастных древостоях. Разница в возрастах основного элемента леса (верхний ярус) и созданного искусственно под его пологом второго яруса (нижний элемент леса) должна быть таковой, чтобы к возрасту

главной рубки основного древостоя подпологовые культуры, в свою очередь, сформировали товарный древостой.

Весьма ценный опыт по созданию подпологовых культур ели в сосняках накоплен в Крестинском лесхозе Литовской ССР. Мы исследовали подпологовые культуры ели в чистых сосновых древостоях разного возраста с целью определения оптимального возраста сосняков, в котором наиболее целесообразно вводить ель под полог.

Пробные площади закладывали в смешанных и для сравнения в чистых насаждениях сосны и ели на участках в условиях местопроизрастания свежей субори — В<sub>2</sub> (мшистая серия типов леса). Почва на участках обследованных культур дерново-подзолистая, слабо- или среднеподзоленная, развивающаяся на песках связных, подстилаемых песками рыхлыми, уровень грунтовых вод от 2,0 до 3,5 м.

Культуры ели обыкновенной создавали в разные годы под пологом сосняков естественного происхождения. Посадку производили весной двухлетними сеянцами под сажальный меч в небольшие площадки или узкие плужные борозды.

В настоящее время рассматриваемые сосново-еловые насаждения имеют два яруса: первый — сосновый элемент леса, второй — еловый. Сосна от 80 до 103 лет, ель разновозрастна от 11 лет до 51 года (табл. 1).

Таблица 1

№ пробной площади	Ярус	Состав	Средний возраст, лет	Средние показатели		Число стволов на 1 га		Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup> /га		Класс бонитета	Запас при полноте каждого яруса 1,0, м <sup>3</sup> /га		Средний прирост, м <sup>3</sup> /га
				H, м	D, см	по ярусам	общее	по ярусам	общая		по ярусам	общий	
1	1	10С	81	21,2	25,8	417	5482	21,80	21,80	II	342	342	4,2
	2	10Е	11	0,47	0,61	5075		—	—	—	—	—	—
2	1	10С	80	22,4	26,2	472	2981	25,60	1,28	IV	438	9	5,5
	2	10Е	22	3,25	2,5	2509		—	—	—	—	—	0,41
3	1	10С	83	26,4	29,8	733	4349	51,44	66,01	I	456	80	5,5
	2	10Е	30	9,2	7,1	3616		14,57	—	III	80	—	2,7
4	1	10С	85	22,6	33,5	400	2180	35,35	63,87	II	393	674	4,6
	2	10Е	40	14,3	12,8	1780		28,52	—	II	281	—	7,0
5	1	10С	103	24,8	31,7	461	2807	35,90	65,00	II	372	607	3,6
	2	10Е	51	15,3	12,5	2316		29,10	—	II	235	—	4,6
6	1	10С	103	24,5	33,6	363	363	32,42	32,42	II	379	379	3,7
	2	10Е	51	17,4	14,6	2309	2309	38,16	38,16	II	318	318	6,2

Ель значительно моложе сосны и в подпологовой культуре не обгоняет в росте сосну, так как подпологовая среда не создает для этого необходимых условий, но все же рост ели соответствует ее биологическим особенностям. В простой свежей субори (В<sub>2</sub>) в раннем возрасте подпологовые культуры растут довольно медленно (IV класс бонитета), но уже во II и тем более в III классах возраста рост их усиливается (II класс бонитета), увеличивается запас древесины.

В сосново-еловых насаждениях, при разнице в возрасте сосны и ели, равной 70 и 58 годам (пробы 1 и 2), к возрасту рубки соснового элемента леса запасы елового яруса будут ничтожны (до 9 м<sup>3</sup>/га при полноте 1,0), и говорить о повышении продуктивности насаждения нет основания. В данном случае ель может быть введена под полог сосняков в виде предварительной культуры для создания впоследствии елового насаждения.

С уменьшением разницы в возрасте между сосновым древостоем и подпологовой еловой культурой увеличивается значение ели в повышении общей продуктивности сосново-еловых фитоценозов. Так, на пробной площади 5, где различие в возрастах составляет 52 года, подпологовые культуры повышают общую продуктивность смешанного древостоя на 38,7%, а при разнице в 45 лет (проба 4) на долю этих культур приходится 41,7% общего запаса смешанного древостоя.

Категория крупности деловой древесины и наименование сортиментов	Проба 1		Проб <sup>a</sup> 2		Выход
	сосна	ель	сосна	ель	
Крупная . . . . .	10,8	—	17,2	—	—
Средняя . . . . .	70,2	—	65,7	—	—
Мелкая . . . . .	19,0	—	17,1	—	100
Итого деловой . . . . .	100	—	100	—	100
					Выход
Спецсортименты . . . . .	2,3	—	2,1	—	—
Пилоочник . . . . .	44,5	—	44,0	—	—
Стройбревна . . . . .	15,8	—	15,2	—	—
Шпальник . . . . .	8,4	—	10,1	—	—
Рудстойка . . . . .	14,4	—	13,7	—	—
Балансы . . . . .	—	—	—	—	—
Жерди . . . . .	0,4	—	0,4	—	50,0
Итого деловой . . . . .	85,5	—	85,5	—	50,0
Дрова . . . . .	2,5	—	2,7	—	—
Итого ликвида . . . . .	88,0	—	88,2	—	50,0
Отходы . . . . .	12,0	—	11,8	—	50,0
Запас по породам, м <sup>3</sup> на 1 га . . . . .	342	—	438	—	9
Общий запас, м <sup>3</sup> на 1 га . . . . .	342	—		447	

Сравнивая чистые и сложные насаждения сосны и ели (табл. 1), видим, что запасы их по породам почти равны.

Таксационные показатели еловых древостоев открытых культур несколько выше, чем подпологовых, но это не умаляет целесообразности введения ели под полог древостоев.

Лесоводственная, биологическая продуктивность насаждений, характеризуемая запасами древостоев, дает лишь самое общее представление об экономической эффективности введения ели во второй ярус сосняков. Поэтому сделана экономическая оценка исследованных насаждений.

Сортиментная структура сосново-еловых древостоев приведена в табл. 2. Эти данные показывают, что в сосновых древостоях возраста 80—103 лет можно заготовить сортименты многих наименований и заметного колебания их выхода в исследованных насаждениях не наблюдается.

Совершенно иное дело с еловыми древостоями. Возраст ели колеблется от 11 до 51 года, соответственно изменяется и распределение запасов древостоев по категориям крупности и сортиментной структуре.

Если в 22-летнем еловом древостое можно получить только тонкомерные сортименты (сырье для изготовления кольев, подпорок, рукояток к ударным инструментам и т. п.), то в 40—51-летнем имеется возможность заготавливать промышленные сортименты, при этом на долю крупной и средней приходится более  $\frac{1}{3}$  деловой древесины. К возрасту рубки соснового (основного) древостоя из дополнительно выросшей еловой древесины (281 м<sup>3</sup>/га) можно заготовить около 16% пилоочника, свыше 16% строительных бревен и более 45% балансов и рудстойки (пробная площадь 4).

Это лишний раз говорит о том, что к V классу возраста соснового насаждения под его пологом может сформироваться полноценный второй ярус лишь в том случае, если подпологовые культуры ели созданы в 25—45-летнем сосняке.

Таблица 2

Проба 3		Проба 4		Проба 5		Проба 6	Проба 7
сосна	ель	сосна	ель	сосна	ель	сосна	ель
деловой древесины							
29,0	—	47,4	5,8	27,0	—	41,2	—
60,4	—	44,8	29,9	62,6	34,3	49,3	30,6
10,6	100	7,8	64,3	10,4	65,7	9,5	69,4
100	100	100	100	100	100	100	100
промышленных сортиментов							
2,5	—	2,9	0,5	2,8	—	3,5	—
43,1	—	43,5	15,7	45,5	12,4	43,5	11,3
13,3	—	12,0	16,4	14,6	—	12,6	0,3
16,5	—	20,8	0,9	15,0	—	19,8	—
9,8	8,6	6,5	20,5	8,0	21,9	7,1	22,4
—	17,5	—	23,8	—	39,5	—	42,0
0,3	47,8	—	9,6	—	11,9	—	9,7
85,5	73,9	85,7	87,4	86,0	85,0	86,5	85,7
2,9	4,3	2,4	2,9	2,5	4,6	2,0	5,9
88,4	78,2	88,1	90,3	88,5	90,3	88,5	91,6
11,6	21,8	11,9	9,7	11,5	9,7	11,5	8,4
456	8	393	281	372	235	379	318
536		674		607		379	

Об экономической эффективности выращивания сосново-еловых насаждений в суббурях мшистых можно судить по данным, представленным в табл. 3.

Таблица 3

№ пробной площади	Ярус	Порода	Возраст, лет	Запас на 1 га, м <sup>3</sup> при полноте 1,0		Таксовая стоимость 1 га древостоя с учетом продукции от рубок ухода		Себестоимость выращивания 1 га насаждения		Прибыль, руб.	Рентабельность, %
				по ярусам	общая	по ярусам	общая	по ярусам	общая		
1	1	С	81	342	342	2075,30	2075,30	154,70	345,30	1730,00	501
	2	Е	11	—	—	—	190,60	150,07			
2	1	С	80	438	447	2274,84	2289,60	150,07	325,31	1964,29	602
	2	Е	22	9	447	14,76	175,24	149,37			
3	1	С	83	456	536	2518,67	2772,00	149,37	314,06	2457,94	782
	2	Е	30	80	536	253,33	164,69	164,69			
4	1	С	85	393	674	2492,30	3288,25	149,37	300,67	2987,58	993
	2	Е	40	281	674	795,95	151,30	151,30			
5	1	С	103	372	607	2075,21	3057,71	154,70	331,76	2725,95	821
	2	Е	51	235	607	982,46	177,06	177,06			
6	1	С	103	379	379	2154,95	2154,95	154,70	154,70	2000,25	1293
	2	Е	51	318	379	1198,12	1198,12	177,06	177,06		

Денежная оценка древостоев исследованных насаждений произведена по «Прейскуранту 07—01». Для определения затрат на выращивание 1 га насаждения использована методика И. В. Воронина [1], согласно которой в насаждениях каждого яруса были выделены возрастные группы или фазы с момента создания насаждения до момента проведения исследований. Срок повторяемости рубок ухода и выбираемая масса за один уход взяты по данным Крестинского лесхоза.

Наиболее высокая прибыль получается при производстве подпологовых культур ели в 45-летнем сосняке. С увеличением возраста

реконструируемого насаждения прибыль снижается. Уровень рентабельности выращивания сложных насаждений также повышается при уменьшении различия в возрастах между сосной и елью.

Следовательно, и с экономической точки зрения для поднятия общей продуктивности насаждения целесообразно создавать подпологовые культуры ели обыкновенной в условиях свежих суборей ( $B_2$ ) в сосняках II или III классов возраста.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. В. Воронин. Организация комплексных хозяйств в лесах первой и второй групп. 1962. [2]. А. Ф. Лисенков. Лесные культуры. Изд-во «Лесная промышленность», 1965. [3]. В. В. Огиевский, И. Д. Брауде и др. Лесные культуры. Гослесбумиздат, 1949. [4]. В. В. Огневский, Н. И. Рубцов. Лесные культуры и лесные мелиорации. Изд-во «Высшая школа», 1960. [5]. Н. И. Рубцов. Выращивание лесных культур под пологом насаждений. М., 1967. [6]. И. Д. Юркевич, Ю. Д. Сироткин. Повышение продуктивности сосняков путем введения ели во второй ярус. В кн. «Повышение продуктивности лесов Западных и Центральных районов СССР», Минск, 1962.

Поступила 20 октября 1969 г.

УДК 634.052

## ТАБЛИЦЫ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ ДЛЯ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Г. СМЕРТИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

Целью нашей работы было составление местных массовых таблиц для сосны Кировской области. Для решения этой задачи было заложено 66 пробных площадей. Основным фактором, определяющим однородность условий роста, а следовательно, и принадлежность древостоев к одному естественному ряду, избран тип леса по принятой местной классификации условий местопроизрастания [2]. Пробные площади (табл. 1) охватывают наиболее распространенные в области типы леса (в лесорастительных подзонах средней и южной тайги) и все группы возраста от молодняков до перестойных, что позволило в конечном итоге составить эскизы таблиц хода роста. Закладку проб и обработку экспериментального материала осуществляли в 1966—1967 гг., согласно методическим указаниям П. В. Горского [3] и В. С. Моисеева [7].

В целях отражения действительного роста сосняков пробные площади закладывали в наиболее характерных модальных древостоях. Перечет деревьев производили по 1-, 2- и 4-сантиметровым ступеням толщины, в зависимости от величины среднего диаметра, с подразделением стволов на деловые, фаутные, дровяные и сухостойные. Путем механического отбора на пробах взято 1405 модельных деревьев разных ступеней толщины. На каждое дерево заполняли карточку таксации, вычисляли все таксационные показатели и описывали по секциям сортоопределяющие пороки древесины. Для установления выхода сортиментов и их сортности модельные деревья раскряжевывали, согласно новым ГОСТам (1967 г.), при стандартной длине бревен 5,5 м.

Обработка перечислительного материала для составления таблиц объемов стволов проведена по разрядам высот. За основу взято общеизвестное положение [4], согласно которому древостой с одними и теми же таксационными показателями ( $g$ ,  $h$  и  $f$ ) средних деревьев характеризуются одинаковыми средними объемами для отдельных ступеней толщины, независимо от возраста, полноты, класса бонитета и других признаков самих древостоев. Материалы проб уложились в девять разрядов. Далее все учетные деревья были распределены по ступеням толщины для каждого разряда высот. Окончательное корректирование шкалы высот выполнено при составлении сводных ведомостей обработанных материалов. Сводные ведомости среднеарифметических данных по ступеням толщины (диаметров, высот, видовых чисел, коэффициентов формы  $q_2$  и классов формы  $q_{2,1}$ ) составлены по каждому разряду высот.

Таблица 1

Тип леса	Класс бонитета	Классы возраста								Итого
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Сосняк майниково-брусничный . . . . .	I	2 52	2 55	2 55	1 25	1 25	1 25	—	—	9 237
	II	2 52	2 52	1 25	1 25	1 25	2 47	1 25	—	10 252
Сосняк-брусничник . . . . .	III	1 26	1 15	1 15	1 15	2 53	3 49	—	—	9 173
	I	1 26	1 26	1 29	2 46	1 15	1 15	—	—	7 157
Сосняк майниково-черничный . . . . .	II	1 15	1 26	1 15	1 16	1 16	1 22	1 23	—	7 133
	III	1 15	1 15	1 15	1 15	1 22	2 37	1 22	—	8 141
Сосняк-черничник . . . . .	I	1 25	1 15	1 15	1 15	1 24	2 34	—	—	7 128
	IV	1 13	1 28	1 14	2 34	1 23	1 26	1 26	1 21	9 185
Итого		10 224	10 232	9 183	10 191	9 203	13 255	4 96	1 21	66 1405

Примечание. В числителе число пробных площадей; в знаменателе — количество учетных деревьев.

Построение шкалы высот, на основе полученных данных, хорошо передается уравнениями логарифмических кривых типа

$$y = a + bx + c \lg x$$

и

$$y = a + b \lg x,$$

где  $y$  — средняя высота ступени толщины, м;  
 $x$  — порядковый номер ступени толщины;  
 $a, b, c$  — параметры уравнения.

После соответствующих вычислений были получены следующие уравнения для древостоев сосны Кировской области:

II разряд высот	$y = 16,19 + 0,493x + 10,9222 \lg x$
III » »	$y = 14,67 + 0,294x + 11,4248 \lg x$
IV » »	$y = 13,67 + 0,141x + 11,1751 \lg x$
V » »	$y = 12,66 + 0,101x + 9,8837 \lg x$
VI » »	$y = 8,72 + 11,701 \lg x$
VII » »	$y = 7,72 + 10,161 \lg x$
VIII » »	$y = 6,45 + 6,250 \lg x$
IX » »	$y = 5,25 + 5,065 \lg x$
X » »	$y = 4,12 + 4,651 \lg x$

Для II—V разрядов уравнения передают изменения высот с 8-сантиметровой ступени толщины, для VI и VII — с 4-сантиметровой, для VIII—X через 2 см, начиная с 4-сантиметровой ступени толщины. Цифровые значения высот, полученные по данным уравнениям, представлены в табл. 3. Путем статистической обработки фактического материала выявлены средние показатели варьирования таксационных

признаков: высоты  $h$ , видового числа  $f$ , коэффициента формы  $q_2$ , класса формы  $q_{2,1}$  по каждому разряду (табл. 2).

Таблица 2

Разряды высот	Коэффициент изменчивости таксационных признаков, %			
	$h$	$f$	$q_2$	$q_{2,1}$
II	14,8	7,1	5,7	3,6
III	15,1	8,3	6,0	3,8
IV	15,2	8,3	6,1	3,9
V	14,1	8,5	6,3	4,4
VI	17,8	9,4	6,2	4,5
VII	21,9	10,8	7,1	5,4
VIII	25,3	10,5	6,7	5,0
IX	28,9	13,6	8,5	5,2
X	31,2	16,7	11,5	7,1

Коэффициент вариации высот в древостоях сосны II—V разрядов довольно стабилен. Повышенная изменчивость высот в древостоях VII—X разрядов объясняется их разновозрастностью. То же самое можно сказать и об изменчивости видовых чисел и коэффициентов формы. Варьирование этих признаков несколько возрастает в древостоях IX—X разрядов высот. Составленные для каждого разряда высот таблицы распределения модельных деревьев подтверждают установленные закономерности изменения видовых чисел и коэффициентов формы: они уменьшаются с увеличением ступени толщины. Сводные ведомости среднеарифметических данных позволили выявить довольно выраженное изменение видовых чисел по каждому разряду высоты по ступеням толщины. Например, для 8-сантиметровой ступени изменчивость видовых чисел в абсолютном выражении колеблется от 0,489 до 0,575, для 12-сантиметровой — от 0,465 до 0,540, для 36-сантиметровой — от 0,412 до 0,468. Поэтому видовые числа были получены методом графических построений для древостоев каждого разряда. Зависимость между видовыми числами и средними высотами сосновых древостоев подчиняется уравнению

$$f = 0,407 + 1,59:H.$$

Изменение коэффициента формы  $q_2$  от высоты деревьев хорошо передается уравнением

$$q_2 = 0,636 + 1,04:H.$$

Параметры нашего уравнения очень близки к уравнению, вычисленному В. И. Левиным [5] для сосняков Европейского Севера,

$$q_2 = 0,641 + 0,908:H.$$

Анализ экспериментального материала проб позволяет сделать вывод, что при равных высотах коэффициент формы  $q_2$  не зависит от типа леса и класса бонитета.

Исследование классов формы  $q_{2,1}$  показало, что сосновые древостои Кировской области характеризуются средней формой стволов ( $q_{2,1} = 0,797$ ). Среднеарифметические  $q_{2,1}$  всех разрядов высот близки по ступеням толщины и не выходят из границ средней формы стволов (0,775—0,825). Коэффициенты изменчивости этого признака по разрядам высот (табл. 2) также близки между собой.

На основании вычисленных средних высот и видовых чисел по ступеням толщины каждого разряда составлены таблицы объемов.

Таблица 3

Ступени толщины, см	Средние высоты, м (числитель), и средние объемы, м <sup>3</sup> (знаменатель), стволов сосны по разрядам высот древостоев				
	II	III	IV	V	VI
4	—	—	—	$\frac{9,7}{0,007}$	$\frac{8,7}{0,006}$
6	—	—	$\frac{12,4}{0,018}$	$\frac{11,3}{0,017}$	$\frac{10,3}{0,016}$
8	$\frac{16,7}{0,041}$	$\frac{15,1}{0,038}$	$\frac{13,9}{0,036}$	$\frac{12,8}{0,034}$	$\frac{11,8}{0,032}$
10	$\frac{18,7}{0,071}$	$\frac{17,0}{0,066}$	$\frac{15,7}{0,062}$	$\frac{14,4}{0,058}$	$\frac{13,0}{0,054}$
12	$\frac{20,5}{0,111}$	$\frac{18,7}{0,103}$	$\frac{17,3}{0,097}$	$\frac{15,8}{0,091}$	$\frac{14,3}{0,084}$
14	$\frac{21,7}{0,158}$	$\frac{19,9}{0,147}$	$\frac{18,4}{0,139}$	$\frac{16,7}{0,129}$	$\frac{15,0}{0,118}$
16	$\frac{22,9}{0,216}$	$\frac{21,0}{0,201}$	$\frac{19,4}{0,189}$	$\frac{17,6}{0,174}$	$\frac{15,8}{0,160}$
18	$\frac{23,8}{0,282}$	$\frac{21,9}{0,263}$	$\frac{20,2}{0,247}$	$\frac{18,3}{0,227}$	$\frac{16,4}{0,207}$
20	$\frac{24,7}{0,358}$	$\frac{22,7}{0,334}$	$\frac{21,0}{0,314}$	$\frac{19,0}{0,289}$	$\frac{16,9}{0,262}$
24	$\frac{26,3}{0,540}$	$\frac{24,1}{0,501}$	$\frac{22,2}{0,470}$	$\frac{20,0}{0,429}$	$\frac{17,8}{0,389}$
28	$\frac{27,7}{0,766}$	$\frac{25,3}{0,708}$	$\frac{23,2}{0,657}$	$\frac{20,9}{0,600}$	$\frac{18,6}{0,542}$
32	$\frac{28,9}{1,029}$	$\frac{26,4}{0,951}$	$\frac{24,1}{0,880}$	$\frac{21,7}{0,803}$	$\frac{19,4}{0,725}$
36	$\frac{30,0}{1,338}$	$\frac{27,3}{1,231}$	$\frac{24,9}{1,136}$	$\frac{22,3}{1,026}$	$\frac{20,0}{0,930}$
40	$\frac{31,1}{1,693}$	$\frac{28,2}{1,553}$	$\frac{25,6}{1,422}$	$\frac{22,9}{1,284}$	$\frac{20,4}{1,154}$
44	$\frac{32,1}{2,093}$	$\frac{29,0}{1,909}$	$\frac{26,2}{1,740}$	$\frac{23,5}{1,572}$	$\frac{20,8}{1,401}$
48	$\frac{33,0}{2,545}$	$\frac{29,8}{2,314}$	$\frac{26,8}{2,096}$	$\frac{24,0}{1,890}$	—
52	$\frac{33,7}{3,028}$	$\frac{30,4}{2,744}$	$\frac{27,3}{2,482}$	—	—
56	$\frac{34,3}{3,548}$	$\frac{30,9}{3,212}$	—	—	—
60	$\frac{34,8}{4,112}$	—	—	—	—

стволов для древостоев сосны Кировской области. При расчетах использована общепринятая формула  $V = ghf$ . Вычисленные объемы стволов приведены в табл. 3 (II—VI разряды высот). Таблицы проверены по материалам переиспытательной таксации пробных площадей. Запасы проб при проверке приняты за условно истинные. Статистическая обработка материалов дала следующие результаты: систематиче-

ская ошибка равна  $+0,11\%$ , случайная  $\pm 3,16\%$ , общая для всех случаев  $\pm 0,47\%$ . Следовательно, точность общих запасов оказалась достаточно высокой и вполне приемлемой для производства.

В табл. 4 показаны результаты сопоставления объемов стволов сосны, вычисленных разными авторами. Из этого сравнения видно, что наши таблицы наиболее близки к таблицам В. И. Левина и П. В. Горского.

Таблица 4

Данные	Проценты отклонений по ступеням толщины, см								
	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Н. П. Анучина [1] . . . . .	-8,5	-4,2	+1,8	+3,1	+3,0	+4,0	+4,3	+3,7	+3,3
П. В. Горского [9] . . . . .	-3,5	+2,4	+2,0	+0,9	+1,7	+0,5	-0,2	-0,9	-3,0
В. И. Левина [5] . . . . .	-6,5	-3,6	-2,2	-2,1	-0,6	-0,2	-0,5	-0,4	-0,6
Ф. П. Моисеенко [7] . . . . .	-5,5	-1,2	+1,8	+3,1	+4,1	+4,8	+4,3	+4,2	+3,3
Д. И. Товстолеса [8] . . . . .	-5,5	-1,2	+1,8	+3,1	+4,1	+4,0	+4,3	+4,2	+3,3

Обобщая изложенное, можно сделать некоторые выводы.

1. Составленные местные таблицы объемов стволов по разрядам высот с достаточной точностью могут быть использованы для определения запасов стволовой древесины древостоев сосны (включая и молодняки) при перечислительной таксации.

2. Объемы стволов и данные выхода сортиментов раскряжеванных учетных деревьев по ступеням толщины для каждого разряда средних высот и диаметров позволяют составить сортиментно-сортные и товарные таблицы для сосновых древостоев области.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Сортиментные и товарные таблицы. Гослесбумиздат, М., 1960. [2]. Г. И. Горев. Пособие по определению типов леса Кировской области. ЦБТИ, Киров, 1964. [3]. П. В. Горский. Руководство для составления таблиц. Гослесбумиздат, М., 1962. [4]. П. В. Горский. Элементы леса и закономерности строения древостоев элементов леса. Сб. «Учет лесосырьевых ресурсов и устройство лесов» № 2, Л., 1957. [5]. В. И. Левин. Сосняки Европейского Севера. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [6]. Д. П. Логутов, Ф. П. Моисеенко. Сортиментные таблицы для таксации леса на корню. Госстройиздат УССР, Киев, 1959. [7]. В. С. Моисеев. Изучение строения и роста молодых насаждений. Сб. «Термодинамика живых систем», труды ЛТА, вып. 104, Л., 1966. [8]. Д. И. Товстолес, В. К. Захаров, Б. А. Шустов, А. В. Тюрин. Массовые таблицы для сосны, дуба, березы и осины по классам бонитета. М., 1931. [9]. Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. Справочник таксатора. Леспромиздат, М., 1965.

Поступила 8 октября 1969 г.

УДК 631.573 : 674.032.475.4

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ ПРИОКСКИХ ЛИШАЙНИКОВЫХ БОРОВ ГОРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. ВОЛКОРЕЗОВ

(Горьковский государственный университет)

Успешное развитие надземной части растений во многом определяется степенью развития корневой системы, ее мощностью и «работоспособностью».

Мы в 1963—1966 гг. в Дзержинском и Выксунском лесхозах проводили исследования корневых систем сосны приокских лишайниковых боров, приуроченных к II надпойменной террасе р. Оки. Аллювий II террасы представлен кварцевыми пес-

ками с прослойками суглинков [14], [1]. В песчаных отложениях преобладают фракции 0,25—0,1 мм (55—77%). Рельеф дюнно-грядовый. Почвы подзолистые, скрыто- и слабоподзоленные песчаные с несколькими ортзандовыми прослойками. Уровень грунтовых вод 9—13 м.

Исследования проводили на постоянных пробных площадях (0,25 га) в 60-летних сосняках III—IV классов боитета со средней полнотой 0,6. На прорах, закладывавшихся по склонам дюнных всхолмлений, определяли основные таксационные элементы и выбирали средние деревья для изучения хода роста ствола и корней. Раскопки корневых систем проводили траншейным методом с одновременным взятием почвенных монолитов [9] по обе стороны ствола на расстоянии 0,25, 1 и 2 м. Для изучения хода роста боковых и стержневого корней их рассекали на отрубки определенной длины (20 см — для стержневого; 1 м — для боковых) и делали анализ, подобный анализу ствола [10]. Всего было раскопано 28 модельных деревьев, из них 18 взято для анализа хода роста ствола и корней.

Корневая система сосны очень пластична, благодаря чему она может приспосабливаться к различным экологическим условиям. На песчаных почвах, в связи с особенностями водоснабжения и распределения запаса питательных веществ, сосна образует поверхностную корневую систему [3], [5], [6], [7], [9], [8], [11], [12], [13], [15], [16]. Наши данные подтверждают это положение.

В приокских лишайниковых борах сосна 60-летнего возраста имеет 6—10 боковых поверхностных корней длиной 7—9 м. Нередко боковые корни соседних деревьев срастаются. От поверхностных корней вертикально вниз отходят 4—6 опорных или якорных корней с диаметром у основания 5—8 см. На глубине 60—80 см эти корни, достигнув ортзандовых прослоек, заканчиваются хорошо развитой щеткой мелких корней, напоминающих по форме «метлу» или «гусиную лапу» [15].

Стержневой корень имеет коническую форму. На глубине 40—50 см он разветвляется на 3—5 корней второго порядка, которые усиленно ветвятся в области ортзандовых прослоек. Ветвление корней часто сопровождается их срастанием. Некоторые корни проходят через ортзанд, и их ростовые окончания отмечены на глубине 150 см. Мы наблюдали случаи полного отсутствия стержневого корня, функцию которого выполняли якорные корни. Существует некоторая взаимосвязь

Таблица 1

Почвенный горизонт Мощность, см	Глубина залегания слоев почвы, см	Сухой вес корней в 500 см <sup>3</sup> почвы, г		
		крупных	мелких	итого
$\frac{A_1 A_2}{0-9}$	0—9	146,9	6,41	153,31
$\frac{B_1}{9-40}$	9—19	81,35	21,17	102,52
	19—29	48,75	5,82	54,57
	29—39	31,15	4,32	35,47
$\frac{B_2}{40-80}$	39—49	28,17	3,75	31,92
	49—59	25,65	5,45	31,1
	59—69	45,31	13,6	58,91
	(ортзанд) 69—79	29,31	8,7	38,01
	(ортзанд)			
$\frac{C}{80-150}$	79—99	14,57	—	14,57
	99—119	5,6	1,7	7,3
Всего . . .		454,36	73,32	527,68

между распределением массы корней и генетическими почвенными горизонтами (средние данные по 18 траншеям) — табл. 1.

Как показывают данные таблицы, основную массу (86%) составляют крупные проводящие корни, физиологически активная часть корневой системы развита значительно слабее (14%). Наибольшее количество корней сосредоточено в верхнем 30-сантиметровом слое почвы. В горизонте В<sub>2</sub> масса крупных корней уменьшается до 18,9%, мелких — повышается до 6,01%. Увеличение массы корней здесь приурочено к ортзандовым прослойкам. На верхней границе первой, более мощной (60 см), прослойки масса мелких корней больше, чем в вышележащих слоях почвы. В местах, где первая прослойка прерывается, часть корней проходит через нее и ветвится по верхней границе второй. Однако здесь корней меньше.

Анализ механического состава прослоек показал, что в них частиц диаметром 0,01 мм в 3 с лишним раза больше, чем в вышележащих слоях почвы. Соответственно, в прослойках отмечена и большая влажность, которая, по нашим данным, составляет 7,3—7,8%, в то время как в окружающих слоях 3,2—3,7%. Кроме того, ортзанд содержит больше окислов фосфора и калия: 5—10,5 мг-экв калия и 2,5—5,0 мг-экв фосфора. В окружающих слоях почвы содержание этих окислов соответственно уменьшается до 1,5 и 1,8 мг-экв. Следовательно, накопление массы корней в ортзандовых прослойках можно объяснить увеличением запаса питательных веществ и влажности почвы.

В формировании корневой системы сосны мы выделили два периода [2], которые характеризуются различной интенсивностью роста стержневого и боковых корней (табл. 2).

Таблица 2

Возраст, лет	Высота ствола, м	Длина стержневого корня, см	Длина боковых корней, м
5	0,7	12,3 ± 0,83	0,26 ± 0,005
10	2,6	27,6 ± 1,0	0,80 ± 0,02
15	4,0	39,2 ± 1,0	
20	6,2	50,6 ± 1,2	1,93 ± 0,05
25	7,7	58,5 ± 0,9	
30	9,6	63,6 ± 0,98	4,08 ± 0,07
35	10,9	68,0 ± 0,9	
40	12,3	69,9 ± 1,5	6,3 ± 0,04
45	13,5	72,4 ± 1,5	
50	14,3	73,5 ± 2,37	7,84 ± 0,16
55	14,9	77,3 ± 2,09	
60	16,2	79,9 ± 2,41	8,89 ± 0,04

Первый период продолжительностью до 25 лет характеризуется усиленным ростом корней в глубину и в стороны. С 3—4-летнего возраста происходит явная дифференциация корней на стержневой и боковые. В дальнейшем интенсивно нарастает стержневой корень, который к 25 годам имеет длину 58,5 см, то есть достигает уровня первой ортзандовой прослойки. Боковые поверхностные корни в количестве 6—8 в этот период растут более интенсивно, чем стержневой, и к 20 годам имеют длину до 2 м. Второй период в развитии корневой системы начинается с 25 лет. К этому времени рост стержневого корня в длину резко замедляется, наблюдается его усиленное ветвление в области ортзандовых прослоек, а дальнейшее нарастание идет по диаметру. Боковые корни во втором периоде растут интенсивнее, чем в первом, особенно до 40 лет. В последующие годы он значительно сни-

жается. В течение второго периода формируются 3—5 якорных корней, которые так же, как и стержневой корень, ветвятся в области ортзандовых прослоек. Нами установлено, что якорные корни в большинстве случаев формируются с 25—30 лет. Опорные корни придают сосне большую ветроустойчивость и в то же время улучшают водоснабжение и минеральное питание.

Усиленный прирост ствола в высоту совпадает с периодами интенсивного роста корней (табл. 2). Наибольший прирост ствола в высоту (фаза жердняка) соответствует максимуму потребности растения в зольных веществах [4]. Для того чтобы растение могло получить значительное количество воды и минеральной пищи, ему необходимо иметь достаточную площадь питания. Прежде всего, это достигается интенсивным ростом и ветвлением стержневого и боковых корней, сопровождающихся энергичным новообразованием и нарастанием всасывающих корней как наиболее важной части корневой системы. Наиболее энергичное нарастание корней происходит в молодом возрасте [9]. С увеличением возраста, в нашем случае с 40 лет, интенсивность роста корней сокращается, что вызывает снижение прироста ствола.

В связи с этим можно считать, что одной из причин усиленного роста ствола в высоту в фазе жердняка является энергичный рост, ветвление и новообразование ростовых и всасывающих корней.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Асеев. Палеогеография долины средней и нижней Оки в четвертичный период. Изд. АН СССР, 1959. [2]. В. И. Волкорезов. О формировании корневой системы сосны на приокских песках Дзержинского лесхоза Горьковской области. Рефераты докладов IV научной конференции ученых биологов. МГУ, 1966. [3]. О. Г. Каппер. Хвойные породы. Гослесбуиздат, 1954. [4]. Г. Ф. Морозов. Учение о лесе. М.—Л., 1928. [5]. Г. Ф. Морозов. Очерки по лесокультурному делу. М.—Л., 1930. [6]. Г. Ф. Морозов. Опыт над влиянием корневой системы на влажность почвы под ней. «Лесной журнал», вып. 6, 1916. [7]. В. В. Огиевский. Влияние условий местопроизрастания на строение корневых систем в 17—20-летних культурах сосны (*Pinus silvestris* L.) Ленинградской области. «Ботанический журнал», т. 43, № 11, 1958. [8]. А. В. Патракин. Некоторые особенности в строении корневых систем сосны в борových типах условий местопроизрастания Вологодской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1958. [9]. И. Н. Рахтеенко. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск, 1963. [10]. П. Н. Сергеев. Лесная таксация. Гослесбуиздат, 1947. [11]. А. П. Тольский. К вопросу о влиянии типа почвы на строение корней сосны. Труды опытного лесничества, вып. 2, 1904. [12]. А. П. Тольский. Материалы по изучению формы и развития корней сосны и других древесных пород. Труды опытного лесничества, вып. 3, 1905. [13]. А. П. Тольский. Материалы по изучению строения и развития корней у отдельных сосен и в насаждениях Бузулукского бора. Труды по лесному опытному делу в России, вып. XXXII, 1911. [14]. А. С. Фатьянов. Геология и рельеф Балахнинской низменности. Труды Горьковского государственного педагогического института, т. 11, Географический сборник, Горький, 1947. [15]. А. П. Шиманюк. Развитие корневых систем на борových почвах Подмосковья в связи с особенностями ортзандовых прослоек. ДАН СССР, т. XVI, № 4, 1948. [16]. А. П. Шиманюк. Строение корневых систем сосны в лесах Подмосковья. Труды Института-леса АН СССР, 1950.

Поступила 8 сентября 1969 г.

УДК 634.0.5

## О ПОКАЗАТЕЛЯХ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСА

Г. С. РАЗИН

(Марийский политехнический институт)

В журнале «Лесное хозяйство» № 2 за 1967 год была опубликована статья доц. В. А. Бугаева, являющаяся попыткой методической разработки укрупненных показателей продуктивности на примере лесхозов Воронежской области. В порядке обсуждения основных моментов данной статьи представляется целесообразным высказать следующие соображения.

В табл. 1 автор дает расчет валового запаса на 1 га сосновых насаждений по классам возраста. Принципиально валовой запас, представляющий общее количество древесины, произведенное древостоем за всю предыдущую жизнь, должен включать, кроме указанного в табл. 1, еще и запас древесины корней как наличного древостоля, так и отпада (5—15%), а также объем сучьев в отпаде (10—20%). Иначе валовой запас в целом систематически занижается на 10—15%. Для установления «среднеобластных» величин валового запаса при таком методическом подходе расчеты следует вести не по лесхозам, а в целом по хозчасти области.

В. А. Бугаев ошибочно утверждает, что в качестве основного показателя продуктивности насаждений им был принят средний валовой прирост в возрасте технической спелости. Фактически же за критерий продуктивности он принимает просто величину среднего прироста валового запаса (табл. 3), безотносительно к какому-либо определенному возрасту хозсекций.

Далее В. А. Бугаев пишет, что на основании приведенной шкалы все спелые насаждения были распределены по классам продуктивности (табл. 4). Во-первых, необходимо классифицировать не только спелые древостои, но и все другие. Для этого может быть принята единая статическая шкала, не связанная с возрастом спелости, или же, наоборот, единая динамическая шкала, связанная со всеми возрастными, подобная бонитетной шкале. Динамическая шкала представляется более приемлемой, но тоже имеет недостатки. Во-вторых, автор установил один класс продуктивности для всех спелых древостоев отдельных секций, то есть допустил обезличивание древостоев или сделал оценку хозсекций в целом, а не древостоев. Разве правильно предполагать, что все спелые древостои, например, сосновой хозсекции, относятся обязательно к I классу продуктивности (по шкале автора), в то время как их класс бонитета может быть Ia, I, II, а полнота от 0,6 до 0,9? Конечно нет, ибо они различаются по величине среднего прироста в 1,5—2 раза. В этом случае оказывается недостаточным принятое число классов продуктивности.

Продуктивность насаждений (даже по производству древесины) не может быть оценена по подобной шкале, ибо ценность 1 м<sup>3</sup> валового запаса разных пород и даже одной и той же породы в разные возрасты различна; нельзя относить к одному классу продуктивности дуб и сосну, если даже они имеют одинаковые средние приросты дре-

веса. Обоснованная оценка продуктивности должна осуществляться в условных кубометрах (приведенных через переводные коэффициенты — по методу Е. А. Судачкова) или, еще лучше, в денежном выражении. Таким образом, мы сталкиваемся с проблемой: что следует называть продуктивностью насаждений и лесов и какой критерий следует принимать для ее оценки. Коротко по данному вопросу можно сказать следующее.

Из приведенного выше уже частично видно, что валовой запас и средний прирост валового запаса непосредственно, в натуральных единицах, не могут служить показателем продуктивности. Да и не к чему переиначивать давно установившиеся в лесоводственной науке понятия. Ведь всем известно, что существующий в экономике термин «валовая продуктивность» с давних пор (узаконен он и «Лесохозяйственным словарем») известен как «общая (или общая валовая) производительность».

Понятие продуктивности характеризует изучаемый объект по фактической способности создания всевозможных видов продукции и полезностей. Для суждения о продуктивности объекта в целом должны быть перечислены все получаемые от него виды продукции и полезности в натуральных размерах с указанием их качеств. Однако единицы измерения (или критерий) продуктивности могут иметь только стоимостное выражение (в рублях), иначе невозможно оценить в целом сложный объект и сопоставить его с другими по продуктивности. Продуктивность необходимо выражать как в неизменных (для изучения динамики продуктивности), так и в действующих ценах.

Следует остановиться на главной ошибке основного положения статьи В. А. Бугаева. Здесь, по-прежнему, предлагается использовать в качестве показателя продуктивности леса валовой запас или средний прирост валового запаса. Автор в конце статьи пишет, что «показатели валового запаса на данный момент и особенно на будущие годы вскрывают потенциальные возможности повышения продуктивности лесов, использование которых должно являться главной задачей лесохозяйственной деятельности и всего лесоустроительного проектирования». Однако в этом заключительном предложении тоже имеется неясность.

Очевидно, для того чтобы судить о динамике продуктивности лесов, необходимо научиться определять ее величину за прошлые годы (20—40 лет) и на будущее (10—20—40 лет) по 5- или 10-летним периодам. Но все дело в том, что, используя показатели валового запаса непосредственно и среднего прироста валового запаса, нельзя характеризовать динамику продуктивности по отдельным коротким периодам (по 5- 10- 20-летним), а тем более на какой-то данный момент. Во-первых, валовой запас показывает запас всей древесины, нарощенной за весь прошедший период жизни лесов или его частей — обычно за период 40—100 лет и более (кроме отдельных классов и насаждений). Поэтому непосредственно по величине вычисленного валового запаса нельзя сказать ничего определенного о продуктивности (вернее, производительности) за прошлое десятилетие, на текущий год и на будущее десятилетие. Например, валовой запас на 1 га сосновых насаждений Воронежской области (по данным автора) в V классе возраста составляет в среднем 641 м<sup>3</sup>. Однако это еще не значит, что в данный момент продуктивность 1 га равна 641 м<sup>3</sup>. Значительной части этого запаса (200—220 м<sup>3</sup>) уже давно (20—30 лет) не существует (в результате отпада и разложения). В данном случае можно говорить только о том, что в среднем каждый 1 га сосновых насаждений за прошедшие 100 лет произвел 641 м<sup>3</sup> всей древесины в коре.

Во-вторых, средний прирост валового запаса показывает величину годового прироста валового запаса лишь в среднем за весь прошлый длительный период (50—70—90 и т. д. лет). Но по этой величине нельзя ничего сказать о фактической производительности за прошлое десятилетие, за данный год и на будущий год. Так зачем же тогда предлагать такие показатели в качестве основного критерия продуктивности? Кого могут удовлетворить подобные средние показатели только за такие длительные прошедшие периоды? Странно то, что подобные предположения выдвигают именно экономисты. А что бы сказали экономисты промышленных предприятий (или сельского хозяйства), если бы им предложили судить о работе предприятия или хозяйства по средним данным за весь период существования предприятия (30—50—100 лет), а не по данным текущего периода (5—10 лет) или года. Длительность процесса производства в лесном хозяйстве не дает основания и даже повода пользоваться только средними данными за слишком продолжительные периоды, тем более тогда, когда есть все возможности использовать средние показатели за 10-летия или 5-летия.

Не только наука, но и практика не может удовлетвориться анализом продуктивности лесов на основании предлагаемых показателей. Наиболее приемлемым критерием производительности (валовой продуктивности) лесов является текущий периодический (или средний периодический) прирост валового запаса или общей валовой производительности. Например, анализируя данные В. А. Бугаева, можно сказать, что в среднем для всей сосновой хозсекции Воронежской области средний периодический (текущий) прирост валового запаса за прошедшее 10-летие по классам возраста составлял ( $m^3/га$ ):

Средний периодический прирост (за последнее 10-летие)	I	II	III	IV	V
Общий средний прирост (по В. А. Бугаеву)	2,7	6,8	8,8	6,2	8,6
% расхождения	3,8	5,9	7,1	6,8	5,9
	+33,3	-13,2	-19,3	+9,7	-31,3

Сопоставление показывает, что данные В. А. Бугаева отличаются от действительных на  $\pm 10-33\%$ . Если по В. А. Бугаеву древостои V класса возраста явно не производительны, то фактически (если верить данным автора) они дают большой текущий прирост валового запаса. К тому же это прирост в основном средних и крупных сортиментов. В таком случае ставится под вопрос и возраст спелости.

При использовании величины текущего прироста для оценки производительности лесов с достаточной точностью можно сказать и о приросте в будущем, и о вероятной величине будущего отпада, который должен быть использован в целях увеличения эффективной продуктивности лесов.

В последние годы вновь составлены таблицы текущих приростов запасов стволовой древесины по многим лесорастительным зонам. На основании этих таблиц легко можно определить и наиболее вероятные величины текущего прироста валового запаса. Применение же для этих целей обобщенных формул (по методике П. В. Васильева, Т. А. Куликовой и В. А. Бугаева) приводит к погрешностям, доходящим для отдельных хозяйственных секций до  $\pm 30\%$ .

УДК 634.0.221.04

## ПРИРОСТ И ОТПАД ПРИ ВЫБОРОЧНЫХ РУБКАХ В СОСНЯКАХ КАРЕЛИИ

*В. Н. ВАЛЯЕВ*

(Петрозаводский государственный университет)

*Н. И. РЯБИНИН*

(Карельская контора «Леспроект»)

*Г. Л. ЯИЧНИКОВ*

(Карельская экспедиция «Союзгипролесхоз»)

Современная практика сплошных концентрированных рубок имеет ряд общеизвестных крупных недостатков. В связи с этим часть специалистов лесного хозяйства высказывается за широкое применение добровольно выборочных и постепенных рубок в лесах Севера. Лесоводы имеют значительный опыт ведения таких рубок в ельниках. Влияние же их на рост и развитие сосняков изучено значительно меньше.

В 1964—1966 гг. мы на 20 пробных площадях\* исследовали сосняки-черничники и брусничники, пройденные подневольно выборочными рубками в 1931—1935 гг. и в 1941 г. Влияние различных факторов, связанных с рубкой, нашло полное отражение в структуре и характере насаждений. Их современное состояние дает основание для выводов о возможной интенсивности рубки, устойчивости насаждений разной возрастной структуры, процессах отпада и восстановления запаса.

На пробных площадях, кроме обычных перечетов по элементам леса, были проведены перечеты пней по 2-сантиметровым ступеням толщины на высоте 20—25 см от шейки корня. Валежник и сухостой по ряду признаков (степень разложения древесины, положение относительно порубочных остатков и т. п.) были разделены на две группы по времени образования: до рубки и после рубки.

Для изучения прироста по диаметру и высоте отдельных элементов леса на каждой пробе методом механического отбора было срублено и проанализировано от 15 до 30 модельных деревьев.

Обработка этих материалов позволила восстановить картину состояния насаждения на год рубки, определить интенсивность рубки, изучить процессы роста и развития отдельных поколений, обусловленные нарушением сложившейся экологической обстановки.

Смысл добровольно выборочной рубки заключается в том, чтобы возместить потери древостоя от рубки в течение определенного периода времени, благодаря усиленному приросту оставшихся на корню деревьев.

Таблица 1

Возраст древостоя при рубке, лет . . . . .	100	120	140	160	180	210
Накопление запаса, %	70	+35	+30	-10	-25	-50
Отпад, % . . . . .	—	5	8	30	35	50

\* Изучены сосняки Кондопожского, Медвежьегорского и Ругозерского лесхозов КАССР.

В табл. 1 приведены данные о зависимости между возрастом основных (преобладающих в насаждении) древостоев сосны в момент рубки и увеличением запаса и отпадом за истекший 30-летний период при интенсивности рубки 35—45%.

Материалы таблицы говорят о том, что выборочная рубка возможна лишь в тех сосняках, где возраст основного поколения не превышает 150 лет. Отпад (за 25—30 лет) оставшейся на корню части древостоя составляет 8—12% запаса (5—8% запаса до рубки), независимо от того, выбираются ли из насаждения перестойные стволы или вырубаются 35—45% запаса, представленного крупномерными 100—150-летними стволами. Нормы естественного отпада примерно такие же.

Если выборочной рубкой оказываются затронутыми древостой в возрасте 160 лет и более, то в ближайшие 5—8 лет в виде сухостоя и валежника выпадает 15—30% имевшегося до рубки запаса. Практически это означает, что, изъяв выборочными рубками 35—45% запаса (и примерно такую же часть стволов) в насаждениях IX класса возраста и выше, мы обрекаем на гибель половину оставшихся на корню деревьев.

Анализ материалов пробных площадей говорит о том, что в древостой старше 150 лет нет никакой компенсации отпада, связанной с увеличением прироста осветленных деревьев. К этому возрасту в сосняках выживают лишь те деревья, которые в течение длительного времени были обеспечены необходимым минимумом почвенного и светового питания. Полнота таких насаждений 0,5—0,7, а сомкнутость полога верхнего яруса еще ниже. Поэтому их изреживание не только не улучшает экологической обстановки для древостоев высоковозрастных поколений [5], но существенно ухудшает ее, подвергая последние усиленному воздействию ветра. Следствие этого — раскачивание деревьев, обрывы корней, а отсюда усыхание и ветровал. Это явление зафиксировано в насаждениях, интенсивность рубки которых 25% и выше. При этом не обнаружено заметной разницы в процессах прироста и отпада сосняков-черничников и брусничников.

Таким образом, в поколениях, близких к возрасту естественной спелости, а тем более перешагнувших эту грань (200—220 лет), выборочная рубка вызывает усиленное отмирание древостоев.

Иная картина наблюдается в древостоях 80—100-летнего возраста. При вырубке в разновозрастном насаждении стволов старших поколений, а также крупных стволов молодых поколений осветленная тонкомерная часть древостоев через 3—5 лет после рубки увеличивает прирост по диаметру и высоте в 2—4 раза. За истекшие 30 лет запас этих древостоев повысился в 2—2,5 раза.

При анализе моделей выяснилось, что наиболее отзывчивы к осветлению деревья центральных ступеней толщины, обладающие достаточно мощным ассимиляционным аппаратом, готовым воспринять дополнительную дозу освещения. Период приспособляемости к изменившейся среде у них короче, чем у тонкомера, и именно они в дальнейшем образуют основную часть запаса.

Выяснилось также, что молодые поколения сосны, находившиеся в момент рубки во втором ярусе, прирастают несколько энергичнее, чем древостой поколений того же возраста, но находившиеся в первом ярусе.

Осветленная ель молодых поколений на суглинистых почвах в целом растет не хуже сосны, но на супесчаных и песчаных почвах отмирает более высокий прирост сосны по всем таксационным показателям.

По нашим наблюдениям прирост молодых поколений при изреживании верхнего яруса от 20 до 45% (по запасу) практически оказывается одним и тем же. При изреживании свыше 50% прирост возрастает, но период приспособляемости к новым условиям оказывается более длительным.

Анализ динамики запасов на пробных площадях показал, что при выборочной рубке интенсивностью 35—45% (45—80 м<sup>3</sup>/га) за 30-летний период запас восстановился лишь в тех насаждениях, где после рубки сохранилось 200—400 жизнеспособных экземпляров тонкомера сосны или ели в возрасте 70—110 лет, подкрепленных резервом из крупного жизнеспособного подроста в количестве не менее 1000 шт. на 1 га. Часть подроста вышла во второй ярус и приняла активное участие в образовании запаса.

Специально проведенные нами исследования возрастной структуры сосняков Карелии показали, что этому требованию удовлетворяет не более 1/3 сосняков-черничников и брусничников V класса возраста и старше.

Так, например, в Воломском лесхозе, где таксация сосняков выполнена по элементам леса в соответствии с требованиями лесоустроительной Инструкции 1964 г., выявлена следующая картина соотношения запасов поколений в насаждениях с полнотой 0,5 и выше (табл. 2).

Таблица 2

Категория насаждений	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	Соотношение запасов, %, по возрастным поколениям сосны и ели, лет					Итого
		до 40	50—90	100—120	120—160	старше 160	
Молодняки . . . . .	35,6	83,8	16,2	—	—	—	100
Средневозрастные . . . . .	115,9	—	88,9	1,0	1,4	8,7	100
Приспевающие . . . . .	86,7	—	0,4	84,4	0,5	14,7	100
Спелые и перестойные . . . . .	1548,3	—	2,4	1,6	41,0	55,0	100

Из таблицы следует, что лишь незначительная часть спелых и перестойных сосняков содержит существенную примесь молодых поколений и может служить базой для ведения выборочного хозяйства.

Очень важен вопрос смены сосны елью в зеленомошной группе типов леса при выборочных рубках. На это указывали С. В. Алексеев и А. А. Молчанов [1], И. С. Мелехов [5], [6], Л. А. Кайрюкштис [4], Д. И. Дерябин [2], [3].

Проведенный нами анализ породного состава предварительного возобновления под пологом сосняков Воломского лесхоза показал доминирование елового подроста на 88% площади сосняков-черничников и на 46% площади сосняков-брусничников. Если учесть, что еловый подрост меньше, чем сосновый, повреждается при валке и трелевке деревьев и легче приспособляется к изменившейся обстановке, то станет очевидной необходимость проведения специальных лесокультурных мероприятий для сохранения позиций сосны при выборочной рубке в зеленомошниках. На пробных площадях в возобновлении также преобладает ель.

Все изложенное приводит к заключению, что добровольно выборочные рубки дадут положительный хозяйственный эффект в насаждениях, где преобладают поколения 100—110 лет или более старые, но содержащие большое количество крупного подроста и тонкомера сосны или ели в возрасте 50—100 лет.

В сосняках-зеленомошниках VI—VIII классов возраста нельзя рассчитывать на значительный дополнительный прирост, но при изреживании до 45% не будет и существенных потерь вследствие отпада.

В насаждениях с абсолютным преобладанием поколений IX класса возраста и старше необходимо практиковать сплошную рубку.

Выборочная рубка не может быть универсальным средством ведения лесного хозяйства. Во многих случаях при ее применении отрицательный эффект может превысить те недостатки сплошных рубок, которые она призвана ликвидировать.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. В. Алексеев, А. А. Молчанов. Выборочные рубки в лесах Севера. Изд. АН СССР, М., 1954. [2]. Д. И. Дерябин. Изменения в структуре насаждений и технология работ при постепенных рубках на основе комплексной механизации. В книге «Повышение продуктивности и сохранности лесов», М., 1964. [3]. Д. И. Дерябин. Лесоводственная и хозяйственная эффективность постепенных рубок с использованием средств механизации. ЦНИИТЭИЛеспроба № 34, 1966. [4]. Л. А. Кайрюкшис. Применение выборочных и постепенных рубок в лесах Литовской ССР. В книге «Повышение продуктивности и сохранности лесов», М., 1964. [5]. И. С. Мелехов. Рубки и возобновление леса на Севере. Архангельск, 1960. [6]. И. С. Мелехов. Рубки главного пользования. М., 1966.

Поступила 20 октября 1969 г.

УДК 634.0.236.2

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КУЛЬТУР ДУБА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ИХ АРБОРИЦИДАМИ

Т. А. ЛЕУХИНА

(Марийский политехнический институт)

В связи с увеличением объема лесовосстановительных работ, в комплексе мер ухода за лесными культурами все более важное значение приобретает применение арборицидов. При оценке эффективности их действия часто основное внимание уделяется состоянию нежелательной поросли в культурах, сами же культуры оценивают в основном по их внешнему виду.

Поскольку целью применения арборицидов является улучшение условий роста культур, в своих исследованиях мы поставили задачу установить, как влияет на физиологическое состояние сеянцев дуба в культурах обработка бутиловым эфиром 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (бутиловым эфиром 2,4-Д) и натриевой солью 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (натриевой солью 2,4-Д).

Мы изучали интенсивность фотосинтеза, количественное содержание хлорофилла в листьях, интенсивность дыхания, степень оводненности побегов и интенсивность транспирации.

Исследования проводили в 1966 и 1967 гг. на опытных участках, заложенных сотрудниками Марийского политехнического института в кварталах 86 и 77 Дубовского лесничества, Шумерлинского леспромхоза, Чувашской АССР.

Участки представляют собой культуры дуба, созданные посевом в 1963 г. на вырубках 1961 г. Тип леса дубняк снытьевый. Сопутствующие породы: осина, береза, лещина, ива, липа. Средняя высота их 1,6 м, возраст 5 лет, сомкнутость 0,9, густота 1500 стволиков на 1 га. Почва дерново-слабоподзолистая. Показатели свойств почв приведены в табл. 1\*.

\* Анализы почв проведены ассистентом кафедры почвоведения Р. П. Алексеевой.

Таблица 1

№ кварта- тала	Гумус, %	Сумма погло- щенных осно- ваний, мг-экв на 100 г	Подвиж- ный фос- фор	Гидролитиче- ская кислот- ность, мг-экв на 100 г	Степень насы- щенности основаниями, %	Подвиж- ный калий
77	4,9	12,8	3,00	6,6	65,8	3,7
86	7,3	20,0	5,75	6,6	73,5	5,7

Раствор бутилового эфира приготавливали в соляном масле, а раствор натриевой соли 2,4-Д — в воде. Опрыскивание проводили с помощью аэрозольного генератора. Схема опытов приведена в табл. 2.

Таблица 2

№ квар- тала	№ проб- ного участка	Наименование арборицидов	Дата обработки	Дозы, кг на 1 га	Действую- щее на- чало, %	Расход раствора, л на 1 га
86	1	Бутиловый эфир 2,4-Д .	Август 1965 г.	1,6	72,5	26,7
	2	" " " . . .		3,2	72,5	26,7
	3	" " " " . . .		4,8	72,5	26,7
	4	Натриевая соль 2,4-Д . . .		0,8	70,0	100,0
	5	" " " " . . .		1,4	70,0	100,0
	6	" " " " . . .		1,9	70,0	100,0
77	1	Бутиловый эфир 2,4-Д . . .	Август 1966 г.	1,6	72,5	26,7
	2	" " " " . . .		3,2	72,5	26,7
	3	" " " " . . .		4,8	72,5	26,7
	4	Натриевая соль 2,4-Д . . .		0,8	70,0	100,0
	5	" " " " . . .		1,4	70,0	100,0
	6	" " " " . . .		1,9	70,0	100,0

Физиологическое состояние культур дуба исследовали одновременно на участках, обработанных арборицидами, и на контрольных.

Интенсивность фотосинтеза определяли методом привеса сухого вещества в высечках листьев сеянцев. Повторность опыта трехкратная. Всего учтено 630 сеянцев дуба (без выбора).

Средние показатели привеса сухого вещества в высечках, собранных в 6 и 17 час., (мг/дм<sup>2</sup> час) приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ квар- тала	Дата обработки	Дата наблюдения	Привес сухого вещества, мг/дм <sup>2</sup> час, в высечках						
			контроль- ных	обработанных бутиловым эфиром 2,4-Д в дозе			обработанных натриевой солью 2,4-Д в дозе		
				1,6	3,2	4,8	0,8	1,4	1,9
86	13.VIII 1965 г.	4.VI 1966 г.	6,23	-1,53	-1,63	-2,01	-1,83	-1,96	-2,50
		19.VIII 1966 г.	1,27	1,14	0,74	0,61	0,43	0,36	0,27
		5.VIII 1967 г.	11,56	4,71	2,13	1,53	6,81	4,72	3,14
77	Июль 1966 г.	20.VIII 1966 г.	2,14	0,81	0,56	0,57	0,54	0,52	0,36
		5.VIII 1967 г.	12,82	10,02	4,90	3,75	11,06	6,63	3,92

Исследования показали, что на второй год после обработки арборицидами сеянцы дуба в квартале 86 снизили привес сухих веществ.

У семянцев, обработанных арборицидами, листья в начале июня были еще недоразвиты. Листовые пластинки этих семянцев, по сравнению с контрольными, формировались медленно. Известно, что первое время молодые листья семянца растут за счет запасных веществ, поэтому сеянцы в начале весеннего роста некоторое время теряют в весе.

Данные табл. 3 показывают, что у семянцев, ослабленных арборицидами, и в начале июня наблюдается трата веществ, превышающая их синтез.

Такое же явление наблюдается в квартале 77. В год обработки интенсивность фотосинтеза у семянцев дуба сильно понизилась. На второй год после обработки она повысилась, и на участках, обработанных более низкими дозами (бутиловым эфиром 2,4-Д — 1,6 кг и натриевой солью 2,4-Д — 0,8 кг), мало отличается от контроля. Данные общей влажности побегов и листьев (средние из трех определений) и данные измерений интенсивности транспирации, проводившихся в течение всего светового дня (в пятикратной повторности на обработанных участках и в девятикратной на контрольных), приведены в табл. 4.

Таблица 4

№ квартала	Дата наблюдения	Показатели	Контрольные участки	Обработанные бутиловым эфиром 2,4-Д в дозе			Обработанные натриевой солью 2,4-Д в дозе		
				1,6	3,2	4,8	0,8	1,4	1,9
86	12.V 1966 г. 10.VIII 1966 г.	Влажность побегов, %	108,7	100,0	—	90,3	100,0	90,3	100,0
		Интенсивность транспирации, мг/дм <sup>2</sup> час	215,2	—	—	227,0	270,0	—	448,3
		Влажность листьев, %	142,7	141,8	139,8	136,4	138,1	137,0	—
77	21.VIII 1966 г. 19.VIII 1966 г.	Влажность листьев, %	145,2	138,1	127,0	118,3	115,0	111,8	104,5
		Интенсивность транспирации, мг/дм <sup>2</sup> час	140,6	—	—	175,0	—	—	—

Относительное содержание хлорофилла устанавливали 14 августа 1967 г. в высечках, взятых с определенных частей листовых пластинок семянцев. Высечки брали одновременно на всех участках семянцев подряд (без отбора) и погружали в отмеренный объем спирта.

Количество хлорофилла устанавливали методом Г. Н. Годнева. Данные о содержании хлорофилла в листовых пластинках (выраженные в % к контролю) приведены в табл. 5.

Таблица 5

№ квартала	Количество хлорофилла, % в листьях					
	обработанных бутиловым эфиром 2,4-Д в дозе			обработанных натриевой солью 2,4-Д в дозе		
	1,6	3,2	4,8	0,8	1,4	1,9
86	75,4	80,0	81,0	73,6	73,0	—
77	81,0	82,4	83,0	78,4	77,0	72,4

После обработки арборицидами количество хлорофилла в листьях уменьшается, что является одной из основных причин снижения интенсивности фотосинтеза.

Интенсивность дыхания определяли методом колб 7 июня 1966 г. на опытных участках в квартале 86. Колбы Эрленмейера емкостью 1,8 л после тщательной смены воздуха надевали на побеги и затемняли светонепроницаемыми чехлами. Экспозиция опыта 90 мин.

Количество углекислого газа в контрольных и опытных колбах устанавливали путем титрования раствором 0,02 н. НСІ.

Показатели интенсивности дыхания (средние из трех определений) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Дата наблюдения	Температура воздуха, °С	Интенсивность дыхания семян, мг СО <sub>2</sub> на 1 г сырого веса за 1 час					
		необработанных	обработанных бутиловым эфиром 2,4-Д в дозе			обработанных натриевой солью 2,4-Д в дозе	
			1,6	3,2	4,8	0,8	1,4
7.VI 1966 г.	28	1,75	3,40	—	2,44	3,52	2,89
8.VI 1966 г.	28	1,71	—	1,92	1,98	2,65	2,5

Данные наших исследований показывают, что арборициды, не вызывая внешне заметных повреждений семян дуба, оказывают очень сильное влияние на их физиологическое состояние. Снижается количество хлорофилла в листьях, падает интенсивность фотосинтеза и оводненность, повышаются интенсивность дыхания и интенсивность транспирации.

В первые два года, а может быть на протяжении и более длительного периода, наблюдается последствие арборицидов, однако состояние семян при благоприятных условиях роста постепенно улучшается.

Поступила 5 ноября 1969 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.375

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АГРЕГАТНОЙ МАШИНЫ  
ПРИ ПОДТАСКИВАНИИ ПАКЕТА ХЛЫСТОВ  
ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

В. И. ОЛЕЙНИК

(Семеновский лесхоззгг Черниговского областного управления  
лесного хозяйства и лесозаготовок)

Основным фактором, определяющим устойчивость агрегатной машины при подтаскивании пакета хлыстов по горизонтальной плоскости, является опрокидывание прицепа-ропуска. Цель нашего исследования — изучение опрокидывающего момента, действующего на прицеп-ропуск, и динамических усилий, возникающих в тяговом канате. Резкое увеличение опрокидывающего момента прицепа-ропуска, а следовательно, и усилия в тяговом канате наблюдается при трогании пакета хлыстов с места.

Опрокидывающий момент прицепа-ропуска и динамические усилия, возникающие в тяговом канате агрегатной машины, изучены недостаточно. Известны исследования прочности канатов лесотранспортных установок и тяговых усилий лебедок [4], [2], [1], по динамике шахтных подъемников [3], [5], однако результаты этих работ мало применимы для агрегатных машин, ввиду специфических условий их работы. Для выявления влияния динамических усилий в тяговых канатах на опрокидывание прицепа-ропуска требуются специальные исследования.

Известно [6], что положение прицепа-ропуска при подтаскивании пакета хлыстов по горизонтальной плоскости (рис. 1) устойчиво, если

$$M_2 \geq 1,4M_1,$$

где  $M_1$  — опрокидывающий момент;

$$M_1 = T \cdot h_1;$$

$M_2$  — удерживающий момент;

$$M_2 = P_2 \cdot h_2.$$

Следовательно,

$$T \leq \frac{P_2 \cdot h_2}{1,4h_1} \quad (1)$$

В общем случае, когда канат принят за гибкую нерастяжимую нить, усилия  $T$  в канате при движении пакета хлыстов по горизонтальной плоскости определяют по формуле:

$$T = \frac{P_1 \left( \frac{a}{g} + f \right)}{\cos \beta_1 + f \sin \beta_1},$$

где  $P_1$  — вес груза;

$a$  — ускорение движения груза;

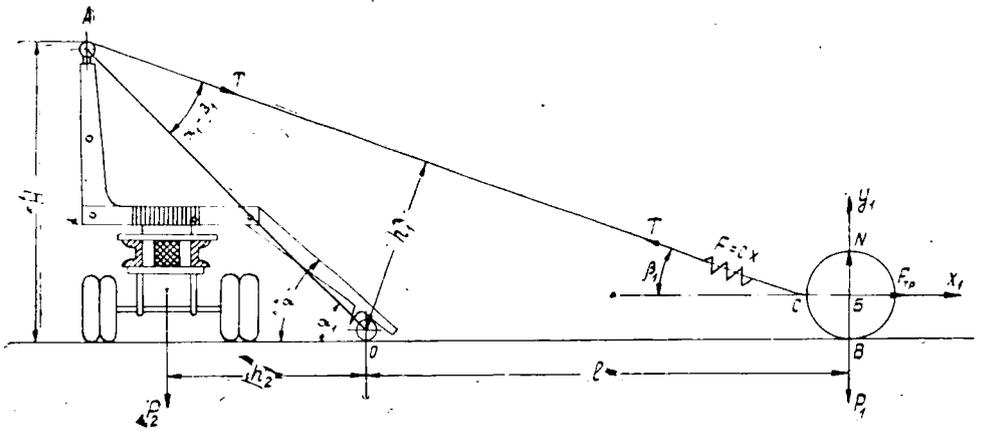


Рис. 1. Схема подтаскивания пакета хлыстов при погрузке на агрегатную машину.

$g$  — ускорение силы тяжести;

$f$  — коэффициент трения груза о поверхность;

$\beta_1$  — угол наклона грузового каната по отношению к плоскости перемещения.

Если канат рассматривать как гибкую упругую нить, то закон изменения усилий в тяговом канате и закон движения груза будут несколько иными.

Так, рассматривая движение груза при максимальном увеличении усилий в тяговом канате (при трогании с места), находим, что на груз действуют: сила тяжести  $P_1$ ; реакция каната  $F$ , проекция которой на ось  $x_1$  равна  $F_{x_1} = -cx_1$ ; реакция горизонтальной поверхности  $N$ ; сила трения  $F_{тр} = Nf$ .

В соответствии со схемой приложенных сил и уравнением Лагранжа второго рода составляем уравнение движения груза при трогании с места

$$\ddot{x}_1 + k^2 x_1 = f \cdot g, \quad (2)$$

где  $k^2 = \frac{(1 + f \operatorname{tg} \beta_1) c}{m_1}$ ;  $P_1 = m_1 \cdot g$ .

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения (2) имеет вид

$$x_1 = c_1 \cos kt + c_2 \sin kt + \frac{fg}{k^2}.$$

Из начальных условий движения при  $t = 0$ ,  $x_1 = \frac{T \cdot \cos \beta_1}{c}$  и  $\dot{x}_1 = 0$  определяем постоянные интегрирования  $c_1$  и  $c_2$  и находим закон движения груза при трогании с места

$$x_1 = \left( \frac{T \cdot \cos \beta_1}{c} - \frac{fg}{k^2} \right) \cos kt + \frac{fg}{k^2}; \quad (3)$$

$$\dot{x}_1 = -k \left( \frac{T \cdot \cos \beta_1}{c} - \frac{fg}{k^2} \right) \sin kt. \quad (4)$$

Исследуя уравнение (4) при  $\dot{x}_1 = -\frac{v_0}{\cos \beta_1}$  и  $t = \frac{\pi}{2k}$ , где  $v_0$  — скорость движения тягового каната, находим зависимость

$$v_0 = \frac{[(1 + f \operatorname{tg} \beta_1)T \cdot \cos \beta_1 - P_1 \cdot f] \cdot \cos \beta_1}{\sqrt{c \cdot m_1 (1 + f \operatorname{tg} \beta_1)}}. \quad (5)$$

Подставляя в формулу (5) значение  $T$  из выражения (1) и осуществляя некоторые преобразования, получаем условие устойчивого положения прицепа-ропуски при различных скоростях движения тягового каната

$$v_0 \leq \frac{P_2 \cdot h_2 (1 + f \operatorname{tg} \beta_1) - 1,4 P_1 f \cdot OA (\sin \alpha_1 - \cos \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_1)}{1,4 (\sin \alpha_1 - \cos \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_1) \cdot OA \sqrt{\frac{c P_1}{g} (1 + f \operatorname{tg} \beta_1) (1 + \operatorname{tg}^2 \beta_1)}}. \quad (6)$$

В практических расчетах устойчивость прицепа-ропуски удобно учитывать при помощи коэффициентов динамичности  $\eta$  и устойчивости  $\lambda$

$$\eta = \frac{T_d}{T_c}; \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{v_{op}}{v_{of}}, \quad (8)$$

где  $T_d$  — максимальные динамические усилия, возникающие в тяговых канатах;

$T_c$  — статические усилия в тяговых канатах;

$v_{op}$  — максимально допустимая расчетная скорость движения тягового каната;

$v_{of}$  — фактическая скорость движения тягового каната, при которой обеспечивается устойчивость прицепа-ропуски.

Коэффициент динамичности и устойчивости определяли опытным путем в производственных условиях Семеновского лесхозага Черниговского областного управления лесного хозяйства и лесозаготовок на экспериментальной установке, смонтированной на агрегатной машине ЛМ-7 (рис. 2). Экспериментальные исследования показали, что коэффициент динамичности при нормальных условиях работы изменяется в пределах 1,35—1,40.

Исследование устойчивости прицепа-ропуски агрегатной машины ЛМ-7 при наиболее напряженном режиме работы (трогании пакета хлыстов с места) показало, что для обеспечения нормальной работы коэффициент устойчивости для максимальных объемов подтаскиваемых пакетов изменяется в довольно больших пределах (в летний период от 1,5 до 1,8, а в зимний, когда хлысты смерзаются, — до 2,0—2,1).

На коэффициент устойчивости в большой мере влияет выбор и подготовка подштабельных мест на лесосеке, наличие в зоне подтаскивания различных препятствий, мешающих движению пакета хлыстов, а также средний объем хлыста в пакете и величина трелюемых пачек.

Как правило, при большем среднем объеме хлыстов коэффициент устойчивости меньше. С увеличением трелюемых пачек коэффициент устойчивости также повышается. Это вызвано тем, что пакет хлыстов большого объема необходимо подтаскивать и грузить в несколько приемов, что вызывает дополнительные нагрузки при разделении.

На основании формул (5), (7) и (8) найдена зависимость фактической номинальной скорости движения тягового каната от значений

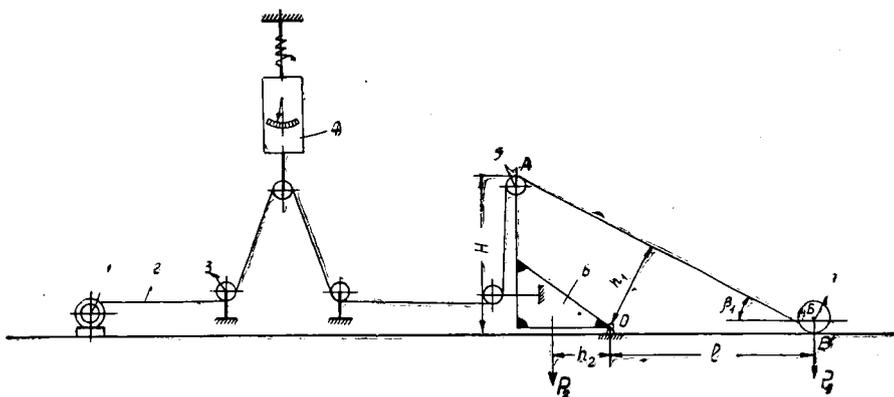


Рис. 2. Схема экспериментальной установки по определению усилий в тяговых тросах агрегатной машины.

1 — лебедка; 2 — тяговый трос; 3 — направляющий блок; 4 — динамограф; 5 — флажковый блок; 6 — прицеп-ропуск; 7 — подтаскиваемый пакет.

коэффициентов  $\eta$ ,  $\lambda$  и  $f$ , максимального ( $\beta_1 \min$ ) расстояния подтаскивания и параметров прицепа-ропуска

$$v_{0\phi} = \frac{(\eta - 1)}{\lambda} \sqrt{\frac{P_2 \cdot h_2 \cdot g \cdot f}{1,4 \cdot c \cdot OA (\sin \alpha_1 - \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \beta_1 \min) (1 + \operatorname{tg}^2 \beta_1 \min)}} \quad (9)$$

По формуле (9) определена фактическая номинальная скорость движения тягового каната агрегатной машины ЛМ-7 (0,1—0,2 м/сек).

При помощи экспериментальной установки (рис. 2) получена скоростная характеристика тяговой лебедки агрегатной машины ЛМ-7 при общем передаточном числе трансмиссии лебедки, равном 58, то есть графически установлена зависимость  $T_d = f(v_0)$  — рис. 3. Здесь же построен график зависимости  $T_d = \varphi(v_0)$ , значение которого определено из формулы (5) в следующем виде:

$$T_d = \frac{v_0 \sqrt{c \cdot m_1 (1 + f \operatorname{tg} \beta_1)}}{(1 + f \operatorname{tg} \beta_1) \cos^2 \beta_1} + \frac{P_1 \cdot f}{(1 + f \operatorname{tg} \beta_1) \cos \beta_1} \quad (10)$$

При  $v_0 = 0$ ;  $T_d = T_c$ , то есть

$$T_c = \frac{P_1 \cdot f}{(1 + f \operatorname{tg} \beta_1) \cos \beta_1} \quad (11)$$

Как видно, из полученных данных (рис. 3), при скорости движения тягового каната менее 0,28 м/сек тяговое усилие лебедки не обеспечивает движения максимально допустимых объемов груза. Для более полного использования устойчивости прицепа-ропуска агрегатной машины ЛМ-7 и двигателя автомобиля ЗИЛ-157 необходимо график зависимости  $T_d = f(v_0)$  сместить несколько влево. Это достигается повышением общего передаточного числа трансмиссии лебедки. Для агрегатной машины ЛМ-7 оно должно быть увеличено до 75—85.

В связи с уменьшением скорости движения тягового каната несколько возрастает время на погрузку агрегатной машины. Но, как показывают расчеты, изменение скорости движения тягового каната мало влияет на производительность работы агрегатной машины.

Так, даже при трехкратном уменьшении скорости движения тягового каната время на погрузку агрегатной машины увеличивается на

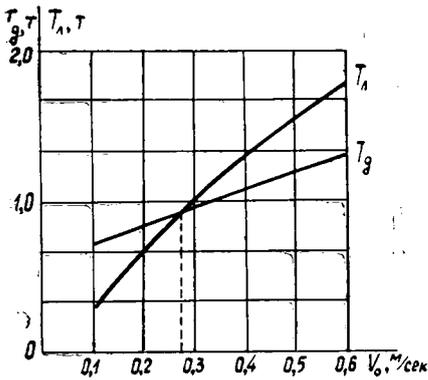


Рис. 3. Скоростная характеристика тяговой лебедки агрегатной машины ЛМ-7.

15%, а производительность ее работы при расстоянии вывозки 15 км уменьшается на 3%. При расстоянии вывозки свыше 20 км это изменение скорости движения каната не оказывает практического влияния.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. При проектировании тяговых лебедок агрегатных машин номинальную величину скорости движения тягового каната  $v_{0ф}$  можно определять по найденной автором формуле (9), выражающей определенное соотношение между параметрами прицепа-ропуски, максимальным расстоянием подтаскивания, жесткостью тяговых органов и другими факторами, определяющими

величины коэффициентов  $\eta$ ,  $\lambda$  и  $f$ .

2. Для обеспечения необходимой устойчивости прицепа-ропуски в первоначальный период (при трогании пакета хлыстов с места) рабочая скорость движения тягового каната должна быть меньше максимальной допустимой расчетной скорости движения в  $\lambda$  раз.

3. Общее передаточное число трансмиссии привода лебедки на агрегатных машинах ЛМ-7 занижено и не обеспечивает максимального использования тяговых усилий двигателя при трогании пакета хлыстов с места.

4. Для увеличения устойчивости прицепа-ропуски нужно увеличить влияние автомобиля на опрокидывание прицепа-ропуски путем ограничения поворота дышла в местах крепления его с фаркопом.

5. Для уменьшения динамических нагрузок, возникающих в канатах, нужно уменьшить жесткость тяговых элементов вводом в них дополнительных тяговых органов с относительно небольшой жесткостью.

6. Влияние максимальных динамических нагрузок, возникающих в тяговых канатах, можно значительно уменьшить путем установки автоматической муфты предельных усилий.

7. Скорость движения тяговых канатов на производительность погрузки оказывает малое влияние, поэтому целесообразно грузить пакеты хлыстов большего объема, но с меньшей скоростью.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. И. Алябьев. Исследование тяговых усилий лебедок при полуподвесной трелевке леса. Диссертация, Московский лесотехнический институт, 1958. [2]. Н. М. Беляя, А. Г. Прохоренко. Канатные лесотранспортные установки. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [3]. М. С. Комаров. Динамика грузоподъемных машин. Машгиз, М., 1953. [4]. С. И. Рахманов. К вопросу о режиме работы мачтовых и стреловых лебедочных установок. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1965. [5]. Г. Н. Савин. Динамическая теория расчета шахтных подъемных канатов. Изд. АН УССР, Киев, 1949. [6]. К. Т. Старовойтов, А. Ф. Тихонов. Исследование автомобилей с погрузочно-разгрузочными установками на лесозаготовках БССР. Сборник научных работ «Вопросы механизации лесозаготовок и транспорта леса», Изд-во «Высшая школа», Минск, 1964.

УДК 674.023.1

## К ВОПРОСУ О ПНЕВМООКОРКЕ ДРЕВЕСИНЫ

К. А. ЛОНН, В. Л. ПЛОТНИКОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Окорка круглого леса — один из наиболее трудоемких процессов в лесозаготовительной промышленности. Однако общепринятые методы окорки имеют много недостатков, не являются универсальными и не отвечают полностью требованиям современного производства. В связи с этим чрезвычайно важны разработка и внедрение в промышленность новых способов окорки, позволяющих исключить из употребления малопроизводительные ножевые и кулачковые окорочные машины.

Сущность метода «пневмоокорки» заключается в том, что отделение и измельчение коры происходит за счет кинетической энергии двухфазовой рабочей струи (сжатый воздух + древесные опилки), разогнанной до звуковой скорости. Предпочтительнее использовать опилки от продольной распиловки древесины (размер частиц 1—4 мм, влажность до 30%). Порода древесины опилок не имеет большого значения\*. Основные достоинства нового метода: хорошее качество окорки; почти полное отсутствие отходов древесины; возможность окорки бревен всех размеров и пород древесины, а также в любое время года, независимо от агрегатного состояния влаги в древесине.

В настоящее время работники кафедры механизации лесоразработок ЛТА проводят исследования нового способа окорки с целью получения исходных параметров для создания промышленного образца установки. Эта установка (рис. 1) в общем случае состоит из двух основных взаимосвязанных частей: системы приготовления рабочей смеси и окорочного узла. Система приготовления рабочей смеси складывается из следующих агрегатов: компрессора с ресивером, распределительного коллектора, дозатора-смесителя и системы трубопроводов. В этой системе основной и наиболее сложный агрегат — дозатор-смеситель, в котором готовится рабочая смесь и происходит разделение рабочей струи на несколько потоков по числу рабочих сопел.

Возрастание массы и скорости рабочей струи приводит к увеличению производимой ею работы. Предельная скорость истечения воздуха из сопла при суживающемся выходном отверстии не может превышать скорости звука, соответствующей состоянию воздуха в данном сечении и равной  $C_{кр} \approx 20 \sqrt{T}$  м/сек, где  $T$  — температура воздуха. Увеличение массы рабочей струи может быть достигнуто путем повышения концентрации твердого наполнителя, то есть древесных опилок. Однако соотношение между количествами воздуха и твердого наполнителя может изменяться также в определенных пределах, так как значительное повышение содержания твердого наполнителя в рабочей смеси неизбежно приводит к снижению скорости струи. При слишком большой концентрации наполнителя в рабочей смеси твердые частицы не могут быть разогнаны потоком воздуха до критической скорости и,

\* В. Л. Плотников, М. И. Полозов. Пневмоокорка древесины. Журн. «Лесная промышленность» № 12, 1966.

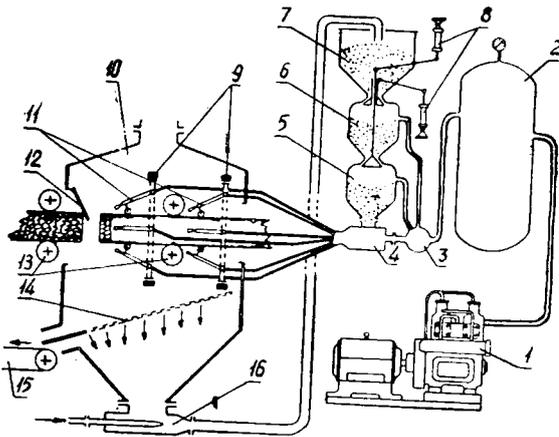


Рис. 1.

1 — компрессор; 2 — ресивер; 3 — коллектор-распределитель; 4 — дозатор-смеситель; 5 — рабочий бункер; 6 — промежуточный бункер; 7 — безнапорный бункер; 8 — пневмоцилиндры; 9 — кольца; 10 — окорочная камера; 11 — сопла; 12 — флажок; 13 — подающий механизм для бревен; 14 — виброрит; 15 — транспортер для крупной коры; 16 — приемный конус для мелкой коры и опилок.

следовательно, потребуется увеличение рабочего давления, что, в свою очередь, поведет к возрастанию расхода воздуха, снижению коэффициента полезного действия струи и резкому возрастанию потребной мощности.

По экспериментальным данным, удельный расход, отнесенный к  $1 \text{ м}^3$  окоренной древесины, при рабочем давлении  $p = 20\text{—}25 \text{ атн}$  составляет: твердого наполнителя —  $0,1\text{—}0,15$  насыпных  $\text{м}^3$ , воздуха  $50\text{—}70 \text{ м}^3$ .

Предварительные исследования показали, что при продольной подаче ширина полосы коры, снимаемой за один проход одной струей, колеблется в пределах  $20\text{—}100 \text{ мм}$  и зависит в основном от величины рабочего давления, породы и состояния древесины, скорости подачи и ряда других факторов. Производительность процесса окорки растет с увеличением влажности коры. Наилучшие показатели были получены при окорке свежесрубленной и сплавной древесины хвойных пород. Очевидно, что при продольной подаче для снятия коры по всей окружности поперечного сечения бревна практически потребуется располагать вокруг бревна одновременно несколько струеобразователей (сопел). Получение двухфазовой рабочей смеси высокого давления и определенного состава, а также разделение рабочей струи на несколько потоков (три и более) — задача довольно сложная, и до настоящего времени этот вопрос не получил достаточного освещения в печати. Поэтому при проведении экспериментального исследования окорки древесины струей сжатого воздуха с твердым наполнителем в виде древесных опилок потребовалось разработать несколько конструкций аппаратов для получения двухфазового воздушного потока нужного состава для работы трех и более струеобразователей.

На рис. 2, а приведена схема трехканального шнекового дозатора-смесителя. Древесные опилки из бункера 1 при помощи шнеков 2 поступают в смесительную камеру 4. Воздушные потоки, образованные соплами 3, подхватывают их, и полученный двухфазовый поток направляется к рабочим струеобразователям. Вращение всех шнеков обеспечивается одним электродвигателем через редуктор и систему шестерен 5.

Данная конструкция дозатора-смесителя в одношнековом варианте была применена на лабораторной экспериментальной установке по исследованию процесса пневмоокорки. Проверка этой конструкции в

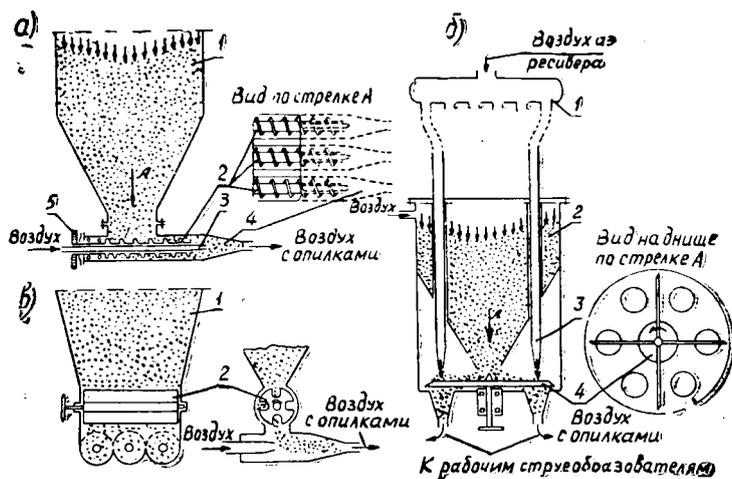


Рис. 2.

лабораторных условиях позволяет сделать следующие выводы о работоспособности шнекового дозатора-смесителя.

1. Подача опилок в воздушную струю обеспечивается только при наличии в бункере давления, несколько превышающего давление в смесительной камере (на 1,5—2%).

2. Точное регулирование состава рабочей смеси путем изменения числа оборотов шнека не представляется возможным, так как обороты шнека в исследованных пределах ( $n = 0 \div 500$  об/мин) практически незначительно влияют на концентрацию опилок в рабочей струе. Это обстоятельство обуславливается наличием свободной винтовой полости шнека, а также зазорами между корпусом и перьями шнека. При вращении шнек создает лишь вихревой поток опилок в результате их движения по винтовой канавке, что способствует лучшему перемешиванию опилок с потоком воздуха и препятствует забиванию опилками полости смесительной камеры и струеобразователей из-за кратковременного возрастания эжекции в момент открытия и закрытия крана воздушного коллектора.

3. Количество опилок, поступающих в воздушную струю, пропорционально расходу воздуха, то есть возрастает с увеличением давления в системе. Это обусловлено повышением абсолютной величины перепада давлений в бункере и смесительной камере ( $\Delta p = p_1 - p_2$ , где  $p_1$  — давление в бункере;  $p_2$  — давление в смесительной камере).

Второй вариант дозатора-смесителя роторного типа изображен на рис. 2, б. Сжатый воздух из ресивера поступает в коллектор 1, который связан с воздушными соплами 3 гибкими шлангами. Древесные опилки из бункера 2 в результате вращения ротора 4 попадают в воздушные потоки и равномерно распределяются по шести каналам, разгоняются до звуковой скорости, и затем по гибким шлангам рабочая смесь подается к струеобразователям. Ротор приводится во вращение от отдельного электродвигателя через клиноременную передачу. Испытания этой модели дозатора-смесителя в лабораторных условиях позволили установить следующие основные положения. Расстояние от среза воздушных сопел до конфузоров смесительных камер должно быть строго одинаковым, а оси калиброванных выходных отверстий сопел и конфузоров — соответственно совпадать. При соблюдении этих

условий распределение опилок по всем каналам, а следовательно, и состав рабочей смеси будет одинаковым.

Третий вариант дозатора-смесителя барабанного типа приведен на рис. 2, в. Отличительная особенность этого дозатора-смесителя заключается в том, что в момент подачи опилок в воздушную струю бункер изолируется от смесительной камеры. Вращающийся барабан 2 с продольными пазами подает опилки из бункера 1 одновременно в три смесительные камеры. Здесь опилки подхватываются воздушным потоком, разгоняются до звуковой скорости, и через струеобразователи рабочая смесь направляется на поверхность окариваемых бревен. Данная конструкция исключает возможность произвольного переполнения смесительной камеры опилками и позволяет получать оптимальную концентрацию опилок в рабочей струе для различных давлений воздуха в системе.

Бункеры дозаторов-смесителей всех трех типов конструкций в процессе работы находятся под давлением. По мере расхода опилок необходимо периодически заполнять бункер, не прекращая работы агрегата. Один из возможных вариантов периодической загрузки рабочего бункера показан на рис. 1. Опилки пневмотранспортером подаются в безнапорный бункер 7. После снятия давления в промежуточном бункере 6 открывают заслонку между бункерами 6 и 7, промежуточный бункер заполняется опилками, после чего заслонку закрывают. В бункер 6 подается давление и, по мере расхода опилок в рабочем бункере 5, опилки пересыпаются из промежуточного бункера в рабочий.

Экспериментальные исследования в лабораторных условиях разных типов дозаторов-смесителей позволяют сделать следующие выводы.

1. В рабочем бункере дозатора-смесителя необходимо иметь избыточное давление, так как подачу древесных опилок в воздушную струю с высокими скоростными параметрами только эжекцией осуществить не удается.

2. Концентрацию опилок в рабочей струе можно регулировать, изменяя величину перепада давления между загрузочным бункером и смесительной камерой.

3. Содержание древесных опилок в рабочей смеси, достигнутое в лабораторных условиях, лежит в пределах 0,3—0,5% по объему. Эта концентрация опилок обеспечивает достаточную разрушающую способность рабочей струи при окорке древесины.

Поступила 11 ноября 1969 г.

УДК 634.0.363.5

## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСТЕЙ ЦЕПНОГО ДРОВОКОЛЬНОГО СТАНКА

Т. М. ШКИРЯ

(Львовский лесотехнический институт)

Исследование процесса раскалывания древесины показало, что по мере внедрения раскалывающего клина в древесину сила сопротивления возрастает от нуля до некоторого максимального значения

$P_{max}$ , а затем резко уменьшается [4], [3]. Увеличение силы сопротивления приводит к уменьшению угловой скорости и повышению крутящего момента электродвигателя в соответствии с его механической характеристикой. В преодолении этой силы, кроме возрастающего момента электродвигателя, участвуют инерционные силы, возникающие вследствие уменьшения скорости движения всех вращающихся и поступательно движущихся масс древокольного станка.

Влияние инерционных сил на процесс раскалывания древесины не может быть определено методами статического расчета древокольных станков. В то же время оно может быть существенным, и его учет даст возможность использовать электродвигатели меньшей мощности и повысить прочность станка.

На наш взгляд, в правильно сконструированном древокольном станке мощность двигателя и моменты инерции движущихся масс должны быть выбраны так, чтобы в конце раскалывания чурака, когда сила сопротивления достигает максимального значения, угловая скорость электродвигателя уменьшилась до критического значения  $\omega_k$ , соответствующего его максимальному моменту. После преодоления максимального сопротивления и завершения процесса расщепления чурака наступает промежуток холостого хода, во время которого мощность электродвигателя затрачивается на ускорение всех движущихся масс станка и накопление кинетической энергии, которая будет использована в последующем цикле раскалывания.

Таким образом, необходимым условием оптимальной работы древокольного станка является обеспечение такого соотношения между расчетной максимальной силой сопротивления раскалыванию древесины, с одной стороны, и мощностью электродвигателя и приведенным моментом инерции движущихся масс станка, с другой, при котором процесс раскалывания заканчивался бы при критическом значении угловой скорости электродвигателя  $\omega_k$ , а за время холостого промежутка угловая скорость успевала бы увеличиваться до максимального значения  $\omega_0$ .

Рассмотрим методику определения необходимого приведенного момента инерции движущихся частей цепного древокольного станка, исходя из изложенных соображений.

Уравнение моментов движущихся частей цепного древокольного станка как динамической системы с одной степенью свободы (без учета податливости валов и других элементов) можно записать в следующем виде:

$$I_{пр} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_d - M_c, \quad (1)$$

где  $I_{пр}$  — приведенный момент инерции всех движущихся частей древокольного станка;

$\varphi$  — угловое перемещение вала электродвигателя;

$M_d$  — момент, развиваемый электродвигателем;

$M_c$  — момент сопротивления, приведенный к валу электродвигателя.

Принимая, что зависимость сопротивления древесины раскалыванию от времени является линейной [4], [3], и учитывая передаточные числа и к.п.д. механической передачи колуна, момент сопротивления, приведенный к валу электродвигателя, можно определить по формуле

$$M_c = \frac{P_{max} \cdot r_{зв}}{i_1} \cdot \frac{t}{t_{раб}}, \quad (2)$$

где  $P_{max}$  — максимальное усилие раскалывания;  
 $r_{зв}$  — радиус ведущей звездочки цепной передачи станка;  
 $i$  — передаточное число механизма передачи;  
 $\eta$  — к.п.д. механизма передачи;  
 $t$  — текущее значение времени;  
 $t_{раб}$  — время на собственно раскалывание.

Время на собственно раскалывание определяется по формуле

$$t_{раб} = \frac{S_{раб}}{V_{ср}}, \quad (3)$$

где  $S_{раб}$  — рабочая глубина внедрения клина в чурак;  
 $V_{ср}$  — средняя скорость перемещения чурака в процессе раскалывания.

Исследования, проведенные С. И. Рахмановым [5], показали, что величина рабочей глубины внедрения клина зависит от длины чурака  $L$  и лежит в пределах  $S_{раб} = (0,08 \div 0,15) L$ .

Средняя скорость перемещения чурака за период раскалывания может быть определена с учетом допущения, что в конце раскалывания угловая скорость электродвигателя уменьшится до значения  $\omega_k$  по формуле

$$V_{ср} = \frac{\omega_c + \omega_k}{2i} r_{зв}, \quad (4)$$

где  $\omega_k$  — угловая скорость ротора электродвигателя при максимальном моменте.

Обозначив

$$\frac{P_{max} \cdot r_{зв}}{i r_{раб}} = \chi,$$

запишем приведенный момент сопротивления в виде

$$M_c = \chi t. \quad (5)$$

Уравнение механической характеристики коротко замкнутого асинхронного электродвигателя [1] можно записать в следующем виде:

$$M_d = \frac{2M_k \sigma_k \sigma}{\sigma^2 + \sigma_k^2}, \quad (6)$$

где  $M_k$  — максимальный момент электродвигателя;  
 $\sigma_k$  — скольжение электродвигателя при максимальном моменте;  
 $\sigma$  — текущее значение скольжения электродвигателя.

Величину скольжения электродвигателя  $\sigma_k$  при максимальном моменте находим по формуле [1]

$$\sigma_k = \frac{\sigma_{ном} [\lambda_m \pm \sqrt{\lambda_m^2 - 2\sigma_{ном}(\lambda_m - 1) - 1}]}{1 - 2\sigma_{ном}(\lambda_m - 1)} \quad (7)$$

где  $\lambda_m$  — максимальный момент в относительных единицах;  
 $\sigma_{ном}$  — скольжение электродвигателя при номинальном моменте

$$\sigma_{ном} = \frac{\omega_c - \omega_{ном}}{\omega_c}, \quad (8)$$

здесь  $\omega_c$  — синхронная угловая скорость ротора;  
 $\omega_{ном}$  — угловая скорость ротора электродвигателя при номинальном моменте.

Учитывая зависимость текущего значения скольжения ротора электродвигателя от угловой скорости  $\omega$ ,

$$\sigma = 1 - \frac{\omega}{\omega_c}$$

или

$$\sigma = 1 - \frac{1}{\omega_c} \cdot \frac{d\varphi}{dt},$$

угловое ускорение вала электродвигателя можно представить в виде

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\omega_c \frac{d\sigma}{dt}. \quad (9)$$

Подставляя выражения (5), (6) и (9) в формулу (1), после некоторых преобразований запишем

$$I_{\text{пр}} \omega_c \frac{d\sigma}{dt} + 2M_k \sigma_k \frac{\sigma}{\sigma^2 + \sigma_k^2} - \chi t = 0. \quad (10)$$

Полученное дифференциальное уравнение может быть решено одним из приближенных методов, например, методом интегрирования при помощи степенных рядов.

Искомое решение уравнения (10) можно записать по формуле Тейлора в виде следующего степенного ряда:

$$\begin{aligned} \sigma = \sigma_0 + \frac{1}{1!} \left( \frac{d\sigma}{dt} \right)_0 (t - t_0) + \frac{1}{2!} \left( \frac{d^2\sigma}{dt^2} \right)_0 (t - t_0)^2 + \\ + \frac{1}{3!} \left( \frac{d^3\sigma}{dt^3} \right)_0 (t - t_0)^3 + \dots, \end{aligned} \quad (11)$$

где значения  $\left( \frac{d\sigma}{dt} \right)_0$ ,  $\left( \frac{d^2\sigma}{dt^2} \right)_0$ ,  $\left( \frac{d^3\sigma}{dt^3} \right)_0$  и т. д. определяются путем последовательного интегрирования уравнения (10) и подстановки начальных условий:  $t = 0$ ,  $\omega = \omega_c$ ,  $\sigma = 0$  и т. д. В результате указанных подстановок решение дифференциального уравнения движения исследуемой динамической системы можно записать в виде

$$\begin{aligned} \sigma = \frac{\chi t^2}{2I_{\text{пр}} \omega_c} - \frac{\chi M_k t^3}{3I_{\text{пр}}^2 \omega_c^2 \sigma_k} + \frac{\chi M_k^2 t^4}{6I_{\text{пр}}^3 \omega_c^3 \sigma_k^2} - \frac{\chi M_k^3 t^5}{15I_{\text{пр}}^4 \omega_c^4 \sigma_k^3} + \\ + \frac{\chi M_k^4 t^6}{45I_{\text{пр}}^5 \omega_c^5 \sigma_k^4} - \frac{\chi M_k^5 t^7}{157,5I_{\text{пр}}^6 \omega_c^6 \sigma_k^5} + \dots \end{aligned} \quad (12)$$

Процесс раскалывания заканчивается при  $t_{\text{раб}}$ ; при этом момент двигателя  $M_d = M_k$ , а величина скольжения равна  $\sigma_k$ . Подставим значения  $t = t_{\text{раб}}$  и  $\sigma = \sigma_k$ , ограничившись, например, шестым членом степенного ряда. Приняв за неизвестную величину приведенный момент и решив полученное уравнение относительно момента инерции системы  $I_{\text{пр}}$ , запишем

$$\begin{aligned} 5040\omega_c^6 \sigma_k^6 I_{\text{пр}}^6 - 2520\chi\omega_c^5 \sigma_k^5 t_{\text{раб}}^2 I_{\text{пр}}^5 + 1680M_k \chi\omega_c^4 \sigma_k^4 t_{\text{раб}}^3 I_{\text{пр}}^4 - \\ - 840M_k^2 \chi\omega_c^3 \sigma_k^3 t_{\text{раб}}^4 I_{\text{пр}}^3 + 336M_k^3 \chi\omega_c^2 \sigma_k^2 t_{\text{раб}}^5 I_{\text{пр}}^2 - 112M_k^4 \chi\omega_c \sigma_k t_{\text{раб}}^6 I_{\text{пр}} + \\ + 32M_k^5 \chi t_{\text{раб}}^7 = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Уравнение (13) может быть решено способом ряда приближений по методу Ньютона [2]. В нашем случае формула для определения искомого значения корня уравнения (13) в развернутом виде будет выглядеть так:

$$I_{\text{пр}(n+1)} = I_{\text{пр}(n)} - \frac{5040\omega_c^6 \sigma_k^6 I_{\text{пр}(n)}^6 - 2520\omega_c^5 \sigma_k^5 t_{\text{раб}}^2 I_{\text{пр}(n)}^5 + 1680M_k \omega_c^4 \sigma_k^4 t_{\text{раб}}^3 I_{\text{пр}(n)}^4 - 840M_k^2 \omega_c^3 \sigma_k^3 t_{\text{раб}}^4 I_{\text{пр}(n)}^3 + 336M_k^3 \omega_c^2 \sigma_k^2 t_{\text{раб}}^5 I_{\text{пр}(n)}^2 - 112M_k^4 \omega_c \sigma_k t_{\text{раб}}^6 I_{\text{пр}(n)} + 32M_k^5 \omega_c t_{\text{раб}}^7}{6 \cdot 5040\omega_c^6 \sigma_k^6 I_{\text{пр}(n)}^5 - 5 \cdot 2520\omega_c^5 \sigma_k^5 t_{\text{раб}}^2 I_{\text{пр}(n)}^4 + 4 \cdot 1680M_k \omega_c^4 \sigma_k^4 t_{\text{раб}}^3 I_{\text{пр}(n)}^3 - 3 \cdot 840M_k^2 \omega_c^3 \sigma_k^3 t_{\text{раб}}^4 I_{\text{пр}(n)}^2 + 2 \cdot 336M_k^3 \omega_c^2 \sigma_k^2 t_{\text{раб}}^5 I_{\text{пр}(n)} - 112M_k^4 \omega_c \sigma_k t_{\text{раб}}^6} \quad (14)$$

Задавшись предположительно ориентировочной величиной  $I_{\text{пр}(n)}$ , подсчитываем  $I_{\text{пр}(n+1)}$ ; если в пределах заданной точности приближенные значения  $I_{\text{пр}(n)}$  и  $I_{\text{пр}(n+1)}$  совпадут, то процесс можно считать законченным, а момент инерции движущихся частей цепного древокольного станка — рассчитанным.

Значительно быстрее и с меньшими трудовыми затратами численное определение величины момента инерции может быть осуществлено на ЭЦВМ по стандартной программе для решения алгебраического полинома шестой степени. На основании изложенной методики по заданному (потребному) максимальному усилию раскалывания  $P_{\text{max}}$  можно найти оптимальный момент инерции движущихся частей любого цепного древокольного станка.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Андреев, Ю. А. Сабинин. Основы электропривода. Госэнергоиздат, М., 1963. [2]. И. Я. Виленкин. Метод последовательных приближений. Изд-во «Наука», М., 1968. [3]. М. В. Плаксин. Исследование раскалывания коротких древесных отрезков. Кандидатская диссертация, Львов, 1950. [4]. С. И. Рахманов. Механизация разделки дров. ГЛБИ, М., 1950. [5]. С. И. Рахманов, К. Ф. Горюховский. Машины и оборудование лесоразработок. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1967.

Поступила 9 июля 1969 г.

УДК 625.75

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ ПРИ ПОСТРОЙКЕ АВТОЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Э. А. СЕЛЕЗНЕВА

(Московский лесотехнический институт)

Опыты по укреплению глинистых грунтов ортофосфорной кислотой и суперфосфатом, выполненные В. М. Кнатько [1], [2], показали техническую возможность и экономическую целесообразность использования этих реагентов в аэродромном и дорожном строительстве.

Основным преимуществом фосфорной технической кислоты является то, что нормы ее расхода при укреплении грунтов могут быть в 2—4 раза меньше (по весу), чем известных вяжущих материалов (СН—25—64). Она может быть использована для стабилизации грунтов любой исходной влажности, характеризующихся самыми неблагоприятными гидрологическими условиями (близкий уровень грунтовых вод, постоянная избыточная влага, накапливающаяся в результате

фильтрации или капиллярного подсоса и т. д.). Технология производства работ может быть упрощена. При этом нет необходимости устанавливать жесткие интервалы времени между операциями, возможно применение простейших механизмов для размельчения грунта и перемешивания смесей (плугов, дисковой бороны). Фосфорную кислоту можно использовать как в виде порошка, так и в виде водного раствора любой концентрации [5].

Выполненные нами и произведенные ранее исследования показали, что даже небольшие изменения концентрации экстракционной фосфорной кислоты оказывают существенное влияние как на выбор оптимальных дозировок, так и на технологию укрепления грунтов с использованием указанного реагента.

К основным факторам, влияющим на выбор оптимальных дозировок при технологии производства работ, следует отнести: сравнительно низкую концентрацию экстракционной  $H_3PO_4$ , равную 38%, исходную влажность грунтов, подлежащих обработке  $W_e$ , вид грунта и значение его оптимальной влажности  $W_{оп}$ , а также содержащуюся в кислоте воду  $W_k$ .

Используя формулу требуемого дополнительного увлажнения смеси  $W_{т.д.у} = W_{оп} - (W_e + W_k) \pm 2\%$ , можно определять влажность грунтовой смеси, чтобы правильно выбрать тот или иной вариант технологии производства работ.

Выбранные дозировки экстракционной  $H_3PO_4$  для конкретного вида грунта обеспечивают получение различных физико-механических свойств конструктивного слоя  $E_1$  (табл. 1).

Таблица 1

Дозировка реагента (в пересчете на сухое вещество) $D_k$	Требуемое дополнительное увлажнение смеси $W_{т.д.у}$	Варианты технологии	Значение модуля конструктивного слоя $E_1$ при $E_0 = 100 \text{ кг/см}^2$	Ориентировочная характеристика трудоемкости технологического цикла
2	+	Без переувлажнения смеси	350 ÷ 500	Оптимальный вариант технологической операции
3	+	" "		
4	+	С увлажнением	400 ÷ 600	То же, но при $W_e \leq 10\%$
5	-			
6	-	Переувлажнение смеси	500 ÷ 800	Продолжительный цикл и большая повторяемость технологических операций
7	-	" "		

Оптимальные значения  $E_1$  обеспечиваются наибольшими дозировками экстракционной фосфорной кислоты, но при этом осложняется технологический процесс, так как возникает необходимость многократных разливов реагента (от 6 до 9 по одному и тому же участку). Технологией укрепления грунтов добавками экстракционной фосфорной кислоты в целом соответствует основным положениям типовой технологии укладки грунтоцемента и грунтофосфата.

Рассмотрим влияние добавок указанного реагента на технологию укрепления глинистых грунтов с учетом наличия возможных вариантов поперечных профилей автомобильных лесовозных дорог.

Раствор экстракционной фосфорной кислоты распределяют по спланированной поверхности размельченного грунта с помощью битумовоза или автораспределителя, имеющего отводной шланг. Расход раствора кислоты за один проход автораспреде-

лителя не должен превышать 4—5 л на 1 м<sup>2</sup> (из-за растекания реагента). Для достижения требуемой дозировки реагента необходимо выполнить не менее 3—4 таких приемов (до  $D_k = 3\%$ ). Опыт по укреплению глинистых грунтов показал, что после второго или третьего распределения реагента движение разливающей автомашины по влажной поверхности обрабатываемого участка становится затруднительным, что исключает использование для этой цели автогудронаторов.

В зависимости от поперечного профиля дороги необходимо предусматривать различные варианты технологии распределения реагента по поверхности проезжей части. В связи с тем, что в большинстве случаев проектная ширина проезжей части автомобильных лесовозных дорог равна  $3,5 \div 4$  м, возможны следующие варианты. Реагент можно распределять по всей ширине проезжей части при наличии резервного участка, по которому в этом случае движется автораспределитель. При отсутствии такого участка обрабатывают поверхность одной половины проезжей части, а по другой двигается машина с реагентом.

Учитывая, что фосфорная кислота удобна для выполнения основных технологических операций и может быть использована без жестких ограничений (в отличие от работы с порошкообразными реагентами и органическими вяжущими [2]), возможен третий вариант: распределение экстракционной  $H_3PO_4$  с интервалом в сутки. При этом поверхности проезжей части обрабатывают на всю ширину, внося в первый день половинную дозу реагента.

Этот вариант наиболее приемлем при максимальных дозировках реагента, когда в грунт вносят значительный процент воды, содержащейся в кислоте (до 10—11% на 1 м<sup>2</sup>), что приводит к переувлажнению смеси при  $D = 7\%$ .

Планировку и профилировку переувлажненной грунтовой смеси производят при влажности ее, близкой к оптимальной. Неуплотненный влажный грунтоматериал меняет свою консистенцию, что визуально характеризуется изменением цвета смеси. Процесс твердения фосфатного вяжущего протекает медленнее, ухудшения физико-механических свойств формируемого материала не наблюдается [1], [3].

Таким образом, различия в дозировках экстракционной  $H_3PO_4$  оказывают существенное влияние как на регулирование процесса твердения грунтоматериала, так и на технологию производства работ: с дополнительной подсушкой грунтофосфатной смеси (путем перемешивания) и без нее. Продолжительный период коллоидно-гелевого состояния грунтоматериала позволяет производить дополнительное уплотнение переувлажненных смесей по мере испарения из них лишней влаги.

Полевые исследования показали, что грунтоматериал, укрепленный экстракционной фосфорной кислотой, обладает способностью восстанавливать структурные связи (разрушенные, например, под действием воды или мороза), так же как при использовании грунтофосфатных вяжущих [3].

Стоимость 1 км<sup>2</sup> покрытия или основания (с учетом защитного слоя) при толщине конструктивного слоя 15—20 см, ширине 4 м и расходе реагента 3% от веса грунта (в пересчете на сухое вещество) составляет 2,5—3,5 тыс. руб.

Результаты полевых опытных работ показали возможность применения экстракционной фосфорной кислоты для укрепления глинистых грунтов в лесных зонах в целях дорожного строительства [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Кнатько. Технологические приемы производства работ при укреплении глинистых грунтов суперфосфатом. Информационный сборник НИО Академии

(ЛКВИА) № 58, Л., 1962. [2]. В. М. Кнатько, В. В. Беглецов. Укрепление глинистых грунтов на основе синтеза алюмофторсиликатных вяжущих. Материалы VI Всесоюзного совещания по закреплению грунтов, МГУ, 1968. [3]. Б. И. Кувалдин, Э. А. Селезнева. Укрепление автолесовозной дороги фосфатными вяжущими. Ст. ЦНИИЛеспром ЛЛС-27-1967. [4] Б. И. Кувалдин, Э. А. Селезнева. Опыт эксплуатации участков лесовозных дорог, укрепленных ортофосфорной кислотой. Ст. ЦНИИЛеспром ЛЛС-14-1968. [5]. Н. Ф. Мищенко, В. М. Кнатько и др. Химическое укрепление грунтов в аэродромном строительстве. Изд-во «Транспорт», М., 1967.

Поступила 24 марта 1969 г.

УДК 621.43

## ИССЛЕДОВАНИЕ УТЕЧЕК ТОПЛИВА В НАГНЕТАТЕЛЬНОМ ЭЛЕМЕНТЕ ТОПЛИВНОГО НАСОСА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА

В. Ф. ПОПОВ, Н. И. КУЗНЕЦОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

При износе нагнетательного элемента значительно возрастают утечки топлива, что оказывает отрицательное влияние на работу топливной аппаратуры и дизеля в целом. Расчет утечек топлива представляет поэтому важную, но вместе с тем и сложную задачу [2], [3]. Совмещение вращательного и поступательного движений плунжера в топливных насосах распределительного типа, а также наличие распределителя создают при этом дополнительные трудности. С целью упрощения расчета утечек можно сделать некоторые допущения (на примере работы насоса ОНМ).

Так как процесс впрыска имеет малую продолжительность (8—10°) и протекает при неизменной проходной площади, то положение плунжера можно считать постоянным и симметричным относительно отводного отверстия, в которое производят впрыск. Наличие на плунжере распределительного паза приводит к появлению в момент впрыска неуравновешенной радиальной силы, отжимающей плунжер в сторону, противоположную распределительному пазу.

Однако при вращении плунжера возникают гидродинамические силы, которые могут воспрепятствовать непосредственному контакту плунжера и головки. Несущую способность слоя жидкости в данном сопряжении можно определить по формуле [1]

$$P' = \frac{\mu D^2 \omega}{\delta_d^2 c} \cdot \frac{1,04}{1 - \epsilon}, \quad (1)$$

- где  $P'$  — несущая способность сопряжения,  $\text{кг/м}^2$ ;  
 $\mu$  — коэффициент динамической вязкости,  $\text{кг сек/м}^2$  (для дизельного топлива  $\mu = 3,25 \cdot 10^{-4} \text{ кг сек/м}^2$ );  
 $\omega$  — угловая скорость плунжера,  $\text{рад/сек}$  (для 750 об/мин  $\omega = 78,5 \text{ рад/сек}$ );  
 $\delta_d$  — диаметральный зазор в сопряжении,  $\text{мм}$  (для новой пары  $\delta_d = 0,005 \text{ мм}$ );  
 $c$  — поправка на конечные размеры сопряжения ( $c = 1,17$  при диаметре плунжера  $D = 8,5 \text{ мм}$  и длине сопряжения  $L = 50 \text{ мм}$ );  
 $\epsilon$  — относительный эксцентриситет плунжера.

Приняв минимальную толщину слоя жидкости  $h_{min} = 0,0001$  мм (что находится в пределах точности измерительных приборов), определим несущую способность сопряжения

$$P' = \frac{3,25 \cdot 10^{-4} \cdot 8,5^2 \cdot 78,5 \cdot 1,04}{0,005^2 \cdot 1,17 (1 - 0,96)} = 16,2 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^2.$$

Тогда допустимая нагрузка, выдерживаемая сопряжением,

$$P = \frac{P'}{D \cdot L} = \frac{16,2 \cdot 10^4}{8,5 \cdot 50 \cdot 10^6} = 38,2 \text{ кг}.$$

При давлениях в системе, доходящих до  $300 \text{ кг/см}^2$  и более, и площади распределительного паза  $0,21 \text{ см}^2$  радиальная сила, действующая на плунжер, составляет не менее  $63 \text{ кг}$ . Сравнивая величины допустимой нагрузки при  $h_{min} = 0,0001$  мм и радиальной силы и учитывая увеличение зазора при износе деталей, можно сделать вывод о том, что гидродинамические силы не смогут воспрепятствовать контакту поверхностей.

Результаты специальных испытаний [4] позволили выделить в нагнетательном элементе три зоны утечек (рис. 1): всасывающего отверстия, распределительного паза и отсечных отверстий. В зоне распределительного паза утечки идут в двух направлениях: в смежные отводящие отверстия и в отсечную полость вдоль образующей плунжера. При определении величины утечек в зонах всасывающего и отсечных отверстий (с учетом изложенных выше допущений) может быть использована формула, предложенная Д. Ф. Гуревичем для расчета утечек во всасывающее отверстие топливного насоса  $4\text{ТН}-8,5 \times 10$  [2]:

для всасывающего отверстия

$$Q_1 = \frac{\pi \Delta P \delta_b^3}{6\mu \cdot \ln \left( \frac{2H}{r_b} + 1 \right)}; \quad (2)$$

для отсечных отверстий

$$Q_3 = \frac{\pi \Delta P \delta_o^3}{6\mu} \left[ \frac{1}{\ln \left( \frac{2H_A}{r_o} + 1 \right)} + \frac{1}{\ln \left( \frac{2H_B}{r_o} + 1 \right)} \right]; \quad (3)$$

где  $Q_1, Q_3$  — величины утечек соответственно во всасывающее и отсечные отверстия,  $\text{мм}^3/\text{сек}$ ;

$\Delta P$  — перепад давлений на входе и выходе щели,  $\text{кг/м}^2$ ;

$\delta_b, \delta_o$  — величины зазоров в зонах всасывающего и отсечных отверстий, мм;

$r_b, r_o$  — радиусы всасывающего и отсечного отверстий, мм;

$H, H_A, H_B$  — текущее значение расстояния от кромки отверстия до начала щели, мм.

Взаимное положение плунжера и головки в момент впрыска показано на рис. 2, а плунжера и регулирующей муфты — на рис. 3. Зазор

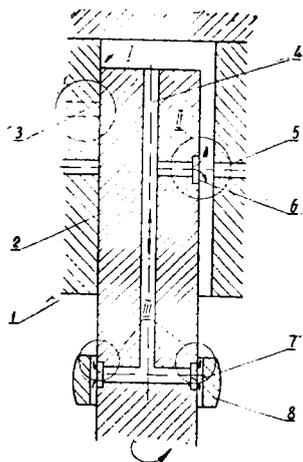


Рис. 1. Зоны утечек топлива в нагнетательном элементе.

I — зона всасывающего отверстия; II — зона распределительного паза; III — зона отсечных отверстий. 1 — головка насоса; 2 — плунжер; 3 — всасывающее отверстие; 4 — осевой канал; 5 — отводящее отверстие; 6 — распределительный паз; 7 — отсечное отверстие; 8 — регулирующая муфта.

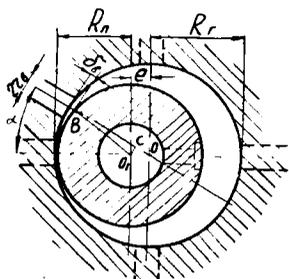


Рис. 2.

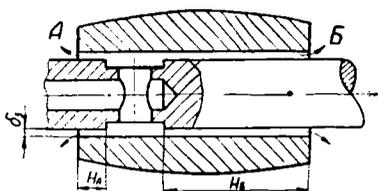


Рис. 3.

$\delta_v$  можно определить из геометрических соотношений, если считать  $e$  (эксцентриситет) малым по сравнению с  $R_r$  (рис. 2)

$$\delta_v = R_r - OB = R_r - R_n - e \cos \alpha.$$

Так как  $R_r - R_n = \delta$  (радиальный зазор), а для топливного насоса ОНМ  $\frac{e}{\delta} = 1$  и  $\alpha = 60^\circ$ , то  $\delta_v = 0,5\delta$ .

Для расчета утечек из зоны распределительного паза в отсечную полость (вдоль образующей плунжера) можно использовать формулу Пуазейля [3] с учетом эксцентричного положения плунжера (рис. 2)

$$Q_2' = \frac{2,5\pi D \Delta P \delta^3}{12\mu L}. \quad (4)$$

Расчет утечек от распределительного паза в смежные отводящие отверстия значительно сложнее, так как в этом случае течение жидкости происходит в сужающейся криволинейной щели переменной ширины. Однако расчет можно упростить, сделав некоторые допущения. Если пренебречь кривизной щели и считать угол расхождения стенок малым, то будем иметь установившееся ламинарное движение жидкости в плоском расходящемся зазоре. Геометрическая форма такого зазора показана на рис. 4, где  $B_2$  — длина распределительного паза;  $B_1$  — диаметр отводящего отверстия;  $\delta_2$  — радиальный зазор (высота щели) в зоне распределительного паза;  $\delta_1$  — то же в зоне смежного отводящего отверстия;  $P_2, P_1$  — давление топлива соответственно на входе и выходе щели.

Средняя по высоте щели скорость жидкости в сечении  $abcd$

$$u = \frac{Q_2''}{B\delta}, \quad (5)$$

где  $Q_2''$  — величина утечек (расход) жидкости через щель,  $\text{мм}^3/\text{сек}$ ;  $B, \delta$  — ширина и высота щели в сечении,  $\text{мм}$ .

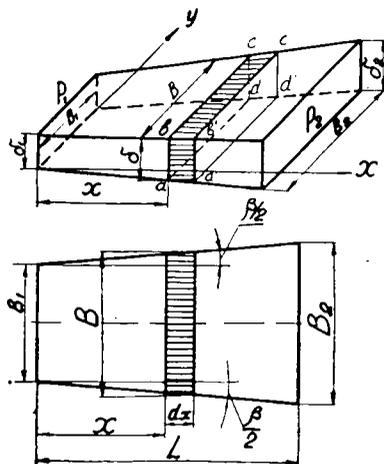


Рис. 4.

Величины  $B$  и  $\delta$  можно определить из геометрических соотношений

$$\delta = \delta_1 + \frac{x(\delta_2 - \delta_1)}{L}; \quad (6)$$

$$B = B_1 + 2x \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}. \quad (7)$$

Обозначив давление жидкости в сечениях  $abcd$  и  $a'b'c'd'$  соответственно через  $P$  и  $P + dP$ , выразим  $Q_2''$  по формуле Пуазейля [3]

$$Q_2'' = \frac{B\delta^3 dP}{12\mu dx}. \quad (8)$$

Подставив формулы (6), (7) и (8) в выражение (5) и разрешив относительно  $dP$ , получим

$$dP = \frac{12Q_2''\mu L^3 dx}{\left(B_1 + 2x \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right) [\delta_1 L + x(\delta_2 - \delta_1)]}. \quad (9)$$

Интегрирование выражения (9) и последующие алгебраические преобразования дают следующую зависимость для определения расхода жидкости через плоскую расходящуюся клиновую щель:

$$Q_2'' = \frac{\Delta P \delta_1^3}{12\mu L^3 S}, \quad (10)$$

$$\text{где } S = \frac{A^2}{[B_1(X-1) - AL]^3} \cdot \ln \frac{B_1 X}{B_1 + AL} - \frac{A}{[B_1(X-1) - AL]^2 L} \cdot \frac{X-1}{X} + \\ + \frac{1}{2[B_1(X-1) - AL]L^2} \cdot \frac{X^2 - 1}{X^2}; \quad X = \frac{\delta_2}{\delta_1}; \quad A = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Чтобы проверить предложенные теоретические зависимости, на специальном стенде (состоящем из прибора для определения утечек и топливной системы, обеспечивающей поддержание постоянного давления) было проведено экспериментальное определение утечек. Схема стенда приведена на рис. 5. На основании прибора закрепляют головку топливного насоса в сборе с плунжером, регулирующей муфтой и штуцерами. Нагнетательные клапаны предварительно снимают. Специальные фиксирующие устройства позволяют устанавливать в требуемое положение плунжер и регулирующую муфту.

При опрессовке топливо под постоянным давлением  $100 \text{ кг/см}^2$  подводится к штуцеру, ввернутому вместо пробки головки, и поступает в надплунжерное пространство. Плунжер устанавливают в положение впрыска в первую секцию, которую, в свою очередь, соединяют трубопроводом с форсункой. Утечки топлива из ранее выделенных зон, а также из дренажного отверстия форсунки собираются в мерные цилиндры.

Для экспериментального исследования использовали предельно изношенный нагнетательный элемент топливного насоса распределительного типа ОНМ после проведения специальных испытаний на износ [4].

Основные результаты теоретического и экспериментального исследования приведены на рис. 6 и в табл. 1. Из этих данных видно, что величина утечек определяется размером зазора в данной зоне. Утечки в зонах всасывающего и отсечных отверстий подчиняются одинаковым закономерностям (рис. 6). Положение плунжера и регулирующей муфты относительно перекрываемых ими отверстий ( $H$ ,  $H_A$ ,  $H_B$ ) и размеры последних ( $r_B$ ,  $r_0$ ) также влияют на величину утечек. С уменьшением расстояния между кромками отверстий и регулируемыми кромками плунжера и муфты расход топлива резко возрастает. Наибольшее абсолютное значение имеют утечки в зоне отсечных отверстий (рис. 6, а). Они почти в два раза больше, чем в зоне всасывающего отверстия (рис. 6, б), и в несколько раз больше, чем в зоне распределительного паза (табл. 1). Это объясняется тем, что суммарный периметр отсечных отверстий значительно больше, чем всасывающего, а длина уплотняющей части в их зоне много меньше, чем в зоне распределительного паза.

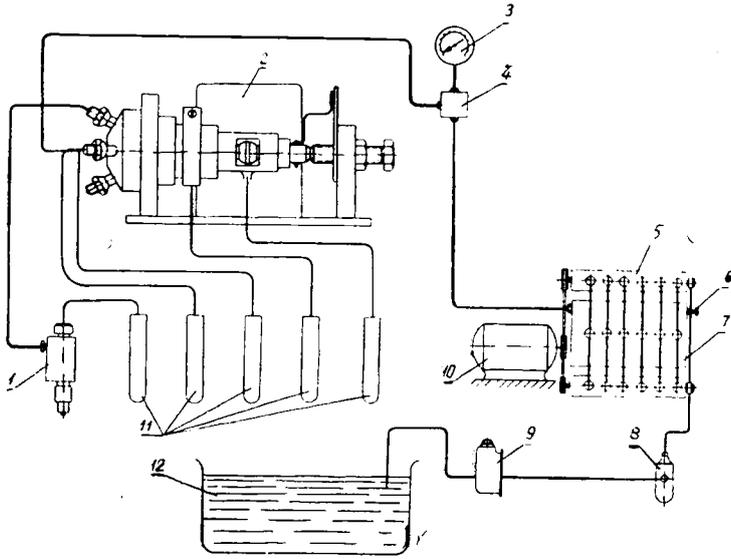
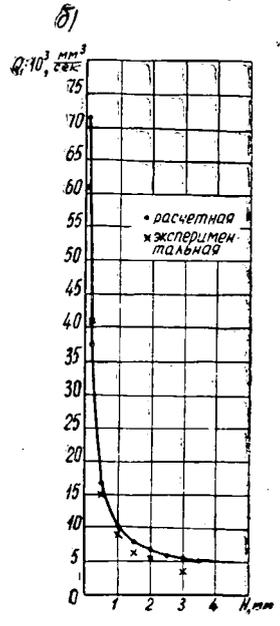
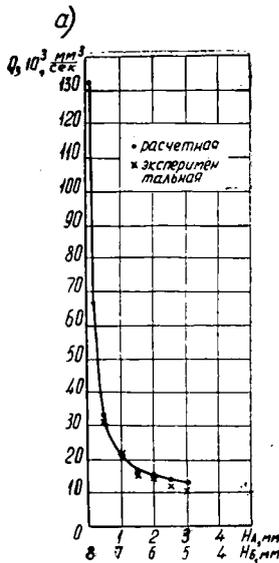


Рис. 5.

1 — форсунка; 2 — прибор для определения утечек; 3 — манометр;  
 4 — тройник; 5 — топливный насос НК-10; 6 — перепускной клапан;  
 7 — аккумулятор давления; 8 — топливный фильтр; 9 — подкачивающий  
 насос БНК 10 — электродвигатель привода; 11 — мерные цилиндры;  
 12 — топливный бак.

Рис. 6. Зависимость утечек топлива от положения плунжера и регулирующей муфты относительно отверстий.

$\alpha$  — в зоне отсечных отверстий;  
 $\sigma$  — в зоне всасывающего отверстия.



Величины утечек в смежные отводящие отверстия, как видно из табл. 1, не равны между собой, несмотря на симметричное их расположение относительно распределительного паза. Утечки в отводящее отверстие четвертой секции значительно больше, чем в отверстие второй секции. Это происходит вследствие различных величин и формы

Таблица 1

Направление утечек	Секундные утечки, <i>мм<sup>3</sup>/сек</i>		Погрешность	
	расчетные	экспериментальные	абсолютная, <i>мм<sup>3</sup>/сек</i>	относительная, %
В отводящее отверстие . . . . .				
первой секции . . . . .	750	759	9,0	1,2
четвертой секции . . . . .	3410	3110	300	9,6
Вдоль образующей в отсечную полость . . . . .	117	103	9,0	8,3

зазоров, примыкающих к этим отверстиям. Участок плунжера, примыкающий к отверстию четвертой секции, изнашивается значительно интенсивнее [4]. По абсолютному значению суммарные утечки в смежные отводящие отверстия невелики.

Утечки вдоль образующей плунжера в отсечную полость (табл. 1) невелики вследствие небольшого износа плунжера на этом участке и значительной длины уплотняющей части. Поэтому они не могут оказать заметного влияния на процесс топливоподачи. Сравнение расчетных и экспериментальных утечек показывает, что в целом они удовлетворительно совпадают, что свидетельствует о правильности принятой методики расчета. Несколько большее расхождение наблюдается в области больших активных ходов в зоне всасывающего и отсечных отверстий. Это, очевидно, можно объяснить влиянием ряда неучтенных факторов (облитерация, изменение вязкости от давления и пр.).

### Выводы

1. Утечки наиболее велики в зоне отсечных отверстий, поэтому при контроле технического состояния нагнетательного элемента следует в первую очередь контролировать величину износа в этой зоне.
2. Чтобы повысить долговечность нагнетательного элемента, необходимо уменьшить периметр отсечных отверстий и уравновесить плунжер.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. Н. Бабушкин. Технология ремонта лесозаготовительных и лесохозяйственных машин. Гослесбумиздат, М., 1963. [2]. Д. Ф. Гуревич. О теории гидравлической плотности плунжерных пар. Журн. «Автомобильная и тракторная промышленность» № 7, 1957. [3]. В. С. Любинецкий. О протекании топлива в зазор между плунжером и цилиндром топливного насоса. Журн. «Дизелестроение» № 8—9, 1940. [4]. Н. И. Кузнецов. Применение метода вырезанных лунок при исследовании износа прецизионных деталей. Сборник трудов АЛТИ «Лесозаготовка», вып. XIX, Архангельск, 1967.

Поступила 28 марта 1969 г.

УДК 629.114.2

## К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ НА ПРОЧНОСТЬ

Г. М. АНИСИМОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Повышение производительности лесотранспортных машин часто достигается интенсификацией эксплуатации и режимов работы машины путем увеличения мощности, рейсовых нагрузок, скоростей движе-

ния и т. д. Это приводит к напряженности общих режимов работы лесотранспортных машин и, в частности, к увеличению нагруженности трансмиссии. Весьма актуальны вопросы роста производительности, повышения надежности, долговечности и снижения металлоемкости конструкций транспортных машин. Рациональный запас прочности можно установить на основании изучения нагруженности и характеристик прочности элементов конструкции.

В ЛТА были проведены исследования по определению нагрузочных режимов трансмиссии при работе трактора ТДТ-55 в производственных условиях. Изучению нагруженности трансмиссии предшествовали длительные исследования эксплуатационных режимов работы трелевочного трактора [1], [2], при которых применяли вновь разработанную для этих целей аппаратуру [3].

Работа трактора может протекать в бесконечном количественном и качественном сочетании условий эксплуатации: преобладающего рельефа местности, коэффициента сопротивления движению, характера лесонасаждений, рейсовой нагрузки, техники вождения, технического обслуживания. Эксплуатационные условия могут сочетаться случайным образом и изменяться довольно часто.

Установлено, что режимы работы трелевочного трактора в значительной мере зависят от: характеристики лесонасаждений (средний объем, порода, крона, высота деревьев и др.); особенностей технологии лесозаготовок (заготовка хлыстов или деревьев, способ разработки лесосеки, конечный пункт трелевки); способа транспортировки хлыстов (комлями или вершинами вперед); характера волока в плане (количество кривых и их радиус); степени подготовки волока (количество и высота пней, наличие порубочных остатков).

Для оценки условий эксплуатации трелевочных тракторов недостаточно нескольких из перечисленных характеристик, причем некоторые из них для трелевочного трактора имеют более емкое понятие, чем для других машин.

Так, например, если для ряда транспортных машин рейсовая нагрузка — понятие вполне определенное (ее вес), то для трелевочного трактора при одном и том же весе пакета сопротивление волокающейся части зависит от его состава, породы деревьев, среднего объема и кроны. Однако, видимо, можно выбрать одну—две характеристики, которые позволят не только определить условия эксплуатации, но и систематизировать режимы и нагруженность для оценки долговечности.

При одинаковом способе трелевки, объеме и структуре пакета в зависимости от сложности сочетания перечисленных факторов, при правильной эксплуатации машины водитель в процессе работы будет использовать различные передачи.

Длительные исследования эксплуатационных режимов работы трактора в различных производственных условиях и в различное время года позволили получить в большом объеме экспериментальные данные об использовании агрегатов трансмиссии по количеству включений и времени их работы (некоторые из них изложены нами ранее [1], [2]).

Эти сравнительные испытания проводили в Лисинском учебно-опытном лесхозе ЛТА и в Нелгомозерском лесопункте Кондопожского леспрохоза КАССР. Рельеф лесосеки в Лисинском лесхозе относится к категории равнинных. Уклоны в грузовом и порожнем направлениях почти отсутствовали. Для условий Нелгомозерского лесопункта характерен холмистый рельеф. Средний объем хлыста в Лисинском лесхозе — 0,41 пл. м<sup>3</sup>, в Нелгомозерском лесопункте — 0,29 пл. м<sup>3</sup>.

На обеих лесосеках проводили трелевку за комли. Методика испытаний и аппаратура во всех испытаниях были практически одинаковы.

Анализ результатов исследований показал, что различие эксплуатационных условий в меньшей мере отражается на использовании

крутящего момента двигателя, чем на использовании агрегатов силовой передачи как по количеству включений, так и по продолжительности работы. Несмотря на худшие условия работы в Нелгомозерском лесопункте, при грузовом ходе с одинаковым объемом пакета среднее значение момента на карданном валу на 15,8% меньше, чем в Лисинском лесхозе. Однако использование передач существенно различается (особенно I и IV). В Нелгомозерском леспромхозе при грузовом ходе по времени больше, чем в Лисинском лесхозе, используются I и IV передачи (соответственно в 1,7 и 3,5 раза), а II и III — меньше. Следовательно, с некоторым допущением можно предположить, что использование передач является обобщенной характеристикой условий эксплуатации трелевочного трактора.

Условия нагруженности при случайном нестационарном характере нагружения определяются плотностью распределения амплитуд (спектром амплитуд) переменных напряжений и числом циклов для рассчитываемой детали в некоторых конкретных условиях эксплуатации. Это является главным фактором для определения усталостного разрушения деталей трансмиссии. Другой тип разрушения — статическое — характеризуется в основном вероятностью возникновения нагрузки, превышающей предел статической прочности детали [6]. Поэтому расчету на статическую и усталостную прочности должно предшествовать установление определяющих режимов для тех или иных деталей.

С целью получения исходных материалов для такого расчета проведено исследование нагруженности трансмиссии при работе трактора в производственных условиях.

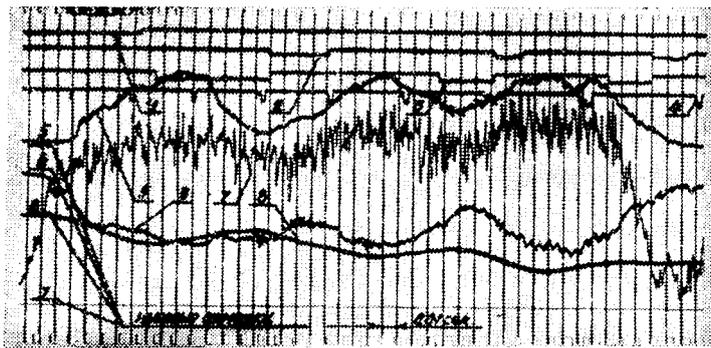


Рис. 1. Оциллограмма нагруженности трансмиссии при трогании трактора с места резким включением муфты сцепления на IV передаче.

1 — время протекания процессов; 2, 3 — отметка углов поворота правой и левой звездочек; 4 — отметка оборотов двигателя; 5, 6 — крутящие моменты на ведомых валах бортовых передач; 7 — крутящий момент на первичном валу коробки передач; 8 — скорость вращения первичного вала коробки передач.

При трогании трактора с места, вследствие резкого включения сцепления и полной подачи топлива, на первичном валу возникают крутильные колебания в виде единичного воздействия, на горизонтальную часть которого наложены крутильные колебания случайного характера (рис. 1). Источником этих случайных колебаний является трение фрикционных накладок муфты сцепления в процессе буксования. Длительность буксования муфты сцепления достигает 0,7—0,8 сек с интенсивностью накопления 150—160 циклов в 1 сек. В этом режиме динамические нагрузки в трансмиссии со стороны двигателя достигают

максимально возможной величины и не связаны с нагрузкой на трактор, почвенно-грунтовыми условиями, состоянием волокна, а зависят от параметров трактора, коэффициента запаса муфты сцепления, приведенных моментов инерции и жесткостей и др.

Характер нагруженности первичного вала при трогании трактора на IV и V передачах существенно не различается по уровню напряжений и интенсивности накопления циклов. Различна только длительность режима буксования муфты сцепления, то есть общее количество циклов за время трогания трактора. Значительная нагруженность первичного вала возникает при движении трактора на этих передачах, особенно на V при полной подаче топлива и скоростном режиме двигателя 950—1200 об/мин (рис. 2). При этом режиме наблюдаются наибольшие по амплитуде колебания частотой 65—90 гц. Максимальное значение крутящего момента превосходит трехкратную величину номинального момента двигателя. Режимы трогания и движения на низших передачах (I—III) не вызывают столь высокой нагруженности трансмиссии со стороны двигателя.

Наибольшая нагруженность ведомых валов бортовых передач и сопряженных с ними деталей возникает при движении трактора по волоку с пакетом на I—III передачах. Если при движении трактора на V передаче нагруженность ведомых валов столь мала, что ее можно не учитывать при определении усталостной и статической прочностей, то при движении на низших передачах, при сравнительно большом среднем суммарном моменте (на I передаче — 1156 кгм, II — 868 кгм, III — 671 кгм), максимальное значение для одного вала может достигать 1800 кгм.

Все это позволяет установить, что максимальная нагруженность деталей трансмиссии возникает: со стороны двигателя (первичного вала и сопряженных с ним деталей) при трогании и движении трактора на V и IV передачах; со стороны волокна (ведомых валов бортовых передач и сопряженных с ними деталей) при движении трактора с грузом на I—III передачах.

Таким образом, для оценки нагруженности трансмиссии на разных передачах второй характеристикой является плотность распределения нагрузок с установлением количества перегрузочных циклов в единицу времени или на один оборот вала.

Можно ожидать, что при правильной эксплуатации трактора на одной и той же передаче плотность распределения будет изменяться меньше, чем для автомобиля, что вызвано спецификой работы, узостью диапазона изменения скорости движения на одной передаче и т. п.

В зависимости от задач исследования и возможностей эти основные характеристики могут быть дополнены. Так, например, при исследовании нагруженности муфты сцепления необходимо знать работу трения, количество и частоту включений. Осциллограммы нагружен-

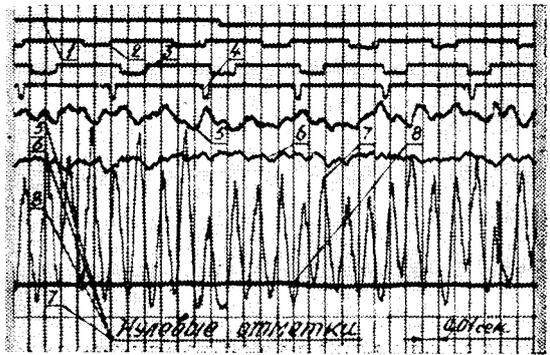


Рис. 2. Осциллограмма нагруженности трансмиссии при движении трактора на V передаче. Обозначения см. на рис. 1.

ности трансмиссии обрабатывали методом корреляционного счета, что дало наиболее полную и надежную информацию. По корреляционным таблицам определяется асимметрия процесса и коэффициент корреляции, по которому выбирают систематизацию для расчета деталей на усталостную прочность.

Время работы в конкретных условиях и корреляционные таблицы нагруженности деталей при работе трактора на передачах являются исходными для определения усталостной прочности. Коэффициент запаса усталостной прочности по касательным напряжениям  $n$  и долговечности (выносливости)  $L$  детали на каждой передаче можно определить по методике, изложенной в ряде работ [4], [5].

$$\left. \begin{aligned} n_r &= \frac{\tau_{rg}}{\sqrt[m]{\frac{n_{\text{сум}}}{N_0} \int_{0,5\tau_{rg}}^{\tau_{\text{max}}} \tau_i^m \Phi'(\tau_i) d(\tau_i)}} \\ L &= \frac{N_0 \tau_{rg}^m}{n_r \int_{0,5\tau_{rg}}^{\tau_{\text{max}}} \tau_i^m \Phi'(\tau_i) d(\tau_i)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $m$  — показатель степени, характеризующий наклон левой ветви кривой усталости детали;  
 $n_{\text{сум}}$  — суммарное число циклов перемен напряжений;  
 $n_r$  — число циклов напряжений на 1 час (мото-час);  
 $\Phi'(\tau_i)$  — теоретическая функция плотности распределения вероятности  $\tau_i$ ;  
 $\tau_{\text{max}}$  — максимальное значение переменного напряжения;  
 $N_0$  — число циклов, соответствующее перелому кривой усталости;  
 $\tau_{rg}$  — предел выносливости детали с учетом асимметрии нагрузки;  
 $\tau_{\text{max}}, \Phi'(\tau_i), n_{\text{сум}}, n_r$  — величины, определяемые из корреляционных таблиц.

Коэффициент асимметрии нагрузочных циклов, определенный по корреляционным таблицам, позволяет найти предел выносливости детали при нагрузке с данной асимметрией  $\tau_{rg}$  [4]

$$\tau_{rg} = \frac{2\tau_{-1}}{(K_d + \alpha_r) - (K_d - \alpha_r)r}$$

где  $\tau_{-1}$  — предел выносливости при симметричном цикле нагружения;  
 $K_d$  — коэффициент, учитывающий влияние концентрации напряжений, размера деталей и качества поверхности;  
 $r$  — коэффициент асимметрии;  
 $\alpha_r$  — коэффициент, характеризующий качество материала,

$$\alpha_r = \frac{\tau_{-1}}{\tau_r}$$

где  $\tau_r$  — предел текучести.

Нижний предел интегрирования определяется минимальным напряжением, при котором прекращается развитие трещин усталости. Этот предел рекомендуется принимать равным  $0,4 - 0,6 \tau_{rg}$  [4].

Разработано несколько способов установления полного срока службы деталей. Так, пользуясь методикой Б. В. Гольда [4], общую

долговечность  $S_{\Sigma}$  для данных условий эксплуатации можно получить через частные долговечности для конкретных передач

$$S_{\Sigma} = \frac{100}{\sum \frac{\alpha_i}{s_i}}, \quad (2)$$

где  $s_i$  — возможное время работы детали (по долговечности) на данной передаче;  
 $\alpha_i$  — время работы машины на соответствующей передаче, %.

В качестве примера приводим результаты расчета долговечности ведомого вала бортовой передачи по касательным напряжениям. Исходные данные:  $N_0 = 5 \cdot 10^6$ ,  $m = 6$ ,  $K_1 = 3,28$ ,  $\tau_{-1} = 31,0 \text{ кг/мм}^2$ . Остальные данные получены из корреляционных таблиц (одна из них приведена на рис. 3).

$\xi$	$\kappa \Gamma \text{М}$	$\eta_i$																								
		-9	-8	-7	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
-1080-960	-9																									
-960-840	-8					1																				1
-840-720	-7						1		1																	2
-720-600	-6							1				1														2
-600-480	-5									2																2
-480-360	-4					1																				1
-360-240	-3						1																			1
-240-120	-2							1																		1
-120-0	-1								6	3																9
0-120	1								8	9	9		2													28
120-240	2									12	26	11		1												50
240-360	3										24	36	11	13	2											86
360-480	4											34	33	16	7	3										93
480-600	5												33	35	18	2						2				90
600-720	6													17	18	8	6									49
720-840	7														14	4	7	1								26
840-960	8															9	2	5	4	1						21
960-1080	9																3	1								4
1080-1200	10																		3							3
1200-1320	11																								1	1
1320-1440	12																							1		1
1440-1560	13																									
1560-1680	14																									
1680-1800	15																									
1800-1920	16																									
$\eta_j$																										471

$t = 114,8$   
 $\tau = 2511$   
 $\eta_t = 4,1 \frac{\text{цикл}}{\text{сек}}$   
 $\eta_n = 7,19 \frac{\text{цикл}}{\text{об}}$

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Рис. 3. Корреляционная таблица нагрузок на ведомом валу правой бортовой передачи ТДТ-55. Трогание трактора с места и движение с поворотами по волоку на I передаче.  $Q = 5 \text{ м}^3$ .

$\xi$  — максимальное значение переменной в цикле;  $\eta$  — минимальное значение переменной в цикле;  
 $\eta_j$  — частота повторения значений  $\xi$ ;  $\eta_i$  — частота повторения значений  $\eta$ ;  $\theta$  — разряд размаха;  
 $\eta_k$  — частота повторения размахов в разряде;  $t$  — время регистрации режима;  $n$  — количество оборотов за время  $t$ ;  $\eta_f$  — интенсивность накопления циклов за 1 сек;  $\eta_n$  — интенсивность накопления циклов за 1 оборот двигателя.

По результатам исследования эксплуатационных режимов получается, что время работы трактора при грузовом ходе на основных передачах в Нелгомозерском лесо-

пункте (в процентах к машинному времени) составляет: I—2,52%, II—7,63%, III—16,80%.

Возможное время работы ведомого вала на передачах по формуле (1) соответственно равно: I—985 час, II—835 час, III—4450 час.

Тогда общее время работы ведомого вала без усталостного разрушения от касательных напряжений в условиях проведения эксперимента, найденное по формуле (2), составит 6500 час.

Исследования эксплуатационных режимов работы трактора ТДТ-55 в различных условиях эксплуатации показывают, что доля машинного времени в общем балансе времени работы трактора за рейс составляет в среднем 0,4. Это соотношение исчисляется по работомеру трактора, с коэффициентом 0,5.

Таким образом, долговечность по касательным напряжениям по работомеру в два раза больше машинного времени (13 000 мото-час).

Общий коэффициент запаса статической прочности определяли обычными методами сопротивления материалов, он оказался равен 3,2. При расчете на долговечность, даже с использованием экспериментальных данных, в результате их разброса неизбежны погрешности, которые возникают при систематизации нагрузочных режимов. Точность расчета можно повысить путем получения характеристик прочности деталей и проведения испытания долговечности деталей и узлов на стендах с применением программирующих устройств.

Следовательно, использование передач с некоторым допущением можно считать обобщенной характеристикой условий эксплуатации трелевочного трактора и определителем интенсивности нагружения трансмиссии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. М. Анисимов, В. А. Галямичев и др. Исследование эксплуатационных режимов трелевочного трактора ТДТ-55. Журн. «Тракторы и сельхозмашины» № 11, 1965. [2]. Г. М. Анисимов, В. А. Галямичев и др. Исследование эксплуатационных режимов трактора ТДТ-55. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1968. [3]. Г. М. Анисимов, В. А. Галямичев, А. Д. Драке, Е. П. Табаков. Аппаратура для исследования эксплуатационных режимов трактора ТДТ-55. Журн. «Тракторы и сельхозмашины» № 5, 1968. [4]. Б. В. Гольд, Е. П. Оболенский, Ю. Г. Стефанович, О. Ф. Трофимов. Основы прочности и долговечности автомобиля. Машгиз, 1967. [5]. С. В. Серенсен, В. П. Кочаев и др. Несущая способность и расчет деталей на прочность машин. Машгиз, 1954. [6]. Ю. Г. Стефанович, Л. П. Пожарицкий. Методика исследования нагруженности деталей трансмиссии автомобиля в эксплуатационных условиях с применением методов математической статистики. Труды НАМИ, вып. 45, 1962.

Поступила 14 ноября 1969 г.

УДК 634.0.378.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВУЧЕСТИ БЕРЕЗОВЫХ БРЕВЕН С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ЧАСТИЧНОЙ ОКОРКИ

Р. Г. СМИРНОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Молевой сплав березовых сортиментов сопряжен со значительными трудностями, обусловленными большим объемом весом и интенсивным водопоглощением древесины. Поэтому неизбежно возникает вопрос о необходимости повышения сплавоспособности березы. Однако, как показал экспериментальный сплав, проведенный нами в 1965 г. в бассейне р. Северной Двины, продолжительность сплава без потерь зависит не только от начального запаса плавучести. На интенсивность водопоглощения березовых бревен значительное влияние оказывает вид окорки и процент снятия коры. Опыты показали, что, меняя вид

и степень окорки, можно оказывать существенное влияние на динамику объемного веса древесины как при сушке бревен, так и при их увлажнении.

С целью выявления влияния вида и степени частичной окорки березовых бревен на процесс их увлажнения автор статьи провел специальные экспериментальные исследования. В опытах по намоканию испытывали двадцать серий бревен диаметром от 16 до 30 см с различными видами окорки. Торцы бревен не обмазывали влагозащитными замазками. Увлажнение проходило одновременно через торцовые и боковые поверхности бревна.

Объемный вес бревен в контрольные сроки наблюдений при сушке и намокании находили по формуле

$$\gamma = \frac{P}{V} \text{ кг/м}^3. \quad (1)$$

Объем бревна  $V$  определяли по выталкивающей силе воды и вычисляли как разность весов в воде и воздухе. Для определения веса бревна в воде применяли специальную подвеску с грузом-затопителем. Вес затопленного бревна и груза через подвеску передавался на весы, расположенные под водой. Поскольку объемный вес воды равен  $1000 \text{ кг/м}^3$ , то объем бревна

$$V = \frac{P - P_{б.г} + P_r}{1000} \text{ м}^3, \quad (2)$$

где  $P$  — вес бревна в воздухе, кг;  
 $P_{б.г}$  — вес бревна и груза в воде, кг;  
 $P_r$  — вес груза в воде, кг.

Максимальный устойчивый объемный вес  $\gamma_y$  древесины березы при намокании возникает при полном заполнении всех пор водой. Для подопытной партии средняя величина его составила  $1178 \text{ кг/м}^3$ .

Относительную возрастающую влажность древесины  $\Theta$  при намокании находили по формуле

$$\Theta = \frac{\gamma_y - \gamma_{н}}{\gamma_y - \gamma_{к}}, \quad (3)$$

где  $\gamma_{н}$  и  $\gamma_{к}$  — начальный и конечный объемные веса,  $\text{кг/м}^3$ .

Величина  $\Theta$  была принята зависимой переменной и определялась для каждого бревна два раза в месяц в течение всего навигационного периода.

В результате обработки опытных данных выявлена тесная связь между величиной  $\Theta$  и продолжительностью намокания  $t$ , что подтверждается высокими значениями коэффициентов корреляции (0,85—0,99) и показателями их достоверности (24 и более).

Эта связь выразилась линейным уравнением

$$\Theta = at + b, \quad (4)$$

где  $t$  — продолжительность сплава, сутки.

Свободный член  $b$  уравнения (4) колебался от 0,950 до 1,023, и с небольшой погрешностью его можно считать равным единице.

За основную геометрическую характеристику бревна принят определяющий размер  $R$ , характеризующий диаметр бревна  $d$ , вид и степень окорки. Величину  $R$  находили по формуле, выведенной нами\* на основании общих законов сложения проводимостей,

\* Р. Г. Смирнов. О влиянии вида частичной окорки березовых бревен на интенсивность атмосферной сушки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1969.

$$R = \frac{d}{6} + kc (R_T^{-2} + 15R_d^{-2})^{-\frac{1}{2}} \text{ см}, \quad (5)$$

где  $d$  — диаметр бревна, см;  
 $k$  — доля неокоренной части бревна;  
 $c$  — коэффициент, учитывающий отслаивание коры;  
 $R_T$  — средний взвешенный путь перемещения влаги из-под коры до поверхности испарения по тангенциальному направлению, см;  
 $R_d$  — то же для продольного направления, см.

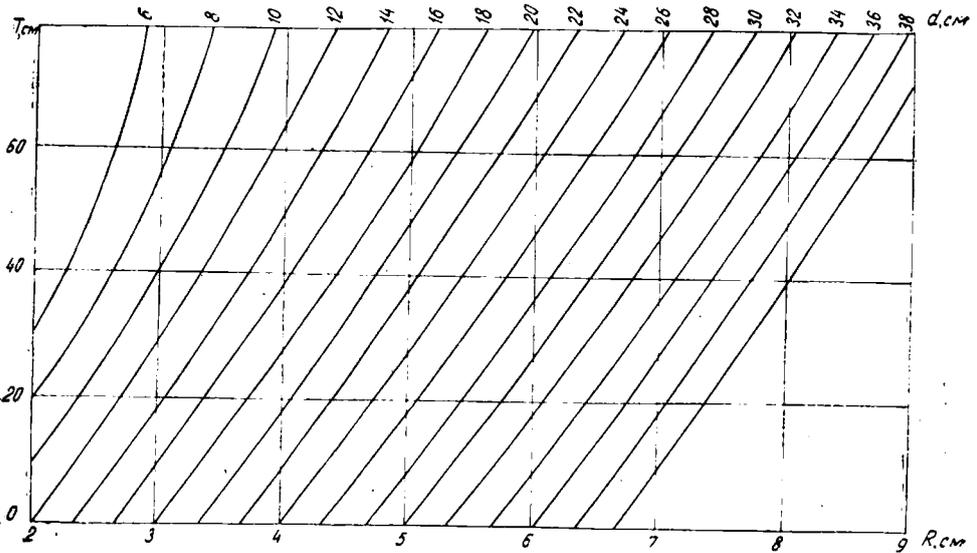


Рис. 1.

На основании формулы (5) построена диаграмма  $RTd$  (рис. 1) для бревен, прошедших винтовую однозаходную пролыску с 15–20%–ным снятием коры (для других видов частичной окорки могут быть получены аналогичные диаграммы). Из диаграммы видно, что определяющий геометрический размер  $R$  зависит от диаметра бревна  $d$  и шага винта  $T$ . Так, для бревна диаметром  $d = 16$  см с шагом винта  $T = 42$  см величина  $R = 4,2$  см.

Между угловым коэффициентом  $a$  и размером  $R$  (рис. 2) установлена тесная достоверная связь, выражающаяся уравнением

$$a = 0,1194R^{-2}. \quad (6)$$

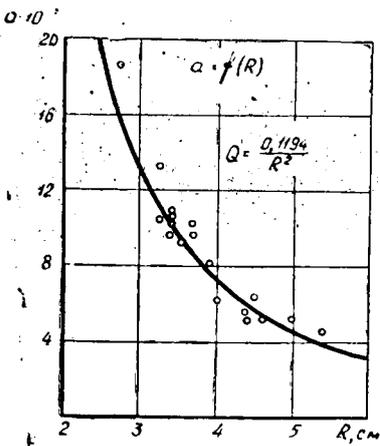


Рис. 2.

Подставив найденное значение коэффициента  $a$  в уравнение (4), получим

$$\frac{\gamma_y - \gamma_n}{\gamma_y - \gamma_k} = 0,1194R^{-2}t + 1,0, \quad (7)$$

отсюда конечный объемный вес

$$\gamma_k = 1178 - \frac{1178 - \gamma_n}{0,1194R^{-2}t + 1,0} \text{ кг/м}^3. \quad (8)$$

Это уравнение весьма хорошо раскрывает характер процесса увлажнения березовых бревен. Значения объемных весов, вычисленных по этой формуле для 983 бревен с различными сроками намокания (от 15 до 113 суток), очень близки к полученным экспериментальным путем. При сравнении вычисленных значений объемного веса бревен с опытными был получен вариационный ряд случайных ошибок, который подчиняется закону нормального распределения. Среднее квадратическое отклонение от среднего арифметического значения вычисленного объемного веса для партии бревен составило  $\sigma = \pm 38 \text{ кг/м}^3$ .

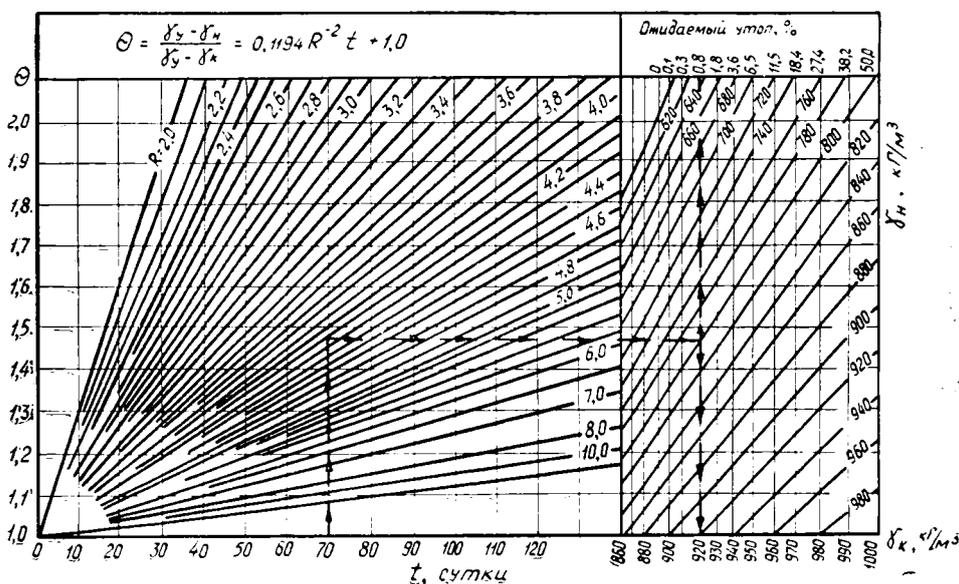


Рис. 3.

На основании опытных данных и уравнений (4), (7), (8) нами построена номограмма  $\Theta Rt$  (рис. 3), которая значительно облегчает решение задачи по определению следующих весьма важных для сплавных работ данных: конечного объемного веса древесины  $\gamma_k$ ; ожидаемого процента утота к концу сплава; наилучшего вида и степени окорки бревен перед атмосферной сушкой; максимальной продолжительности сплава  $t$  без потерь от утота.

Для наглядности пользования номограммой приводим пример.

В молевой сплав продолжительностью  $t = 70$  суткам предлагается пустить партию бревен со средним диаметром  $d = 16 \text{ см}$ , прошедших винтовую однозаходную пролыску с 20%-ным снятием коры ( $k = 0,8$ ). Шаг винта  $T = 42 \text{ см}$ . Средний начальный объемный вес партии  $\gamma_n = 800 \text{ кг/м}^3$ . Торцы бревен перед пуском их в сплав не были обмазаны.

Для определения конечного объемного веса  $\gamma_k$  и возможного процента утота древесины к концу сплава прежде всего необходимо определить величину  $R$  по формуле (5) или по номограмме  $Rtd$  (рис. 1). Она равна 4,2 см. В соответствии с формулой (8) конечный объемный вес равен  $920 \text{ кг/м}^3$ . Ход решения задачи по номо-

грамме указан стрелками на рис. 3. От точки пересечения прямых  $t = 70$  суткам и  $R = 4.2$  см проводим горизонтальную прямую вправо до пересечения с линией начального объемного веса  $\gamma_{н} = 800$  кг/м<sup>3</sup>. Затем спроектировав эту точку пересечения вниз, находим конечный объемный вес  $\gamma_{к} = 920$  кг/м<sup>3</sup>, а вверх — ожидаемый процент утопа 0,8%.

Из примера следует, что для успешного проведения сплава без каких-либо потерь от утопа необходимо, чтобы начальный объемный вес древесины  $\gamma_{н} = 760$  кг/м<sup>3</sup>, либо величина  $R$  должна быть увеличена до 4,8 см, что соответствует шагу винта  $T = 62$  см (рис. 1).

Таким образом, полученные нами уравнение (8) и номограмма  $\Theta Rt$  — увлажнения достаточно просто позволяют прогнозировать не только максимальную продолжительность сплава, но и обосновывать необходимый вид и степень окорки березовых бревен перед атмосферной сушкой применительно к конкретным условиям производства.

---

Поступила 12 сентября 1969 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.093.6-413.82

О ТЕМПЕРАТУРНОМ ПЕРЕПАДЕ ПО ДЛИНЕ  
ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ ПРИ РАСПИЛОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

В. И. САНЕВ, В. Н. ПЛЮСНИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

Качество распиловки древесины на ленточнопильных станках во многом зависит от устойчивости ленточных пил. Последняя предопределяется состоянием их температурного поля, то есть распределением температуры по ширине и длине пил в период распиловки. Это объясняется тем, что с температурными перепадами тесно связаны внутренние напряжения в пилах. Поэтому изучение тепловых явлений в них имеет большое практическое значение. В данной статье изложены результаты исследования распределения температуры по длине ленточных пил при их движении на шкивах в процессе распиловки древесины.

Для анализа тепловых явлений воспользуемся принципиальной схемой охлаждения ленточной пилы за период одного цикла движения на шкивах (рис. 1). Согласно схеме можно отметить следующие характерные участки.

1—2 — на этом участке осуществляется процесс распиловки древесины зубьями ленточной пилы. В связи с превращением части работы, затрачиваемой на процесс распиловки, в тепловую энергию и трения пила на данном участке нагревается так, что между передней (зубчатой) и задней кромками возникает температурный перепад. Величина этого перепада и абсолютное значение температуры по ширине пилы зависят от режима распиловки, состояния режущего инструмента, физико-механических свойств распиливаемой древесины и характера движения материала при распиловке. Максимальное значение температуры и температурный перепад по ширине ленточной пилы достигаются в точке 2, то есть на выходе пилы из пропила.

2—3 — ленточная пила попадает в среду окружающего воздуха. По мере ее движения между нагретой ленточной пилой и окружающим воздухом происходит теплообмен путем излучения и конвекции. Вследствие отдачи части тепла в окружающую среду и перераспределения между передней и задней кромками несколько снижаются температурный перепад и значение температуры в точках по ширине ленты.

3—4 — ленточная пила внутренней поверхностью входит в контакт с ведущим нижним шкивом станка. Путем теплопроводности часть тепла от ленты передается шкиву, а путем излучения и конвекции часть рассеивается в окружающую воздушную среду. Вследствие потери части тепла и перераспределения между передней и задней кромками температурный перепад и значение температуры в точках по ширине пилы продолжают уменьшаться.

4—5 — ленточная пила снова попадает в среду окружающего воздуха. Путем конвекции и излучения часть тепла рассеивается в окружающий воздух, и пила продолжает охлаждаться. При этом из-за

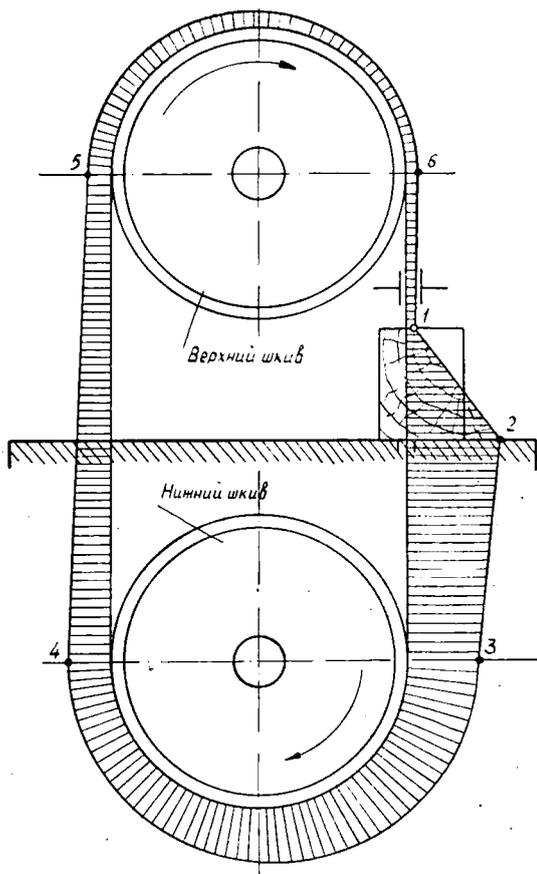


Рис. 1.

Окружающим воздухом. Происходит теплоотдача излучением и конвекцией, а также теплопроводностью от передней кромки к задней. К точке 1 участок пилы подходит менее нагретым и с меньшим значением температурного перепада по ширине, чем после выхода из пропила (точка 2).

Отмеченные теплообменные процессы и модель охлаждения пилы в пределах цикла движения соответствуют устойчивому процессу распиловки, когда перепад температуры по ширине пилы на выходе ее из пропила приобрел более или менее постоянное значение (условие теплового равновесия). В первый период работы станка, то есть после его пуска, в связи с тем, что поступление тепла в пилу в зоне резания (1—2) больше, чем отдача на трассе (2—3—4—5—6—1), абсолютная температура нагрева пилы в точках по ее ширине и температурный перепад растут. Тепловое равновесие по величине и во времени зависит от породы дерева и условий распиловки — высоты пропила, подачи на зуб, остроты зубьев.

В соответствии с изложенной выше моделью охлаждения ленточной пилы можно составить уравнение баланса тепла

$$Q_0 = Q_{2-3} + Q_{3-4} + Q_{4-5} + Q_{5-6} + Q_{6-1} + \Delta Q_{6-1}, \quad (1)$$

перераспределения по ширине ленты уменьшаются температурный перепад и абсолютное значение температуры. Отличительная особенность данного участка в том, что из-за расслабления на холостой ветви ленточная пила совершает значительные поперечные колебания, создавая своеобразные условия контакта с окружающим воздухом.

5—6 — ленточная пила внутренней поверхностью входит в контакт с верхним шкивом. Происходит теплоотдача от пилы шкиву путем теплопроводности, окружающему воздуху — излучением и конвекцией, а также перераспределение температуры от передней кромки к задней вследствие теплопроводности. Перепад температуры и абсолютное значение ее продолжают снижаться.

6—1 — на данном участке ленточная пила входит в контакт с окру-

- где  $Q_0$  — количество тепла в пиле на выходе из зоны распиловки в точке 2;  
 $Q_{2-3}$  — количество тепла, отданного пилой окружающему воздуху на участке 2—3;  
 $Q_{3-4}$  — количество тепла, которое отдала пила окружающему воздуху и шкиву на участке 3—4;  
 $Q_{4-5}$  — количество тепла, отданного пилой окружающему воздуху на участке 4—5;  
 $Q_{5-6}$  — количество тепла, которое пила отдала окружающему воздуху и верхнему шкиву на участке 5—6;  
 $Q_{6-1}$  — количество тепла, отданного пилой окружающему воздуху на участке 6—1;  
 $\Delta Q_{6-1}$  — количество тепла, которое осталось в пиле при подходе к зоне распиловки в точке 1.

Тепло, которое вследствие теплопроводности перемещается от более нагретой передней кромки пилы к задней, повышает температуру задней кромки и снижает температуру передней. Это тепло входит составной частью в остаток  $\Delta Q_{6-1}$ . Количество теплоты, образующееся в зоне распиловки,

$$Q_p = \frac{A_p}{I} \text{ ккал/сек}, \quad (2)$$

где  $I$  — механический эквивалент теплоты (427 кГм/ккал);

$A_p$  — работа, затрачиваемая на резание, кГм/сек.

Теплота, возникающая в зоне распиловки, расходуется следующим образом: часть ее рассеивается в окружающей среде (воздух и распиливаемый материал); часть аккумулируется ленточной пилой; часть отводится опилками. Расчеты показывают, что количество теплоты, аккумулируемой пилой, не является величиной постоянной. Оно меняется в зависимости от режима распиловки, параметров пилы и физико-механических свойств распиливаемой древесины. В среднем для станков с шириной ленточной пилы 100—120 мм количество теплоты, аккумулируемой режущим инструментом, колеблется от 20 до 40%. Таким образом, количество теплоты, которое поступает в ленточную пилу, в первом приближении

$$Q_1 = (0,2 \div 0,4) \frac{A_p}{I} \text{ ккал/сек}.$$

Количество тепла, излучаемое участком ленточной пилы в окружающую воздушную среду, определяют по формуле

$$W_n = \frac{CF}{3600} \left[ \left( \frac{273 + t_n}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_b}{100} \right)^4 \right] \frac{\text{ккал}}{\text{сек}}, \quad (3)$$

где  $C$  — коэффициент излучения от поверхности ленточной пилы, равный 1,3 ккал/м<sup>2</sup> · час · град;

$F$  — площадь поверхности излучения, м<sup>2</sup>;

$t_n$  — температура полотна пилы, °С;

$t_b$  — температура окружающего воздуха, °С.

Количество тепла, которое ленточная пила отдает окружающему воздуху (без масштабного фактора) конвекцией,

$$W_k = \frac{\alpha F}{3600} (t_n - t_b) \frac{\text{ккал}}{\text{сек}}, \quad (4)$$

где  $F$  — площадь поверхности ленточной пилы, контактирующей с окружающим воздухом, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  — коэффициент теплоотдачи от ленточной пилы окружающему воздуху ( $150 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ) (точное значение получают опытным путем).

По формуле Нуссельта

$$\alpha = 6,14 V_0^{0,78} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{C}}, \quad (5)$$

где  $V_0$  — относительная скорость движения между поверхностью ленточной пилы и окружающим воздухом.

Потери тепла путем теплопроводности от ленточной пилы к шкиву определяют из выражения

$$W_T = \frac{F \cdot \lambda}{3600 \cdot \delta} (t_{\text{п}} - t_{\text{ш}}) \frac{\text{ккал}}{\text{сек}}, \quad (6)$$

где  $F$  — площадь контакта ленточной пилы со шкивом,  $\text{м}^2$ ;

$\lambda$  — теплопроводность контактирующих тел (ленточной пилы и шкива),  $\text{ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$  (точное значение определяют опытным путем);

$\delta$  — суммарная толщина контактирующих тел (ленточной пилы и обода шкива),  $\text{м}$ ;

$t_{\text{ш}}$  — температура поверхности обода шкива,  $^{\circ}\text{C}$ .

Теплопроводность  $\lambda$ , входящую в формулу (6), с некоторой погрешностью находят по формуле

$$\lambda = \frac{1}{2} (\lambda_{\text{ст}} + \lambda_{\text{чуг}}) \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{C}}, \quad (7)$$

где  $\lambda_{\text{ст}}$  — теплопроводность материала ленточной пилы,  $\text{ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ;

$\lambda_{\text{чуг}}$  — теплопроводность материала шкивов,  $\text{ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ .

Соответственно этому суммарная толщина контактирующих тел (ленточной пилы и обода шкива)

$$\delta = \delta_{\text{ст}} + \delta_{\text{чуг}} \text{ м}, \quad (8)$$

где  $\delta_{\text{ст}}$  — толщина ленточной пилы,  $\text{м}$ ;

$\delta_{\text{чуг}}$  — толщина обода шкива,  $\text{м}$ .

Опытные значения  $\lambda$  для пары лента — шкив пока отсутствуют, поэтому формулами (7), (8) воспользуемся как первым приближением, учитывая при этом более сложную картину процесса.

Так как при прохождении участков от точки 2 до точки 1 в пределах цикла движения ленточная пила теряет тепло (охлаждается), то путем последовательного вычисления потерь тепла от содержащегося тепла в полотне ленточной пилы на участке 1—2 определяют теплосодержание пилы на каждом участке движения, а следовательно, и изменение температуры по длине.

Перераспределение тепла вследствие теплопроводности по ширине ленты учитывают путем расчета теплообмена по формуле

$$Q_{\text{ши}} = \lambda \frac{t_{\text{пер}} - t_{\text{задн}}}{B} \cdot S \frac{\tau}{3600} \text{ ккал}, \quad (9)$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала пилы,  $\text{ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ;

$B$  — ширина пилы,  $\text{м}$ ;

$t_{\text{пер}}$  и  $t_{\text{задн}}$  — соответственно температура передней и задней кромок пилы,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$S$  — площадь сечения, по которому движется тепло,  $\text{м}^2$ ;

$\tau$  — время, сек;

$Q_{\text{тин}}$  — тепло, передаваемое от передней кромки к задней, ккал.

Теплосодержание пилы после прохождения определенного участка (рис. 1) вычисляют как разность между начальным теплосодержанием и потерями тепла на этом участке

$$Q_{\text{ост}} = Q_{\text{нач}} - Q_{\text{пот}} \quad (10)$$

Среднюю температуру нагрева ленточной пилы на определенном участке находят из выражения

$$t_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{ост}}}{C_y m} + t_{\text{в}}, \quad (11)$$

где  $Q_{\text{ост}}$  — остаточное теплосодержание полотна ленточной пилы после прохождения данного участка;

$C_y$  — удельная теплоемкость материала полотна ленты;

$m$  — масса рассматриваемого элемента пилы.

На основе приведенных зависимостей нами рассчитана температура в ленточной пиле при условиях распиловки древесины при следующих данных: в трех точках по ширине ленточной пилы на выходе из пропила температура равняется соответственно 52, 34 и 30°C; максимальная температура соответствует передней кромке пилы; ширина пилы 100 мм, толщина 1 мм, плоские зубья на сторону 0,5 мм, подача на зуб 0,5 мм, скорость резания 30 м/сек, скорость подачи 24 м/мин, порода — ель с влажностью 15—20%, высота пропила 100 мм, подача непрерывная без разрывов между торцами, температура окружающего воздуха 20°C.

Экспериментальная кривая распределения температуры в точке 2 по ширине ленточной пилы на выходе ее из пропила приведена на рис. 2. В соответствии с данными станка, представленными на схеме (рис. 3), при длине полотна  $l=7,14$  м и скорости резания  $V=30$  м/сек время одного цикла движения ленты равно 0,238 сек.

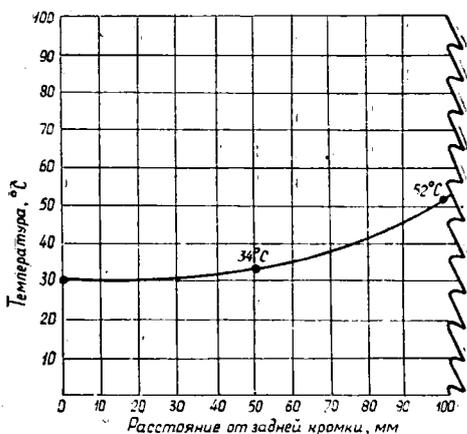


Рис. 2.

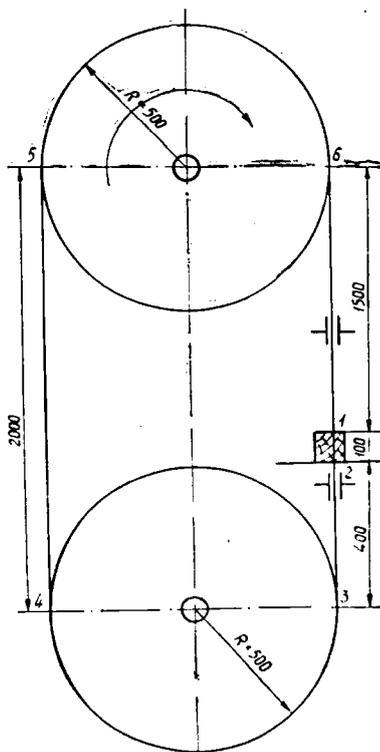


Рис. 3. Основные параметры ленточнопильного станка для расчета потерь тепла ленточной пилой за период одного цикла движения на шкивах.

Расчетное время прохождения элементом пилы каждого из шести участков (рис. 3) приведено в табл. 1.

Таблица 1

Участок движения ленты	Длина участка движения, м	Время движения в пределах участка, сек
1—2	100	0,00333
2—3	400	0,01323
3—4	1570	0,05181
4—5	2000	0,06601
5—6	1570	0,05181
6—1	1500	0,04951

Таблица 2

Участок движения ленточной пилы	Суммарные потери тепла, кал, в зоне пилы		Средняя температура, °С, в зоне пилы		Температура нагрева ленточной пилы, °С, в точках по ее ширине		
	передней	задней	передней	задней	задняя кромка	средняя зона	передняя зона
1—2	—	—	43	32	30	34	52
2—3	0,12827	0,06662	42,9	31,95	29,95	33,89	51,86
3—4	4,445	2,33121	41,9	31,4	29,35	33,01	50,21
4—5	0,60135	0,31	41,7	31,3	29,2	32,89	49,91
5—6	4,0784	2,1772	40,8	30,9	28,8	32,29	48,31
6—1	0,4247	0,2195	40,6	30,7	28,7	31,9	47,90

Сводные данные результатов расчета приведены в табл. 2. Из этой таблицы видно, что в период одного цикла движения ленточной пилы произошло частичное ее охлаждение и уменьшение температурного перепада по ширине. За период одного цикла движения пилы на задней кромке температура уменьшилась на 1,3°C, в средней зоне — на 2,1°C, на передней кромке — на 4,1°C. Если при выходе из пропила температурный перепад по ширине ленты равнялся 22°C, то за период одного цикла, то есть при подходе фиксированного элемента к зоне распиловки (точки 1 на рис. 1), перепад уменьшился до 19,2°C. Следовательно, в связи с охлаждением ленточной пилы по длине ленты возник температурный перепад, равный 1,3—4,1°C.

Наличие температурного перепада по ширине и длине ленты вызывает в ней температурные напряжения. Если эти напряжения превосходят определенные критические значения, то лента начинает сползать со шкивов с потерей формы устойчивости.

Температурный перепад в ленточных пилах можно выравнять или ликвидировать охлаждением пилы на трассе ее движения, а также путем нагрева более холодных участков фрикционными или электромагнитными устройствами. Использование устройств для устранения температурного перепада в ленточных пилах, наравне с другими техническими средствами, — одно из направлений повышения качества работы ленточнопильных станков.

УДК 674.093.6-413.82

## К РАСЧЕТУ РОЛЬГАНГОВ С КОСО ПОСТАВЛЕННЫМИ РОЛИКАМИ

Н. С. КРУТИКОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Рольганг с косо поставленными роликами представляет собой систему приводных роликов, расположенных под углом к продольной оси основного транспортера. Рольганги такого типа устанавливают в торцовочных агрегатах в сочетании с поперечным цепным транспортером для подачи досок с одной его стороны на другую. Доска передвигается в продольном направлении до упора для предварительного выравнивания торцов перед торцовочной пилой. Ролики рольганга располагают косо для того, чтобы доски отделялись от захватов движущихся цепей транспортера во время их перемещения по роликам поперек торцовочного стола.

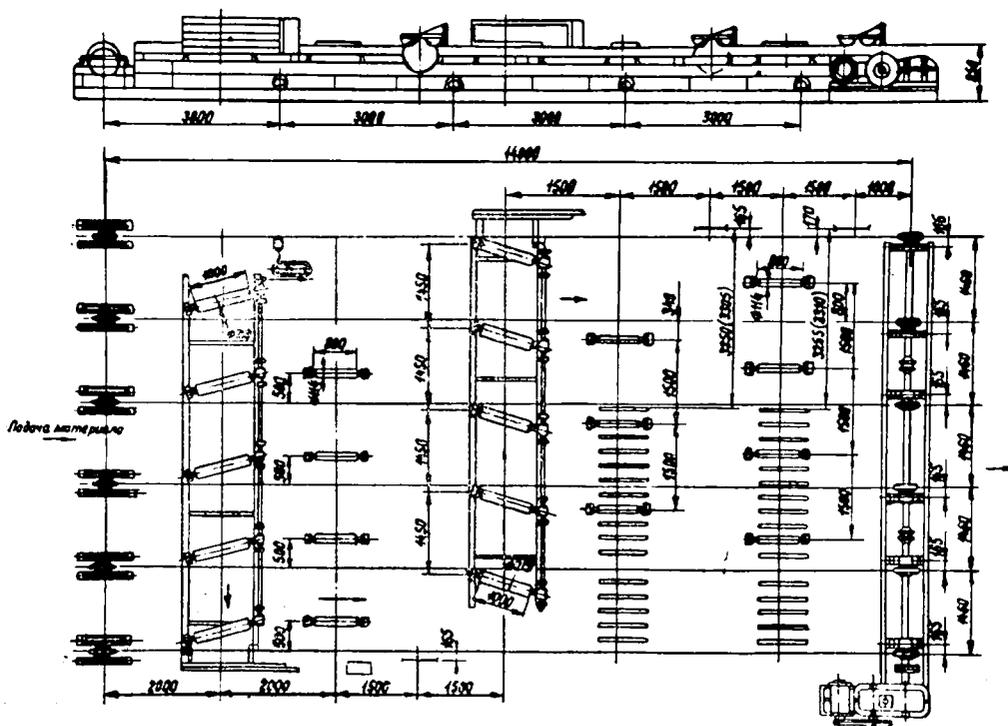


Рис. 1.

На рис. 1 показаны два рольганга с косо поставленными роликами в торцовочном агрегате ЦТЗ-2М. Краткая техническая характеристика рольгангов этого типа приведена в табл. 1.

Таблица 1

Страна	Фирма-изготовитель (модель торцовочного устройства)	Диаметр роликов, мм	Количество роликов в рольганге	Окружная скорость роли- ков, м/сек	Мощность электродви- гателя, кВт
СССР	Завод „Северный Коммунар“ (ЦТ-3) (ЦТЗ-2М)	219	9	1,8	2,8
		219	5	2,01	2,8
Финляндия	„Кархула“	200	8	1,5	1,8
Швеция	„Содерхамн“ „Волиндер“	180	6	1,5	3,0
		180	7	1,5	—

Примечание. Длина роликов во всех случаях 1000 мм, угол поворота оси роликов к оси цепей — 8°.

В научно-технической литературе\* предлагается следующий расчет рольганга с косо поставленными роликами в торцовочном агрегате.

Определяют среднюю скорость перемещения доски роликами по формуле

$$V_{y \text{ ср}} = \frac{V_{ц} (B - l_{\min})}{S} \text{ м/сек},$$

где  $V_{ц}$  — скорость цепей транспортера, м/сек;

$B$  — расстояние между пилами по ширине транспортера, м;

$l_{\min}$  — минимальная длина доски, м;

$S$  — путь перемещения доски упорами цепей по длине роликов, м.

Угол установки оси роликов к оси цепей находят из выражения

$$\alpha = \arctg \frac{V_{ц}}{V_{y \text{ ср}}} \text{ град.}$$

Окружную скорость роликов вычисляют по формуле

$$V_p = \frac{V_{y \text{ ср}}}{\cos \alpha \cdot K_{np}} \text{ м/сек},$$

здесь  $K_{np}$  — коэффициент проскальзывания доски по роликам во время разгона (принимают равным 0,75).

Для уточнения методики расчета рассмотрим условия работы рольганга во взаимодействии с цепным транспортером. Окружная скорость роликов и угол их установки должны удовлетворять условию отделения доски от упоров цепей на время перемещения ее роликами до упорного щита.

В соответствии со схемой движения доски по транспортеру (рис. 2) можно записать

$$t_s \geq t_p; \quad (1)$$

$$V_{ц} \geq U, \quad (2)$$

где  $t_s$  — время перемещения доски упорами цепей по длине роликов, сек;

$t_p$  — время перемещения доски по рольгангу до упорного щита, сек;

\* А. В. Грачев. Механизация и автоматизация трудоемких операций в лесопильном производстве. М., Гослесбуиздат, 1961.

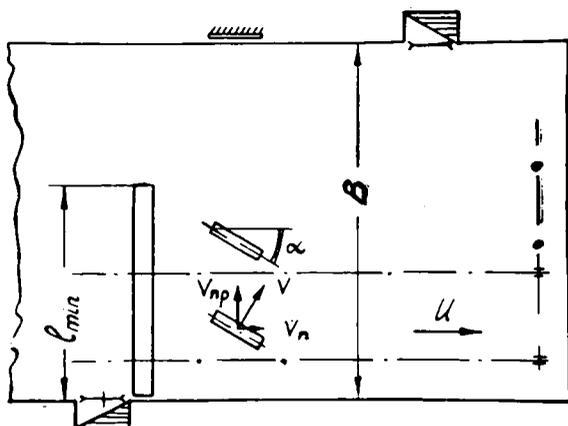


Рис. 2.

$V_n$  — скорость поперечного перемещения доски роликами, м/сек;  
 $U$  — скорость передвижения доски цепями, м/сек.

Выражение (1) можно переписать в таком виде:

$$\frac{S}{U} \geq \frac{B - l_{min}}{V_{np}}, \quad (3)$$

где  $V_{np}$  — скорость предельного перемещения доски по рольгангу.

Из схемы (рис. 2) можно записать

$$\frac{V_n}{V_{np}} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Подставляя сюда значения  $V_n$  и  $V_{np}$  из выражений (2) и (3), получим

$$\frac{U}{\frac{B - l_{min}}{S} U} = \operatorname{tg} \alpha$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{B - l_{min}}.$$

Отсюда выражение для определения необходимой величины угла установки роликов относительно оси транспортера в зависимости от конструктивно-технологических факторов участка имеет вид

$$\alpha = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{S}{B - l_{min}} \text{ град.} \quad (5)$$

Из формулы (5) видно, что  $\alpha = f(S, B, l_{min})$ .

Для упрощения формулы скорости роликов

$$V = \frac{V_{np}}{\cos \alpha \cdot K_{np}}$$

подставляем в нее значение  $V_{np}$  из уравнения (3), тогда получим

$$V = \frac{(B - l_{min}) U}{S \cos \alpha K_{np}}.$$

Заменим отношение  $\frac{S}{B - l_{min}}$  через  $\operatorname{tg} \alpha$ . Делая необходимые сокращения, получим формулу для определения окружной скорости роликов в следующем виде:

$$V = \frac{U}{\sin \alpha K_{np}} \quad (6)$$

или в общем виде

$$V = K_y U, \quad (7)$$

где  $K_y$  — коэффициент увеличения скорости рольганга по сравнению со скоростью транспортера;

$$K_y = \frac{1}{\sin \alpha K_{np}}. \quad (8)$$

Из формулы (6),  $V = f(U, \alpha, K_{np})$ .

Очевидно, формулы (5) и (6) дают возможность упростить имеющуюся методику расчета рольгангов с косо поставленными роликами, приведенную в литературе.

*Пример.* Определим угол установки роликов и их потребную окружную скорость, если  $S = 0,85$  м;  $B = 7,5$  м;  $l_{min} = 2,5$  м;  $U = 0,3$  м/сек;  $K_{np} = 0,75$  м. Угол установки оси роликов к оси цепей  $\alpha = 9^\circ 40'$ . Окружная скорость роликов  $V = 2,4$  м/сек.

Поступила 1 марта 1968 г.

УДК 634.0.824.86

## РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО СКЛЕИВАНИЯ

Л. М. КОВАЛЬЧУК

(ЦНИИСК)

Е. П. ПАРИНИ

(НИИМосстрой)

Одна из важнейших задач применения высокочастотного нагрева — расчет основных параметров процесса склеивания для выбора соответствующего оборудования.

Известно [1], что если между двумя электродами, подсоединенными к источнику переменного синусоидального напряжения  $u$ , поместить неметаллический материал (диэлектрик или полупроводник), то в каждом кубическом сантиметре материала выделяется мощность

$$p = 5,56 \cdot 10^{-7} E^2 f \operatorname{tg} \delta \text{ вт/см}^3, \quad (1)$$

здесь  $E$  — напряженность электрического поля в материале,  $\text{кВ/см}$ ;

$f$  — частота электрического поля,  $\text{Гц}$ ;

$\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость материала;

$\operatorname{tg} \delta$  — тангенс угла потерь материала.

Если материал однороден и электрическое поле в нем равномерно, то мощность выделяется одинаково по всей массе. При этом материал нагревается практически равномерно, независимо от его толщины и теплопроводности. Если электроды расположены так, что силовые линии поля направлены вдоль плоскости клеевого шва (склеивание в продольном поле), то при условии, что электроды прижаты к склеиваемому элементу, подводится одинаковое напряжение к материалу и

клеевому шву. При этом напряженность электрического поля в склеиваемом материале и клеевом шве одинакова  $E = \frac{u}{d}$ .

Обозначим диэлектрические параметры склеиваемого материала и клеевого шва соответственно через  $\epsilon_m, \text{tg} \delta_m$  и  $\epsilon_{ш}, \text{tg} \delta_{ш}$ . Согласно формуле (1) удельные мощности, выделяемые в клеевом шве и склеиваемом материале, соответственно имеют вид

$$p_{ш} = 5,56 \cdot 10^{-7} E^2 f \epsilon_{ш} \text{tg} \delta_{ш}; \quad (2)$$

$$p_m = 5,56 \cdot 10^{-7} E^2 f \epsilon_m \text{tg} \delta_m. \quad (3)$$

Так как электрические свойства клеевого шва и склеиваемого материала различны, то и удельные мощности, а следовательно, и нагрев их разные. В этом проявляется избирательность нагрева клеевого шва.

Произведение  $\epsilon \cdot \text{tg} \delta$ , от которого зависит выделяемая в материале удельная мощность, называют коэффициентом или фактором потерь материала

$$\epsilon \text{tg} \delta = k. \quad (4)$$

Избирательность нагрева клеевого шва определяется отношением удельных мощностей, выделяемых в клеевом шве и склеиваемом материале, и характеризуется коэффициентом избирательности

$$k_{из} = \frac{p_{ш}}{p_m} = \frac{\epsilon_{ш} \text{tg} \delta_{ш}}{\epsilon_m \text{tg} \delta_m} = \frac{k_{ш}}{k_m}. \quad (5)$$

Так как фактор потерь клеевых швов, образуемых жидким клеевым веществом, обычно во много раз больше факторов потерь склеиваемых материалов, то удельная мощность, выделяемая в шве, при склеивании в продольном поле в десятки и сотни раз превышает удельную мощность, выделяемую в склеиваемом материале. Склеивание в продольном поле наиболее эффективно.

Особенностью расчета для указанного случая является то, что мощность генератора определяется на основе разделения склеиваемого элемента по температуре на зону клеевого шва и зону материала.

На рис. 1 показано распределение температуры в склеиваемом элементе.

Принимая объемный вес и удельную теплоемкость элемента во всех точках неизменными, получим выражение для средней удельной мощности, выделяемой в элементе при нагреве,

$$p = 4,18 \frac{2c\gamma}{bt} \int_0^{b/2} \Delta\vartheta(x) dx, \quad (6)$$

где  $t$  — время нагрева;

$\Delta\vartheta$  — прирост температуры в склеиваемом элементе,  $\Delta\vartheta = \vartheta(x) - \vartheta_0$ ,

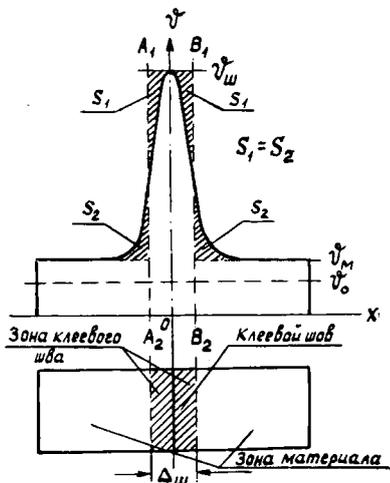


Рис. 1.

$\vartheta_{ш}$  — температура клевого шва;  
 $\vartheta_m$  — температура материала;  $\vartheta_0$  — начальная температура;  $\Delta_{ш}$  — толщина зоны клевого шва.

Однако в связи со сложностью функции  $\Delta\vartheta(x)$  для практики такое решение неприемлемо. Его можно значительно упростить путем введения понятия тепловой зоны клевого шва.

Произведем кусочно-линейную аппроксимацию кривой температуры вблизи клевого шва в виде буквы П (рис. 1). Горизонтальную прямую проведем на уровне температуры  $\vartheta_{ш}$  клевого шва, вертикальные прямые — так, чтобы площади  $S_1$  и  $S_2$  были равны. Таким образом, склеиваемый элемент оказался разделенным по температуре на зону материала с температурой  $\vartheta_m$  и зону клевого шва с температурой  $\vartheta_{ш}$ . Произведенное разделение склеиваемого элемента на тепловые зоны позволяет рассчитать нагрев клевого шва отдельно от материала и, таким образом, учесть избирательность нагрева.

Чтобы найти толщину зоны клевого шва, необходимо определить его температуру в зависимости от выделяемых мощности и тепла, которое переходит от теплопередачи в склеиваемый материал. Обозначив мощность, выделяемую в единице объема клевого шва, через  $p_k$  и толщину клевого шва через  $\Delta_k$ , найдем мощность, приходящуюся на единицу поверхности клевого шва,

$$p_s = p_k \Delta_k. \quad (7)$$

Плотность теплового потока с каждой склеиваемой поверхности, обусловленная выделением тепла в клевом шве,

$$q_n = 0,24 \frac{p_s}{2}. \quad (8)$$

Если предположить, что нагрев клевого шва не оказывает влияния на температуру внешних сторон склеиваемого элемента, то рассматриваемый случай аналогичен нагреву полуограниченного тела при подведении постоянного потока мощности к его поверхности. Пренебрегая перемещением влаги и парообразованием, распределение температуры, согласно закону теплопроводности Фурье, можно описать уравнением

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = \frac{c\gamma}{\lambda} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial t}, \quad (9)$$

где  $\vartheta$  — температура;  
 $\lambda$  — теплопроводность склеиваемого материала;  
 $\gamma$  — объемный вес материала;  
 $c$  — удельная теплоемкость материала;  
 $x$  — ось абсцисс;  
 $t$  — время.

При этом начальные и граничные условия

$$\vartheta(x, 0) = \vartheta_0; \quad q(0, t) = q_n.$$

Решая задачу относительно удельной поверхностной мощности в клевом шве, получим

$$p_s = 7,4 \sqrt{\frac{c\gamma\lambda}{t}} \Delta\vartheta. \quad (10)$$

Аналогично выражению (7) уравнение мощности для тепловой зоны клевого шва имеет вид

$$p_s = p_{ш} \Delta_{ш}, \quad (11)$$

здесь  $p_{ш}$  — средняя удельная объемная мощность, выделяемая в зоне клевого шва;  
 $\Delta_{ш}$  — толщина тепловой зоны шва.

Требуемая удельная объемная мощность в зоне клевого шва

$$p_{ш} = 4,18 \frac{c\gamma}{t} \Delta\vartheta. \quad (12)$$

Решая уравнения (10), (11) и (12) совместно, получим выражение для толщины зоны клевого шва

$$\Delta_{ш} = 1,77 \sqrt{\frac{\lambda t}{c\gamma}}. \quad (13)$$

Из равенства (13) видно, что чем меньше время нагрева, тем меньше толщина зоны клевого шва и, следовательно, меньше расход электроэнергии при склеивании.

Определим мощность генератора, необходимую для того, чтобы клеевые швы в склеиваемом пакете нагреть на требуемую температуру в заданное время. Среднюю удельную поверхностную мощность в клевом шве, необходимую для нагрева, нахо-

дим по формуле (10), удельную мощность, выделяемую в зоне материала, — по выражению (3). Мощность, затрачиваемая на нагрев клеевых швов пакета,

$$P_{ш} = p_s S n, \quad (14)$$

где  $S$  — площадь клеевого шва;  
 $n$  — число швов в пакете.

Зная толщину клеевого шва, определим мощность, выделяемую в зоне материала,

$$P_M = p_M V_M - p_M l d (b - n \Delta_{ш}), \quad (15)$$

здесь  $V_M$  — объем зоны материала;  
 $l, d, b$  — соответственно длина, ширина и толщина склеиваемого пакета;

$$V_M = l d (b - n \Delta_{ш}).$$

Общая мощность, выделяющаяся в склеиваемом пакете,

$$P = P_{ш} + P_M. \quad (16)$$

Колебательная (высокочастотная) мощность генератора

$$P_{\sim} = \frac{P}{\eta_{к}}, \quad (17)$$

где  $\eta_{к}$  — коэффициент полезного действия колебательного контура генератора.

Однако требуется определить еще частоту генератора, для чего необходимо знать электрические свойства клеевых швов.

Проведенные опыты показали, что электрические свойства клеевых швов не остаются неизменными в процессе высокочастотного склеивания. Активная проводимость швов, а следовательно, и выделяемая в них мощность резко меняются, возрастая в начале процесса и падая в конце. Зная закон изменения мощности, выделяемой в клеевом шве в процессе склеивания, то есть функцию  $p_s(t)$ , можно рассчитать частоту генератора, необходимую для нагрева шва на требуемую температуру в заданное время.

Задачу можно решить с помощью интеграла Дюамеля путем кусочно-линейной аппроксимации функции  $p_s(t)$ . Из формулы (10) следует, что если удельная поверхностная мощность не зависит от времени нагрева, то прирост температуры клеевого шва можно определить по формуле

$$\Delta \vartheta = \frac{p_s}{7,4} \sqrt{\frac{t_n}{c \gamma \lambda}}. \quad (18)$$

Обозначив в формуле (18)  $\frac{1}{7,4} \sqrt{\frac{t_n}{c \gamma \lambda}}$  через  $h(t_n)$ , а начальную удельную мощность — через  $p_0$ , получим выражение для прироста температуры клеевого шва

$$\Delta \vartheta = h(t_n) p_0 + \int_0^{t_n} h(t_n - t) p'(t) dt, \quad (19)$$

здесь  $t_n$  — время нагрева;  
 $t$  — текущая координата времени.

Аппроксимировав функцию  $p_s(t_n)$  тремя прямолинейными участками и решив уравнение (19), получим

для времени нагрева  $0 < t_n < t'$  ( $t'$  — время, когда выделяется максимальная мощность)

$$\Delta \vartheta = \frac{p_0}{7,4 \sqrt{c \gamma \lambda}} \sqrt{t_n} + \frac{2}{3} \cdot \frac{p_{max} - p_0}{7,4 t' \sqrt{c \gamma \lambda}} t_n^{3/2}, \quad (20)$$

для времени нагрева  $t' < t_n < t''$  ( $t''$  — время, когда мощность спадает до минимальной величины)

$$\begin{aligned} \Delta \vartheta = & \frac{p_0}{7,4 \sqrt{c \gamma \lambda}} \sqrt{t_n} + \frac{2}{3} \cdot \frac{p_{max} - p_0}{7,4 t' \sqrt{c \gamma \lambda}} [t_n^{3/2} - (t_n - t')^{3/2}] - \\ & - \frac{2}{3} \cdot \frac{p_{max} - p_{min}}{7,4 (t'' - t') \sqrt{c \gamma \lambda}} (t_n - t')^{3/2}. \end{aligned} \quad (21)$$

Для времени нагрева  $t_H > t''$  решение опускаем, так как склеивание практически заканчивается при  $t_H < t''$ .

На рис. 2 приведены кривые зависимости прироста температуры клеевого шва древесины (с учетом ее нагрева) от времени нагрева для различных частот, найденные по формулам (20) и (21). Проведенные эксперименты показали хорошее совпадение расчета с практикой.

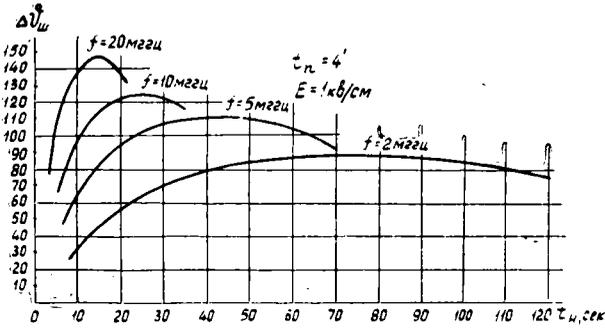


Рис. 2.

На рис. 3 даны кривые зависимости прироста температуры клеевого шва от частоты при различном времени нагрева (клей марки М-70, напряженность поля в клеевом шве 1 кВ/см). Эти кривые построены по восходящим участкам кривых рис. 2, так как именно на них протекает наиболее активная часть процесса склеивания и клеевой шов приобретает основную долю своей прочности. Кривые дают возможность определить требуемую частоту по заданным температуре клеевого шва и времени нагрева.

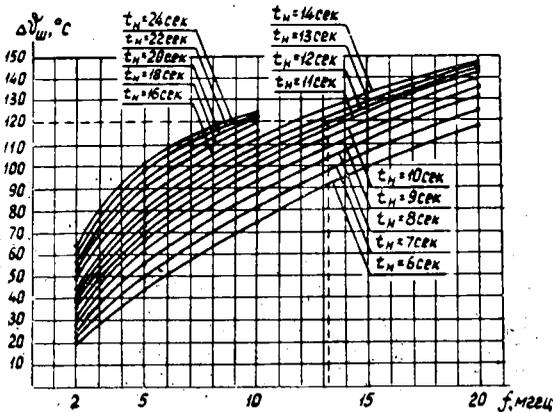


Рис. 3.

Приведем схему расчета основных параметров генератора для высокочастотного нагрева.

1. Удельная поверхностная мощность в клеевом шве

$$p_s = 7,4 \sqrt{\frac{c\gamma\lambda}{t_n}} \Delta\vartheta_{ш} \text{ вт/см}^2,$$

где  $c$  — удельная теплоемкость,  $\text{кал/г} \cdot \text{град}$ ;  
 $\lambda$  — коэффициент теплопроводности,  $\text{кал/см} \cdot \text{град} \cdot \text{сек}$ ;  
 $\gamma$  — объемный вес,  $\text{г/см}^3$ ;  
 $t_n$  — время нагрева,  $\text{сек}$ .

2. Площадь клеевых швов

$$S_{ш} = ldn \text{ см}^2,$$

где  $lnd$  — длина и ширина клеевого шва,  $\text{см}$ ;  
 $n$  — количество клеевых швов.

3. Мощность, выделяемая в зоне клеевых швов,

$$P_{ш} = p_s \cdot S_{ш} \text{ вт.}$$

4. Толщина зоны клеевого шва

$$\Delta_{ш} = 1,77 \sqrt{\frac{\lambda t_n}{c\gamma}} \text{ см.}$$

5. Объем зоны материала

$$V_m = ld(b - \Delta_{ш}n) \text{ см}^3,$$

где  $b$  — ширина нагреваемой части изделия,  $\text{см}$ .

6. Температура нагрева материала (предварительно)

$$\Delta\vartheta_m = \frac{\Delta\vartheta_{ш}}{k'_{из}} \text{ } ^\circ\text{C},$$

где  $k'_{из}$  — предварительно принятый средний коэффициент избирательности нагрева клеевого шва по температуре (для древесины  $k'_{из} \approx 5 \div 10$ ).

7. Удельная объемная мощность в зоне материала (предварительно)

$$p_m = 4,18 \frac{c_m \gamma_m \Delta\vartheta_m}{t_n} \text{ вт/см}^3.$$

8. Мощность, выделяемая в зоне материала (предварительно),

$$P_m = p_m V_m \text{ вт.}$$

9. Мощность, выделяемая в склеиваемом изделии (предварительно),

$$P = P_{ш} + P_m \text{ вт.}$$

10. Колебательная мощность генератора (предварительно)

$$P_{\sim} = \frac{P}{\eta_k} \text{ вт,}$$

где  $\eta_k$  — коэффициент полезного действия контура генератора (обычно  $\eta_k = 0,85 \div 0,95$ ).

По колебательной мощности из имеющейся номенклатуры выбирают тип генератора.

11. Напряжение на электродах

$$u_э = \frac{\xi E_э}{\sqrt{2}} \text{ кв,}$$

где  $E_a$  — напряжение выпрямителя генератора (анодное напряжение) определяют по паспортным данным генератора;  
 $\xi$  — коэффициент использования анодного напряжения (обычно  $\xi = 0,9$ ).

12. Напряженность электрического поля в склеиваемом изделии  
 а) при работе без воздушного зазора

$$E = \frac{u_a}{d} \text{ кВ/см};$$

б) при работе с воздушным зазором

$$E = \frac{u_a}{d + \epsilon \Delta_B} \text{ кВ/см},$$

где  $\epsilon$  — средняя величина диэлектрической проницаемости склеиваемого элемента;

$\Delta_B$  — величина воздушного зазора, см.

13. Наименьшую необходимую частоту  $f$  можно определить, исходя из заданного прироста температуры клеевого шва  $\Delta \vartheta_{ш}$  и заданного времени нагрева  $t_n$  по семейству кривых  $\Delta \vartheta_{ш} = \varphi(f)$  (рис. 3).

14. Наибольшую допустимую частоту генератора находят, исходя из максимальной допустимой неравномерности нагрева, вызванной стоячими волнами [2], и рассчитывают по следующим формулам:

а) при подсоединении генератора к концам электродов

$$f_{max} = \frac{3 \cdot 10^8 \arccos \sqrt{1-h}}{360 l \sqrt{\epsilon_{cp}}} \text{ Гц};$$

б) при подсоединении генератора к средней части электродов

$$f_{max} = \frac{3 \cdot 10^8 \arccos \sqrt{1-h}}{180 l \sqrt{\epsilon_{cp}}} \text{ Гц},$$

здесь  $l$  — длина склеиваемого изделия (клеяного шва), м;

$\epsilon_{cp}$  — средняя величина диэлектрической проницаемости рабочего конденсатора;

$h$  — допустимая неравномерность нагрева;

$$h = \frac{\vartheta_k - \vartheta_n}{\vartheta_k},$$

где  $\vartheta_n$  и  $\vartheta_k$  — температура клеевого шва соответственно у начала электродов (вблизи места подсоединения генератора) и у их конца, °С.

15. Для обеспечения требуемого нагрева в заданное время и сохранения допустимой неравномерности нагрева нужно, чтобы выполнялось условие  $f_{max} > f$ . Если это условие не соблюдается в случае, когда высокочастотный фидер подключен к концам электродов (пункт 14а), то фидер следует подключить к средней части электродов (пункт 14б). Если же и в этом случае условие не выполняется, то следует принять специальные меры по уменьшению неравномерности нагрева [2] или изменить, если возможно, исходные данные (увеличить время и неравномерность нагрева, уменьшить длину клеевого шва).

16. Удельную объемную мощность в зоне материала (окончательно) определяют по формуле (3).

Окончательно потребляемую мощность и мощность генератора рассчитывают по формулам пунктов 8—10 настоящего расчета.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. М. Ковальчук. Склеивание древесины в электрическом поле токов высокой частоты. Гослесбуиздат, 1960. [2]. А. В. Нетушил, Б. Я. Жуховицкий, В. Н. Кудин, Е. П. Парин и. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников. Госэнергоиздат, 1959.

Поступила 25 июля 1968 г.

УДК 667.612

## О ПОРОЗАПОЛНЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУНТОВ И ПОРОЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

М. П. ГОРЕНЬКОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

В одной из наших работ [1] описан метод определения порозаполняющей способности различных лакокрасочных материалов, нанесенных на древесину, основанный на свойстве древесины пропускать газ по открытым полостям элементов анатомического строения.

В данной статье приводятся результаты исследования порозаполняющей способности наиболее употребляемых в производстве мебели составов: грунтов ГМ-12, НК, ЦНИИМОД-54 и порозаполнителей КФ-1, КФ-2, ЛК. Опыты выполняли на образцах (контрольных пробах), изготовленных из массивной древесины березы, бука, дуба, ясеня, а также из строганой фанеры дуба и ясеня. Размеры контрольных проб  $34 \times 34 \times 2$  и  $42 \times 42 \times 2$  мм; последний размер мы считаем более удобным, так как он облегчает выполнение технических расчетов.

Контрольные пробы из массивной древесины вышеназванных пород готовили к исследованию следующим образом. Предварительно подбирали партию проб с одинаковым коэффициентом газопроницаемости; при этом достаточно было 20 шт. для получения точности результатов наблюдений 3—5%. Чистота поверхности проб соответствовала 10 классу ГОСТа 7016—54. Партию таких скомплектованных контрольных проб помещали на щит размером  $500 \times 400$  мм, имеющий специальные ячейки для них. По всей поверхности щита кистью наносили исследуемый материал и равномерно втирали тампоном. Излишки состава снимали сухим тампоном путем протирки поверхности щита вдоль волокон при применении грунтов и поперек волокон — при применении порозаполнителей. Расход состава контролировали по весу. После 24 час сушки покрытия при  $T = 18—20^\circ\text{C}$  контрольные пробы вынимали и на установке определяли заполняющую способность исследуемого состава в 20 точках щита площадью  $0,2 \text{ м}^2$ .

Контрольные пробы из строганой фанеры готовили следующим образом. Из различных мест предварительно обработанного листа фанеры размером  $1000 \times 130$  мм (в нашем случае применяли двухмиллиметровую строганую фанеру) вырезали три контрольные пробы. Определяли их газопроницаемость. Затем на этот лист наносили исследуемый материал и тампоном равномерно втирали в поверхность листа; после удаления излишков состава лист просушивали при  $T = 18—20^\circ\text{C}$  в течение 24 час. После просушки лист раскраивали на контрольные пробы (50—60 шт.). Техника проведения эксперимента, описание установки и аналитическое выражение порозаполняющей способности различных составов приведены в одной из наших работ [1].

В табл. 1 и 2 приведены результаты исследований порозаполняющей способности различных составов в зависимости от рабочей вязкости, разреза ствола, расхода состава.

Грунты ЦНИИМОД-54, НК, ГМ-12, порозаполнитель КФ-1 (табл. 1) наносили на несколько партий контрольных проб, имеющих одинаковую газопроницаемость. Из данных табл. 1 видно, что порозаполняющая способность грунта ЦНИИМОД-54 для радиальной поверхности березовых образцов выше, чем для тангентальной. Полное

Порода древесины	Вид разреза	Наименование материала и его рабочая вязкость по ВЗ-4	Степень заполнения пор древесины $P$ , %, при расходе материала, $г/м^2$					
			20	40	60	80	100	120
Береза	Тангентальный	ЦНИИМОД-54, вязкость 41 сек	98,04	98,5	99,975	99,99	100	—
"	Радиальный	"	98,25	99,45	99,99	100	—	—
Бук	Тангентальный	"	35,0	99,9	99,99	99,99	Не учесть	100
"	Радиальный	"	99,47	99,93	99,99	—	100	—
Береза	Тангентальный	ЦНИИМОД-54, вязкость 194 сек	91,2	99,5	99,55	100	—	—
"	Радиальный	"	92,68	99,6	99,97	100	—	—
"	"	НК, вязкость 41 сек	—	—	92,0	—	—	—
Бук	"	"	—	—	—	99,46	—	99,73
Береза	"	ГМ-12	—	—	95,12	—	—	—
Бук	"	ГМ-12	—	—	98,4	—	—	—
Дуб	"	КФ-1 (1:0,7)	—	—	91,5	—	—	—
Ясень	"	КФ-1 (1:0,7)	—	—	96,5	—	—	—

Таблица 2

Порода древесины	Коэффициент газопроницаемости контрольной пробы	Наименование грунта или порозаполнителя	I		II		III		IV		V	
			расход состава, $г/м^2$	$P$ , %								
Дуб	—	КФ-1 (1:0,7)	59	89,6	18	97,4	17,2	98,95	1,6	99,41	3,5	99,8
"	—	КФ-1 (1:1)	56	91,3	22,6	97,1	4,5	98,87	3,5	99,14	3,2	99,85
"	0,0001	ЛК-3	34,5	37	18	50	8	68	—	—	—	—
"	0,00012	ЛК-3	41	55	17	75	7	63	—	—	—	—
"	0,00009	ЛК-3	43	32	16	50	7	55	—	—	—	—
Береза	0,116	НК	44	87	20	97,5	19	97	—	—	—	—
"	0,013	НК	47	71	22	90,6	23	96,3	—	—	—	—
"	—	ГМ-12	35	87	12	96,5	12	96,4	4	97,5	—	—
Бук	—	ГМ-12	54	93	13	99,45	9,9	99,57	—	—	—	—

Примечание. Цифрами I, II, III, IV, V обозначены порядковые номера нанесения материала.

Таблица 3

Порода древесины	Вид разреза	Порозаполнитель	Расход порозаполнителя, г/м <sup>2</sup>	Степень заполнения пор древесины $P$ , %
Ясень	Тангентальный	КФ-1	84,0	94,0—98,0
	Радиальный (заболонная кромка)	КФ-1	85,0	86,3
	Радиальный (ядровая кромка)	КФ-1	78,0	75,0
	Радиально-тангентальный	КФ-1	84,5	92—95,4
	Тангентальный	КФ-2	76,0	88—96
	Радиальный (заболонная часть)	КФ-2	78,0	85,7
	Радиальный (ядровая часть)	КФ-2	114,0	63,6
Дуб	Радиально-тангентальный	КФ-2	95,5	95,0—96,6
	"	ЛК-3	111	97,0—99,0
	Тангентальный	КФ-1	41,0	96,0—98,0
	Радиально-тангентальный	КФ-1	67,5	90,0—93,0
	Тангентальный	КФ-2	49,0	98—99,0
	Радиально-тангентальный	КФ-2	56,2	90,0—95,0
	"	ЛК-3	62,0	93,0—98,0

заполнение пор радиальной поверхности буковых образцов достигается при меньшем расходе грунта по сравнению с тангентальной. При расходе 60 г/м<sup>2</sup> порозаполняющая способность ГМ-12 и ЦНИИМОД-54 выше, чем грунта НК. При одинаковом расходе грунтовок ГМ-12 дает более высокий процент заполнения пор буковых образцов, чем березовых.

Для всех грунтов максимально допустимое заполнение пор поверхности древесины достигается при расходе 40—60 г/м<sup>2</sup>. Повышение расхода грунта (более 60 г/м<sup>2</sup>) вызывает на поверхности древесины образование ненужной пленки. При одном и том же количестве нанесенного грунта ЦНИИМОД-54 на поверхность древесины степень заполнения пор выше при рабочей вязкости 41 сек, чем при 194 сек по ВЗ-4.

Нами проведены исследования по определению заполняющей способности грунта НК, наносимого методом распыления. Принят режим нанесения, разработанный ВПКТИМом. Грунт наносили за два перекрестных нанесения; после каждого из них определяли расход по весу и заполняющую способность грунта. Покрытия сушили при  $T = 18—20^{\circ}\text{C}$ . При нанесении грунта НК перекрестно с расходом 72 г/м<sup>2</sup> (с потерями на распыл 30%) степень заполнения пор древесины бука составляла 93 г/м<sup>2</sup>, а при перекрестном нанесении и расходе 93 г/м<sup>2</sup> она равнялась 97,5%, что практически достаточно.

В табл. 3 приведены результаты исследования порозаполняющей способности порозаполнителей, наносимых на поверхность строганой фанеры за один раз.

Из данных табл. 2 и 3 видно, что порозаполняющая способность состава КФ-2 на поверхности древесины дуба выше, чем на ясеневых. Состав КФ-1 более высококачественно заполняет поры на поверхности древесины ясеня. Расход порозаполнителей КФ-1, КФ-2, ЛК-3 для поверхности дубовых образцов может быть в пределах 40—60 г/м<sup>2</sup>, а для ясеня — 100 г/м<sup>2</sup>. При сравнительно одинаковом расходе составов КФ-1 и КФ-2 порозаполняющая способность выше на тангентальной поверхности древесины ясеня, чем на радиальной.

При нанесении порозаполнителя на чисто радиальную поверхность листа на заболонной кромке достигается больший процент заполнения пор, чем на ядровой. Степень заполнения пор смешанной (радиально-тангентальной) поверхности почти такая же, как тангентальной. Порозаполняющая способность состава КФ-1, наносимого на массивную древесину и строганую фанеру, почти одинакова.

Из изложенного можно сделать вывод, что порозаполняющая способность КФ-1, КФ-2, ЛК-3 определяется поперечными размерами

зерен сухой части порозаполнителей и величиной эффективного радиуса капилляра древесины.

Исследованиями [2] установлено, что эффективный радиус капилляра для тангентальных поверхностей выше, чем для радиальных. Этим и объясняется высокая газопроницаемость тангентальной поверхности древесины. Установлено также, что ядровая часть каждой породы имеет большое количество сосудов, закупоренных тиллами, а имеющиеся незакрытые сосуды очень малого размера. Следовательно, там, где размеры сосудов больше, чем размеры зерен сухой части порозаполнителя, мы имеем высокую степень порозаполнения.

Для определения эффективного режима нанесения грунта или порозаполнителя на поверхность древесины мы проводили следующие опыты. На поверхность партии контрольных проб постепенно наносили составы.

Определяли порозаполняющую способность состава после сушки нанесенного слоя при  $T = 18-20^{\circ}\text{C}$  в течение 24 час при соответствующем расходе. Затем наносили следующий слой и так до шести раз. Из данных табл. 2 видно, что наиболее полное заполнение пор наблюдается после второго нанесения состава. Это наблюдалось как для грунтов, так и для порозаполнителей. При дальнейшем нанесении составов эффективность заполнения пор увеличивается незначительно. Так, для дуба после третьего нанесения порозаполнителя КФ-1 (с соотношением компонентов 1 : 0,7) эффективность заполнения пор увеличилась лишь на 1,5%; при третьем и втором нанесении количество состава было одинаковым.

Аналогичная картина наблюдается и при нанесении грунтов НК, ГМ-12 на поверхность березовой и буковой древесины. После третьего нанесения порозаполнителя ЛК-3 на поверхность древесины дуба процент заполнения пор даже уменьшился. Это, вероятно, можно объяснить частичным удалением порозаполнителя с поверхности древесины.

Сравнивая порозаполняющую способность составов КФ-1, мы видим, что после первого нанесения процент заполнения пор выше у состава, имеющего разное количество сухой и жидкой его частей; после второго нанесения порозаполняющая способность и расход состава почти одинаковы как при соотношении компонентов 1 : 1, так и 1 : 0,7.

Из данных, приведенных в табл. 1 и 2, видно, что практически достаточно двух нанесений, чтобы получить максимально допустимое заполнение пор древесины как для грунтов, так и для порозаполнителей. Повышенный расход порозаполнителей при послойном нанесении его на поверхность древесины по сравнению с одноразовым (табл. 1) объясняется тем, что в процессе сушки каждого слоя порозаполнителя происходит его усадка.

Для определения влияния газопроницаемости древесины на порозаполняющую способность различных составов нами были подготовлены три партии контрольных проб, изготовленных из древесины дуба, и две партии из древесины березы с разными коэффициентами газопроницаемости. На подготовленные пробы наносили составы ЛК-3 и НК за три раза с промежуточной сушкой. После нанесения контролировали расход состава по весу, поверхность просушивали и определяли порозаполняющую способность состава. Из данных табл. 2 видно, что при одинаковом расходе состава наибольшая степень заполнения пор наблюдается у поверхности, имеющей до нанесения большой коэффициент газопроницаемости, и, наоборот, поры заполняются меньше на менее пористой поверхности с более низким коэффициентом газопроницаемости. Это же наблюдается и для поверхности березовой древесины при нанесении грунта НК.

Таким образом, порозаполняющая способность грунта и порозаполнителя зависит от газопроницаемости древесины и величины эффективного радиуса капилляра, от рабочей вязкости применяемого состава, от породы древесины, вида разреза ствола.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. П. Гореньков. Метод определения пористости лакокрасочных пленок, нанесенных на древесину. «Лесной журнал» № 6, 1966. [2]. Н. А. О с н а ч. Проницаемость и проводимость древесины. Изд. «Лесная промышленность», М., 1964.

Поступила 12 июня 1967 г.

УДК 621.922

### РЕЖИМЫ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ АБРАЗИВНЫМИ КРУГАМИ

И. М. ЗАЯЦ

(Львовский лесотехнический институт)

Коллектив кафедры технологии материалов и машиностроения Львовского лесотехнического института на протяжении нескольких лет работает над созданием нового инструмента для шлифования древесины. В результате экспериментов [5] был получен абразивный круг, состоящий из измельченного на заданную зернистость (ГОСТ 3647—59) стекла (абразивный материал), пульвербакелита (связующее, ГОСТ 3552—63) и жидкого бакелита марки В (увлажнитель, ГОСТ 4559—49 «В»).

Технология изготовления круга: получение абразивной массы, формовка (прессование) и термическая обработка. Чтобы получить круг требуемой пористости и твердости, изменяли процентное содержание связующего, увлажнителя и удельное давление прессования. Готовый круг обрабатывали до требуемого размера и испытывали на твердость и механическую прочность.

Твердость кругов определяли по способу Янка («Испытание древесины на твердость», ГОСТ 11498—65). По данным, приведенным в одной из работ [6], применяемый способ дает положительные результаты и хорошо увязывается с твердостью шлифуемой древесины.

Испытание кругов на механическую прочность при вращении производили на станке ЛТ-2; при этом число оборотов круга задавали на 50% выше его рабочих оборотов. Время испытания одного круга 5 мин. В результате исследований установлено [5], что шлифование таким кругом можно производить со скоростью резания до 50 м/сек.

Для шлифования мы использовали древесину влажностью 8—10%. Шлифование производили вдоль волокон в радиальной плоскости кругами зернистостью 50 (ГОСТ 3547—59). В процессе шлифования замеряли износ круга, чистоту поверхности, глубину резания и длину шлифования за период стойкости. Стойкость круга — это время его работы от правки до правки, в течение которого увеличивается высота неровностей шлифованной поверхности до заданной величины (в нашем случае до 50 мк). Износ круга за период стойкости замеряли индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм. Высоту неровностей шлифованной поверхности замеряли при помощи микроскопа МИС-11, а глубину резания — микрометром с ценой деления 0,01 мм.

На рис. 1 представлена зависимость длины шлифования от подачи на оборот круга при постоянной скорости резания 35 м/сек для различных твердостей круга и принятых глубин резания. Из рис. 1 видно, что с увеличением подачи длина шлифования за период его стойкости повышается до определенного максимального значения, затем на некотором участке остается примерно постоянной и в дальнейшем резко уменьшается.

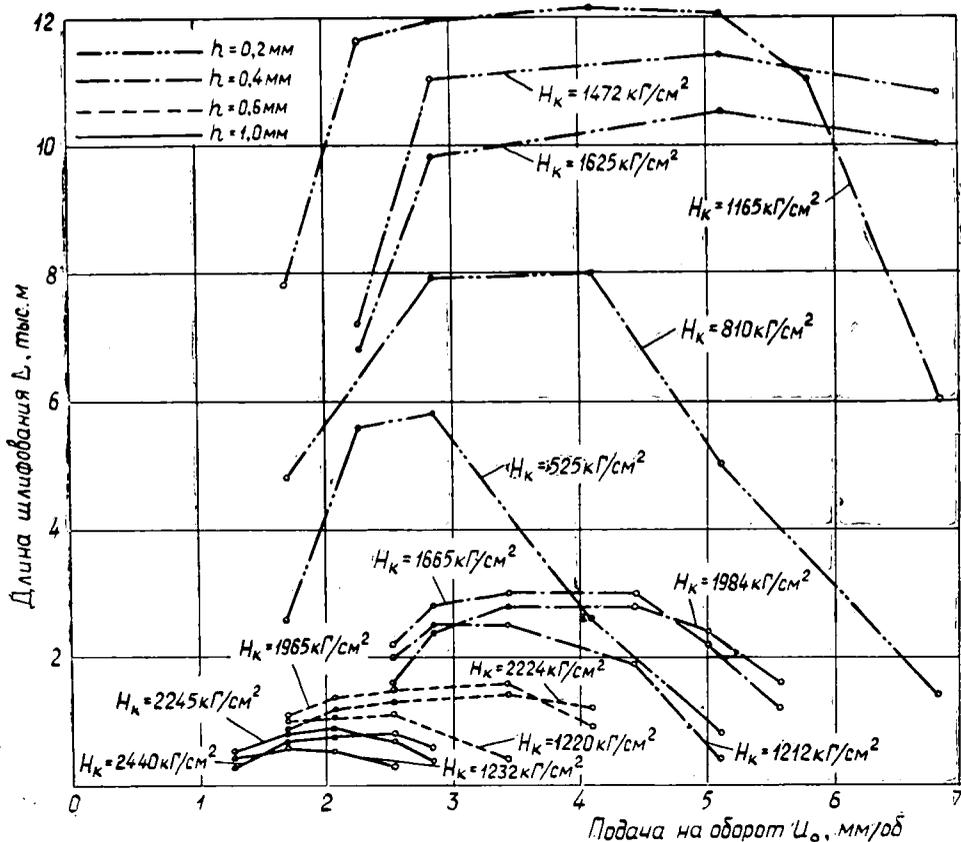


Рис. 1.

Анализ полученных результатов и непрерывные наблюдения за работой круга и поверхностью шлифуемых образцов дали возможность сделать следующие выводы.

1. С увеличением подачи на оборот круга последний работает в режимах засаливания (соответствует подъему кривых), самозатачивания (горизонтальный участок кривых) и износа (спад кривых). Подобные результаты получены при исследовании процесса шлифования металлов [4].

2. Работа круга в режиме самозатачивания рациональна по стойкости и длине шлифования. При работе круга в режиме износа длина шлифования уменьшается, однако производительность в этом случае возрастает. Поэтому работу круга в режимах самозатачивания и частично в режиме износа (верхний участок кривых, соответствующих режиму износа) следует считать оптимальной.

3. Для каждой твердости круга имеется свой оптимальный режим работы, при котором длина шлифования за период стойкости достигает наибольшего значения.

4. При шлифовании кругами определенной твердости на заданных глубинах резания получены максимальные величины длины шлифования в широком диапазоне подач, поэтому твердость кругов, указанную в табл. 1, следует считать оптимальной. Круги, имеющие твердость

Таблица 1

Величины	Значения величин при глубине резания $h$ , мм			
	0,2	0,4	0,6	1,0
Подача на оборот круга $U_0$ , $\frac{мм}{об}$	3,40—6,00	2,90—4,70	2,40—3,50	1,80—2,60
Твердость круга $H_k$ , $\frac{кг}{см^2}$	1100—1550	1550—1950	1950—2250	2200—2450

ниже оптимальной, в своих оптимальных режимах работы могут применяться на практике, однако они нерациональны с точки зрения производительности и стойкости; для твердости, выше оптимальной, круги эффективны по производительности и стойкости, но при этом качество шлифования ухудшается (наблюдается подгар древесины и засаливание круга).

5. С увеличением глубины резания оптимальная твердость круга повышается (к подобным выводам пришли многие авторы [3], [4], [7]); в этом случае длина шлифования уменьшается, снижается подача на оборот круга и сужается диапазон подач.

6. При работе круга в оптимальном режиме его износ незначителен и в среднем составляет 0,23 мм на диаметре.

7. С увеличением времени работы круга (за период стойкости) чистота поверхности ухудшается. При работе круга в оптимальном режиме зависимость высоты неровностей шлифованной поверхности от длины шлифования близка к линейной.

Влияние скорости резания в широком диапазоне на длину шлифования, износ круга и чистоту поверхности мы исследовали ранее при оптимальной твердости круга 1150—1200 кг/см<sup>2</sup> и глубине резания 0,2 мм. Из опытов следует, что скорость резания оказывает влияние на длину шлифования. Так, с увеличением скорости резания до 25 м/сек длина шлифования за период стойкости круга возрастает, достигая своего максимального значения, и в дальнейшем изменяется незначительно. Поэтому минимальная скорость резания не должна быть ниже 25 м/сек, максимальная не должна превышать 50 м/сек; последняя определяется допустимой скоростью вращения круга, исключаяющей его разрыв под действием центробежных сил. Износ круга за период стойкости при его работе в пределах оптимальных скоростей резания (25—50 м/сек) колеблется незначительно и в среднем составляет 0,225 мм на диаметр. С увеличением скорости резания чистота шлифования несколько повышается и наоборот.

Поставленные опыты дали возможность определить оптимальные значения подачи на оборот круга и его твердость для принятых глубин резания при шлифовании древесины сосны вдоль волокон в радиальной плоскости. Для целей производства рекомендуют оптимальные режимы шлифования и значения твердости круга, приведенные в табл. 1.

Как известно, скорость подачи можно определить из выражения

$$U = \frac{U_0 n}{1000}, \quad (1)$$

где  $U_0$  — подача на один оборот круга, мм/об;  
 $n$  — число оборотов круга, об/мин.

Число оборотов круга

$$n = \frac{60V \cdot 1000}{\pi D}, \quad (2)$$

где  $V$  — скорость резания, м/сек;  
 $D$  — диаметр круга, мм.

Подставляя в выражение (1) вместо  $n$  его значение из формулы (2), получим

$$U = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{U_0 V}{D} \quad (3)$$

или

$$U = 19,1 U_0 \frac{V}{D}. \quad (4)$$

Если учесть, что при шлифовании используют круги различных размеров (диаметров) и в процессе работы круг изнашивается (износ от шлифования и повторных правок), то оптимальная подача на оборот различна. В табл. 2 приведены значения поправочного коэффициента на диаметр круга.

Таблица 2

Диаметр круга $D$ , мм	Поправочный коэффициент $m$	Диаметр круга $D$ , мм	Поправочный коэффициент $m$
100	1,900	200	0,950
110	1,727	210	0,905
120	1,583	220	0,864
130	1,462	230	0,826
140	1,357	240	0,792
150	1,266	250	0,760
160	1,146	260	0,731
170	1,118	270	0,704
180	1,055	280	0,678
190	1,000	290	0,656

Вводя поправочный коэффициент  $m$  в выражения (3) и (4), получим

$$U = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{U_0 V}{Dm} \quad (5)$$

или

$$U = 19,1 U_0 \frac{V}{Dm}. \quad (6)$$

Зная оптимальные значения скорости резания, подачу на оборот круга и его диаметр (табл. 1 и 2), из выражения (5) или (6) определяем оптимальную скорость подачи.

Проведенные нами предварительные исследования процесса шлифования древесины сосны вдоль и поперек волокон в тангентальной плоскости показали, что за период стойкости круга длина шлифования несколько изменяется по сравнению с обработкой вдоль волокон в радиальной плоскости. Допустимая подача на оборот круга меняется незначительно. Поэтому величины оптимальных подач, приведенные в табл. 1, практически можно использовать при шлифовании сосны в радиальном, тангентальном и поперечном направлениях волокон.

В лаборатории института изготавливают круги размерами  $300 \times 100 \times 127$ ,  $225 \times 100 \times 100$  и  $200 \times 80 \times 65$  мм, зернистостью 40, 50, 63 и 80 и твердостью от 400 до 2500 кг/см<sup>2</sup>. Применение кругов для шлифования древесины требует выбора и подготовки станочного оборудо-

вания. Для этой цели можно использовать фрезерный станок Ф-4, агрегатную силовую головку АГ2-2Ф с модернизацией их. Модернизация указанного оборудования описана в наших работах [1], [2]; она не требует больших затрат и может быть выполнена ремонтно-механической мастерской деревообрабатывающего предприятия.

В настоящее время ряд мебельных и деревообрабатывающих предприятий имеет некоторый опыт применения абразивных кругов для шлифования древесины. Так, в частности, Промкомбинат во Львове в содружестве с Лесотехническим институтом использовал силовую шлифовальную головку [1] при компоновке станочной линии для обработки в размер, для шлифования кругами лицевой поверхности, а также для олифования погонажных столярных изделий. Это дало возможность значительно повысить производительность труда и улучшить качество изделий.

Разработанные нами режимы рекомендуются предприятиям для эффективного использования абразивных кругов при шлифовании древесины хвойных пород. Они также послужат исходными данными при модернизации существующих и создании новых станков.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. М. Заяц, Е. Я. Густин. Силовая шлифовальная головка. Экспресс информация ЦНИИТЭИлеспрома, Лесопиление, вып. 4, 1967. [2]. И. М. Заяц. Станок для шлифования плоских и профильных поверхностей деталей абразивными кругами. «Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность». Научно-производственный сборник № 4, Киев, 1968. [3]. Г. Ф. Кудасов. Шлифование торцом круга на станках с продольным движением стола. Каталогиздат НКМ СССР, Л., 1940. [4]. Е. Н. Маслов. Основы теории шлифования металлов. Машгиз, М., 1951. [5]. А. И. Яцюк. Новая технология изготовления абразивных кругов для шлифования древесины. Хозяйство лесных предприятий. Изд-во «Карпаты», Ужгород, 1968. [6]. А. И. Яцюк. К основам шлифования древесины абразивными кругами. Научные проблемы комплексных лесных предприятий. Изд-во «Карпаты», Ужгород, 1969. [7]. П. И. Ящерицын. Скоростное шлифование. Машгиз, М., 1953.

Поступила 20 октября 1969 г.

УДК 621.935

## НАПРЯЖЕНИЯ В ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛАХ ОТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗАНИЮ И ОТЖИМУ

Е. Д. ДОБРЫНИН

(Архангельский лесотехнический институт)

Усилия сопротивления резанию и отжиму действуют на каждый зуб пилы и, складываясь, образуют их равнодействующие силы  $P_p$  и  $P_n$ , приложенные в середине пропила — в точке  $E$  (рис. 1).

Приведем силу  $P_p$  к точке  $O$ , получим саму силу и пару сил. Сила  $P_p$  вызывает напряжение растяжения

$$\sigma'_p = \frac{P_p}{b_1 s}, \quad (1)$$

где  $b_1$  — ширина пилы без зубьев;  
 $s$  — толщина пилы.

Пара сил с моментом  $M_p = P_p \left( h + \frac{b_1}{2} \right)$  и сила  $P_n$  изгибают прямолинейную рабочую ветвь пилы в плоскости наибольшей жесткости ( $h$  — высота зубьев пилы).

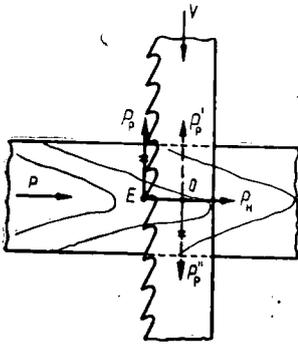


Рис. 1. Схема действия сил сопротивления резанию и отжиму на ленточную пилу.

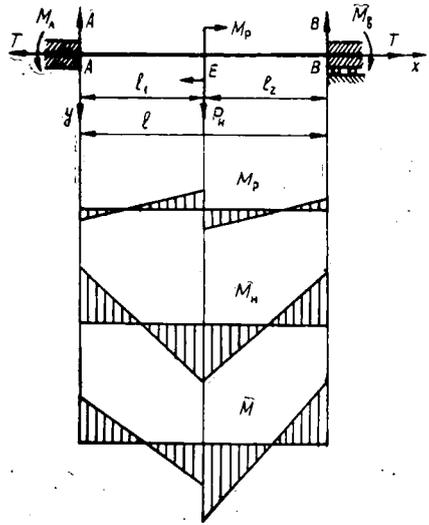


Рис. 2. Расчетная схема пилы на изгиб и эпюры изгибающих моментов от сил сопротивления резанию и отжиму.

Изгиб прямолинейной рабочей ветви пилы в плоскости наибольшей жесткости рассматриваем как изгиб балки, защемленной на концах — шкивах (рис. 2), так как сравнительно большое усилие натяжения пилы вызывает между ее полотном и ободьями шкивов действие сил трения, которые препятствуют повороту пилы на шкивах.

Если принять, что  $l_1 = l_2 = l$ , то величины полных изгибающих моментов в сечениях балки (согласно рис. 2) имеют вид

$$M_A = -\frac{P_n l}{8} + \frac{M_p}{4}; \quad (2)$$

$$M_B = -\frac{P_n l}{8} - \frac{M_p}{4}; \quad (3)$$

$$M_{E \text{ слева}} = -\frac{P_n l}{8} - \frac{M_p}{2}; \quad (4)$$

$$M_{E \text{ справа}} = \frac{P_n l}{8} + \frac{M_p}{2}. \quad (5)$$

Максимальное напряжение от изгиба

$$\sigma_p = \pm \frac{M_{max}}{W}, \quad (6)$$

где  $W$  — момент сопротивления поперечного сечения пилы в плоскости наибольшей жесткости  $\left(W = \frac{sb_l^2}{\sigma}\right)$ .

Полное напряжение в полотне пилы от сил сопротивления резанию и отжиму

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F} \pm \frac{M_{max}}{W}. \quad (7)$$

Однако сравнительно большое усилие натяжения пилы приводит к уменьшению изгибающих моментов и прогибов пилы. Полные про-

гибы меньше вызванных только поперечными силами. Пила испытывает продольно-поперечный изгиб, и изгибающие моменты в поперечных сечениях вычисляем с учетом ее прогибов; последние определяем путем интегрирования дифференциальных уравнений упругой линии.

Приняв начало координат на левой опоре, запишем дифференциальные уравнения по участкам балки [2]

$$EIy_1'' = -Ax + M_A + Ty_1; \quad (8)$$

$$EIy_2'' = -Ax + M_A + Ty_2 + P_n \left(x - \frac{l}{2}\right) - M_p. \quad (9)$$

Разделив все части этих уравнений на величину  $EI$  и обозначив  $\frac{T}{EI} = k^2$ , получим

$$y_1'' - k^2 y_1 = \frac{1}{EI} (M_A - Ax); \quad (10)$$

$$y_2'' - k^2 y_2 = \frac{1}{EI} \left[ M_A - Ax - M_p + P_n \left(x - \frac{l}{2}\right) \right]. \quad (11)$$

При решении уравнений (10) и (11) найдем

$$y_1 = C_1 e^{kx} + C_2 e^{-kx} - \frac{1}{T} (M_A - Ax); \quad (12)$$

$$y_2 = C_3 e^{kx} + C_4 e^{-kx} - \frac{1}{T} \left[ M_A - Ax - M_p + P_n \left(x - \frac{l}{2}\right) \right]. \quad (13)$$

Постоянные интегрирования определяем из следующих условий:

а) при  $x = 0$ ;  $y_1 = 0$

$$C_1 + C_2 - \frac{M_A}{T} = 0;$$

б) при  $x = l$ ;  $y_2 = 0$

$$C_3 e^{kl} + C_4 e^{-kl} - \frac{1}{T} \left( M_A - Al - M_p + P_n \cdot \frac{l}{2} \right);$$

в) при  $x = \frac{l}{2}$ ;  $y_1 = y_2$

$$C_1 e^{\frac{kl}{2}} + C_2 e^{-\frac{kl}{2}} - \frac{1}{T} \left( M_A - A \frac{l}{2} \right) = C_3 e^{\frac{kl}{2}} + C_4 e^{-\frac{kl}{2}} - \frac{1}{T} \left( M_A - A \frac{l}{2} - M_p \right);$$

г) при  $x = \frac{l}{2}$ ;  $y_1' = y_2'$

$$C_1 k e^{\frac{kl}{2}} - C_2 k e^{-\frac{kl}{2}} = C_3 k e^{\frac{kl}{2}} - C_4 k e^{-\frac{kl}{2}} - \frac{1}{T} (P_n - A),$$

откуда

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \frac{e^{\frac{kl}{2}} \left( M_p + \frac{P_H}{k} \right) + 2M_B e^{kl} - 2M_A + e^{\frac{3}{2}kl} \left( M_p - \frac{P_H}{k} \right)}{2T(e^{2kl} - 1)} \\
 C_2 &= \frac{2M_A e^{2kl} - e^{\frac{kl}{2}} \left( M_p + \frac{P_H}{k} \right) - 2M_B e^{kl} - e^{\frac{3}{2}kl} \left( M_p - \frac{P_H}{k} \right)}{2T(e^{2kl} - 1)} \\
 C_3 &= \frac{e^{\frac{kl}{2}} \left( M_p + \frac{P_H}{k} \right) + 2M_B e^{kl} - 2M_A + e^{-\frac{kl}{2}} \left( M_p - \frac{P_H}{k} \right)}{2T(e^{2kl} - 1)} \\
 C_4 &= \frac{2M_A e^{2kl} - e^{\frac{5}{2}kl} \left( M_p + \frac{P_H}{k} \right) - 2M_B e^{kl} - e^{\frac{3}{2}kl} \left( M_p - \frac{P_H}{k} \right)}{2T(e^{2kl} - 1)}.
 \end{aligned} \tag{14}$$

При  $P_p = 30$  кг;  $P_H = 12$  кг;  $l = 1800$  мм;  $b = 85$  мм;  $h = 10$  мм и  $s = 1,0$  мм получим  $M_p = 142$  кгсм;  $M_A = -235$  кгсм;  $M_B = -305$  кгсм;  $M_{max} = 341$  кгсм;  $W = 0,94$  см<sup>3</sup>;  $A = 4,8$  кг;  $B = 7,2$  кг;  $T = \sigma_0 F = 530$  кг и  $C_1 = -0,313$ ;  $C_2 = 0,756$ ;  $C_3 = 0,227$ ;  $C_4 = -2,442$ .

С учетом усилия натяжения величина наибольшего изгибающего момента

$$M_{max} = -EIy_2'' = 323,5 \text{ кг см.}$$

Напряжения в пиле от сил сопротивления резанию и отжиму

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F} \pm \frac{M_{max}}{W} = \frac{30}{75} \pm \frac{3235}{940} = 0,4 \pm 3,44 \text{ кг/см}^2,$$

откуда  $\sigma_{pmax} = 3,84$  кг/см<sup>2</sup>;  $\sigma_{pmin} = -3,04$  кг/см<sup>2</sup>.

Величина наибольшего изгибающего момента от сил сопротивления резанию и отжиму без учета усилия натяжения равна 341 кгсм, а с учетом его — 323,5 кгсм. Расхождение  $\Delta M = \frac{341 - 323,5}{341} \cdot 100 = 5\%$ , то есть изгибающие моменты в поперечных сечениях пилы, зашеченной по концам, практически можно определить путем расчета на поперечный изгиб.

М. А. Дешевой [1] рассматривает изгиб прямолинейной рабочей ветви ленточной пилы в плоскости наибольшей жесткости от сил сопротивления резанию и отжиму как изгиб балки, свободно лежащей на двух шарнирных опорах (рис. 3).

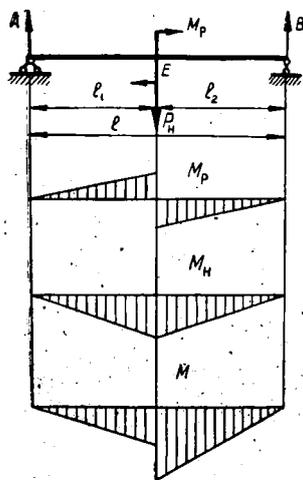
Максимальный изгибающий момент определяют по уравнению

$$M_{max} = M_H + \frac{M_p}{2} = \frac{P_H l_1 l_2}{l} + P_p \frac{B}{4}, \tag{15}$$

при  $l_1 = l_2 = \frac{l}{2}$ ;

$$M_{max} = \frac{P_H l}{4} + \frac{P_p \cdot B}{4}. \tag{16}$$

Рис. 3. Расчетная схема пилы на изгиб и эпюры изгибающих моментов по М. А. Дешевому.



Если в формулу (16) подставить предыдущие исходные данные, то  $M_{max} = 6037,5$  кгсм. Полное напряжение от сил сопротивления реза-

нию и отжиму  $\sigma_{max} = 6,8 \text{ кг/мм}^2$  и  $\sigma_{min} = -6,0 \text{ кг/мм}^2$  вместо величин  $4,03$  и  $-3,23 \text{ кг/мм}^2$ , полученных по первому расчету. Это расхождение очень большое, поэтому требуется опытная проверка.

Экспериментальные исследования мы проводили на ленточнопильном станке «Стандарт», с которого был снят антивибратор пилы, а вместо него установлена изготовленная нами вилка с роликом (рис. 4). Через ролик-блок перекинут канатик, на один конец которого крепили зацеп, надетый на зуб пилы, а на другой — поддон, на который клали гири-разновесы.

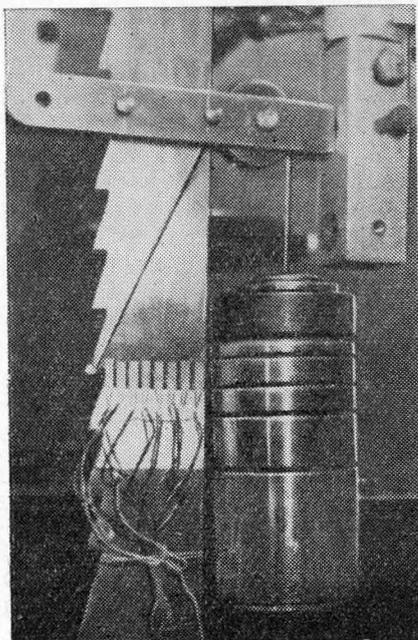


Рис. 4. Общий вид установки для измерения деформаций, возникающих в полотне ленточной пилы при действии на зуб равнодействующей сил сопротивления резанию и отжиму.

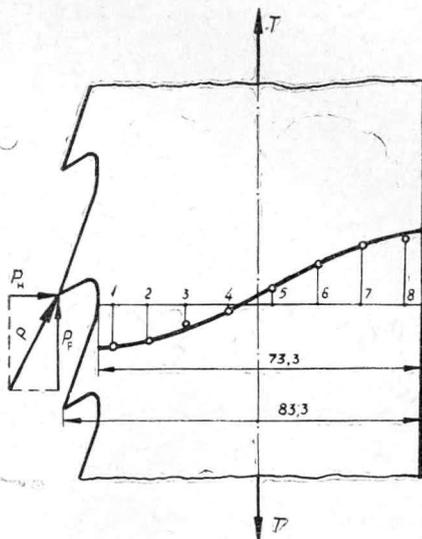


Рис. 5. Эпюра продольных напряжений по ширине ленточной пилы от сил сопротивления резанию и отжиму.

Опытные пилы невальцованные со следующими параметрами: ширина  $85 \text{ мм}$ ; толщина  $1,03 \text{ мм}$ ; шаг зубьев  $40 \text{ мм}$ ; высота зубьев  $10 \text{ мм}$ ; радиус закругления впадин зубьев  $4 \text{ мм}$ . Сила натяжения каждой ветви пилы  $525 \text{ кг}$ . Сила сопротивления резанию  $10 \text{ кг}$ , сила сопротивления отжиму  $5 \text{ кг}$ , а равнодействующая их  $11,2 \text{ кг}$ .

Деформации измеряли методом электротензометрирования. Датчики проволочные с базой  $20 \text{ мм}$  и сопротивлением  $198,8 \text{ ом}$ . Схема размещения их на полотне пилы показана на рис. 5 (1, 2, 3, ..., 8 — условные номера датчиков). Регистрирующее устройство — гальванометр ИСД-3. Его показания записывали в двух случаях: 1) пила натянута на пильных шкивах; 2) пила натянута и на вершинку зуба приложена равнодействующая сил сопротивления резанию и отжиму.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 5. Из данных, приведенных на этом рисунке, можно сделать следующие выводы.

1. Напряжения от сил сопротивления резанию и отжиму изменяются по ширине пилы по закону кривой.

2. При приложении на зуб равнодействующей сил сопротивления резанию и отжиму, равной  $11,2 \text{ кг}$ , величина напряжений в опытах составила  $-0,96 \text{ кг/мм}^2$  на кромке впадин зубьев и  $+1,21 \text{ кг/мм}^2$  на тыльной кромке пилы.

Путем расчета по схеме рис. 2 получим величины напряжений  $-1,17 \text{ кг/мм}^2$  на кромке впадин зубьев и  $+1,43 \text{ кг/мм}^2$  на тыльной кромке пилы. Расхождение между опытными и расчетными данными составляет от 18 до 22%.

Если эти напряжения рассчитать по схеме М. А. Дешевого (рис. 3), то получим соответственно 2,49 и  $2,75 \text{ кг/мм}^2$ . Расхождение между опытными и расчетными данными составляет от 117 до 160%.

Следовательно, принятая нами расчетная схема (рис. 2) более соответствует действительным условиям работы ленточной пилы, чем схема М. А. Дешевого (рис. 3).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. А. Дешевой. Механическая технология дерева, ч. II, 1936. [2]. С. П. Тимошенко. «Сопротивление материалов», т. II, 1965 г.

Поступила 4 ноября 1969 г.

УДК 674.812

### ПРОЧНОСТЬ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ

П. Н. ЖИТКОВ, Г. Д. РЫДЧЕНКО

(Воронежский лесотехнический институт)

Многолетняя практика применения прессованной древесины ДП в машиностроении показала, что детали из нее в узлах трения машин несут самые разнообразные статические и динамические нагрузки, достигающие подчас более  $100 \text{ кг/см}^2$ . И если в настоящее время накоплен и обобщен некоторый опыт по использованию ДП при статической знакопостоянной нагрузке, то исследования работы при действии циклической нагрузки находятся в начальной стадии. Учитывая это, работники Воронежского лесотехнического института провели исследования циклической прочности ДП.

Прессованная древесина березы, полученная методом предварительного пропаривания, имела следующие физико-механические свойства: объемный вес  $\gamma = 1,1-1,25 \text{ г/см}^3$ ; влажность  $W = 6-7\%$ ; предел прочности при сжатии вдоль волокон  $\sigma = 1200 \text{ кг/см}^2$ , в радиальном направлении  $\sigma = 600 \text{ кг/см}^2$ , в тангентальном  $\sigma = 300 \text{ кг/см}^2$ . Это полностью отвечает требованиям ГОСТа 9629-66. «Древесина прессованная», введенного в действие с июля 1967 г.

Полученный материал относится к группе анизотропных, и судить о его прочности под действием циклической нагрузки не представляется возможным без испытания по трем главным направлениям: I — вдоль волокон, II — поперек волокон в плоскости прессования и III — в плоскости, перпендикулярной прессованию. Это первое требование, которое должно быть предъявлено образцам, принятым к испытаниям. Второе требование — геометрическая форма образца должна обеспечивать одну и ту же площадь поперечного сечения в трех плоскостях. Испытания проводили на универсальной машине ГРМ-1 мощностью 50 тс с пульсатором 25 тс, поэтому необходимо было учитывать техническую характеристику последней — это третье требование.

Для испытаний ДП на сжатие вдоль волокон при статической нагрузке ГОСТ 9629-66 рекомендует образцы размером  $15 \times 15 \times$

× 22,5 мм. Рекомендуемые образцы не удовлетворяют предъявленным выше требованиям.

На основании изложенного нами были приняты образцы кубической формы с размером ребра 30 мм. Замеры производили микрометром, точность размеров доводили шлифованием, поверхности обрабатывали до чистоты седьмого класса.

Подготовленные образцы, как показали исследования, дают возможность получить экспериментальные показатели в пределах нормы (табл. 2).

В машиностроении и при ремонте станочного оборудования прессованную древесину используют главным образом как подшипниковый материал — заменитель антифрикционных металлов. Поэтому режимы испытаний выбирали близкими к практической работе подшипников, несущих переменную нагрузку во времени, — очистные барабаны, шаровые мельницы, ходовые аппараты сельскохозяйственных машин.

По своей конструкции испытательная машина дает возможность проводить исследования на четырех режимах нагружения — 200, 300, 400 и 600 циклов в минуту с амплитудой колебания подвижных частей от 0 до 5 мм.

Нами проведены испытания на трех режимах нагружения при нагрузке на образец от 0,2 до 0,8 предела прочности при сжатии и удельном давлении 200, 280, 340, 400, 460, 600 и 800 кг/см<sup>2</sup> вдоль волокон и от 50 до 300 кг/см<sup>2</sup> при сжатии поперек волокон. Амплитуда колебаний 3 мм. Число точек нагружения на каждом режиме принимали от 6 до 8. Число образцов на каждую точку 8—10 в зависимости от коэффициента вариаций. Каждый образец доводили до полного разрушения. Результаты опытов сведены в табл. 1.

Таблица 1

№ опыта	Нагрузка на образец, кг		Частота нагружений, мин	Показания счетчика циклов
	общая	удельная		
1	2520	280	200	47100
2	3060	340	200	36060
3	3600	400	200	33060
4	4140	460	200	20600
5	1800	200	300	1140300
6	2520	280	300	51700
7	3060	340	300	32100
8	3600	400	300	26400
9	4140	460	300	19900
10	5400	600	300	5300
11	7200	800	300	700
12	2520	280	400	43000
13	3060	340	400	32500
14	3600	400	400	21200
15	4140	460	400	20400

Из анализа видно, что с увеличением удельной нагрузки работоспособность образца резко падает. Испытания проводили при асимметричном знакопостоянном цикле. Коэффициент асимметрии

$$r = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = 0,52.$$

Осциллограмма нагружения образца при динамических испытаниях дает характеристику цикла и изменение напряжения во времени (рис. 1).

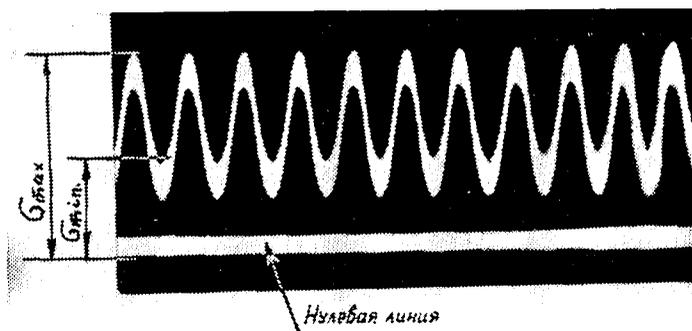


Рис. 1.

Качество проведенных экспериментов характеризуется показателями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

$P$	$M$	$\sigma$	$\bar{m}$	$v$	$p$
$\frac{2520}{280}$	51700	4475	1431	8,6	3
$\frac{3060}{340}$	32100	1133	495	3,6	1,6
$\frac{3600}{400}$	26400	1315	572	5,0	2,2
$\frac{4140}{460}$	19920	1340	600	6,8	3,1
$\frac{1800}{1800}$	1140300	6324	3680	0,6	0,35

Примечание. В графе 1 в числителе — общая нагрузка на образец, в знаменателе — удельная нагрузка;  $M$  — среднее арифметическое значение;  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение;  $\bar{m}$  — средняя ошибка;  $v$  — вариационный коэффициент, %;  $p$  — точность опыта, %.

Используя экспериментальные данные, в системе координат  $\sigma - N$  построим графики усталостной прочности ДПО под действием циклической нагрузки (рис. 2).

Аналитическое выражение графиков рис. 2 представляется уравнениями вида:

$$N = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D \text{ — при сжатии вдоль волокон;}$$

$$N = Ax + D \text{ — при сжатии поперек волокон,}$$

где  $N$  — число циклов до разрушения;  
 $x = p$  — удельное давление,  $\text{кг/см}^2$ ;  
 $A, B, C$  и  $D$  — коэффициенты, определяемые по опытным данным методом наименьших квадратов или методом Лагранжа.

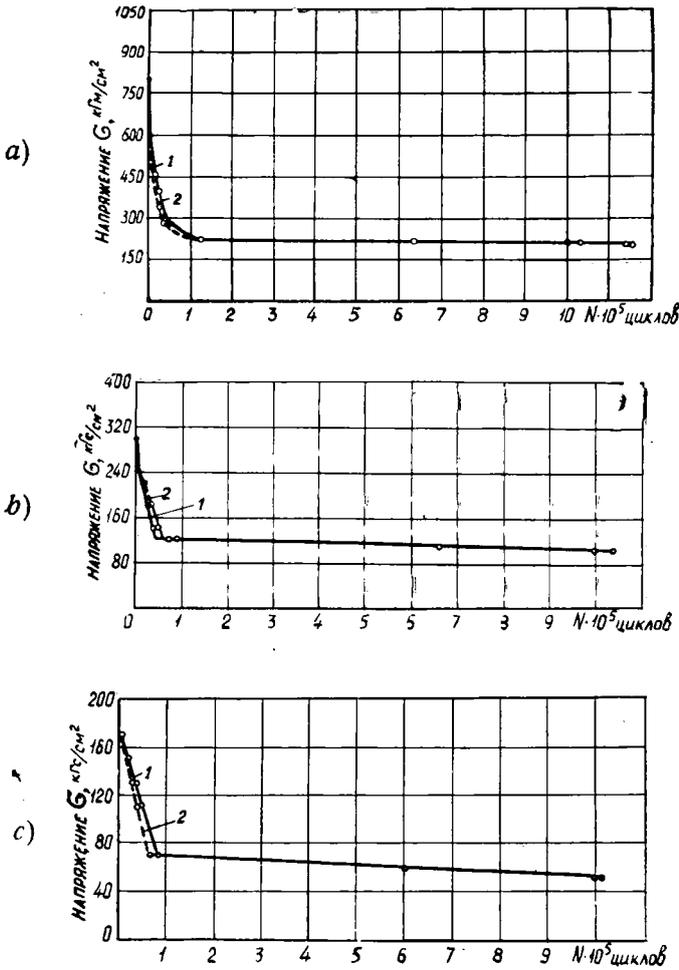


Рис. 2. Общая закономерность хода экспериментальной (1) и теоретической (2) кривых усталостной прочности ДПО при сжатии вдоль волокон (а), поперек — радиально (б) и поперек тангентально (с).

На основании изложенного, величину допускаемых напряжений для деталей ДП рекомендуем принимать в зависимости от вида несущей нагрузки (табл. 3).

Таблица 3

Материал	$\sigma_{сж}$ , $\text{кг/см}^2$	Допускаемые напряжения, $\text{кг/см}^2$		
		I	II	III
ДПО при сжатии:				
вдоль волокон . . . . .	1200	150	100	50
поперек — радиально . . . . .	600	75	50	25
поперек — тангентально . . . . .	300	40	20	10
ДПК (контурное прессование) при сжатии поперек волокон — радиально . . . . .	600	75	40	15
ДП-ГТ (торцовое гнутье) . . . . .	900	100	50	20

Долголетняя практика использования ДП в различных узлах трения машин подтвердила правильность этих рекомендаций.

Из наших материалов вытекают следующие выводы.

1. Предельное напряжение усталостной прочности при сжатии: вдоль волокон равно  $200 \text{ кг/см}^2$ , поперек волокон в радиальном направлении —  $100 \text{ кг/см}^2$  и в тангентальном направлении —  $50 \text{ кг/см}^2$ .

Их отношения составляют 4 : 2 : 1. Коэффициент запаса прочности для всех трех случаев равен 6.

2. Базовое число при испытании прессованной древесины березы на усталость следует принять равным  $10^6$  циклам.

Поступила 21 июля 1969 г.

УДК 674.028.9

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВОГО ШВА \*

И. М. ПАСТУХ

(Львовский лесотехнический институт)

Методика расчета шиповых соединений, относящаяся к числу первых в теории прочности расчетов узлов и соединений мебели, изложена в работах В. Н. Михайлова [3], Н. М. Белякова [1], С. А. Ильинского [2]. Для клееного шва соединения плоским шипом удельную прочность склеивания принято считать одинаковой для всей поверхности боковой грани шипа и изменяющейся в зависимости от режимных факторов в пределах 30—150  $\text{кг/см}^2$ . В этом случае неизбежен коэффициент запаса прочности не менее 5, что в значительной мере сужает границы применения методики расчета.

В настоящей статье даны результаты исследования влияния соотношения размеров соединения на прочность клееного шва. За основную отправную точку был принят принцип неравномерного распределения контактных напряжений по плоскости боковой грани шипа как осуществленного режимного параметра и вытекающей отсюда неравномерной прочности склеивания. Эта неравномерность вызвана прогибом стенки гнезда, что в других расчетных схемах не учитывалось.

В качестве примера мы выбрали соединение плоским сквозным шипом, представляющее одну из наиболее сложных расчетных схем. Действительная расчетная схема такого соединения — балка с защемленными в определенной степени обоими концами и нагрузкой, изменяющейся по сложному параболическому закону, на двух участках. С целью упрощения схемы нами введены следующие допущения: 1) расчетная балка принята с двумя жестко защемленными концами, имеющими свободу перемещения; 2) контактные напряжения распределены по закону треугольника или, в общем случае, трапеции, что исключает нарушение контакта в середине пролета; 3) контактные напряжения определяются по принципу упругого основания с одной характеристикой.

С учетом этих допущений расчетная схема балки на двух опорах представлена на рис. 1, а. Уравнение прогибов получено методом интегрирования выражения изогнутой оси по участкам

\* Исследования проведены под руководством доц. А. И. Янсона.

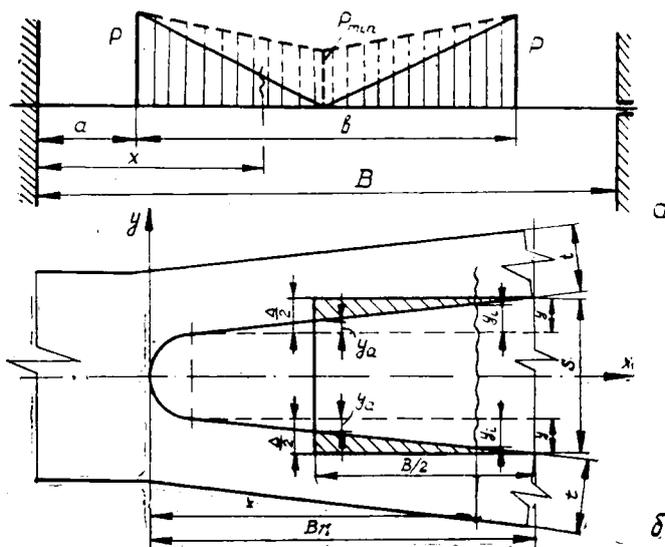


Рис. 1.

$$y = \frac{1}{EI} \left[ \frac{px^3}{6} (x-a) - \frac{kx^3}{6} (x-a)^2 - \frac{x^2}{B} \left( \frac{pbB^2}{16} - \frac{kB^2b^2}{64} - \frac{pb^3}{48} + \frac{kb^4}{384} \right) - \frac{p}{24} (x-a)^4 + \frac{k}{120} (x-a)^5 \right], \quad (1)$$

где  $E$  — модуль упругости древесины гнезда при изгибе;  
 $I$  — момент инерции стенки гнезда;  
 $k$  — коэффициент падения контактных напряжений, определяемый по формуле

$$k = \frac{2(p-p_{min})}{b}. \quad (2)$$

Максимальный прогиб в середине пролета представляется в следующем виде:

$$y = \frac{p}{EI} \left( \frac{b^3B}{192} - \frac{B^3b}{192} - \frac{b^4}{384} \right) + \frac{k}{EI} \left( \frac{B^3b^2}{768} - \frac{b^4B}{1536} + \frac{b^5}{3840} \right). \quad (3)$$

Для определения максимального контактного напряжения принята расчетная схема, представленная на рис. 1, б. Из рисунка следует, что контактные напряжения в любой точке обусловлены необходимостью сжатия определенной части древесины. При этом сумма всех деформаций шипа и стенок гнезда должна компенсировать натяг соединения в данном сечении, отличающийся от конструктивного натяга величиной прогиба стенки

$$\Delta_i = y_s + 2y_i = \Delta - 2y_i, \quad (4)$$

где  $y_s$  — деформация сжатия шипа;  
 $y_i$  — деформация сжатия стенки гнезда;  
 $\Delta$  — конструктивный натяг соединения;  
 $y_i$  — прогиб стенки гнезда в сечении;  
 $\Delta_i$  — результирующий натяг в сечении.

Выразив деформации через удельные деформации и модуль упругости, уравнение (4) получим в виде

$$\Delta_i = p_i \frac{E_t \cdot s + 2E_s \cdot t}{E_s \cdot E_t}, \quad (5)$$

где  $E_t$  и  $E_s$  — модули упругости при сжатии древесины гнезда и шипа;

$t$  — толщина стенки гнезда, см;

$s$  — толщина шипа, см.

Из уравнения (5) контактные напряжения в любой точке

$$p_i = C (\Delta - 2y_i), \quad (6)$$

где  $C$  — коэффициент деформативности шипового соединения,

$$C = \frac{E_s \cdot E_t}{E_t s + 2E_s \cdot t}. \quad (7)$$

Максимальное контактное напряжение находим путем подстановки в уравнение (6) значения прогиба стенки гнезда в точке начала контакта

$$y_a = Ay, \quad (8)$$

где  $y$  — максимальный прогиб, определяемый по уравнению (3).

Коэффициент  $A$  найден путем деления уравнения (1) при  $x = \frac{B-b}{2}$  на это выражение при  $x = \frac{B}{2}$ .

После обозначения  $N = \frac{b}{B}$  получим

$$A = \frac{0,5N - N^2 + 0,25N^3 + 0,5N^4 - 0,25N^5}{0,167N - 0,25N^3 + 0,133N^4}. \quad (9)$$

Подставляя найденные значения максимальных контактных напряжений в уравнение (3) и решая его относительно жесткости стенки гнезда, получим

$$EI = E \frac{el^3}{12} = -\frac{4C^2 \Delta (1-A)}{kb} \left( \frac{b^3 B}{192} - \frac{B^3 b}{192} - \frac{b^4}{384} \right) + 4AC \left( \frac{b^3 B}{192} - \frac{B^3 b}{192} - \frac{b^4}{384} \right) - 4C(1-A) \left( \frac{B^3 b}{768} - \frac{Bb^3}{1536} + \frac{b^4}{3840} \right), \quad (10)$$

где  $l$  — длина шипа, см.

При заданной толщине стенки гнезда прочностные параметры шипового соединения рассчитывают в следующем порядке.

1. Определяют коэффициент падения контактных напряжений по формуле, выведенной из уравнения (10),

$$k = \frac{-\frac{0,125C^2 \Delta (1-A)}{E} (2b^2 B + 2B^3 - b^3)}{l^3 + \frac{0,0125C(1-A)}{E} (5B^3 b - 2,5Bb^3 + b^4) - \frac{0,125ACb}{E} (2b^2 B + 2B^3 - b^3)} \quad (11)$$

2. Полученное значение коэффициента проверяют по условию

$$k \leq k_{max} = \frac{2p}{b} = \frac{2C\Delta(1-A)}{b}. \quad (12)$$

3. Находят максимальное значение контактного напряжения

$$p = \frac{2C\Delta(1-A) - Akb}{2(1-A)}. \quad (13)$$

4. Интегрируя контактные напряжения по площади, определяют общее усилие, по которому рассчитывают гнездо по условию раскалывания или среза стенки гнезда. Для сквозных шипов общее усилие

$$P = bpl - 0,25kb^2l. \quad (14)$$

5. Подставляя в выражение для закона распределения контактных напряжений функцию зависимости прочности клевого шва на срез от контактного напряжения и интегрируя полученную функцию по всей площади боковой грани, определяют прочность шипового соединения при воздействии усилия вдоль бруска шипа.

В общем виде прочность клевого соединения на срез

$$Q = 2 \int_0^F f[\varphi(F)] dF, \quad (15)$$

где  $\varphi(F)$  — закон распределения контактных напряжений по площади боковой грани шипа;

$f(p_i)$  — функция зависимости прочности клевого соединения на срез от контактного напряжения.

Изложенную выше методику проверяли параллельно: а) по определению прочности клевого шва шипового соединения на срез; б) по нахождению усилий, возникающих в шиповом соединении перпендикулярно стенке гнезда. Исследования проводили на сосновых образцах, представленных на рис. 2. Первоначально детали

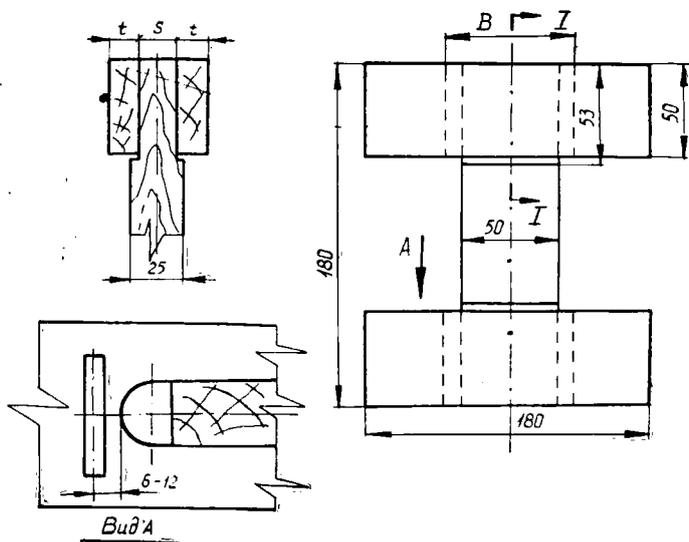


Рис. 2. Экспериментальные образцы шиповых соединений.  
А — место наклейки тензодатчика.

с гнездами изготавливали сечением  $50 \times 50$  мм, что обеспечивало одинаковый характер сверления гнезд. Толщину стенки формировали срезанием излишней древесины круглой пилой без развода. Детали с шипами обрабатывали на фрезерном станке с ручной подачей. Пары (шип — гнездо) комплектовали по типоразмерам в соответствии с табл. 1. В каждом типоразмере обеспечивался равномерный подбор пары по натягу в пределах 0,2—0,25; 0,3—0,35; 0,4—0,5 мм. Особое значение придавали измерению ширины гнезда и толщины шипа для возможно точного определения натяга соединения. Чтобы уменьшить субъективные ошибки, присущие каждому методу, измерения выполняли параллельно с помощью: а) штангенциркуля (точность 0,05 мм) в шести точках; б) нутромера с индикатором часового типа (точность 0,01 мм) в шести местах и шести участках; в) мерительных клиньев с применением микрометра (точность 0,01 мм). Из полученных значений выводили средние отдельно по методу и результирующие; при этом данных по пункту а не учитывали, а применяли их только для общего контроля измерений.

Показатели	Типоразмер											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Толщина шипов, мм	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15
Длина гнезда, мм	60	60	60	80	80	80	60	60	60	80	80	80
Толщина стенки, мм	20	12	8	20	12	8	17	12	8	17	12	8

Аналогичными методами определяли толщину шипов. На части деталей с гнездами наклеивали тензодатчики в местах, показанных на рис. 2. В комплектах, которые использовали для получения зависимости удельной прочности склеивания от контактных напряжений, детали с гнездами разрезали на две части по продольной оси. При этом в рычажных прессах исключался прогиб стенки и обеспечивалось постоянство контактных напряжений по всей плоскости боковой грани шипа, которые равнялись 0; 2; 5; 10; 15; 20; 30; 40 кг/см<sup>2</sup>. Сборку соединений осуществляли на мочевино-формальдегидном клее одной партией. Таким образом, все режимные факторы, кроме удельного давления, были стабилизированы. Чистота склеиваемых поверхностей находилась в пределах 50—90 мк, что соответствовало 7 классу по ГОСТу 7016—54. Клей наносили на поверхность шипа и гнезда при суммарном расходе 360 г/м<sup>2</sup>. После выдержки в течение 3 дней шипы вырывали на разрывной машине Р-5.

Результаты исследования прочности склеивания представлены на рис. 3.

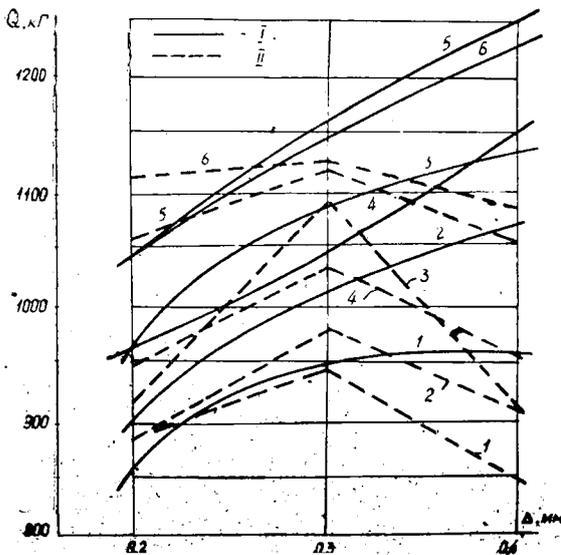


Рис. 3. Теоретические (I) и экспериментальные (II) зависимости прочности клеевого шва от конструктивных параметров.

1 —  $B=8$  см,  $t=0,8$  см; 2 —  $B=8$  см,  $t=1,2$  см; 3 —  $B=8$  см,  $t=2$  см; 4 —  $B=6$  см,  $t=0,8$  см; 5 —  $B=6$  см,  $t=1,2$  см; 6 —  $B=6$  см,  $t=1,7$  см.

Из рис. 3 следует, что при сравнительно небольшом диапазоне колебаний размеров толщины стенки максимальные значения прочности превышают минимальные теоретически на 50%, а фактически — на 33%, что требовало бы соответствующего коэффициента запаса прочности. При применении более тонких стенок диапазон значений прочности клеевого шва расширился бы еще больше.

Экспериментальными исследованиями установлено, что фактическая прочность клеевого шва удовлетворительно согласуется с теоретической до значений натяга 0,025—0,03 см, соответствующих максимальной прочности соединения. При дальнейшем увеличении натяга прочность соединения падает. Наблюдения за характером сборки пока-

зали, что натяги больше  $0,03$  см при острых торцовых кромках в основных соединениях не получаются, так как древесина срезается торцом шипа, а фактический расход клея уменьшается вследствие интенсивного выдавливания. Некоторое снижение срезания древесины кромками наблюдается при обжиме последних, однако при этом увеличивается процент брака из-за раскалывания гнезд.

Отмеченный выше вывод подтверждается исследованиями по определению усилий в шиповом соединении с применением проволочных тензометров сопротивления. Показания тензодатчика, включенного в схему высокочувствительного моста, записывали до сборки и в течение 5 дней после сборки. После высверливания шипов датчики тарируют на разрывной машине. Аналогично предыдущим исследованиям фактические данные удовлетворительно согласуются с теоретическими до натягов  $0,25—0,3$  мм (рис. 4). При увеличении натяга выше этих значений смятия древесины не происходит и усилия в шиповом соединении значительно уменьшаются по сравнению с теоретическими.

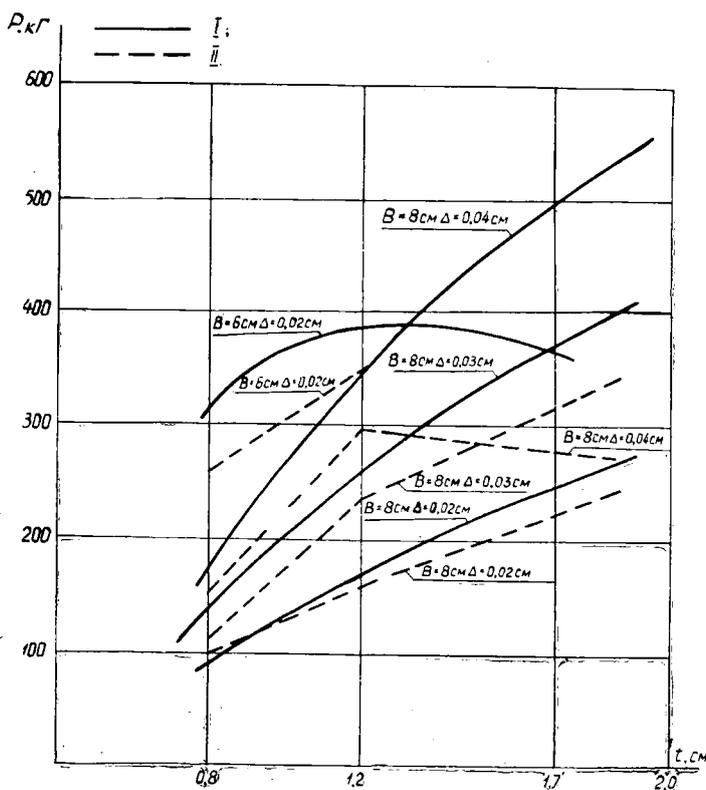


Рис. 4. График зависимости усилий в шиповом соединении от конструктивных параметров.

I — теоретические значения; II — экспериментальные.

Соответствие фактических и теоретических значений доказывает правильность определения силовых параметров шиповых соединений (распределение контактных напряжений, общее усилие, раскалывающее гнездо). По аналогичному принципу можно разработать методику расчета концевых шиповых соединений, расчетная схема которых более проста.

Методику расчета параметров шиповых соединений и результаты исследований можно представить в виде номограмм, которые упростят их практическое применение.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Беляков. Расчет прочности шиповых соединений. ВЗЛТИ, Л., 1960.  
 [2]. С. А. Ильинский. Допуски и посадки в деревообработке. Гослесбумиздат, М., 1960. [3]. В. Н. Михайлов. Столярно-механические производства. Гослесбумиздат, М.—Л., 1967.

Поступила 23 сентября 1969 г.

УДК 674.053

### О ВЛИЯНИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА ПРИ ПАЙКЕ И ОТПУСКЕ НА МИКРОСТРУКТУРУ И ПРОЧНОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ЗУБЬЕВ РАМНЫХ ПИЛ

Е. М. БОРОВИКОВ, А. С. ПОЗДЕЕВ  
 (Архангельский лесотехнический институт)

В настоящее время в деревообрабатывающей промышленности интенсивно внедряется твердосплавной инструмент, дающий значительный экономический эффект. В большинстве случаев твердосплавные пластинки крепятся при помощи пайки с высокочастотным нагревом части корпуса инструмента. При применении твердых припоев температура нагрева инструмента превышает критические температуры структурных превращений в стали, что неизбежно приводит к изменению механических ее свойств и снижению прочности инструмента. Последнее обстоятельство особенно важно учитывать для инструмента с тонким и плоским корпусом, например, круглых и рамных пил. Для этого вида инструмента высокочастотный нагрев при пайке зубьев может вызвать также коробление полотна пилы. Поэтому выяснение характера явлений, происходящих в структуре стали после пайки и отпуска зубьев, определение величины зоны структурных превращений в стали, исследование изменения механических свойств зубьев представляют несомненный практический интерес. Отмеченные выше вопросы были исследованы нами для твердосплавных зубьев рамных пил.

Пайку зубьев производили при зажатом между двумя медными пластинами полотне пилы на высокочастотной установке, ЛЗ-13. Медные пластинки охлаждали водой, что уменьшало распространение зоны нагрева зубьев и исключало коробление полотна пилы вследствие интенсивного отвода тепла. Интенсивный отвод тепла от полотна пилы способствовал также более быстрому охлаждению разогретых зубьев и, несомненно, оказывал влияние на характер структурных превращений в стали зуба. Пайку твердосплавных пластинок производили припоем ПрМНМц 68-4-2, имеющим температуру плавления 900—930°С. Изменение твердости стали зуба после пайки исследовали на твердомере ТК алмазным конусом при нагрузке 150 кг по линии, перпендикулярной линии вершин зубьев пилы. Расстояние между отдельными отпечатками выдерживали в пределах 1,5—2 мм.

Результаты измерения твердости представлены на рис. 1. В верхней части рисунка показано положение линии, по которой измеряли твердость, а в нижней расположен график изменения твердости по линии измерения. Твердость стали зуба после пайки меняется от 30 до 63  $H_{RC}$ . Исходя из значения твердости в отдельных точках можно заключить, что при пайке твердосплавных пластинок к зубьям послед-

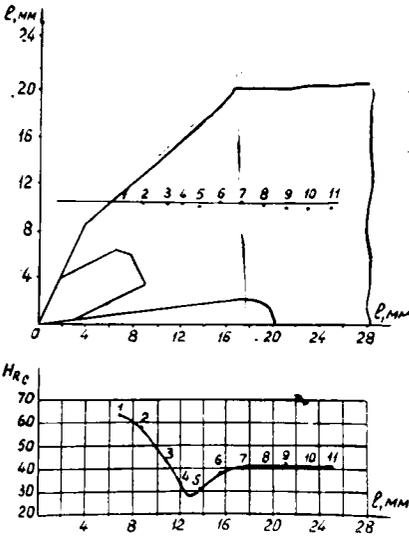


Рис. 1. Изменение твердости стали зуба после пайки твердосплавной пластинки.

ние нагреваются неравномерно. В точках 1, 2 и 3 сталь нагревается до температуры выше критической и при охлаждении закаливается. Далее идет зона нагрева до температуры несколько ниже критической, но выше температуры отпуска полотно пилы, что приводит к уменьшению твердости до  $30 H_{Rc}$  (точки 4 и 5). В точке 6 температура нагрева еще ниже, а в точке 7 она примерно равна температуре отпуска полотна пилы и поэтому не вызывает изменения твердости стали. Следовательно, точку 7 можно считать границей термического влияния нагрева при пайке. Получающаяся при пайке высокая твердость стали в вершине зуба рамной пилы нежелательна, так как она увеличивает хрупкость и уменьшает прочность зубьев. Поэтому после пайки зубья должны быть подвергнуты отпуску.

Измеряя твердость в других сечениях зуба и строя кривые изменения твердости, можно было бы определить границу термического влияния нагрева зуба при пайке во всем его объеме. Однако измерение твердости на зубе с впаянной твердосплавной пластинкой по другим сечениям затруднительно

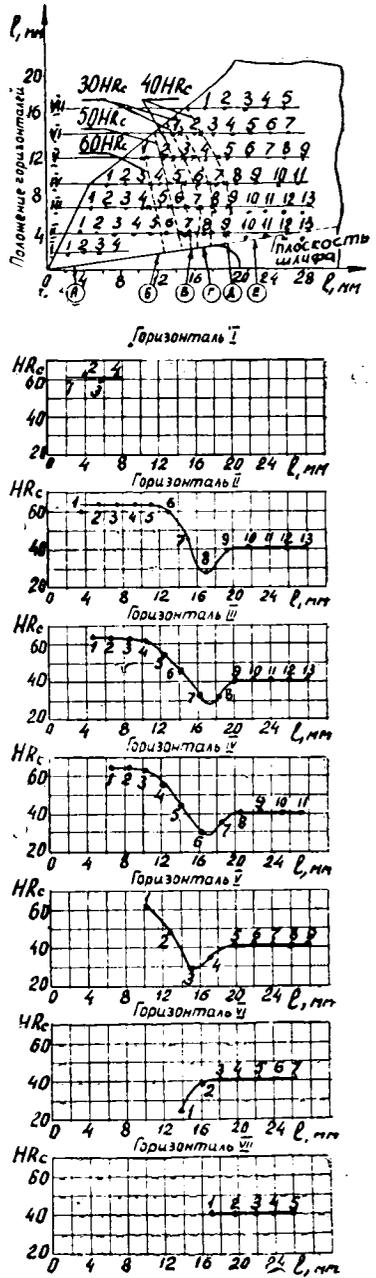


Рис. 2. Изменение твердости и распространение зоны термического влияния в зубе пилы после высокочастотного нагрева.

из-за выступающей над поверхностью зуба пластинки. Поэтому было решено исследовать зону термического влияния нагрева зубьев обычной пилы при пайке, имитируя процесс пайки. Кроме того, эта серия опытов позволила подобрать режим отпуска зубьев после пайки. Для этого на зубья рамной пилы, имеющей твердость  $41 H_{RC}$ , навешивали скобки припоя и нагревали их под индуктором до расплавления последнего. Положение индуктора относительно зубьев пилы такое же, как и при пайке зубьев с пластинками твердого сплава. Это позволяет считать, что в обоих случаях характер превращений в структуре стали зуба одинаков, и исследования на целом зубе отразят картину превращений в зубе с твердосплавной пластинкой.

Зубья пилы, нагретые до расплавления припоя, были разбиты на 4 группы по 3 зуба в каждой группе и промаркированы. Первую группу зубьев отпуску не подвергали, вторую нагревали при отпуске в течение 2 сек, третью — 4 сек и четвертую — 6 сек. При нагреве четвертой группы появлялось темно-красное свечение стали зуба, что соответствует температуре нагрева  $580-600^{\circ}\text{C}$ . После удаления припоя указанные группы зубьев были вырублены вместе с частью полотна, шириной 15 мм, считая от линии впадин.

Для определения зоны термического влияния по всей площади двух зубьев первой группы была измерена твердость. Результаты представлены на рис. 2. Характер кривых изменения твердости по линиям II, III, IV, V, VI аналогичен характеру кривой изменения твердости в зубе с припаянной пластинкой, представленной на рис. 1. Соединив точки с одинаковой твердостью на контуре зуба (верхняя часть рис. 2), мы получим целый ряд изосклер, которые дают наглядное представление о зоне термического влияния по высоте зуба. Как видно из рис. 2, зона термического влияния распространяется примерно на 18 мм и не достигает линии впадин зубьев. Результаты измерения твердости на втором зубе дали аналогичную картину, поэтому здесь не приведены.

Для исследования микроструктуры стали отдельных зон зуба по плоскости его передней грани был изготовлен микрошлиф по общепринятой для инструментальных сталей методике. Микроструктуры изучали на микроскопе МИМ-8 при увеличении в 200 раз. Микроструктуры стали зуба в точках, указанных на рис. 2, представлены на рис. 3. Результаты микроанализа показывают, что вследствие нагрева при пайке в стали зубьев возникает вся возможная гамма закалочных структур и структур, получающихся при отпуске стали пилы. Микроструктура в точке А представляет крупноиглочатый мартенсит закалки, в точке В — мелкоиглочатый, в точке С — сорбит закалки с мелкими полями троостита, в точке Д — крупнозернистый сорбит отпуска, в точке Е — мелкозернистый сорбит, в точке F — троостосорбит; в точке G микроструктура соответствует исходной микроструктуре стали полотна пилы.

Результаты микроструктурного анализа наглядно объясняют данные измерения твердости, подтверждают сделанный ранее вывод о распространении зоны термического влияния и указывают, что вершина зуба после пайки подвергается закалке и приобретает высокую хрупкость. Данные микроанализа подтверждают также необходимость отпуска после пайки для снижения твердости и получения структуры, близкой к структуре полотна пилы.

Чтобы выбрать необходимый режим отпуска, была измерена твердость отпущенных зубьев, то есть зубьев второй, третьей и четвертой групп. Для этого на каждом зубе было сделано 3 замера твердости на расстоянии 2—3 мм от вершины и найдено среднее значение твердо-

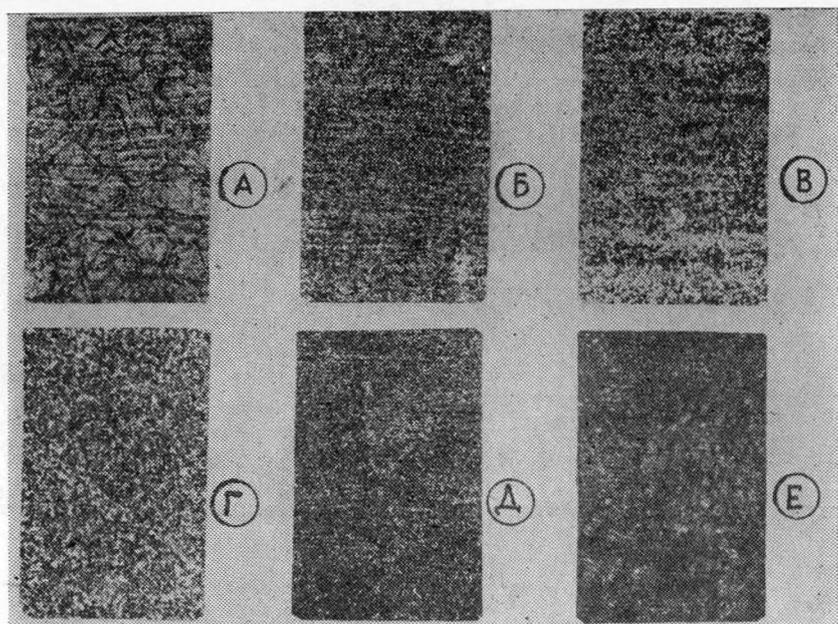


Рис. 3. Микроструктуры стали зуба после пайки.

сти по 9 измерениям для каждой группы. Для второй группы зубьев среднее значение твердости составляло  $63 H_{Rc}$ , для третьей —  $52 H_{Rc}$  и для четвертой —  $43 H_{Rc}$ . Измерение твердости показало, что режим отпуска зубьев четвертой группы оптимален, так как он обеспечивает снижение твердости до значений, близких к твердости полотна пилы. Для объяснения явлений, происходящих в зубьях четвертой группы при отпуске, была измерена твердость по площади зубьев и исследована микроструктура стали зубьев.

Результаты измерения твердости стали одного из зубьев этой группы после отпуска приведены на рис. 4. Эти результаты показали, что твердость закаленной части зуба во всех точках измерения снизилась до одной и той же величины, равной  $43 H_{Rc}$ . Исследование структур стали (рис. 5) в точках Ж, З и И (рис. 4) показало, что в вершине зуба мартенсит при отпуске распадается на троостосорбит, ориентированный по зернам мартенсита, и по степени дисперсности соответствует структуре стали полотна пилы в точке И. Микроструктура в переходной зоне (в точке З) остается без изменения и представляет собой сорбит отпуска.

Данные измерений твердости и микроструктурного анализа зубьев четвертой группы позволяют заключить, что нагрев зубьев после пайки до  $580-600^{\circ}\text{C}$  обеспечивает получение механических свойств стали зуба, близких к механическим свойствам стали полотна пилы. По данному режиму был произведен отпуск твердосплавных зубьев рамной пилы. Результаты (рис. 6) показывают идентичность изменения твердости стали зуба с припаянной пластинкой после отпуска и изменения твердости экспериментальных зубьев после отпуска. Эти данные говорят также о том, что выбранный режим отпуска обеспечивает необходимое снижение твердости стали твердосплавных зубьев рамных пил.

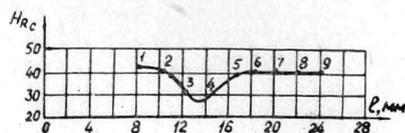
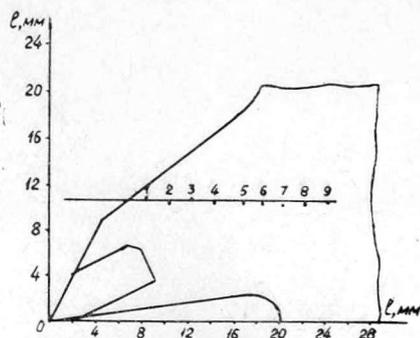
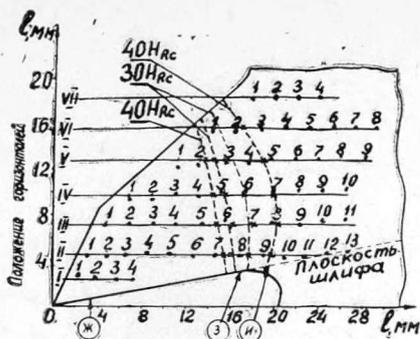


Рис. 6. Результаты измерения твердости стали зуба с припаянной пластинкой твердого сплава после отпуска.

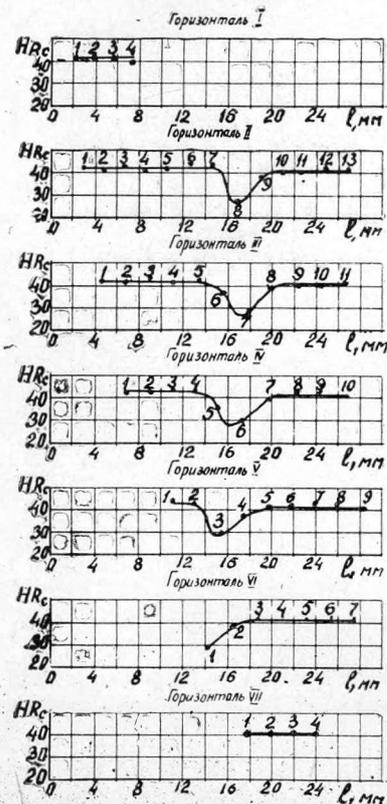


Рис. 4.

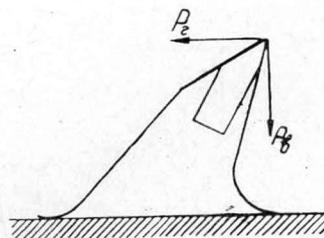


Рис. 7. Схема нагружения твердосплавных зубьев при испытании на прочность.

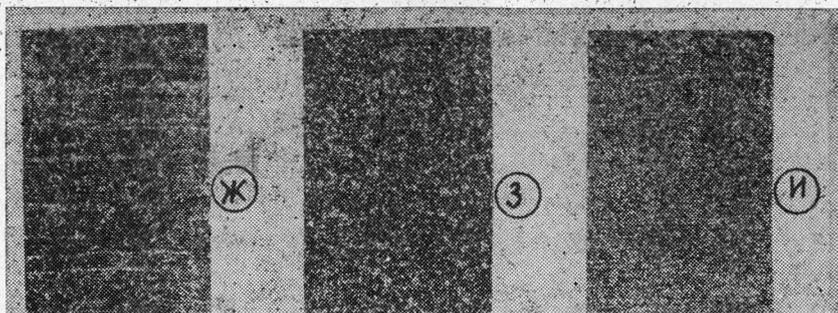


Рис. 5. Микроструктуры стали зуба после отпуска.

Для оценки влияния отпуска на повышение прочности твердосплавных зубьев рамных пил были проведены специальные исследования по определению величины нагрузок, разрушающих твердосплавные зубья до и после отпуска. Нагружение твердосплавных зубьев при испытании на прочность производили по схеме, представленной на рис. 7. Испытание зубьев на прочность было выполнено на универсально-разрывной машине ЦДМ 5/19 с применением специального приспособления. Пайка в закрытый паз под углом  $13^\circ$  к передней грани; твердый сплав ВК8; форма пластинки 1323 по ГОСТу 2209—55. Результаты представлены в табл. 1, из которой видно, что прочность зубьев в результате отпуска возрастает. При этом величина разрушающей нагрузки  $P_r$  увеличилась в 1,18 раза, а разрушающей нагрузки  $P_b$  — в 1,73 раза.

Таблица 1

№ п/п	До отпуска		После отпуска	
	$P_r$ , кг	$P_b$ , кг	$P_r$ , кг	$P_b$ , кг
1	320	190	364	274
2	260	170	324	390
3	330	224	300	268
4	316	134	288	384
5	246	220	322	420
6	320	164	306	354
7	292	150	212	230
8	200	242		
9	282	234		
10	226			

## Статистические показатели

$M$	272	192	302	332
$\sigma$	49,6	39,6	56	78
$v$ , %	18,3	20,6	18,5	23,4
$m$	15	13,2	21,2	29,5
$p$ , %	4,25	6,9	7	8,9

Таким образом, результаты проведенной работы показывают, что нагрев стали при пайке твердосплавных зубьев приводит к изменению структуры и закалке стали зуба и уменьшает его прочность. Для принятой конструкции зубьев последующий отпуск увеличивает примерно в два раза механическую прочность зубьев, особенно в направлении, перпендикулярном линии их вершин. Возрастание прочности зубьев рамных пил в указанном направлении чрезвычайно важно, так как разрушение зубьев, как показали промышленные испытания, происходит, главным образом, от горизонтальной составляющей силы резания, возникающей при скоблении зубьев о дно пропила.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.865

К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ ПЛАСТИКОВ  
НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОКФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАСТИКОВ,  
ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТИРОМАЛЯ

В. Н. ВИХРЕВА, Л. Н. НАТКИНА, Н. Я. СОЛЕЧНИК

(Ленинградская лесотехническая академия)

В одном из наших сообщений [1] описана методика получения пресскомпозиции путем обработки древесных опилок смесью мономеров стирола и малеинового ангидрида и разработана технология получения пластиков. В настоящей работе представлялось важным установить влияние некоторых факторов на свойства пластиков.

*Влияние влажности при прессовании*

В результате исследования мы выяснили, что для пресскомпозиции, из которой получены пластики с наиболее высоким пределом прочности при статическом изгибе и с лучшим водопоглощением, оптимальная влажность 3%. При влажности пресспорошка выше 3% заметно увеличивается текучесть и при прессовании пластик прилипает к прессформе, что осложняет процесс выгрузки.

*Соотношение стирола и малеинового ангидрида  
в смеси мономеров*

Нами были изучены физико-механические показатели пластиков в зависимости от исходных соотношений компонентов в смеси мономеров. На рис. 1 даны кривые водопоглощения и предела прочности при статическом изгибе для пластиков из пресскомпозиций, полученных при соотношениях мономеров стирола и малеинового ангидрида (%) 95 : 5; 90 : 10; 75 : 25; 50 : 50. Соотношение опилок и смеси мономеров везде было одинаковым 1 : 1. Лучшие показатели по водостойкости имеют пластики, полученные из пресскомпозиции, содержащей в смеси больше малеинового ангидрида, а по прочности при статическом изгибе — пластики из пресскомпозиции, имеющей больше стирола.

Приведенные данные показывают, что изменение прочности зависит от содержания гомополимера в пресскомпозиции, а снижение водопоглощения — от количества малеинового ангидрида.

*Влияние нейтрализующих добавок  
на физико-механические показатели пластиков*

Ранее нами было отмечено, что некоторое снижение эфирных чисел, наблюдаемое при прессовании пластика, можно объяснить распадом образовавшихся при приготовлении пресскомпозиции сложноэфирных связей, чувствительных к гидролизу. Этот распад, вероятно, обусловлен кислотностью пресскомпозиции. Поэтому встал вопрос о необходимости нейтрализации последней. Работами ряда исследовате-

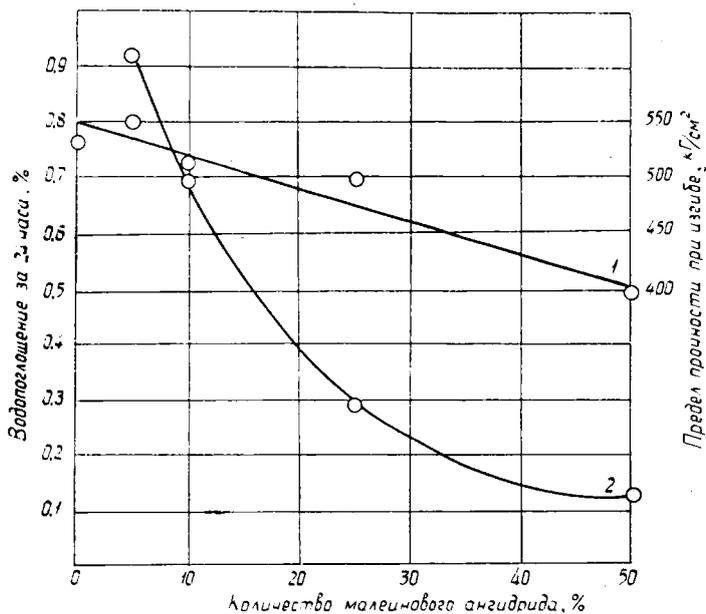


Рис. 1.

1 — для предела прочности при статическом изгибе; 2 — для водопоглощения.

лей [2], [3] показана возможность структурирования высокомолекулярного соединения, содержащего в своей цепи карбоксильные группы, окислами двухвалентных металлов и получения нейтральных продуктов, не развивающих кислотности, путем прибавления небольшого количества основного вещества к полимеризационному продукту. В качестве агента, нейтрализующего среду, мы использовали окись цинка, окись магния, двуокись титана, дициандиамид, меламина, уротропин, 5%-ный аммиак.

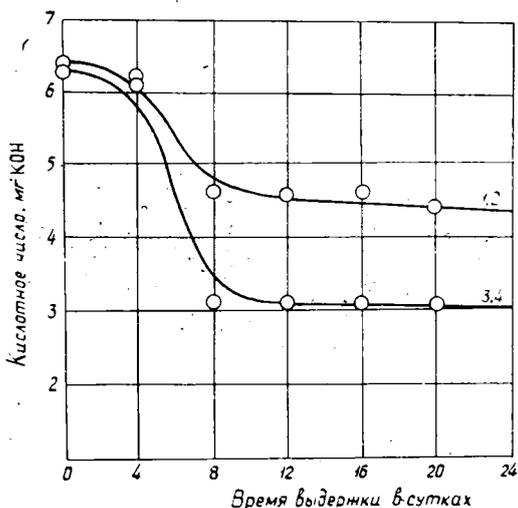


Рис. 2. Изменение кислотных чисел пресскомпозиции в зависимости от времени выдержки с различными количествами окиси цинка при комнатной температуре.

1 — соотношение пресскомпозиции и окиси цинка 1:0,25; 2 — 1:0,5; 3 — 1:1; 4 — 1:2.

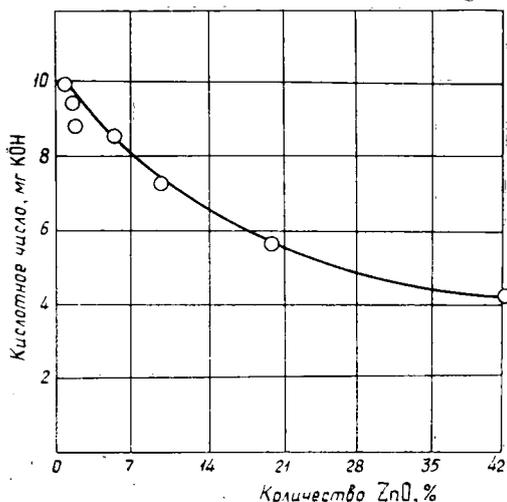


Рис. 3. Изменение кислотных чисел пластика в зависимости от количества окиси цинка в пресскомпозиции.

Применение окиси цинка. Для исследования возможности нейтрализации мы готовили смеси пресскомпозиции с различным количеством тонкодисперсного порошка окиси цинка и наблюдали за изменением кислотных чисел смесей во времени при комнатной температуре и нагревании. Как видно из приведенных данных (рис. 2), степень нейтрализации карбоксильных групп пресскомпозиции окисью цинка зависит от ее количества, введенного в пресскомпозицию (сравнить кривые 1, 2 и 3, 4). Наиболее интенсивно кислотные числа снижаются вначале (через 4 суток), а затем не меняются.

В случае прессования пластиков при 150°C кислотные числа также уменьшаются в зависимости от количества окиси цинка в пресскомпо-

Таблица 1

Нейтрализующая добавка	Количество добавки, %	Предел прочности пластика при статическом изгибе, кг/см <sup>2</sup>	Водопоглощение пластика за 24 часа, %	pH пресспорошка	pH пластика
Окись цинка	0,50	492	0,260	—	5,1
	0,75	476	0,267	—	5,1
	1,00	400	0,266	—	5,2
	2,00	466	0,246	6,65	5,95
	5,00	392	0,287	6,5	6,5
	10,00	433	0,291	6,65	6,6
	20,0	376	0,461	6,75	6,65
	40,0	230	0,875	6,83	6,7
Окись магния	0,5	468	0,298	6,10	4,8
	1,0	554	0,347	8,85	5,85
	2,0	514	0,407	9,55	6,6
	3,0	465	0,422	9,55	6,8
	4,0	506	0,336	10,15	—
	5,0	450	0,336	12,00	8,5
Двуокись титана	2,0	520	0,470	4,1	4,0
Дициандиамид	1,0	405	0,232	4,3	4,8
Меламин	1,0	472	0,225	4,9	4,9
Уротропин	1,0	443	0,195	5,15	4,9
5%-ный аммиак	—	459	0,496	7,3	6,1
Без добавки	—	462	0,228	4,15	4,7

зиции (рис. 3). Опыты показали, что карбоксильные группы не уничтожаются полностью независимо от соотношения прессконпозиции и окиси цинка. По всей вероятности, часть этих групп становится недоступной для окиси цинка из-за пространственных трудностей.

Применение других нейтрализующих добавок. Данные о влиянии различных нейтрализующих добавок на физико-механические показатели пластика представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, лучшие показатели получены с использованием окиси магния в количестве 1% от веса прессконпозиции. Все остальные нейтрализующие добавки не улучшают физико-механических показателей пластика.

Были проведены также опыты для выяснения возможности нейтрализации прессконпозиции введением нейтрализующего агента (дициандиаמיד, мочевины) в березовые опилки до начала обработки мономерами и полимеризации. Результаты испытаний, однако, показали, что такая обработка неэффективна.

### Физико-механические свойства пластиков

Из березовых опилок, обработанных смесью мономеров (стирол и малеиновый ангидрид), при оптимальных условиях получены пластики со следующими основными физико-механическими свойствами:

Плотность, $г/см^3$ . . . . .	1,30
Предел прочности при статическом изгибе, $кг/см^2$ . . . . .	500
Твердость по Бринеллю, $кг/мм^2$ . . . . .	35
Удельная ударная вязкость, $кг см/см^2$ . . . . .	3,4
Истираемость, $мг/см^2$ . . . . .	50
Теплостойкость по Вику, $^{\circ}C$ . . . . .	172
Водопоглощение за 24 часа, % . . . . .	0,2—0,3
Химическая стойкость (% привеса) к действию	
50%-ной $H_2SO_4$ . . . . .	0;
10%-ной $H_2SO_4$ . . . . .	0,2
5%-ной $HNO_3$ . . . . .	0,3
5%-ной $HCl$ . . . . .	0,2
20%-ной $NaOH$ . . . . .	8,8
5%-ной $NaOH$ . . . . .	22,0
Удельное объемное сопротивление, $ом \cdot см$ . . . . .	$1,4 \cdot 10^{15}$
Тангенс угла диэлектрических потерь, $10^6 гц$ . . . . .	0,019
Диэлектрическая проницаемость . . . . .	2,9
Средняя пробивная напряженность, $кв/мм$ . . . . .	5,4

Таким образом, нами получен гидрофобный, химически устойчивый пластик, имеющий повышенные диэлектрические свойства. Предлагаемая прессконпозиция опробована при переработке на накидные фланцы для запорной арматуры из пластмасс. Стендовые испытания полученных фланцев дали положительные результаты.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина. Материалы научно-технической конференции ЛТА, часть II, 1968, стр. 94—98. [2]. С. А. Павлов, Н. С. Храмова. Научные труды Московского технологического института легкой промышленности, № 5, 1955. [3]. А. М. Фрост, А. А. Благодирова. «Лакокрасочные материалы и их применение» № 1, 1960.

УДК 541.1

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУРФУРОЛА С НИТРОПРОИЗВОДНЫМИ ФЕНОЛА В УКСУСНОЙ КИСЛОТЕ

И. М. БОХОВКИН, Б. К. СЕМЕНОВ  
(Архангельский лесотехнический институт)

Фурфурол широко применяется в производстве искусственных смол, на основе которых изготовляют пластобетон, коррозионностойкие замазки, краски, клей [1], [7], [8], [10], [14], а также в органическом синтезе [9], [11] как селективный растворитель [2], [3] и как замедлитель коррозии металлов в кислотах [13]. Во многих случаях фурфурол реагирует с другими компонентами в присутствии органических кислот.

В одной из наших работ [6] проведено физико-химическое исследование фурфурола с фенолом и его нитропроизводными. В других работах исследовано взаимодействие фурфурола с уксусной кислотой [4] и фурфурола с фенолом в уксусной кислоте [5]. Представляло интерес изучить взаимодействие фурфурола с нитропроизводными фенола в уксусной кислоте.

В настоящей работе приведены данные по термическому исследованию тройных систем: фурфурол — о-нитрофенол — уксусная кислота, фурфурол — п-нитрофенол — уксусная кислота и фурфурол — м-нитрофенол — уксусная кислота. Изучение проводили визуально-политермическим методом путем определения температур исчезновения последних кристаллов. Исходные вещества очищали следующим образом: фурфурол — путем перегонки с дефлегматором в вакууме (т. пл.  $36,50^\circ$ ), уксусную кислоту — путем перегонки и последующего вымораживания (т. пл.  $16,6^\circ$ ). М-, о- и п-нитрофенол брали марки ХЧ, температуры плавления, равные соответственно  $96, 45$  и  $114^\circ$ , близки к литературным данным [12]. Растворы готовили весовым методом, концентрацию пересчитывали на молекулярные проценты.

### Двойные системы

Система фурфурол — уксусная кислота исследована ранее [4]. Диаграмма плавкости ее характеризуется наличием простой эвтектики при  $20$  мол. %  $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$  и  $-41^\circ$ . Исследование гомогенной фазы этой системы путем измерения вязкости и поверхностного натяжения при  $20, 30$  и  $40^\circ$  не обнаружило взаимодействия между компонентами.

Система фурфурол — о-нитрофенол [6]. Диаграмма плавкости ее указывает на отсутствие взаимодействия между компонентами в твердой фазе. Эвтектическая точка находится при  $11$  мол. % о-нитрофенола и  $-39^\circ$ . Изотермы вязкости, плотности и удельной электропроводности при  $40, 50$  и  $60^\circ$  также не обнаружили взаимодействия между компонентами.

Система фурфурол — м-нитрофенол характеризуется инконгруэнтно плавящимся соединением  $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2 \cdot \text{m-C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$  [6]. Эвтектическая точка соответствует  $6$  мол. % м-нитрофенола и  $-41^\circ$ , переход-

ная точка — 38 мол. % м-нитрофенола и 10°. Жидкая фаза этой системы исследована путем определения плотности, вязкости и удельной электропроводности при 50, 60 и 70°. Только изотермы удельной электропроводности указывают на некоторое взаимодействие между компонентами в жидкой фазе.

Система фурфурол — п-нитрофенол. Диаграмма плавкости свидетельствует об образовании двух incongruently плавящихся соединений [6] состава  $2C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_5NO_3$  и  $C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_5NO_3$ . Диаграмма плавкости характеризуется одной эвтектической точкой при 2 мол. % п-нитрофенола с температурой — 41° и двумя переходными точками при 31 и 53 мол. % фурфурола с температурой плавления 29 и 53° соответственно. Изотермы вязкости, плотности и удельной электропроводности не дают явных указаний на существование соединений в расплаве.

Система уксусная кислота — о-нитрофенол характеризуется отсутствием взаимодействия между компонентами (рис. 1). Ветви кривой плавкости пересекаются в эвтектической точке при 15 мол. % о-нитрофенола и 8°.

Система уксусная кислота — м-нитрофенол (рис. 1). В ней отсутствует взаимодействие между компонентами. Эвтектическая точка соответствует 13 мол. % м-нитрофенола и 6°.

Система уксусная кислота — п-нитрофенол также характеризуется отсутствием взаимодействия между компонентами (рис. 1). Ветви кривой пересекаются в эвтектической точке при 12 мол. % п-нитрофенола и 8°.

### Разрезы через тройные системы

Для исследования тройной системы фурфурол — уксусная кислота — о-нитрофенол проведено 6 сечений в направлениях, указанных на рис. 2. Номера разрезов соответствуют номерам кривых на рис. 5. По этим данным построена диаграмма плавкости тройной системы и нанесены изотермы через каждые 10°.

В системе проявились только поля кристаллизации чистых компонентов. Величина этих полей находится в прямой связи с их температурами плавления.

Наибольшее поле занимает о-нитрофенол, имеющий самую высокую температуру плавления, затем уксусная кислота; самое малое поле занимает фурфурол, имеющий наиболее низкую температуру плавления. В системе имеется одна тройная эвтектическая точка при 81 мол. % фурфурола, 10 мол. % уксусной кислоты и 9 мол. % о-нитрофенола при температуре — 41°.

В системе фурфурол — уксусная кислота — м-нитрофенол для выявления поверхности кристаллизации исследовано 9 разрезов (рис. 3). Номера разрезов соответствуют номерам кривых на рис. 6. Диаграмма плавкости включает в себя 4 поля кристаллизации: 3 чистых компонента и 1 соединение, образуемое фурфуролом с

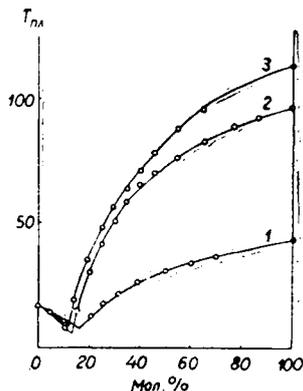


Рис. 1. Бинарные системы уксусная кислота — нитрофенолы.

1 — уксусная кислота — о-нитрофенолу 2 — уксусная кислота — м-нитрофенолу; 3 — уксусная кислота — п-нитрофенолу.

м-нитрофенолом. Величина полей кристаллизации чистых компонентов находится в соответствии с их температурами кристаллизации: большее поле принадлежит м-нитрофенолу, меньшее фурфуролу как низкоплавкому компоненту, среднее положение занимает поле кристаллизации уксусной кислоты. В системе имеются две тройные эвтектические точки:  $E_1$  — 75 мол. % фурфурола, 16 мол. % уксусной кислоты и 9 мол. % м-нитрофенола при температуре — 45°;  $E_2$  — 36 мол. % фурфурола, 43 мол. % уксусной кислоты и 21 мол. % м-нитрофенола при температуре — 10°.

В тройной системе фурфурол — уксусная кислота — п-нитрофенол изучено 10 разрезов, указанных на рис. 4. Номера разрезов соответствуют номерам кривых на рис. 7. В этой тройной системе выявлено 5 полей кристаллизации: 3 поля чистых компонентов и 2 поля соединений, образуемых фурфуролом с п-нитрофенолом  $2C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_5NO_3$  и  $C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_5NO_3$ . Тройного соединения не образуется.

В системе имеется три тройных точки:  $E_1$  — 78 мол. % фурфурола, 20 мол. % уксусной кислоты и 2 мол. % п-нитрофенола при — 40°;  $E_2$  — 32 мол. % фурфурола, 58 мол. % уксусной кислоты и 10 мол. % п-нитрофенола при — 7°;  $E_3$  — 4 мол. % фурфурола, 84 мол. % уксусной кислоты и 12 мол. % п-нитрофенола при 3°. Наибольшее поле кристаллизации в тройной системе принадлежит чистому п-нитрофенолу как наиболее высокоплавкому компоненту. Соединение фурфурола с п-нитрофенолом состава  $C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_5NO_3$  устойчиво в присутствии уксусной кислоты и занимает вторую по величине поверхность кристаллизации в тройной системе. Соединение фурфурола с п-нитрофенолом состава  $2C_5H_4O_2 \cdot p-C_6H_5NO_3$  тоже устойчиво в присутствии уксусной кислоты и занимает третью по величине поверхность кристаллизации.

Таким образом, в системе фурфурол — уксусная кислота — о-нитрофенол проявляются только поля чистых компонентов и нет двойных и тройных соединений; в системе фурфурол — уксусная кислота — м-нитрофенол, кроме полей чистых компонентов, явно проявилось поле двойного соединения фурфурол — м-нитрофенол; в системе фурфурол — уксусная кислота — п-нитрофенол явно проявились два поля двойных соединений фурфурол — п-нитрофенол состава 2:1 и 1:1. Поля двойных соединений фурфурол — п-нитрофенол состава 2:1 и 1:1 в системе фурфурол — уксусная кислота — п-нитрофенол сравнительно больше, чем поле двойного соединения фурфурол — м-нитрофенол в системе фурфурол — уксусная кислота — м-нитрофенол. Это указывает на то, что склонность к взаимодействию с фурфуролом в уксусной кислоте возрастает в направлении: о-, м- и п-нитрофенол.

Из сопоставления рассмотренных систем с системой фурфурол — уксусная кислота — фенол [5] вытекает, что двойные соединения фурфурол — п-нитрофенол и фурфурол — м-нитрофенол в уксусной кислоте более устойчивы, чем двойное соединение фурфурол — фенол.

### Выводы

1. Визуально-политермическим методом исследованы бинарные системы уксусная кислота — о-нитрофенол, уксусная кислота — м-нитрофенол и уксусная кислота — п-нитрофенол.
2. Установлено отсутствие химического взаимодействия между уксусной кислотой и всеми тремя нитрофенолами.
3. Визуально-политермическим методом исследованы тройные системы фурфурол — уксусная кислота — о-нитрофенол, фурфурол —

уксусная кислота и м-нитрофенол и фурфурол — уксусная кислота — п-нитрофенол.

4. Установлено, что способность взаимодействия с фурфуролом в уксусной кислоте возрастает в направлении: о-, м- и п-нитрофенол.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Е. Алексеева, Л. В. Мельникова. Механическая обработка древесины. Сб. 16, 1964, 9—11. [2]. Р. З. Ахмедова. ИВУЗ, «Нефть и газ» № 12, 1964, 53—54. [3]. А. З. Биккулов, Б. М. Грошев, В. А. Попов. ИВУЗ, «Нефть и газ» № 6, 1965, 67—72. [4]. И. М. Боховкин, Е. О. Витман. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1960, 159. [5]. И. М. Боховкин, Е. О. Витман. ЖОХ, 36, 1966, 573. [6]. И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. Физико-химическое исследование взаимодействия фурфурола с фенолом и его нитропроизводными. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [7]. В. Е. Броновицкий, Р. В. Шакирова. Сб. «Структура и модификация хлопковой целлюлозы», вып. 3, «Фан», Ташкент, 1966, 325—329. [8]. В. А. Воскресенский, Ю. А. Соколов. «Бетон и железобетон» № 12, 1964, 541—543. [9]. М. А. Закутская. ЖОХ, 26, № 10, 1956, 2720. [10]. С. А. Потиевская, К. К. Мошинская. Карбамидные смолы с применением фурфурола и его производных. «Техника», Киев, 1964. [11]. В. А. Смирнов, В. А. Тушналобова, Д. П. Семченко. «Химия гетероциклических соединений» № 4, 1968, 585—587. [12]. Справочник химика. Т. 2, ГХИ, 1963. [13]. Така хиси. Chem. Abstrs, 1955, 8084. [14]. А. Туйчиев, Х. Ф. Хайдаров, М. Н. Селиверстова, А. Е. Саакян, А. А. Абдувалиев. Сб. «Каталитическая переработка углеводородного сырья». Вып. 2, М., 1968, 144—150.

Поступила 3 декабря 1969 г.

УДК 634.0.863

## О ПРОДУКТАХ ПАРОФАЗНОГО ГИДРОЛИЗА МЕТОКСИФЕНОЛОВ НА СИЛИКАГЕЛЕ, ПРОПИТАННОМ ОРТОФOSФОРНОЙ КИСЛОТОЙ

В. А. ШИШКИН

(Архангельский лесотехнический институт)

В. Н. ПИЯЛКИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

Изучать парофазный гидролиз метоксифенолов на силикагеле мы начали с целью изыскания возможности изменения качества лесохимических фенолов, выделенных из смол термоллиза древесины. Результаты предыдущих исследований показали, что этот способ заслуживает внимания, потому что он позволяет получить больший выход свободных многоатомных фенолов ряда пирокатехина и ряда пирогаллола из фенолов лесохимического происхождения [4], [6].

В этой связи представляли определенный интерес более подробные сведения о качественном и количественном составе продуктов парофазного гидролиза метоксифенолов — гваякола и фракционированных лесохимических фенолов, что, в свою очередь, позволило бы подтвердить выводы о положительном влиянии ортофосфорной кислоты на процесс гидролиза метоксифенолов.

В дополнение к ранее проведенным исследованиям [5] состав продуктов парофазного гидролиза мы изучали методом газо-жидкостной хроматографии. Анализы проводили на хроматографе УХ-1 в следующих условиях: разделяющая колонка медная, длина ее 3 м, внутренний диаметр 6 мм; инертный носитель целит-545 (Англия); жидкая неподвижная фаза — полифенилметилсилоксан ОЕ-4011 (ГДР) в количестве 15% от веса инертного носителя; газ-носитель — водород, расход 60 мл/мин; температура колонки 185°C; ток моста детектора 200 ма. Для идентификации компонентов был использован метод метки, а для подсчета их количественного содержания — метод внутренней нормализации.

На основании хроматографирования искусственно составленной смеси для принятых условий разделения были определены относительные удерживаемые объемы ряда наиболее характерных лесохимических фенолов  $V_r^{\text{отн}}$  (табл. 1).

Таблица 1

Соединение	$V_r^{\text{отн}}$	Соединение	$V_r^{\text{отн}}$
Фенол . . . . .	1,00	3,5-ксиленол . . . . .	2,14
о-крезол . . . . .	1,32	4-метилгваякол . . . . .	2,49
м-, п-крезол . . . . .	1,48	Диметиловый эфир	
Гваякол . . . . .	1,72	пирогаллола . . . . .	5,06

Оптимально гидролиз метоксифенолов (например, гваякола) должен проходить с образованием свободных многоатомных фенолов (например, пирокатехина) и метилового спирта, но довольно высокая температура парофазного гидролиза (450—500°C) неизбежно приводит к побочным превращениям как исходных метоксифенолов, так и продуктов гидролиза, что в конечном итоге снижает выход свободных многоатомных фенолов. Положительное влияние ортофосфорной кислоты на процесс гидролиза можно выявить из сравнения составов продуктов гидролиза метоксифенолов и, прежде всего, продуктов гидролиза гваякола, полученных как в присутствии  $H_3PO_4$ , так и без нее.

### Гидролиз гваякола

Применительно к продуктам гидролиза гваякола наибольший интерес представляет состав фракций, выкипающих при нормальном давлении до 220°C, так как на долю высококипящих соединений, кроме пирокатехина, приходится сравнительно мало продуктов [5]. Для выявления различия в составах продуктов гидролиза гваякола методом ГЖХ были проанализированы две серии проб. Пробы первой серии (далее называемые пиролизатом) получены при температуре 500°C в присутствии силикагеля, но без ортофосфорной кислоты и без подачи водяного пара, а пробы второй серии (гидролизат) выделены также при 500°C, но в присутствии силикагеля, пропитанного ортофосфорной кислотой, и с подачей водяного пара в зону реакции в весовом отношении вода—гваякол, равном ~ 2. (Ранее было показано, что в присутствии только перегретого пара гидролиз гваякола идет незначительно.)

Для хроматографирования пробы пиролизатов и гидролизатов были освобождены ректификацией на лабораторной колонке от пирокатехина, который в условиях разделения ГЖХ не давал воспроизводимых результатов. Пирокатехин оставался в кубовом остатке, а фракции с пределами выкипания до 220°C использовали для ректификации. Характеристика фракций представлена в табл. 2.

Таблица 2

Проба	Состав пробы, %		
	гваякол	пирокатехин	прочее
<b>Пиролизат (без <math>H_3PO_4</math>)</b>			
исходный . . . . .	23,9	17,5	58,6
после ректификации . . . . .	31,9	Следы	68,1
<b>Гидролизат (с <math>H_3PO_4</math>)</b>			
исходный . . . . .	58,0	32,8	9,2
после ректификации . . . . .	88,7	Следы	11,3

Примечание. Пирокатехин определен потенциометрическим титрованием, гваякол — по содержанию ОСН<sub>3</sub>-групп.

Качественная и количественная обработка хроматограмм этих проб выявила резкое различие в составе продуктов пиролиза и гидролиза гваякола (табл. 3).

Таблица 3

Проба*	Состав пробы, %				
	фенол	о-крезол	м-+п- крезолы	гваякол	прочие
Пиролизат . . . . .	15,7	27,5	10,3	30,0	15,8
Гидролизат . . . . .	3,8	5,8	4,5	86,8	—

\* Процентный состав дается от суммы проявленных компонентов пробы.

Данные табл. 3 показывают, что в отректифицированной фракции пробы пиролизата на долю одноатомных фенолов приходится около 70%, тогда как в подобной пробе гидролизата основным компонентом является возвратный гваякол, а доля одноатомных фенолов составляет немногим более 10%.

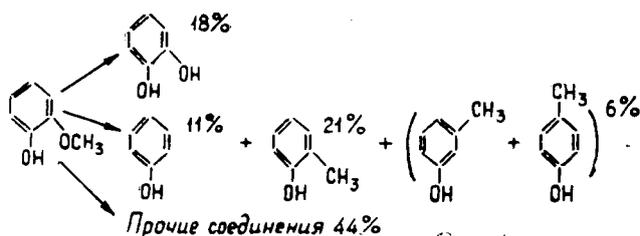
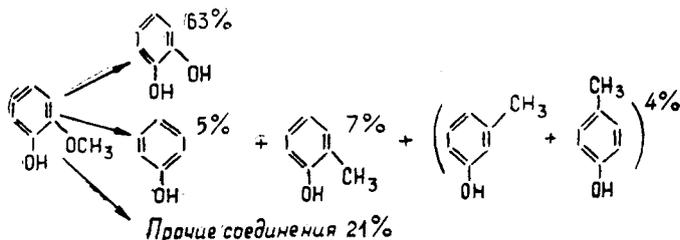
Используя результаты хроматографии по качественному и количественному составу продуктов гидролиза гваякола в сочетании с количественным выходом анализируемых фракций при ректификации (75% от пиролизата и 65% от гидролизата, при общем выходе пиролизата 80% и гидролизата 90% от гваякола), можно подсчитать с некоторым приближением выход отдельных компонентов в расчете на исходный гваякол. Оказалось, что выход одноатомных фенолов при пиролизе составляет 30—32% от гваякола, а при гидролизе — 6—8%. Количество одноатомных фенолов в расчете только на превращенный гваякол при пиролизе составило 38—40%, а при гидролизе — 16—18%. Данные по выходу отдельных компонентов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Компонент	Выход компонентов, % от гваякола			
	исходного в условиях		превращенного в условиях	
	пиролиза	гидролиза	пиролиза	гидролиза
Гваякол . . . . .	19	52	—	—
Пирокатехин . . . . .	14	30	18	63
Фенол . . . . .	10	2,5	11	5
о-крезол . . . . .	16	3,5	21	7
м- +п-крезол . . . . .	5	2	6	4
Прочие соединения . . . . .	16	—	20	—
Газы (в том числе потери) . . . . .	20	10	24	21

Из данных табл. 4 следует, что в условиях парофазного гидролиза в присутствии ортофосфорной кислоты основная часть гваякола расходуется на образование пирокатехина, а побочные превращения сокращаются в 2—3 раза. Так, выход пирокатехина при гидролизе почти в 3,5 раза выше, чем при пиролизе, а выход простого фенола и о-крезола в 2—3 раза меньше. На газообразование как при пиролизе без ортофосфорной кислоты, так и при гидролизе с ортофосфорной кислотой расходуется около 20% гваякола в расчете на превращенный гваякол. Если принять во внимание, что возврат непрореагировавшего гваякола при пиролизе в 2,5 раза меньше, чем при гидролизе, то, по видимому, газообразные продукты обязаны своим происхождением в большей степени пирокатехину и другим соединениям, чем гваяколу.

На основании изложенного можно составить представление о возможном направлении и количественном соотношении реакций, протекающих в процессе пиролиза и гидролиза гваякола при температурах 450—500°C в присутствии силикагеля, пропитанного ортофосфорной кислотой.

Пиролиз (без  $\text{H}_3\text{PO}_4$ )Гидролиз (с  $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

Изложенные результаты достаточно хорошо согласуются с полученными нами ранее данными, а также с результатами ряда работ по пиролизу метиловых эфиров фенолов [1], [2], [3].

## Гидролиз лесохимических фенолов

Ранее было отмечено, что обработка лесохимических фенолов в условиях парового гидролиза и анализ продуктов значительно затрудняется из-за сложности их состава.

Исследование исходных фенолов и продуктов гидролиза методом ГЖХ сопряжено с рядом трудностей, таких, например, как недостаточная четкость их разделения, большое количество компонентов в одной пробе и недостаточное количество эталонных веществ, используемых в качестве метки. Но, в основном, условия разделения для фенолов и продуктов гидролиза были такими же, как и для гваякола. Пробы фенолов были получены в условиях, аналогичных для гваякола, и для хроматографии предварительно разделены на ректификационной колонке на 20°-ные фракции и охарактеризованы на содержание  $\text{OCH}_3$ -групп и условного пирокатехина ПК (табл. 5).

Таблица 5

Проба	Выход при ректификации, %	Содержание, %	
		метокси-фенолов	пирокатехина
Исходные фенолы			
Фракция 180—220°	—	48,2	3,3
"    180—200°	21,1	13,8	Следы
"    200—220°	39,0	43,8	"
Гидролизат (без $\text{H}_3\text{PO}_4$ )			
Фракция 180—200°	20,3	12,3	Следы
"    200—220°	33,3	31,2	"
Гидролизат (с $\text{H}_3\text{PO}_4$ )			
Фракция 180—200°	41,0	28,6	0,5
"    200—220°	11,2	30,8	Следы

Следовало ожидать, что подобно гидролизу гваякола гидролиз лесохимических фенолов в присутствии ортофосфорной кислоты будет проходить с большим выходом многоатомных фенолов и с меньшим выходом одноатомных фенолов по сравнению с гидролизом (пиролизом) в присутствии силикагеля без ортофосфорной кислоты.

Результаты хроматографии некоторых фракций проб пиролизатов и гидролизатов лесохимических фенолов в сочетании с результатами количественной ректификации этих проб на лабораторной колонке позволили получить сравнительные данные по изменению выходов отдельных фенолов в зависимости от наличия ортофосфорной кислоты в катализаторе. Данные, приведенные в табл. 6, относятся к пробам пиролизата и гидролизата, полученным при температуре 500°C, весом соотношении водяной пар — фенолы, равном ~2, и содержании ( $K$ ) ортофосфорной кислоты в катализаторе 0 и 20% (расчет сделан на количество фракций, выкипающих до 220°C).

Таблица 6

Компонент	Количество компонента, % при	
	$K=0$	$K=20$
Фенол . . . . .	9,7	5,0
Крезолы . . . . .	21,6	13,6
Гваякол . . . . .	6,0	7,3
Ксиленолы . . . . .	9,2	8,8
4-метилгваякол . . . . .	5,8	9,4

Эти сведения также подтверждают, что прирост содержания одноатомных фенолов вызывается более реакциями термического разложения, чем реакциями, имеющими место при гидролизе метоксифенолов в присутствии ортофосфорной кислоты.

Все изложенное позволяет сделать вывод о положительном влиянии ортофосфорной кислоты на гидролиз метоксифенолов в паровой фазе в присутствии силикагеля и перегретого водяного пара. Следует отметить также, что при наличии ортофосфорной кислоты значительно снижается образование и отложение кокса на поверхности катализатора.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. Д. Оболенцев. ЖОХ, XVI, вып. 9, 1459, 1946. [2]. И. П. Уваров, Л. В. Гордон. ГЛХП, № 1, 1961. [3]. Ю. К. Шапошников, Л. В. Косюкова. Химическая переработка древесины. Реферативная информация № 3, 6, 1966. [4]. В. А. Шишкин, Д. В. Тищенко. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1964, 156—159. [5]. В. А. Шишкин, Д. В. Тищенко. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1965, 144—147. [6]. В. А. Шишкин, Д. В. Тищенко. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1967, 121—125.

Поступила 23 июня 1969 г.

УДК 634.0.813.13

## ВЛИЯНИЕ ПОЛИСУЛЬФИДОВ И ГИДРАЗИНА НА УСКОРЕНИЕ ПРОЦЕССА ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Ю. А. ГУГНИН  
(ВНИИБ)

В литературе отмечается, что при введении полисульфидов натрия в сульфатный варочный щелок выход целлюлозы повышается, а содержание лигнина в ней снижается [5], [6], [7]. Имеются также сведения

о том, что при натронной [2], [3] и сульфатной [1], [4] варках с применением гидразина при одновременном возрастании выхода целлюлозы в раствор переходит больше лигнина, чем при обычной натронной варке. Целлюлоза при этом становится более светлой. В этой связи интересно было выяснить, как влияет добавка полисульфидов и гидразина на ускорение процесса делигнификации древесины при щелочной варке и насколько можно сократить время варки на конечной температуре. В литературе мы не нашли данных об этом.

Нами были проведены натронные и сульфатные варки сосновой щепы в идентичных условиях с постоянным расходом щелочи — 22% NaOH от веса древесины. Варьировали только время варки при 170° с тем, чтобы сравнить результаты варок при одной и той же степени провара. Количество добавляемых веществ было близко к оптимальному в соответствии с данными, имеющимися в литературе. Так, полисульфидов добавляли в количестве 6% от веса древесины, считая на серу [5], а гидразина — 25% [1], [3], [4]. Сульфидность варочного шелока 25%.

В первой серии выполняли три вида варок — сульфатную, натронную с полисульфидами натрия и натронную с добавкой гидразина.

Результаты представлены на рис. 1. На этом рисунке сплошной вертикальной прямой обозначено время, необходимое для получения целлюлозы с содержанием лигнина 5%, пунктирной прямой — с содержанием лигнина 7%. Из рис. 1 видно, что целлюлоза с содержанием лигнина 5% при сульфатной варке получена за 1 час 56 мин, при натронно-гидразинной — за 1 час 45 мин, при варке с добавкой полисульфидов — за 1 час 34 мин. Если время сульфатной варки принять за 100%, то при гидразинной и полисульфидной варках затраты времени составят соответственно 90 и 80%. Примерно такая же экономия времени достигается и при варке целлюлозы с содержанием лигнина 7%. Выход целлюлозы из древесины при гидразинной и полисульфидной варках в обоих случаях примерно на 5% больше выхода сульфатной целлюлозы.

Таким образом, натронная варка с гидразином и полисульфидами натрия повышает выход целлюлозы и позволяет уменьшить время варки на конечной температуре на 10 и 20% по сравнению с обычной варкой независимо от степени провара.

Во второй серии в идентичных условиях было выполнено несколько сульфатных, сульфатно-гидразинных и сульфатно-полисульфидных варок.

Результаты представлены на рис. 2. Как видно из рис. 2, наибольшее влияние на варочный процесс оказал гидразин. Независимо от времени выход целлюлозы при гидразинной варке превышает выход при чисто сульфатной и полисульфидной варках. При этом содержание лигнина в целлюлозе в первом случае значительно меньше, чем в двух других. При полисульфидной варке выход целлюлозы также значительно превышает выход чисто сульфатной целлюлозы. На протяжении всей варки полисульфидная целлюлоза содержит меньше лигнина, чем сульфатная в аналогичных условиях.

Из рис. 2 следует также, что при одном и том же содержании лигнина в целлюлозе (3,4%) выход ее при сульфатной варке составил 43,8%, а при полисульфидной и гидразинной — соответственно 49,5 и 50,1%. Для получения целлюлозы с таким содержанием лигнина при сульфатной и сульфатно-полисульфидной варках на конечной температуре потребовалось затратить 2 час 20 мин, а при сульфатно-гидразинной — 1 час 30 мин, то есть почти в два раза меньше.

При получении более жесткой целлюлозы (7% лигнина) путем сульфатно-гидразинной варки затрачено времени на 37 мин меньше, чем при чисто сульфатной варке, а при сульфатно-полисульфидной — на 12 мин меньше, или соответственно на 42 и 14% (пунктирная ли-

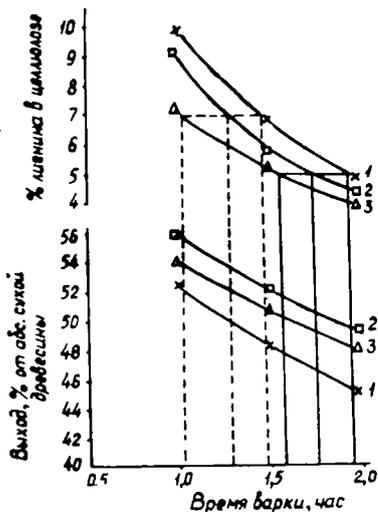


Рис. 1.

1 — сульфитная варка; 2 — натронно-гидразинная; 3 — натронно-полисульфидная.

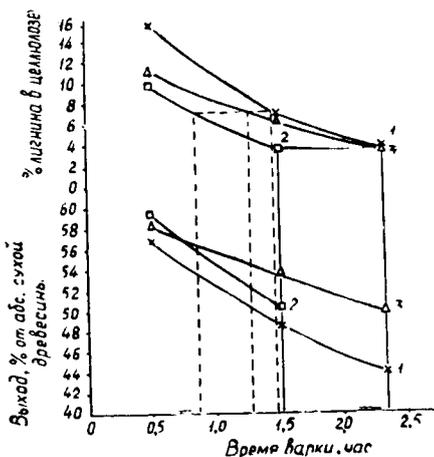


Рис. 2.

1 — сульфатная варка; 2 — сульфатно-гидразинная; 3 — сульфатно-полисульфидная.

ния на рис. 2). При этом выход гидразинной целлюлозы составил 55,6, полисульфидной — 54,2, а сульфатной — 48,6%. Как видно из приведенных данных рис. 1 и 2, наибольший эффект от применения гидразина достигается при сульфатной варке. Добавка полисульфидов в варочный раствор ускоряет делигнификацию древесины при натронной варке несколько больше, чем при сульфатной, но в обоих случаях влияние полисульфидов проявляется значительно меньше по сравнению с гидразином.

Различное влияние указанных веществ на скорость удаления лигнина из древесины при натронной и сульфатной варках можно объяснить следующим образом. При сульфатной варке процесс делигнификации происходит в восстановительной среде — в варочном растворе находятся  $\text{Na}_2\text{S}$  и другие сернистые соединения. Эти соединения гидрогенолизуют сконденсированный лигнин и тем самым способствуют более быстрому его удалению из древесины [2]. При введении в сульфатный варочный щелок нового сильного восстановителя — гидразина процесс гидрогенолиза и делигнификации древесины в целом усиливается. При натронной варке с гидразином последний также гидрогенолизует лигнин, но несколько меньше, так как в растворе нет других восстановителей.

При добавке полисульфидов натрия в натронный щелок они, вероятно, участвуют в окислительно-восстановительных реакциях с лигнином, это приводит к лучшему его растворению. При сульфатной варке влияние сульфида натрия и полисульфидов на делигнификацию, очевидно, почти одинаково, поэтому добавка полисульфидов практически мало влияет на ускорение делигнификации древесины.

Большой выход целлюлозы, полученный при натронной и сульфатной варках с гидразином и полисульфидами, объясняется тем, что гидразин восстанавливает, а полисульфиды окисляют карбонильные группы углеводов. В результате уменьшается их деструкция под действием горячей щелочи.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. Хироси, К. Такатаса, К. Ютака. J. Japan. Techn. Assoc. Pulp and Paper Ind., 19, № 11, 1965, 565—568. [2]. Г. Чиркин, Д. Тищенко. ЖПХ, XXXV, № 1, 1962, 153—159. [3]. Г. Чиркин. Автореферат диссертации. Л., 1965. [4]. A. G. Giliaspie. Патент США, № 3161562, 1964. [5]. S. Nesmi, J. F. Landrie. Tappi, 47, № 10, 1964, 640—652. [6]. J. W. Scorr. Paper Ind., 43, № 4, 1961, 233—235. [7]. E. Venemark. Svensk Papperst., 67, № 5, 1964, 157—166.

Поступила 4 июня 1969 г.

УДК 634.0.813

## К ВОПРОСУ О ПРОПИТКЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРЕПАРАТАМИ ТИПА МХМ

Е. Е. ФЛОМИНА, Н. Г. ПШЕНИЧНОВА  
(ЦНИИМОД)

Возможность пропитки древесины препаратами МХМ\* в автоклавах под давлением обычно не вызывает сомнения, тогда как вопрос о пропитке методом горяче-холодных ванн остается неясным [1], [11] — [14]. Метод горяче-холодных ванн, появившийся за рубежом почти 50 лет назад и применяющийся там в различных модификациях, в СССР был также подробно изучен [4] — [6], [8].

Нами были проведены исследования по выявлению возможности использования препаратов МХМ в цехах, оборудованных горяче-холодными ваннами. Предварительные опыты показали, что при вымачивании заболонных сосновых образцов в течение 3 час в горячем растворе препарата МХМ-235\*\* при температуре 88—92°C выпадает осадок, в результате чего содержание указанных элементов в растворе снижается более чем в два раза. В целях устранения отмеченного явления был поставлен вопрос о целесообразности замены выдерживания образцов в горячей ванне их пропаркой на основании того, что непродолжительное воздействие (от 2 до 5 час) повышенных температур (100—130°C) практически не изменяет механических свойств древесины [3], [9], [10].

Опыты проводили следующим образом: а) последовательно выдерживали древесину в двух ваннах (горячей при 88—92°C и холодной при 20°C) с раствором препарата\*\*\*; б) прогревали древесину в паровой ванне при температуре 100—110°C с переносом в холодную ванну (20°C); в) древесину пропитывали (контрольные пропитки) методом вымачивания в течение 10 дней.

Каждую серию опытов\*\*\*\* проводили в шести повторностях по шесть образцов в каждой. Во всех случаях контролировали глубину пропитки и поглощение раствора препарата, а по окончании опытов — его состав.

В исследованиях применяли образцы из заболони сосны размером 15 × 25 × 250 мм, влажностью 12 ± 2%. Торцы образцов покрывали термогидростойким клеем КБ-3 (смесь фенолформальдегидной смолы и керосинового контакта Петрова). Пропитку проводили 4%-ным раствором препарата МХМ-235 в специальных малых ваннах размером

\* Препараты МХМ содержат соединения тяжелых металлов (меди и цинка), хрома и мышьяка.

\*\* Препарат МХМ-235 содержит гидрат окиси меди, хромовый ангидрид и мышьяковую кислоту в соотношении соответственно 2:3:5.

\*\*\* Для оценки пропиточных свойств раствора препарата МХМ-235 аналогичным методом образцы пропитывали растворами фторида натрия.

\*\*\*\* За исключением пропитки методом вымачивания, которую проводили в трех повторностях.

90 × 100 × 290 мм по режиму: 1 час выдержки в горячей (или паровой) ванне и 2 часа — в холодной. Температуру и уровень раствора в ваннах на протяжении всего опыта поддерживали постоянными. После пропитки каждой партии образцов в ванны добавляли порции свежего раствора. Стабильность температуры в ваннах поддерживали при помощи универсального термостата. Время тепловой обработки образцов было установлено по номограмме для определения времени нагрева древесины [2]. Согласно этой номограмме тепловая обработка в течение 1 часа обеспечивала прогрев образцов, используемых в наших опытах. Срок пребывания образцов на воздухе при переносе из горячей (или паровой) ванны в холодную был постоянным и равнялся 3 сек.

В случае применения препарата МХМ-235 глубину пропитки определяли по изменению цвета пропитанной древесины, в случае фторида натрия — находили с помощью индикатора (цирконализаринового лака). Поглощение раствора определяли по привесу образцов, которые взвешивали до и после пропитки (с точностью до 0,01 г). Состав растворов препарата МХМ-235, исходного и после пропитки, находили методом химического анализа [7]. Результаты опытов представлены в табл. 1—4.

В табл. 1 приведены данные поглощения растворов препарата МХМ-235 и фторида натрия при пропитке методом горяче-холодных ванн. Данные показывают, что в случае пропитки образцов фторидом натрия поглощение раствора лишь на 6% выше, чем в случае пропитки препаратом МХМ-235. Однако при пропитке образцов раствором МХМ-235 в горячей ванне выпадает обильный осадок, чего не наблюдается при пропитке фторидом натрия.

Таблица 1

№ повторности	Глубина пропитки, мм		Поглощение, кг/м <sup>3</sup> , раствора препарата	
	МХМ-235	NaF	МХМ-235	NaF
1	3,5	5,0	289	332
2	4,2	4,7	321	320
3	4,2	5,0	316	334
4	3,5	4,7	281	322
5	3,8	4,8	298	325
6	4,2	4,5	319	319

В табл. 2 приведены данные поглощения раствора препарата МХМ-235 при замене выдерживания образцов в горячей ванне пропаркой их (глубина пропитки во всех опытах сквозная). Среднее поглощение раствора заболонной древесиной в этом случае более чем в 1,5 раза выше, чем в случае пропитки в горяче-холодных ваннах с прогреванием древесины в горячем растворе.

Таблица 2

Номер повторности	1	2	3	4	5	6
Поглощение раствора, кг/м <sup>3</sup> *	471	495	490	505	482	475

\* За вычетом привеса при пропарке, который составлял 1,2% от первоначального веса образцов. Для установления величины привеса при пропарке в камеру совместно с опытными образцами закладывали контрольные, которые после пропарки взвешивали.

По окончании опытов анализировали растворы препарата МХМ-235 в горячей и холодной ваннах (табл. 3).

Таблица 3

Раствор	Содержание в растворе, %			
	меди	хрома трехвалент- ного	хрома шестивалент- ного	мышьяка
Исходный . . . . .	0,33	—	0,40	0,62
В горячей ванне . . . . .	0,19	0,03	0,19	0,30
В холодной ванне . . . . .	0,32	0,02	0,35	0,58
В холодной ванне (с пропаркой образцов) . . . . .	0,31	0,01	0,37	0,60

Из данных табл. 3 следует, что в результате выпадения осадка в горячей ванне содержание меди, хрома и мышьяка в растворе уменьшается примерно в два раза, вследствие чего токсический потенциал раствора снижается, так как токсичность растворов препаратов МХМ определяется содержанием в них меди и мышьяка.

Если принять, что в процессе выдержки образцов в горячей ванне их привес составляет около 350 от общего привеса при пропитке в горяче-холодных ваннах [6], то фактическое поглощение антисептика (кг сухой соли на 1 м<sup>3</sup> древесины) меньше расчетного, что соответствует снижению токсического потенциала раствора в горячей ванне и количеству поглощенного в ней раствора.

В табл. 4 представлены данные о поглощении раствора препарата МХМ-235 при пропитке методом вымачивания.

Таблица 4

№ повторности	Глубина пропитки, мм	Поглощение раствора, кг/м <sup>3</sup>	Содержание, %*			
			меди	хрома трехвалент- ного	хрома шестивалент- ного	мышьяка
1	0,9	129	0,30	0,04	0,38	0,60
2	0,9	124				
3	1,0	136				

\* Раствор анализировали после окончания всех опытов (три цикла на вымачивание).

Согласно данным табл. 4, при вымачивании в течение 10 дней поглощение раствора примерно в 2,5 раза ниже, чем при пропитке методом обычных горяче-холодных ванн, и более чем в 3,5 раза меньше, чем при пропарке. Заметных изменений в растворе, контактирующем с древесиной в течение 30 дней, не наблюдалось.

Таким образом, наши опыты показали, что лучшие результаты по поглощению и стабильности раствора дал метод, в котором вместо выдерживания в горячей ванне применяли пропарку древесины. Из этого следует, что для пропитки древесины препаратами МХМ можно применять горяче-холодные ванны, заменив ванну с горячим раствором на паровую.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Н. Горшин. Защита древесины в Швеции. Гослесбумиздат, М.—Л., 1959.  
[2]. Е. Г. Кротов. Фанерное производство. Государственное лесотехническое изд-во, М.—Л., 1947. [3]. В. Н. Макаренков. Влияние продолжительного действия повы-

шенных температур на механические свойства древесины сосны. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1962. [4]. К. А. Попов, В. А. Тюфяев. Облегченные способы консервирования древесины без применения давления. Гострансиздат, 1932. [5]. А. Л. Панфилова. Вопросы защиты древесины. Сборник статей, Гослесбумиздат, М.—Л., 1961, стр. 158. [6]. Ю. А. Протопопов. Вопросы защиты древесины. Сборник статей. Гослесбумиздат, М.—Л., 1961, стр. 152. [7]. Е. Е. Фломниа, Н. Н. Клобукова, Л. А. Краскова, Л. М. Чашниа. Определение хрома, меди и мышьяка в растворах меднохромомышьяксодержащих антисептиков и водных экстрактах, полученных из пропитанной древесины. Научные труды ЦНИИМОДа, вып. 21, Архангельск, 1967. [8]. А. И. Фломни. Труды Института леса, т. VI, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 53. [9]. К. М. Ханна медов. Ускоренная сушка древесины в безводных жидкостях с одновременной ее пропиткой. Азербайджан, Баку, 1960. [10]. Б. С. Чудинов. Теория тепловой обработки древесины. Изд-во «Наука», 1968. [11]. H. Bellmann, G. H. Broese. Holz-Zentralblatt, Bd. 87, № 32, 1961, S. 495—496. [12]. I. Grindrod. Builder, London, v. 178, № 5587, 1950, p. 366. [13]. B. Häger. Proc. Am. Wood-Preservers, Assoc., 37-th, Ann. Meeting, v. 37, 1941, p. 45—53. [14]. S. Sandstrom, T. Reise. Proc. Am. Wood-Preservers, Assoc., v. 45, 1949.

Поступила 3 ноября 1969 г.

УДК 634.0.813

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИВИТОЙ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ НА ДРЕВЕСНОЙ МАССЕ

### АНАЛИЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТОМ

Г. С. МИХАЙЛОВ, Р. М. ЛИВШИЦ

(Московский текстильный институт)

В ранее проведенных исследованиях была показана возможность химической модификации древесины полиметилметакрилатом (ПММА) по реакции радикальной привитой сополимеризации с использованием для инициирования реакции прививки окислительно-восстановительной системы  $Fe^{2+} - H_2O_2$  [1] и изучено влияние отдельных компонентов древесного комплекса на привитую сополимеризацию [2].

Цель нашей работы — установить место прививки ПММА и выявить характер распределения введенного в древесину ПММА между ее компонентами.

### *Экспериментальная часть*

Изучение состава продуктов привитой сополимеризации, выяснение степени участия компонентов древесины в реакции прививки и изолирование их сополимеров от не вступивших в реакцию исходных компонентов мы проводили по приведенной ниже схеме. В основу схемы фракционирования положен принцип изменения растворимости древесных компонентов, выделенных из модифицированной древесной массы, в случае прививки к ним ПММА.

Предварительно отдельными опытами на выделенном из модифицированной древесной массы гомо-ПММА нами показано, что при обработке его химическими реагентами, использованными при анализе продукта привитой сополимеризации, не происходит заметного падения молекулярного веса полимера и не изменяется его растворимость в селективных растворителях. Другие исследователи установили, что обработка привитого сополимера целлюлозы и ПММА крепкой серной кислотой не приводит к каким-либо качественным изменениям ПММА

[3]. Следовательно, существующие методы анализа древесины и целлюлозы можно использовать и для модифицированной древесной массы.

Поскольку экстрактивные вещества древесины достаточно хорошо извлекаются веществами, являющимися растворителями для ПММА, количественное выделение их из модифицированной древесины (при изолировании гомо-ПММА) встречает определенные трудности. С учетом этого мы использовали березовую дефибраторную древесную массу, не содержащую экстрактивных веществ.

В результате прививки принципиально получается продукт, содержащий наряду с привитыми сополимерами целлюлозы, гемицеллюлоз, лигнина и гомополимера ПММА также не вступившие в реакцию целлюлозу, гемицеллюлозы и лигнин (продукт 1 на схеме). Экстракцией ацетоном удаляли гомо-ПММА (продукт 3). Для определения гемицеллюлоз, не вступивших в реакцию, продукт 2 обрабатывали раствором NaOH в атмосфере аргона. Для разрушения как вступившего в привитую сополимеризацию лигнина, так и не содержащего привитой ПММА лигнина, полученный продукт 8 обрабатывали гидроперекисью ацетила по одной из методик [4]. После экстракции ацетоном получали продукт 10, не содержащий лигнина. Чтобы определить количество целлюлозы, не вступившей в реакцию, продукт 10 обрабатывали железовиннокислым натрием (ЖВНК). При этом выделялась не вступившая в реакцию целлюлоза (продукт 13). После экстракции продукта 10 железовиннокислым натрием получали свободный от обоих гомополимеров привитый сополимер полисахаридов и ПММА (продукт 12). Привитый на полисахариды ПММА (продукт 14) выделяли обработкой 72%-ной  $H_2SO_4$  продукта 12. В выделенном таким образом привитом полимере определяли молекулярный вес вискозиметрически при 25° в абс. ацетоне. Расчет вели по формуле

$$[\eta] = 0,96 \cdot 10^{-4} M^{0,69}.$$

Чтобы выяснить, участвует ли лигнин в реакции привитой сополимеризации, мы обрабатывали продукт 2 (для разрушения углеводной части древесины) 72%-ной  $H_2SO_4$  и после экстракции ацетоном полученного таким образом продукта выделяли не вступивший в реакцию лигнин и привитый сополимер лигнина и ПММА (продукт 5). Если количество выделенного лигнина превышает его содержание в древесной массе, то это указывает на наличие ПММА в этом продукте, то есть на участие лигнина в реакции привитой сополимеризации. Дополнительным доказательством протекания прививки на лигнин служит обработка 20%-ной перуксусной кислотой продукта 5. При этом разрушался лигнин и выделялся привитый на него ПММА, молекулярный вес которого определяли подобно описанному выше.

Сравнение аналогично обработанной исходной древесной массы позволяло судить о количестве вступившего в реакцию того или иного древесного компонента не только по содержанию ПММА в этом компоненте, но и по изменению веса различных фракций древесной массы.

Некоторые результаты, полученные при исследовании двух продуктов привитого сополимера, содержащих различное количество привитого ПММА, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Способ обработки	Выход фракции, % выделенной из модифицированной древесной массы с содержанием привитого ПММА, %		
	0	24,3	56,0
Щелочная экстракция (7)* . . . . .	21,4	16,8	16,4
Обработка 72%-ной $H_2SO_4$ (5) . . . . .	19,4	25,4	27,2
Обработка гидроперекисью ацетила (10)	51,1	63,8	93,8
Альфа-целлюлоза . . . . .	33,4	47,5	77,6

\* Цифры в скобках соответствуют номерам продуктов, обозначенных на схеме.

Фракционированием установлено, что при модификации древесной массы в реакции привитой сополимеризации участвуют все основные составляющие древесного комплекса — целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин. Экстрактивные вещества древесины, по-видимому, не оказы-

вают заметного влияния на процесс прививки, который, как было показано ранее [2], протекает совершенно идентично на образцах исходной и проэкстрагированной древесной массы.

При выделении из модифицированной древесной массы основных ее компонентов отмечается пониженный выход щелочнорастворимой фракции, в основном, состоящей из не вступивших в реакцию гемицеллюлоз, и повышенный выход лигнина, альфа-целлюлозы и общих полиоз (табл. 1). Изменение содержания отдельных составляющих древесного комплекса при анализе модифицированной и исходной древесной массы свидетельствует об участии этих компонентов в реакции привитой сополимеризации.

В табл. 2 приведены данные о степени превращения древесных полиоз в привитый сополимер и его составе. Результатами анализа модифицированной древесной массы установлено (табл. 2), что в ходе

Таблица 2

Показатель	Величина показателя для образцов с привесом, %	
	24,3	56,0
Степень превращения гемицеллюлоз (от общего их количества в древесной массе), % . . . . .	23,2	24,5
Степень превращения целлюлозы (от всей целлюлозы в древесине), % . . . . .	7,5	28,8
Количество ПММА (от общего количества привитого полимера), привитого, %		
на полисахариды . . . . .	91,4	87,8
на лигнин . . . . .	8,6	12,2
Молекулярный вес выделенного ПММА, привитого		
на лигнин . . . . .	197100	206000
на полисахариды . . . . .	74990	182000
Соотношения между привитым ПММА и полисахаридами в их сополимере . . . . .	2,5:1	2,7:1

прививки ПММА на древесину основная часть полимера связывается с древесными полиозами и лишь небольшая часть (примерно 10%) — с лигнином. Конверсия гемицеллюлоз мало зависит от степени прививки; количество целлюлозы, участвующей в реакции привитой сополимеризации, возрастает с увеличением количества привитого ПММА. Состав сополимера полиоз с ПММА (не содержащего не вступивших в реакцию полисахаридов и гомо-ПММА) при этом изменяется незначительно. Ввиду трудности разделения смеси модифицированного и исходного лигнинов степень превращения лигнина не определяли.

Таким образом, нами предложен метод характеристики продуктов привитой сополимеризации древесной массы и ПММА, позволяющий определять количество различных компонентов, участвующих в реакции привитой сополимеризации, и молекулярный вес привитого полимера.

Выражаем глубокую благодарность проф. З. А. Роговину за ряд ценных советов, данных при выполнении настоящей работы.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. С. Михайлов, Н. Я. Солечник. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 117, 1968. [2]. Г. С. Михайлов, Р. М. Лившиц. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969. [3]. А. А. Мовсум-Заде, Е. С. Горяинова, Р. М. Лившиц, З. А. Роговин, А. А. Кокин. «Высокомолекулярные соединения», 6, № 7, 1340, 1964. [4]. G. Gaas, W. Schoch, U. Schrelle. Das Papier, № 19—20, 469, 1955.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.79

**КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ  
И ПОДДЕРЖАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ***П. Н. КАЗАКЕВИЧ*

(Ленинградская лесотехническая академия)

Лесозаготовительные предприятия, постепенно осваивая свою сырьевую базу, непрерывно наращивают сеть путей. Поэтому лесозаготовительная и строительная деятельность леспромпхоза постоянно сопутствуют друг другу.

В рациональной схеме развития предприятий предусматривается сооружение в возможно более короткие сроки комплекса производственных и непроизводственных объектов, позволяющего начать правильно организованную производственную деятельность предприятия в заданных объемах (так называемый пусковой комплекс)\*. В течение 2—3 лет (в зависимости от размера предприятия) предполагается завершить первую очередь строительства, чтобы обеспечить предприятию достижение его проектной мощности и работу на этом уровне в течение 3—5 лет. Дальнейшее развитие предприятия возможно при строительстве второй и последующих очередей за счет ассигнований на строительство и на поддержание производственных мощностей. Установлены нормативные сроки осуществления строительства, ввода пусковых комплексов и достижения проектных мощностей.

Однако практика в подавляющем большинстве случаев далека от соблюдения этих сроков. Мехлесопункты и лесовозные дороги сооружаются весьма низкими темпами в течение многих лет в силу распыления капитальных вложений по множеству объектов и крайней слабости строительной базы на каждом из них. На строящиеся лесопункты задание по вывозке возлагается раньше, чем осуществлено строительство пусковых комплексов. Эти задания возрастают из года в год, поэтому недостроенные предприятия начинают функционировать в явно неблагоприятных условиях. Многие лесопункты работают подобным образом в течение десяти и более лет, так и не достигая расчетных объемов производства.

Это известное в общих чертах явление не получило до сего времени надлежащей экономической оценки.

В комбинате «Котласлес» действует около 70 механизированных лесовозных дорог, из которых одна треть построена без проекта, и все без исключения созданы описанным выше способом.

Нами подробно изучен процесс формирования 32 лесопунктов. Из их числа отобраны для иллюстрации пять типичных (Козьминский Ленского ЛПХ, Урдомской — В.-Лупьинского, Авнюгский — Авнюгского, Бестужевский — Устьянского, Фоминский — Вилегодского ЛПХ).

\* При этом нередко предусматривается поэтапное достижение проектной мощности.

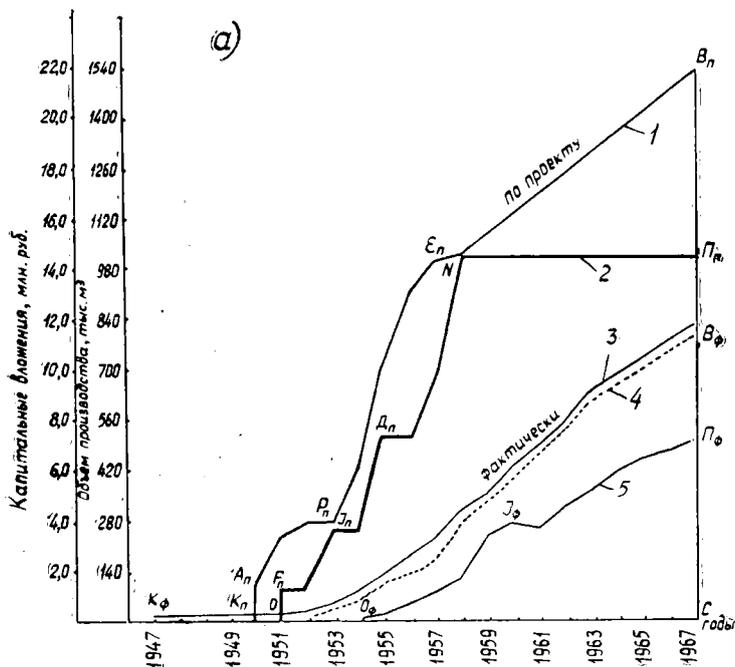
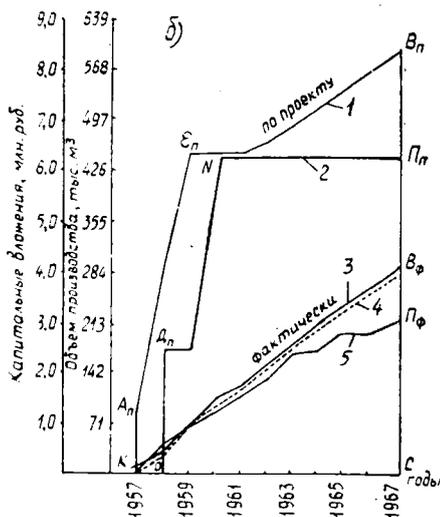


Рис. 1. Сравнение реального процесса капитального строительства леспромхозов и наращивания объемов производства в них с проектно-нормативной схемой.

а — ужд; б — автомобильные дороги. 1 — капитальные вложения по проекту; 2 — линия наращивания производственных мощностей по проекту; 3 — капитальные вложения фактические; 4 — ввод в действие объектов капитального строительства; 5 — объемы производства фактические.



На рис. 1 показан ход строительства (по объему капитальных вложений и по вводу объектов в действие) и наращивание объемов производства. На рис. 2 величина капитальных вложений выражена в процентах к сметной стоимости, а объемы производства — в процентах к проектной мощности.

Весьма близкое расположение кумуляты ввода объектов в действие к кумуляте капитальных вложений (рис. 1) свидетельствует о весьма малых объемах незавершенного строительства (разность ординат кривых 4 и 3) и столь же малом строительном лаге (разность абсцисс этих же кривых). Удаленность линии нарастания объемов про-

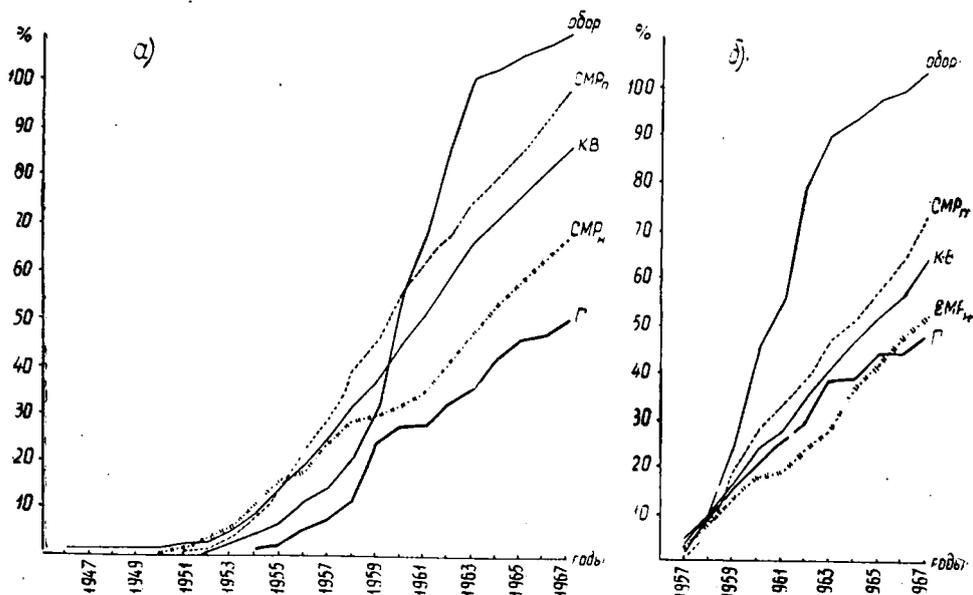


Рис. 2. Освоение сметной стоимости и наращивание производственных мощностей лесовозных дорог.

*а* — ужд; *б* — автомобильные дороги; *КВ* — общий объем капитальных вложений; *СМР<sub>п</sub>* — строительные-монтажные работы промышленного назначения; *обор* — затраты на приобретение оборудования; *Г* — объем производства (вывоза древесины).

изводства свидетельствует о том, что законченные и введенные в действие строительные объекты в течение длительного времени не дают эффекта в смысле получения продукции (см. разность абсцисс) при весьма значительных капитальных вложениях.

Стремление как можно скорее возложить лесозаготовительное задание на только что начатый строительством мехлесопункт направлено на обеспечение государственного плана лесозаготовок. При этом оно нередко обосновывается как способ ускоренного получения отдачи капитальных вложений и повышения таким путем их эффективности. Но графики, изображенные на рис. 2, убеждают в том, что результат получается обратный: государство в течение долгих лет не получает ни запроецированных производственных мощностей, ни запланированного объема продукции, а отдача осуществленных капиталовложений оказывается чрезвычайно низкой.

На наших графиках (рис. 1), кроме линий фактического хода процесса, наложены линии нормативно-проектные. Очевидно, что площадь многоугольника  $K_n A_n P_n E_n B_n C$  выражает собою сумму произведений объемов капитальных вложений (тыс. руб.) на время функционирования средств, вложенных в строительство данного предприятия по проектно-нормативным данным; эта сумма произведений имеет размерность руб.-годы. Соответственно, площадь многоугольника  $K_{ф} B_{ф} C$  характеризует фактическую сумму произведений. Площадь многоугольника  $O_n F_n I_n D_n N П_n C$  выражает собою суммарный объем продукции, которую предприятие должно было дать стране по проектно-нормативным данным, а площадь многоугольника  $O_{ф} I_{ф} П_{ф} C$  — соответствующую фактическую величину.

Отнеся  $ОП_n$  (объем продукции) к  $КВ_n$  (капитальным вложениям) и  $ОП_\phi$  к  $КВ_\phi$ , мы находим выражение проектной и фактической эффективности осуществленных вложений (в несколько необычном, но вполне ясном экономическом содержании). Исчислив эти отношения, мы получили:  $\mathcal{E}_n = 54 \text{ м}^3$  на 1 тыс. руб.  $КВ$  и  $\mathcal{E}_\phi = 43 \text{ м}^3$ . Это значит, что описанный выше процесс формирования лесопунктов обусловил снижение отдачи вложений на 20,4% против проектной.

Если бы процесс осуществлялся по проекту, то фактически осуществленные капитальные вложения в течение фактических сроков их функционирования обеспечили бы выпуск продукции на 1300 тыс.  $\text{м}^3$  больше.

Неблагоприятное влияние принятой организации капитального строительства лучше раскрывается при раздельном рассмотрении капитальных вложений по трем их группам: приобретение оборудования, строительно-монтажные работы производственного назначения и строительно-монтажные работы по непроизводственным объектам. Графики, приведенные на рис. 2, показывают, что вложения указанных групп осуществляются непропорционально. Вложения в строительно-монтажные работы резко отстают, а на приобретение оборудования — значительно их опережают и в ряде случаев приближаются суммарно к величине сметных ассигнований при далеко не достигнутых объемах производства.

В комплексе строительно-монтажных работ особенно резко отстают вложения в непроизводственные объекты, которые, как известно, призваны обеспечивать условия для успешного формирования кадров. Предприятия обрекаются на работу с недостаточной сетью путей низкого качества, без должной ремонтной и энергетической баз, при отсутствии удовлетворительных условий жизни и труда работников. И в этих условиях они с избытком против расчетной потребности снабжаются оборудованием, которое в силу тех же причин плохо используется и ненормально быстро изнашивается.

Произведенный анализ подтверждает необходимость изменения фактического состояния дел. Труднейшей частью проблемы является нормализация состояния действующих лесопунктов. Каждый из них представляет собой действующий организм со своим коллективом трудящихся и своими обязательствами в отношении государственного плана лесозаготовок. Каждый из них испытывает хроническую недостаточность сооруженных путей и вспомогательных служб. Ни один из них не может быть просто закрыт, а должен функционировать, для чего необходимы дополнительные капитальные вложения, хотя бы в минимальном размере, достаточном для выполнения плана вывозки леса. В то же время продолжение сложившейся практики распределения капитальных вложений будет постоянно воспроизводить все отрицательные черты современного состояния капитального строительства в лес-промхозах. В распределении имеющихся ресурсов капитальных вложений нужно найти резервы и сосредоточить их на улучшении обстановки, на первых порах в некоторых из объектов, легче и быстрее других поддающихся нормализации.

Одним из путей является максимально возможное переключение ассигнований с приобретения оборудования на строительно-монтажные работы. Однако следует отдавать отчет в том, что за счет ассигнований на поддержание производственных мощностей нельзя нормализовать положение и на эту цель должна быть обращена возможно большая часть ассигнований на новое строительство; собственно же новое строительство, помимо уже начатого, следует свести к минимуму, пока не нормализовано положение в действующих лесопунктах.

Это требование основано на том, что затраты на нормализацию не только более эффективны сами по себе (в смысле непосредственной отдачи продукции), но и приводят к эффективному функционированию крупнейшие суммы, вложенные в создание этих лесопунктов ранее.

Поступила 11 ноября 1969 г.

УДК 634.0.78

## К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ТИПА ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

А. И. СМИРНОВ

(ЦНИИ МПС)

Правильный выбор типов верхнего строения пути лесовозных узкоколейных железных дорог в значительной степени определяет их эффективность, стоимость строительства и эксплуатационные расходы.

По условиям прочности, с учетом создания в перспективе мощного узкоколейного локомотива, следует для верхнего строения пути применять рельсы типов Р15—Р18 при нагрузках на ось до 5 т; Р24—от 5 до 8 т и Р30 — более 8 т.

Однако обеспечение условий прочности — необходимое, но еще недостаточное условие для установления рациональных типов верхнего строения пути. Нужно исследовать также расходы по типам верхнего строения пути с различными рельсами при разных условиях их работы.

Общие годовые эксплуатационные расходы при различных типах верхнего строения пути могут быть представлены формулой

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_T + \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_e \text{ тыс. руб.},$$

где  $\mathcal{E}_T$  — годовые расходы по текущему содержанию 1 км пути, тыс. руб.;

$\mathcal{E}_a$  — то же по амортизации верхнего строения пути, тыс. руб.;

$\mathcal{E}_p$  — то же по среднему и подъемочному ремонтам пути, тыс. руб.;

$\mathcal{E}_e$  — так называемые «энергетические расходы» в части, зависящей от типа верхнего строения пути, тыс. руб.

Расходы по текущему содержанию пути определяются по формуле

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_н + \mathcal{E}_{\text{мех}},$$

где  $\mathcal{E}_н$  — расходы на материалы, тыс. руб.;

$\mathcal{E}_{\text{мех}}$  — расходы на машины и механизмы, тыс. руб.;

$\mathcal{E}_3$  — расходы по заработной плате, тыс. руб.;

$$\mathcal{E}_3 = 12\alpha CK,$$

здесь  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий накладные расходы;

$C$  — месячная заработная плата путевого рабочего, руб.;

$K$  — норма расхода рабочей силы, чел.

Амортизационные расходы

$$\mathcal{E}_a = \frac{A}{t} = \frac{A}{G} \cdot G,$$

где  $A$  — капитальные затраты по верхнему строению пути при рельсах разных типов, тыс. руб.;

$t$  — расчетный срок службы рельсов, лет;

$G$  — расчетный тоннаж, пропускаемый рельсами данного типа, млн.  $t$  брутто;

$\Gamma$  — грузонапряженность, млн.  $tкм$  брутто/ $км$  в год.

Годовые расходы по среднему и подъемочному ремонтам

$$\mathcal{E}_p = \frac{P_{cp}\mathcal{E}_{cp} + P_n\mathcal{E}_n}{t},$$

где  $P_{cp}$ ;  $P_n$  — количество средних и подъемочных ремонтов пути;

$\mathcal{E}_{cp}$ ;  $\mathcal{E}_n$  — соответственно стоимость среднего и подъемочного ремонтов пути, тыс. руб.

Энергетические расходы

$$\mathcal{E}_e = \beta WeB\Gamma,$$

где  $e$  — расход условного топлива на 1  $tкм$  механической работы,  $кг$ ;

$B$  — стоимость условного топлива (энергии), руб.;

$\Gamma$  — годовая грузонапряженность, млн.  $tкм$  брутто/ $км$ ;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий расходы по ремонту ходовых частей подвижного состава;

$W$  — механическая работа пути при проходе 1 млн.  $t$  брутто в год;

$$W = \omega_0 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} \text{ ткм.}$$

Сопrotивление движению поезда, зависящее от типа верхнего строения пути, определяется по формуле проф. М. Ф. Вериго

$$\omega_0 = \frac{250 \cdot r \cdot K^2 P}{U},$$

где  $r$  — параметр «рассеяния»,  $кг/см^2$ , который для узкоколейных дорог может быть принят равным  $40 кг/см^2$ ;

$K$  — коэффициент относительной жесткости рельсового основания и рельсов,  $см^{-1}$ ;

$P$  — среднее давление от колеса на рельс,  $t$ ;

$U$  — модуль упругости подрельсового основания,  $кг/см^2$ .

Таким образом, в развернутом виде формула для определения эксплуатационных расходов по типам верхнего строения пути может быть представлена так:

$$\mathcal{E} = 12\alpha CK + \mathcal{E}_{мех} + \mathcal{E}_n + \frac{A\Gamma}{G} + \frac{P_{cp}\mathcal{E}_{cp} + \mathcal{E}_n P_n}{t} + \beta WeB\Gamma.$$

Величины  $K$ ,  $P_{cp}$ ,  $P_n$  зависят от грузонапряженности. Поэтому в целом  $\mathcal{E} = f(\Gamma)$ . По приведенным формулам были определены эксплуатационные расходы по типам верхнего строения пути с разными рельсами.

В общих эксплуатационных затратах по верхнему строению пути узкоколейных железных дорог значительный удельный вес занимают расходы по текущему их содержанию. На рис. 1 показана зависимость этих расходов от грузонапряженности для верхнего строения пути с разными рельсами. Из рисунка следует, что с увеличением грузонапряженности расходы по текущему содержанию пути резко растут, особенно при легких типах рельсов.

Еще более показательно изменение общих годовых эксплуатационных расходов по типам верхнего строения пути с различными рельсами (рис. 2). Так, например, если для рельсов Р18 расходы при увеличении грузонапряженности со 100 до 1000 тыс.  $tкм/км$  в год увеличиваются в 2,1 раза, то для рельсов Р24 — всего на 60%.

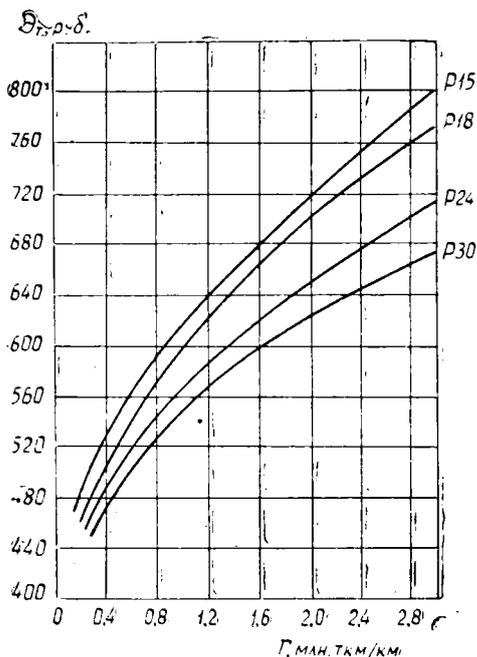


Рис. 1.

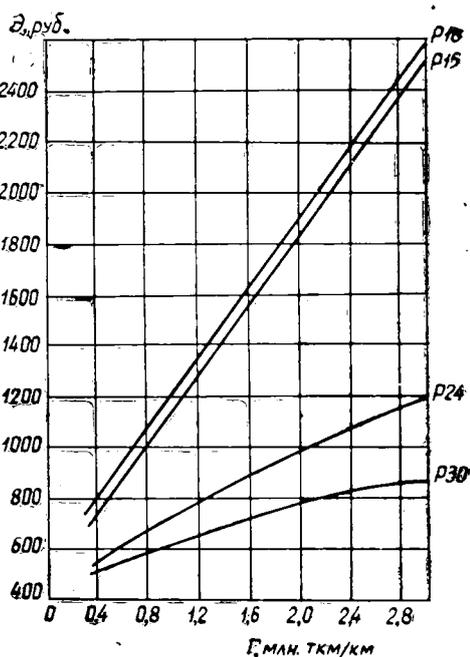


Рис. 2.

Разница в эксплуатационных расходах по типам верхнего строения пути при наиболее распространенных на ужд рельсах Р18 и Р24 весьма существенна (особенно при сравнительно больших грузопотоках).

Так, например, при грузонапряженности 500 тыс. ткм/км она составляет примерно 40%, а при увеличении до 1000 тыс. ткм/км — уже 65%, или примерно 500 руб./км в год.

Из рис. 2 следует также, что при больших грузонапряженностях получается значительная экономия в случае применения рельсов большего веса, чем Р24 (например, 30 кг/пог. м).

Характер изменения эксплуатационных расходов в зависимости от веса узкоколейных рельсов при разной грузонапряженности приведен на рис. 3, где показаны удельные расходы, отнесенные на 1 кг веса рельсов. Металл в более тяжелых узкоколейных рельсах используется значительно экономнее.

Если удельные расходы при рельсах Р18 принять за 100%, то при рельсах Р24 они составляют только 35—60% в зависимости от грузонапряженности.

Увеличение веса узкоколейных рельсов на 1 кг приводит к уменьшению общих эксплуатационных расходов по верхнему строению пути примерно на 0,5—1%.

Основной удельный вес в общих расходах по эксплуатации пути узкоколейных железных дорог приходится на текущее содержание. При малых грузопотоках (особенно характерных для некоторых лесовозных дорог) эти расходы достигают 75—90% от общих эксплуатационных затрат.

Однако можно добиться такого положения, чтобы расходы по текущему содержанию пути, как и общие эксплуатационные затраты, были сведены к минимуму. Это достигается, прежде всего, правильным выбором типов верхнего строения пути (соответствующих

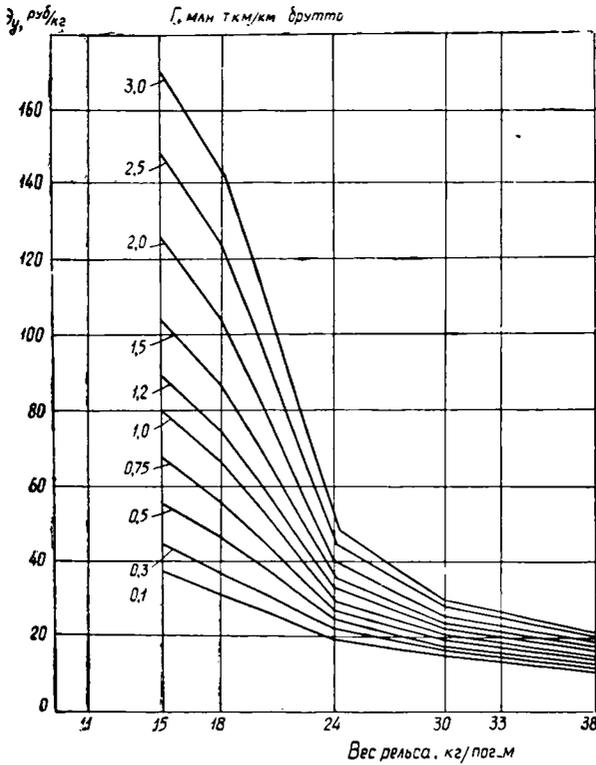


Рис. 3.

обращающимся нагрузкам подвижного состава, скоростям движения, грузонапряженности), более рациональному ведению путевого хозяйства с широким применением механизмов. Основным направлением здесь должно быть расширение зоны использования верхнего строения пути с более тяжелыми (применительно к узкоколейным дорогам) рельсами, что не только дает снижение эксплуатационных расходов, но и значительно повышает сроки службы рельсов. Срок службы тяжелых рельсов увеличивается в большей мере, чем возрастают капитальные затраты (табл. 1), что лишний раз подтверждает высокую эффективность применения на лесовозных узкоколейных дорогах (особенно на магистралях) рельсов повышенного веса.

Таблица 1

Сравниваемые типы рельсов	Увеличение капитальных затрат при более тяжелых рельсах, %	Увеличение срока службы более тяжелых рельсов, %
P30—P24	26	191
P24—P18	39	355
P24—P15	90	380
P18—P15	38	8

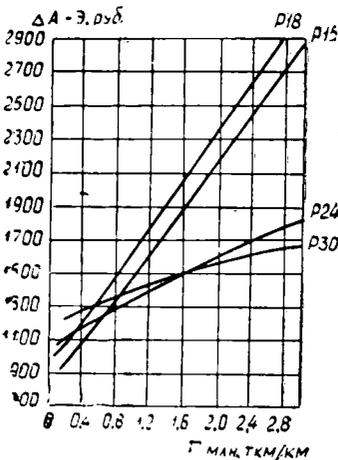


Рис. 4.

Рациональные типы верхнего строения пути выбираются по совокупности приведенных строительно-эксплуатационных расходов в зависимости от размеров грузонапряженности. На рис. 4 показаны эти расходы для типов верхнего строения с различными рельсами. Из рисунка видно, что в зависимости от грузонапряженности характер изменения приведенных расходов различен при рельсах разных типов.

При сравнительно легких рельсах (P15—P18) с повышением грузонапряженности затраты резко растут, поэтому такие рельсы целесообразно применять при грузонапряженности до 500 тыс. ткм брутто/км. Более пологий характер кривых изменения расходов для P24 позволяет рекомендовать их для ужд с грузонапряженностью 500—1500 тыс. ткм брутто/км в год. Если грузонапря-

женность выше, то может быть эффективным применение еще более тяжелых рельсов (например, 30 кг/пог. м). Таких узкоколейных рельсов пока нет, однако необходимость в них определяется не только внедрением мощных узкоколейных локомотивов, но прежде всего экономическими соображениями, вытекающими из увеличения грузонапряженности узкоколейных железных дорог, в том числе и лесовозных.

Тип рельсов следует выбирать только в зависимости от грузонапряженности пути, несмотря на то, что условия их прочности могут быть обеспечены и в случае применения более легких рельсов.

Прочность пути зависит не только от веса рельсов, но в определенной мере и от их длины. Чем короче рельсы, тем больше неизбежных неровностей (стыков и т. п.), способствующих расстройству пути и ухудшающих его взаимодействие с подвижным составом.

Экономическая целесообразность и эффективность увеличения длины узкоколейных рельсов подтверждается расчетами и, в частности, многолетней практикой применения длинномерных рельсов.

Прежде всего, применение длинномерных рельсов способствует уменьшению (до 15—20%) абсолютных динамических сил от неровности пути. Во-вторых, переход к таким рельсам сопровождается значительным улучшением эксплуатационных условий и уменьшением трудовых и денежных затрат, особенно в зоне стыков, на содержание которых расходуется до 60% всех затрат по содержанию пути. Общее состояние узкоколейных путей при переходе на длинномерные рельсы резко улучшается. Путь становится более стабильным и меньше расстраивается. Улучшение состояния пути сопровождается сокращением расходов по текущему его содержанию. Как показывает практика, эти затраты уменьшаются не менее, чем на 20—30%. Поэтому одновременно с внедрением рациональных типов верхнего строения пути на лесовозных узкоколейных железных дорогах необходимо шире применять длинномерные рельсы. Следует считать вполне целесообразным увеличение длины лежащих в пути узкоколейных рельсов до 25—30 м.

УДК 634.0.6

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В. А. ЧЕЛЫШЕВ, А. С. ШЕЙНГАУЗ

(ДальНИИЛХ)

Для прогнозирования развития и установления оптимального размещения лесохозяйственного производства по территории необходимо найти соответствующие объективные закономерности, которые могут быть описаны математически. При этом, очевидно, следует учитывать взаимосвязь лесохозяйственного производства с основными отраслями народного хозяйства. Однако большинство предложенных ранее способов оценки развития лесного хозяйства, выполняемых как описательными [1], [3], [4], так и математическими [5], [6] методами, основаны на изучении внутриотраслевых экономических показателей. При первой попытке построения математической модели лесного хозяйства, сделанной А. М. Правдиным [2], учитывался лишь один народнохозяйственный фактор — плотность населения. Это важный, но не единственный и, как показывают излагаемые ниже результаты исследования, не ведущий фактор.

Мы сделали попытку установить многофакторную связь между развитием лесного хозяйства и динамикой основных показателей народного хозяйства. В качестве объекта исследования выбрана материковая часть Дальнего Востока (Приморский и Хабаровский края, Амурская и Магаданская области). Уровень интенсивности лесного хозяйства отдельных частей рассматриваемой территории колеблется от минимального до максимального для условий Дальнего Востока. Сбор статистического материала за 1950—1966 гг. проведен по двадцати лесозаготовительным районам, выделенным на изучаемой территории [4]. Тем самым учтены изменения лесохозяйственного производства как в пространстве, так и во времени.

Для выполнения расчетов составлен алгоритм обработки статистических материалов на электрических клавишных машинах, на основании которого выявлена многофакторная корреляция между следующими показателями: 1) валовая продукция лесного хозяйства  $X_1$  (рассчитанная в условных ценах 1965 г.), руб. на 100 га лесной площади; 2) валовая продукция лесной промышленности  $X_2$ , руб. на 100 га лесной площади; 3) валовая продукция деревообрабатывающей и деревоперерабатывающей промышленности  $X_3$ , руб. на 1 км<sup>2</sup> территории; 4) валовая продукция всей прочей промышленности  $X_4$ , руб. на 1 км<sup>2</sup> территории; 5) посевные площади всех сельскохозяйственных культур  $X_5$ , га на 1 км<sup>2</sup> территории; 6) плотность населения  $X_6$  на 1 км<sup>2</sup> территории.

Эти показатели были отобраны из большого числа факторов после предварительного анализа. Валовая продукция промышленности взята в неизменных ценах 1955 г.

Для устранения влияния на получаемые результаты способов статистической обработки использованы три варианта группировки экономических показателей, определяющих развитие лесного хозяйства.

I. Взяты все пять факторов.

II. Объединены  $X_3$  и  $X_4$ , то есть выявлена зависимость лесного хозяйства от лесной промышленности, других отраслей промышленности, сельского хозяйства и плотности населения.

III. Объединены  $X_2$ ;  $X_3$  и  $X_4$ , то есть найдена зависимость лесного хозяйства от всей промышленности, сельского хозяйства и плотности населения. При этом валовая продукция лесной промышленности пересчитана на всю территорию.

Результаты расчетов приведены в табл. 1. Как показывают данные таблицы, между интенсивностью лесного хозяйства и рассматриваемыми экономическими факторами при всех вариантах группировки существует довольно тесная связь, оцениваемая коэффициентами множественной корреляции в выборке, колеблющимися в каждом конкретном случае от 0,899 до 0,984, а в генеральной совокупности (с 95 %-ной вероятностью) — от 0,81 до 0,97.

Таблица 1

Вариант группировки	Частные коэффициенты регрессии с отдельными экономическими факторами					Коэффициент множественной корреляции	Истинная корреляция в генеральной совокупности
	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$		
Приморский край							
I	0,308	0,000	0,771	0,505	0,271	0,963	0,92
II	0,395	0,772		0,688	0,370	0,964	0,92
III	0,781			0,632	0,277	0,959	0,92
Хабаровский край							
I	0,347	0,301	0,410	0,782	0,248	0,915	0,84
II	0,210	0,274		0,759	0,083	0,904	0,82
III	0,345			0,766	0,124	0,899	0,81
Амурская область							
I	0,096	0,353	0,851	0,093	0,160	0,984	0,96
II	0,071	0,902		0,195	0,084	0,980	0,96
III	0,905			0,296	0,018	0,980	0,96
Магаданская область							
I	0,859	0,302	0,076	0,328	0,067	0,983	0,97
II	0,878	0,026		0,360	0,251	0,981	0,96
III	0,063			0,120	0,536	0,914	0,84

Эта связь описывается следующими формулами:

для Приморского края

$$X_1 = 0,010937X_2 + 0,000242X_3 + 0,001895X_4 + \\ + 3,192419X_5 - 0,770128X_6 + 3,016373;$$

для Хабаровского края

$$X_1 = -0,016235X_2 - 0,011337X_3 + 0,001775X_4 + \\ + 4,003450X_5 + 1,112880X_6 + 0,595508;$$

для Амурской области

$$X_1 = 0,001236X_2 - 0,010497X_3 + 0,004567X_4 - 0,039143X_5 - \\ - 0,249280X_6 + 1,240903;$$

для Магаданской области

$$X_1 = 0,016351X_2 + 0,005335X_3 + 0,000093X_4 + 3,663220X_5 - \\ - 0,107105X_6 + 0,028057.$$

Коэффициент корреляции между исходными и вычисленными по формулам данными колеблется от 0,837 до 0,983. Он более высок при пользовании формулами, полученными на основании I варианта группировки (эти формулы и приведены выше). При необходимости может быть составлена единая формула для всей территории.

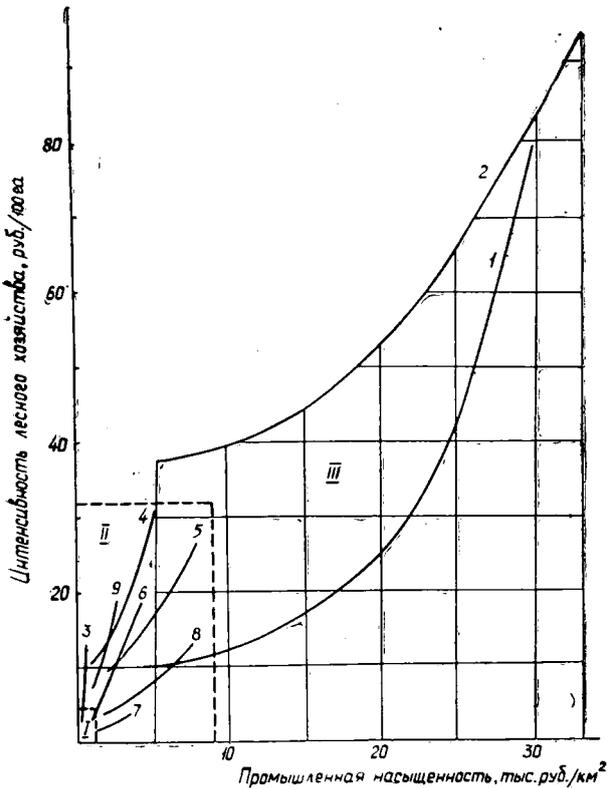


Рис. 1. Связь интенсивности лесного хозяйства с промышленной насыщенностью территории на материковой части Дальнего Востока.

- I, II, III — разряды интенсивности; 1 — Сучанский; 2 — Приханкайский; 3 — Иmano-Бикинский; 4 — Усури-Ольгинский; 5 — Силבודненский; 6 — Бурейско-Архаринский; 7 — Комсомольский; 8 — Хабаровский; 9 — Биробиджанский лесозоноэкономические районы.

Анализ таблицы и формул показывает, что в Приморском крае и Амурской области наиболее тесная частная регрессия наблюдается между лесным хозяйством и промышленностью; в Хабаровском крае — между лесным и сельским хозяйством, сосредоточенным в южной половине края; в Магаданской области — между лесным хозяйством и достаточно локально размещенной лесной промышленностью (в I и II вариантах группировки) или населением (в III варианте группировки). Следовательно, составленная модель учитывает не только динамику развития во времени, но и размещение лесного хозяйства по территории.

Для упрощения расчетов, производимых по более мелким территориальным единицам (лесоэкономическим районам) был взят один ведущий фактор — развитие всей промышленности, которая, во-первых, в большинстве лесоэкономических районов дает достаточно высокую частную регрессию с лесным хозяйством, а, во-вторых, наряду с населением; имеется во всех лесоэкономических районах (остальные факторы в некоторых районах отсутствуют).

На основании расчетов выделены три разряда интенсивности хозяйства в лесоэкономических районах, имеющие определенные границы экономической и лесохозяйственной насыщенности территории (рис. 1). Для самого высокого III разряда характерна очень тесная и почти прямолинейная связь между промышленностью и лесным хозяйством (коэффициент корреляции 0,93—0,95; корреляционное отношение 0,96). Для лесоэкономических районов II разряда связь колеблется в больших пределах и в некоторых районах оказывается слабее (показатели тесноты связи 0,76—0,99). Более чем для половины лесоэкономических районов I разряда интенсивности связь вообще не доказана.

Связь между промышленной насыщенностью территории и интенсивностью лесного хозяйства для всех лесоэкономических районов III и II разрядов интенсивности, а также для части районов I разряда описывается математическими формулами. Почти во всех случаях это формулы параболы второго порядка.

По внутриотраслевой характеристике выделенные три разряда интенсивности близки к трем низшим разрядам классификации Е. Я. Судачкова [3]. Эти две классификации могут быть объединены в одну, учитывающую как показатели развития смежных отраслей, так и внутриотраслевые.

Следовательно, полученные данные позволяют составить в первом приближении экономическую модель развития лесного хозяйства Дальнего Востока, которая в сопоставлении с динамикой лесных ресурсов и с данными о предстоящем росте экономики поможет прогнозировать возможный и необходимый уровни затрат на ведение лесного хозяйства.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. М. Орлов. Лесоустройство. Т. I, Л., изд-во журн. «Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо», 1927. [2]. А. М. Правдин. Комплексное использование лесных богатств. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [3]. Е. Я. Судачков. Организационные основы лесохозяйственного производства. Автореферат докторской диссертации. М., 1958. [4]. А. А. Цымек. Лесоэкономические районы Дальнего Востока. Хабаровское книжное изд-во, 1959. [5]. P. R. Hagenstein, B. Dowdle. A Theoretical Model for Examining Forest Land Use Alternatives. «Journal of Forestry», vol. 60, № 3; 1962. [6]. William E. Kidd, Jr., Emmet F. Thompson, Paul H. Hoepfner. Forest Regulation by Linear Programming — A Case Study. «Journal of Forestry», vol. 64, № 9, 1966.

Поступила 17 февраля 1969 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 581.144.2 + 634.0.232.333

О РАЗВИТИИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ  
В ПИТОМНИКАХ

М. А. ДУДОРЕВ, О. С. МОСКАЛЕВА

(Саратовский сельскохозяйственный институт)

В 1966—1967 гг. в питомнике Вязовского учебно-опытного лесхоза Саратовского сельскохозяйственного института мы изучали характер развития корневой системы сеянцев сосны обыкновенной на серой лесной почве в зависимости от нормы высева семян и схемы посева. В опытах ширина посевной строчки менялась от 2 и 6 см при пятистрочной ленточной схеме посева до 12 и 18 см при широкобороздчатой. Каждая схема посева имела пять вариантов норм высева семян, которые в относительных единицах выглядели следующим образом: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 и 1,5. За единицу принимали действующие в настоящее время нормы высева. В абсолютных цифрах нормы высева составили: 1; 1,5; 2; 2,5 и 3 г на 1 пог. м посевной строчки. При 12- и 18-сантиметровой ширине посевных строчек нормы увеличивали соответственно в 1,5 и 2 раза с тем, чтобы при всех схемах обеспечить одинаковую норму высева семян на 1 га. Исследования проводили мелкоделяночным методом с точным подсчетом высеваемых семян по каждому варианту опыта. Повторность опыта трехкратная.

При исследовании корневых систем пользовались монолитным методом В. А. Колесникова и методом сухой раскопки корневых систем по ходам. Раскопанные корни зарисовывали и фотографировали.

У сеянцев сосны обыкновенной корневая система стержневая с достаточно хорошим ветвлением. Главный корень и отдельные тяжи корней первого порядка у однолетних сеянцев проникают на глубину 27—36 см, у двухлетних на 1,05—1,25 м. Основная масса корней (80% и более) находится в 30-сантиметровом слое почвы.

Накопление сухого вещества в корневой системе однолетних и двухлетних сеянцев характеризуется данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Ширина посевной строчки, см	Сухой вес корневой системы среднего сеянца сосны, г, при норме высева				
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
2	0,094	0,128	0,077	0,091	0,086
	0,81	0,72	0,30	0,20	0,18
6	0,068	0,123	0,063	0,067	0,067
	1,48	0,94	0,39	0,26	0,19
12	0,109	0,129	0,069	0,070	0,052
	0,66	0,48	0,28	0,21	0,11
18	0,130	0,099	0,054	0,071	0,034
	0,39	0,39	0,23	0,22	0,11

Примечание. В числителе данные для однолетних сеянцев; в знаменателе — для двухлетних.

У однолетних сеянцев разница в весе корней при разных нормах высева незначительная, так как сеянцы невелики (3—5 см); у двухлетних она выражена более резко. С повышением нормы высева семян вес корневой системы сеянцев уменьшается.

Наибольший вес корневая система имеет при 6-сантиметровой ширине посевной строчки и норме высева 0,5 (1,48 г). Хороший результат получен и при норме высева

0,75 (0,94 г). Уширение посевной строчки до 18 см приводит к ухудшению условий роста сеянцев, что способствует уменьшению веса корневой системы. Причина этого явления — неравнозначность условий роста в широких строчках. Сеянцы, расположенные в центральной части строчек, находятся в худших условиях питания и освещения, чем периферийные. У крайних сеянцев корневая система однобокая, отходящая на расстояние до 25 см от посевной строчки. Сеянцы в средней части посевной строчки имеют слабо ветвящуюся и менее развитую корневую систему. Так, средний диаметр корневой шейки у сеянцев, расположенных в центральной части посевной строчки, составляет всего 1,9 мм, по краям — 2,8 мм. Средний вес корневой системы двухлетнего сеянца равен соответственно 0,08 и 0,14 г.

Таблица 2

Ширина посевной строчки, см	Количество развитых скелетных корней первого порядка (числитель) и глубина их заложения, см (знаменатель), при норме высева				
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
2	$\frac{13}{4}$	$\frac{13}{5}$	$\frac{9}{7,5}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{6}{7}$
6	$\frac{14}{4}$	$\frac{14}{4,5}$	$\frac{12}{4,5}$	$\frac{7}{5,5}$	$\frac{8}{5}$
12	$\frac{11}{7}$	$\frac{11}{6,5}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{7}{13}$
18	$\frac{10}{5}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{6}{11}$	$\frac{6}{10,5}$

Лучшая разветвленность корневой системы достигается при норме высева 0,5—0,75 и при ширине посевной строчки 6 см (табл. 2). Эти варианты обеспечили и наиболее благоприятную глубину заложения скелетных корней (расстояние от корневой шейки до первого узла этих корней). Уширение посевной строчки до 12 и 18 см и повышение норм высева способствуют увеличению глубины заложения развитых скелетных корней. Это ухудшает качество посадочного материала, так как при выкопке корни обрываются.

Таблица 3

Ширина посевной строчки, см	Количество стандартных сеянцев на 1 га (числитель), в том числе 1 сорта, ‰ (знаменатель), при норме высева				
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
2	$\frac{1224,8}{82}$	$\frac{1293,6}{78}$	$\frac{1534,6}{47}$	$\frac{2205,6}{26}$	$\frac{2028,6}{22}$
6	$\frac{1617,0}{78}$	$\frac{1793,4}{80}$	$\frac{2680,7}{47}$	$\frac{3034,0}{40}$	$\frac{3476,8}{24}$
12	$\frac{1222,6}{70}$	$\frac{1654,4}{44}$	$\frac{2122,5}{40}$	$\frac{1918,4}{28}$	$\frac{2323,2}{22}$
18	$\frac{1140,7}{47}$	$\frac{1481,7}{42}$	$\frac{1599,4}{39}$	$\frac{1587,6}{36}$	$\frac{2093,2}{22}$

В тесной связи с характером развития корневой системы сеянцев находится выход стандартного посадочного материала с единицы площади. Наилучшие результаты показал вариант при ширине посевной строчки 6 см и норме высева 0,75 (табл. 3). Практически при данном способе посева сортировку посадочного материала можно не производить. Увеличение нормы высева до 2,5 г на 1 пог. м увеличивает общий выход стандартных сеянцев до 3000 тыс. шт., но качество их заметно ухудшается (выход первосортных сеянцев в этом случае составляет всего лишь 40%).

УДК 634.0.232

## ГДЕ ЛУЧШЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ МАГОНИЮ

*Mahonia aquifolium* Nutt.

И. И. СТАРЧЕНКО  
(Мариупольская ЛОС)

В книге Б. И. Логгинова «Основы полезащитного лесоразведения» (Изд-во УАСХН, 1961 г.) указано, что по своей низкорослости и почвозащитной способности магония полностью отвечает требованиям, предъявляемым к подлесочным породам для полезащитных лесных полос наиболее эффективной структуры (продуваемых внизу).

Исследования последних лет на Мариупольской агролесомелиоративной опытной станции показали, что в культурах ореха грецкого и бундука канадского с магонией и айвой японской в подлеске, заложенных в 1949 г. на обыкновенном глинистом черноземе, орех и бундук растут в присутствии магонии хуже, чем в присутствии айвы японской. Средний диаметр бундуков, растущих в смешении с магонией, в 1965 г. равнялся 5,2 см, а с айвой японской — 6,7 см. Среди бундуков, растущих с магонией, есть сухие и усыхающие. Средний диаметр ореха грецкого, растущего в смешении с магонией, в 1962 г. равнялся 5,2 см, а с айвой японской — 5,8 см.

С 20 апреля по 13 июля 1962 г. влажность почвы под айвой уменьшилась на 6,9%, а под магонией — на 11,2%. В октябре того же года в чистых культурах из магонии и айвы, заложенных в 1940—1941 гг., влажность 50-сантиметрового слоя почвы под магонией равнялась 22,4%, а под айвой — 31,4%. Магония расходует намного больше влаги, чем айва. В значительной мере это объясняется более мощной корневой системой магонии. Разница в корневой системе между магонией и айвой японской хорошо видна на сеянцах.

В табл. 1 приведены результаты взвешивания корневой системы в воздушно сухом состоянии у 3-летних сеянцев, взятой в монолитах размером 50×50×20 см (глубина раскопки 20 см).

Таблица 1

Породы	Высота, см	Диаметр у шейки корня, см	Общий вес корней в воздушно сухом состоянии, г	Количество корней до 2 мм, %
Магония	27	0,81	6,180	31,5
	17	0,53	3,450	33,3
Айва японская	32	0,39	2,950	15,2
	37	0,42	5,180	7,3

У магонии корневая система более чем в 2 раза мочковатее, чем у айвы японской; она похожа на корневую систему ясеня и расположена в большей мере в поверхностных горизонтах почвы. У 3-летних сеянцев магонии стержневой корень углубляется на 30 см, а у айвы — до 56 см.

Магония — вечнозеленый кустарник. Вегетационный период у нее продолжительнее, чем у айвы японской. Распространяясь в сильной степени корневыми отпрысками, а также семенами, магония быстро заселяет всю площадь под культурами. Исушение почвы достигает огромных размеров. Айва японская редко дает немногочисленные отпрыски. Поэтому в степной зоне магонию падуболистную лучше использовать в озеленительных целях.

УДК 634.0.232 : 519

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ

Ф. М. ОБЧИННИКОВ

(Омский сельскохозяйственный институт)

Невозможность проведения сплошного учета числа и веса сеянцев при постановке опытов на питомнике вызывает необходимость разработки методики косвенного определения этих показателей.

В питомниках наблюдается неравномерное распределение сеянцев, несмотря на некоторую их упорядоченность, достигаемую строчными посевами. Попытка создать в опыте однообразную густоту стояния сеянцев — грубая методическая ошибка, так как плотность посева на вариантах не случайна, а определяется влиянием тех или иных изучаемых признаков выращивания.

Мелкая величина, разнообразие, отсутствие резких границ и пестрота чередования пятен различной густоты стояния сеянцев не позволяют учитывать их отдельно. Поэтому для получения статистически средних данных всю площадь делянки приходится охватывать одной общей учетной операцией. Число особей, которое следует учесть, должно быть достаточным, чтобы сгладить все местные вариации мощности и густоты стояния растений.

Существующие методы сопоставления выборки сеянцев, не учитывающие этой особенности распределения растительного покрова, имеют низкую точность и требуют дальнейшего совершенствования.

Наиболее характерный показатель качества сеянцев — вес его надземной части и корней. Л. Ф. Правдин [2] отмечал, что «хвоя — самый чувствительный орган, быстро реагирующий на условия окружающей среды и определяющий рост и развитие органов растения». Поскольку, по данным А. В. Савиной [3], листовая поверхность хвои дерева пропорциональна весу хвои, можно было предположить, что между весом хвои и весом других органов сеянца есть корреляционная связь.

Мы поставили задачу выяснить, насколько существенна эта связь и изменяется ли она под влиянием высших условий. На материале полевых опытов ряда авторов изучали корреляционные связи между весом хвои и весом стволиков и корней. Было установлено, что между весом органов двухлетних сеянцев сосны существует тесная прямая корреляционная связь, достоверная при 0,1%-ном уровне значимости (табл.1).

Таблица 1

Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции	Ошибка коэффициента корреляции	Критерий существенности	Уравнение регрессии
Сухой вес хвои — сухой вес корней	0,81	0,15	5,1	$K = 2,0 + 0,284X$
Сухой вес хвои — сухой вес стволиков	0,87	0,14	6,2	$C = 7,8 + 0,333X$
Сухой вес хвои — сухой вес стволиков и корней	0,97	0,07	14,0	$D = 7,8 + 0,636X$

Примечание.  $T_{0,001} = 4,1$ ;  $X$  — сухой вес хвои, г;  $C$  — сухой вес стволиков, г;  $K$  — сухой вес корней, г;  $D$  — сухой вес стволиков и корней, г.

Наибольшая корреляция наблюдается между весом хвои и суммарным весом стволиков и корней, что, видимо, объясняется отсутствием у сосны морфологически различной корневой шейки и, в связи с этим, неизбежными ошибками при расчленении сеянца на надземную и корневую части.

На основании приведенных данных мы предлагаем следующую методику определения веса сеянца сосны. Во время перечета сеянцев на учетных отрезках, закладываемых равномерно по всему участку (делянке), собирают надземную часть 25—100 сеянцев (в зависимости от требуемой точности). Отбор сеянцев в пробу производят

или по таблицам случайных чисел или механически через определенный интервал счета. Общий вес семян находят по уравнению

$$A = 7,8 + 1,636X,$$

где  $A$  — абс. сухой вес семян, г;

$X$  — абс. сухой вес хвои, г.

Вес корней находят по разности между общим весом семян и весом хвои и стволиков.

Сравнение методов непосредственного нахождения веса семян путем выкопки корневой системы и учета веса всех его органов и определение веса семян по уравнению регрессии показало, что ошибка определения не превышает 5% (табл. 2).

Таблица 2

Исследователь и изучаемый прием	Сухой вес 100 семян, г				Вычислен- ный общий вес, г	Раз- ность, г	Разность, % от фак- тического общего веса
	хвоя	ство- лики	корни	общий			
Калининченко Н. П. и др. [1] Компост 100 т/га + N <sub>аа</sub> 120 P <sub>с</sub> 310K <sub>к</sub> 60 . . . . .	103,6	54,6	24,9	183,1	177,2	5,9	3,2
Компост 100 т/га + P <sub>с</sub> 310 . . . . .	96,7	48,7	24,6	170,0	165,9	4,1	2,4
Компост 100 т/га + N <sub>аа</sub> 120 . . . . .	91,4	37,5	21,9	150,8	157,4	-6,6	-4,4
Компост 100 т/га + K <sub>к</sub> 60 . . . . .	84,9	38,3	21,0	144,2	146,7	-2,5	-1,7
Компост 100 т/га . . . . .	83,7	37,6	20,8	142,1	144,7	-2,6	-1,8
Шестакова В. А. [4] Контроль . . . . .	97	33	33	163	166,4	-3,4	-2,1
Бактеризация семян азотобактерином . . . . .	121	46	38	205	205,7	-0,7	-0,3
фосфоробактерином . . . . .	112	43	39	194	191,0	3,0	1,5
азото + фосфоробактерином Бактериальная подкормка азотобактерином . . . . .	121	52	40	213	205,7	7,3	3,4
фосфоробактерином . . . . .	107	41	36	184	182,9	1,1	0,6
азото + фосфоробактерином Штурм В. Н. [5] норма высева семян, г/м <sup>2</sup> гряды 5,6 . . . . .	130	49	42	221	220,4	0,6	0,3
11,2 . . . . .	200	63	77	340	335,0	+5,0	+1,5
22,4 . . . . .	120	40	35	195	204,1	-9,1	-4,7
33,6 . . . . .	60	24	22	106	105,9	0,1	0,1
	30	17	12	59	56,9	2,1	3,6

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. П. Калининченко, А. И. Писаренко, Н. А. Смирнов. Лесовосстановление и лесовыращивание. Изд-во «Лесная промышленность», 1967. [2]. Л. Ф. Правдин. Сосна обыкновенная. Изд-во «Наука», М., 1964. [3]. А. В. Саввина. Физиологическое обоснование рубок ухода. Гослесбумиздат, 1961. [4]. В. А. Шестакова. В книге А. И. Ахромейко «Физиологическое обоснование создания устойчивых лесных насаждений». Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [5]. В. Н. Штурм. Влияние густоты посева на рост семян сосны. Орел, 1927.

УДК 634.0.2

ОБ ОСВЕЩЕННОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСНЫХ АССОЦИАЦИЯХ  
ЮГА САХАЛИНА

В. А. РОЖКОВ, А. З. ШВИДЕНКО

(Сахалинская лесная опытная станция)

Световой режим определяет характер и интенсивность важнейших процессов в жизнедеятельности леса и растительности в целом. Этому вопросу посвящены многочисленные исследования [1], [2], [4], [5], [6], [8].

Леса юга Сахалина, отнесенные А. И. Толмачевым [7] к подзоне темно-хвойных с преобладанием пихты, отличаются значительным разнообразием. Это разнообразие обусловлено как обилием южных флористических элементов (*Quercus crispula* Blme., *Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc., *Actinidia kolomikta* Maxim., *Vitis Kaempferi* Koch., *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill. и др.), часто существенным образом видоизменяющих облик типичного аянского леса, так и наличием растительных группировок, характерных только для этой подзоны. К последним следует отнести смешанные хвойно-широколиственные леса и особенно гигантские (до 4 м) заросли *Polygonum sachalinens* Fr. Schm. с участием других представителей крупнотравья (*P. Weyrichii*, *Angelica*, *Senecio*, *Filipendula*, *Caecalia*, *Petasites*); наиболее обширные заросли образуются южнее 48° с.ш., но встречаются и севернее. Во многих типах леса и на вырубках отмечен сплошной подлесок из курильского бамбука.

Для влажного муссонного климата свойственна определенная «мягкость» светового режима. В окрестностях г. Долинска, например, вероятность пасмурного (8—10 баллов) состояния неба на протяжении года не опускается ниже 50%, а в летние месяцы — ниже 63%. При этом наблюдающееся солнечное сияние не превышает 40% от возможного [3]. Значительно число дней без солнца.

Чтобы выяснить некоторые экологические особенности лесных ассоциаций юга Сахалина, мы изучали освещенность под пологом леса в период максимального развития листовой поверхности (июль — август). Измерения проводили в 13—14 час. при помощи люксметров Ю-16 на поверхности почвы и над подлеском и покровом. Все участки расположены на южном склоне крутизной 10—15°. Для контроля одновременно замеряли освещенность на открытом месте. В табл. 1 приведено краткое описание участков и среднее значение освещенности (в процентах к освещенности на открытом месте)\*.

Таблица 1

Краткая характеристика участков	Вариант	Освещенность, %
Каменноберезник с курильским бамбуком 10Б.к, ед.Е.а, Пх, II класс возраста, полнота 0,8, средний диаметр 16,0 см, средняя высота 14 м. Подлесок курильский бамбук, высота 1,0—1,3 м, проективное покрытие 0,9. Покров редкий — осоки, майник	а	10
	б	24
То же самое по вырубке 1961 г.	а	15
	б	100
Каменноберезник с высокотравьем 10Б.к, ед.Е.а, Пх, II класс возраста, полнота 0,7. Средний диаметр 30 см, средняя высота 22 м. Подлесок очень редкий — калина развильчатая, ольха Максимовича. Покров — высокотравье, высота 1,5—1,9 м, проективное покрытие 0,6.	а	4
	б	26
То же самое по вырубке 1961 г., высокотравье, высота 2,5 м, проективное покрытие 1,0.	а	0,3
Елово-пихтовый зеленомошник 9Е.а.1Пх, II класс возраста, полнота 0,9. Подлесок и покров отсутствуют.	а	4
	а	2
Лиственничник разнотравный 10Лц, II класс возраста, полнота 1,0. Подлесок и покров отсутствуют.	а	10
	а	7
Каменноберезник с курильским бамбуком 10Б.к, IX класс возраста, полнота 0,5. Подлесок сплошной, курильский бамбук, высота 1,3—1,6 м, проективное покрытие 1,0. Покров — единично осоки, майник.	а	7
	б	50

Из данных табл. 1 можно сделать ряд выводов.

1. Минимальная освещенность (примерно в 300 раз меньше, чем на открытом месте) наблюдается на поверхности почвы в зарослях высокотравья (в обычные для Сахалина пасмурные дни освещенность превышает 70—90 лк). Этим в значительной мере объясняется устойчивость островков высокотравья по ложбинам и на депрессиях склонов в различных типах леса. Несмотря на относительно свободный доступ семян лесных пород, на таких участках не появляется подрост.

\* Средние значения вычислены из 30 измерений по каждому варианту.

Особый интерес представляет гигантизм высокотравья, состоящего из ряда ценных в кормовом отношении видов. Несомненно, здесь мы сталкиваемся с неоднократно отмеченным усилением вегетативного роста растения в условиях недостаточного [2], [5] и «смягченного» [9] освещения. В пользу этого говорит и то, что максимальный рост высокотравья наблюдается в пониженных равнинных местообитаниях с их избыточным почвенным увлажнением, как правило, расположенных вблизи от морского берега и подвергающихся воздействию частых туманов.

2. В лесу на поверхности почв освещенность в различных типах варьирует от 2 до 10%. Если в темно-хвойных лесах уровень освещенности определяется сомкнутостью основного полога, то в каменноберезниках с их исключительно богатым подлеском или покровом освещенность зависит именно от развития последних. Над пологом подлеска освещенность резко колеблется в зависимости от полноты насаждений и типов леса.

3. По нашим наблюдениям сучья у ели и пихты интенсивно отмирают, как правило, при образовании устойчивого полога, пропускающего не более 2—5% от освещенности на открытом месте, у лиственницы — 15—20%.

4. Недостаточность освещения — основное препятствие для естественного возобновления под пологом темно-хвойных лесов. В каменноберезниках с курильским бамбуком определяющую роль играет сплошное задержание почвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Г. Барышников. О роли света в побегообразовании растений. Сб. «Физиология питания, роста и устойчивости растений в Сибири и на Дальнем Востоке». Изд. АН СССР, М., 1963. [2]. Т. Е. Кислякова. Фотосинтез и дыхание картофеля на Крайнем Севере. Изд. АН СССР, М., 1963. [3]. Климатический справочник СССР, вып. 27, по Сахалинской области и Камчатской области Хабаровского края. Гидрометеиздат, М.—Л., 1950. [4]. Н. С. Нестеров. Очерки по лесоведению. Сельхозгиз, М., 1960. [5]. Э. Джон Рессель. Почвенные условия и рост растений. Сельхозгиз, М., 1936. [6]. В. И. Таранков. Динамика освещенности в хвойно-широколиственных лесах Южного Приморья. Сообщения ДВ филиала СО АН СССР, Владивосток, 1964. [7]. А. И. Толмачев. Геоботаническое районирование острова Сахалина. Изд. АН СССР, М.—Л., 1955. [8]. А. Н. Шахов. Энергетика и взаимосвязь светового и корневого питания растений. Сб. «Растения и среда», т. IV. Изд. АН СССР, М., 1962. [9]. А. Н. Шахов, С. А. Станко. Облучение семян растений концентрированным солнечным светом. Сб. «Растение и среда», т. IV, Изд. АН СССР, М., 1962.

УДК 634.0.231

## О РОЛИ ПОЧВЕННОГО ЗАПАСА СЕМЯН В ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ ТЕМНОХВОЙНО- ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Р. С. ЗУБАРЕВА, В. И. ПАНОВ

(Институт экологии растений и животных УФАИ СССР)

Данные о почвенном запасе семян в лесах таежной зоны немногочисленны и относятся к древесным породам с разными эколого-биологическими особенностями и к годам с различными погодными условиями. Крайне пестра и географическая приуроченность наблюдений ([6], [7], [5], [2], [3], [4] и др.). В связи с этим суждения о влиянии запаса семян на лесовосстановительные процессы в таежной зоне довольно противоречивы. Для ряда регионов тайги, в том числе Среднего Урала, они отсутствуют вообще, что побудило нас уделить этому вопросу внимание при изучении лесных массивов темнохвойно-широколиственной подзоны.

Наблюдения проводились в лесах Сабарской возвышенности (юго-запад Свердловской области, Артинское лесничество) под пологом леса и на зимних концентрированных вырубках первого года. Экспериментальные участки были выбраны в широко распространенном типе леса — ельнике крупнотравно-папоротниковом с липой. Приурочен он к платообразным вершинам и пологим верхним частям склонов (с абсолютными отметками 350—500 м) со свежими периодически переувлажненными серыми горно-лесными суглинистыми почвами, подстилами из песчаниками и конгломератами. Состав спелого и перестойного древостоя 4ЕЗП2Лп1Ил, ед. Б, Р6; класс бонитета II—III; полнота 0,6; численность подроста около 8 тыс. шт./га, причем возобновление ели и пихты суммарно не превышает 10—15%, а господствуют ильм и липа (вместе с подлеском других древесно-кустарниковых пород их сомкнутость 0,3—0,5). Напоч-

венный покров густой, с покрытием 0,8—0,9. После рубок на лесосеках формируется разнотравно-кустарниковый тип вырубки.

Запас семян в почве и на ее поверхности определяли на пробных площадях (по 0,5 га каждая) дважды: в 1964 и 1965 гг. При этом первые наблюдения проводили после неурожайных для хвойных пород лет, вторые — после среднеурожайного года (по данным Свердловской контрольной лесосеменной станции, баллы по шкале Каппера составляли: в 1961 г. — 1, в 1962 г. — 1, в 1963 г. — 0 и только в 1964 г. — 2). Для учета запаса семян под пологом леса брали образцы на 10 учетных площадках (10 × 10 см) из подстилки (A<sub>0</sub> — 0—3 см) и гумусового горизонта (A<sub>1</sub> — 3—10 см). Запас семян на лесосеках определяли по образцам с 12 учетных площадок, причем 6 из них были расположены между волоками и 6 — на волоках. Учитывая нарушение целостности почвенных горизонтов на лесосеках, образцы брали и в горизонте A<sub>2</sub>B (на глубине 10—15 см). Образцы просеивали через почвенное сито, а затем вручную выбирали семена и подразделяли их по внешним признакам на здоровые, гнилые и пустые. У внешне здоровых семян учета 1965 г. определяли всхожесть путем проращивания в лабораторных условиях. Для выяснения дальнейшей судьбы семян на пробных площадях учитывали всходы древесных пород.

Местоположение	Год наблюдений	Горизонт, в котором взят образец	Количество семян					
			ель			пихта		
			з	г	п	з	г	п
Полог леса	1964	A <sub>0</sub>	—	40	20	—	100	60
		A <sub>1</sub>	—	190	70	—	—	—
	1965	A <sub>0</sub>	120	260	150	60	100	120
		A <sub>1</sub>	10	50	110	—	20	—
Вырубка	1964	A <sub>0</sub>	—	8	—	—	8	—
		A <sub>1</sub>	8	100	—	—	8	8
		A <sub>2</sub> B	—	8	—	—	17	—
	1965	A <sub>0</sub>	50	184	34	17	50	167
		A <sub>1</sub>	—	67	33	—	—	50
		A <sub>2</sub> B	—	—	—	—	33	—

Примечание. з — здоровые; г — гнилые; п — пустые.

Результаты наблюдений за запасом хвойных семян (табл. 1) показывают, что после неурожайных и слабо урожайных лет в почве под пологом леса не обнаруживается здоровых семян ели и пихты. На однолетних зимних рубках отмечено небольшое количество внешне здоровых, но невсхожих семян ели. Это объясняется выпадением семян из немногочисленных слабо развитых шишек ели при механическом воздействии на деревья в процессе лесозаготовительных работ. Во втором году наблюдений на 1 м<sup>2</sup> площади под пологом древостоя насчитывалось в среднем 130 здоровых семян ели и 60 — пихты. Значительным (но в 2—3 раза меньшим) было число хвойных семян в почве вырубки.

В 1964 г. отмечался хороший урожай семян ильма и березы. Ко времени учета (первая декада июля) семена их в обилии встречались под пологом леса (на 1 м<sup>2</sup> 100 экз. ильма и 60 экз. березы). На зимней лесосеке здоровые семена лиственных пород отсутствовали. Во второй год наблюдений в числе внешне здоровых семян лиственных пород под пологом древостоя обнаружены семена березы, липы и ильма (соответственно 40, 70 и 10 экз./м<sup>2</sup>). Однако они относятся к урожаю прошлого года, ибо учет проводили в июне — ранее средних сроков созревания [1].

Из всего обилия внешне здоровых семян запаса 1965 г. проросшими в лабораторных условиях оказалось около 70% семян ели и березы. В почве отмечалось также значительное количество пустых и гнилых семян. Интересно, что среди семян ильма и березы пустые отсутствовали. У ели и пихты число пустых, как и здоровых семян, резко возрастало в урожайный год. Под пологом леса пустых было в два раза больше, чем здоровых. Число пустых и здоровых семян ели на вырубке было почти одинаковым, а у пихты соотношение их составляло 10:1.

Абсолютное большинство здоровых семян древесных пород под пологом леса и на вырубке распределялось в лесной подстилке на глубине до 3 см. В гумусовом горизонте, а на вырубке иногда и в A<sub>2</sub>B семена были преимущественно пустые и гнилые.

Климатический режим региона в период наблюдений по основным метеорологическим показателям был близок к среднему многолетнему. В связи с этим при опти-

мальном урожае семян лесобразующих пород в 1965 г. в последующем 1966 г. можно было ожидать и оптимальное число всходов. Сравнение данных летнего учета 1966 г. на пробных площадях  $50 \times 1$  м (табл. 2) с численностью семян (табл. 1) позволяет отметить, что под пологом леса всходы темнохвойных пород появлялись в среднем из каждого тысячного семени ели и каждого восьмисотого у пихты. На вырубке число всходов на 1 га оказалось большим: семена ели, давшие всходы, составили 0,5%, а пихты — около 2% запаса всех внешне здоровых семян, причем преобладающее число всходов появилось между волоками. Следует отметить невысокую жизнеспособность ели и пихты на первых этапах развития. Так, данные табл. 2 показывают, что уже в середине июня усохло около 15% всех всходов хвойных.

Из лиственных пород только у ильма отмечены обильные всходы, причем на лесосеках они развиваются чаще на минерализованных участках волоков. Семена липы всходов не дали. Большое обилие семян березы в почве и хорошая энергия их прорастания в лабораторных условиях не обеспечили, однако, появления всходов березы в природной обстановке, что, по-видимому, объясняется угнетающим влиянием густого крупнотравного покрова, развитого под пологом леса и на вырубках.

Таблица 1

на 1 м<sup>2</sup> по породам и качеству

ильм			липа			береза		
з	г	п	з	г	п	з	г	п
80	130	—	—	—	—	60	990	—
20	20	—	—	—	—	—	540	—
10	60	—	50	—	30	40	210	—
—	—	—	20	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	42	—
—	—	—	—	—	—	—	581	—
—	—	—	—	—	—	—	17	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 2

Местоположение пробной площади	Количество всходов, тыс. экз./га								
	ель			пихта			ильм		
	з	с	у	з	с	у	з	с	у
Полог леса . . . . .	1,2	—	—	0,8	—	—	36,4	—	—
Вырубка однолетняя									
между волоками . . . . .	1,9	—	0,5	2,9	—	0,5	20,0	—	—
на волоках . . . . .	0,7	—	—	0,4	—	—	60,8	—	—
среднее общее . . . . .	2,6	—	0,5	3,3	—	0,5	80,8	—	—

Примечание. з — здоровые, с — сомнительные, у — усохшие.

Таким образом, в неурожайные годы запас здоровых хвойных семян практически отсутствует, а в среднеурожайные суммарно у ели и пихты под пологом леса доходит до  $2 \times 10^6$  экз./га, вдвое снижаясь на лесосеках зимней рубки. Однако этот потенциальный резерв семян дает крайне небольшое число жизнеспособных всходов (0,1—2,0% запаса). Неизбежный последующий отпад подроста, при редких урожайных годах, способствует в целом напряженному лесовозобновительному балансу ели и пихты в темнохвойно-широколиственных лесах Среднего Урала. На вырубках численность хвойного подроста нарастает еще медленнее, преимущественно из дорубочного запаса семян. В связи с этим основным путем естественного возобновления вырубок следует считать сохранение материнского дорубочного хвойного подроста. Для сохранения лесобразующей роли ели и пихты важно учитывать также периодичность их плодоношения, намечая рубки в сложных типах леса в урожайные годы.

Неустойчивое семенное возобновление лиственных пород в лесах подзоны компенсируется хорошим вегетативным размножением, стабилизируя лесовосстановление под пологом древостоев и на вырубках.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Н. Долгошев. Созревание и сроки сбора семян и плодов главнейших древесных пород и кустарников. Географический сборник XVI «Вопросы фенологии леса», АН СССР, М.—Л., 1963. [2]. Т. А. Мелехова, П. Н. Пастухова, А. А. Карелина. К вопросу о запасе семян. Сб. «Концентрированные рубки в лесах Севера», АН СССР, М., 1954. [3]. А. В. Побединский. Использование почвенного запаса семян в целях возобновления леса. Бюллетень научно-технической информации ВНИИЛМ, вып. 9, М., 1958 [4]. Е. Н. Савин. Почвенный запас семян в сосняках Приангарья и его значение в возобновлении вырубок. Труды Института леса и древесины, т. 57, Красноярск, 1963. [5]. Н. А. Юрре. Возобновление хвойного леса на площадях концентрированных рубок. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1953. [6]. K. Ueda. Über das Verhältnis der natürlichen Verjüngung auf dem abgetriebenen Urwald in Karafuto. Bulletin of the Forestry Experiment stations, Kyoto University, № 12, Kyoto, Japan, 1939. [7]. J. Sato. Einiges über Menge und Beschaffenheit des Iezofichtenzapfens (*Picea sezoensis* Garr.). Research Bulletins of the College Experiment Forests Hokkaido University Val, XII, 2, Sapporo, Japan, 1942.

УДК 634.05

## ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ЛИСТВЕННИЧНО-БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ АМУРО-ЗЕЙСКОГО ПЛАТО

Л. В. ЧИСТЯКОВ

(6-я Московская аэрофотолесоустроительная экспедиция)

Возрастное строение лиственничных насаждений исследовано довольно хорошо [1], [4], [5], [6]. Известны высказывания о наличии одновозрастных лиственничников на территории Амурской области [1], [3], однако специального изучения возрастного строения древостоев Дальнего Востока не было. В связи с этим мы поставили целью выяснить возрастную структуру лиственничных и березовых насаждений, произрастающих на Амуро-Зейском плато.

Исследования проводили как в чистых, так и в смешанных лиственничных и березовых древостаях, при полнотах от 0,3 до 0,7 и в наиболее распространенных типах леса — лиственничниках рододендроновом и ольховом, III—IV классов бонитета, а также в производных березняках. Перечисленные леса сходны по условиям местопрорастания и типу строения.

Для изучения возрастной структуры использованы материалы 250 пробных площадей и 4339 модельных деревьев, обмеренных в разных районах плато в 1911, 1913, 1936, 1953, 1954, 1957, 1958, 1959, 1964 и 1965 гг. Полевые исследования мы проводили в 1964—1965 гг. Кроме этого, определяли возраст по 2020 пням, оставшимся при лесозаготовках. Выяснилось, что число годовичных колец близко у пней всех толщин. Это позволило судить об определенной одновозрастности пород, составляющих насаждение. Обмер модельных деревьев по всем ступеням толщины показал то же самое.

Средний возраст древостоя (пробы) принимали за единицу, возраст всех деревьев выражали в относительных величинах. В результате были получены эмпирические ряды распределения деревьев по естественным ступеням возраста. Такое распределение признано и другими авторами.

Сопоставление рядов показало, что возрастная структура зависит от состава и возрастной группы насаждений.

Полнота и класс бонитета не оказывают влияния на возрастное строение насаждения.

Среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  рядов распределения числа стволов по естественным ступеням возраста во всех группах колеблется в пределах 0,055—0,100, при коэффициенте вариации  $C$ , равном 5,5—10,2%.

Кривые, построенные по эмпирическим рядам, близки к кривым нормального распределения, поэтому стало возможным выравнивание рядов по формуле Гаусса — Лапласа

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

Несколько отклоняется от нормального ряд березы состава 10Б—7БЗЛ в возрасте свыше 60 лет. В этом случае лучшие результаты дает выравнивание по формуле кривой распределения типа А

$$f_A(x) = f(x) - \frac{r_3}{6} f^{(3)}(x) + \frac{r_4 - 3}{24} f^{(4)}(x).$$

Такое отклонение вызывается тем, что березовая часть насаждений старших возрастов содержит большее число деревьев моложе среднего возраста.

Проверка соответствия эмпирического ряда теоретическому распределению при помощи критерия  $\lambda$  показала во всех случаях отсутствие реального различия между ними. Значения  $\lambda$  колеблются от 0,136 до 0,980, то есть всегда ниже уровня значимости, равного 1,36.

Ряды распределения числа деревьев по естественным ступеням возраста представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав	Возрастная группа, лет	Порода	Количество деревьев, %, по естественным ступеням возраста						Количество деревьев в ступенях 0,9—1,1, %
			0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
10Л—7ЛЗБ	60—100	Лиственница	—	0,12	23,65	64,01	12,22	—	99,88
"	110—190		—	2,35	26,81	52,99	17,85	—	97,65
5Л5Б—7БЗЛ	60—100	" "	—	—	16,70	72,90	10,40	—	100
"	110—190		—	2,25	25,14	55,59	17,02	—	97,75
10Б—7БЗЛ	30—50	Береза	—	4,18	30,08	48,36	17,38	—	95,82
"	60—110		1,24	8,39	27,94	39,65	20,75	2,03	88,34
5Б5Л—7ЛЗБ	30—50	" "	—	1,35	25,84	56,27	16,54	—	98,65
"	60—110		—	3,24	26,32	48,83	19,83	1,78	94,98

Несмотря на различие рядов распределения (табл. 1), все они содержат небольшое число естественных ступеней возраста. Основное количество деревьев сосредоточено в ступенях, близких к средней.

По мере уменьшения возраста резко сокращаются колебания возраста деревьев по отношению к среднему. Так, при возрасте лиственницы 200 лет ступень 0,9 отклоняется от средней на 20 лет, так же как и ступень 1,1. Следовательно, в этом случае отклонения от среднего возраста составляют 40 лет, то есть два хозяйственных класса возраста. С понижением возраста отклонения уменьшаются и при возрасте насаждения 60 лет равны 12 годам, то есть почти половине одного класса возраста. Аналогичная закономерность наблюдается и в рядах распределения березы.

Существует ряд положений, определяющих возрастную тип насаждения [5], [6]. Исходя из результатов наших исследований, можно сказать, что лиственнично-березовые насаждения Амуро-Зейского плато (как чистые, так и смешанные) в целом одновозрастные, без наличия в них отдельных поколений. В одном и том же насаждении возраст лиственницы и березы может быть разным, но каждая порода одновозрастна. Вместе с тем, насаждения лиственницы до 100 лет включительно (то есть до VI класса возраста) следует считать одновозрастными, а свыше 101 года — условно одновозрастными; березовые до 50 лет — одновозрастными, свыше 51 года — условно одновозрастными.

С повышением возраста насаждения наблюдается тенденция к разновозрастности (незначительной и не влияющей на строение насаждений в целом). В этом отличие лесов Амуро-Зейского плато от насаждений севера Амурской области, где в верхнем течении р. Зеи [2] колебания возраста в лиственничниках настолько сильны, что, начиная с VI класса, они становятся разновозрастными.

На Амуро-Зейском плато пожары имеют вид беглых низовых палов, уничтожающих всходы и ранний молодняк. Часто повторяющиеся в одном месте, они препятствуют образованию нового поколения и способствуют задернению почвы. На площадях, где почвенные условия допускают развитие всходов, лиственница после семенного года возобновляется успешно, и, если не повторяется пожар, образуется одновозрастный древостой. Всходы, появляющиеся позже, уничтожаются палами, так что новые поколения или не образуются, или по отношению к сформировавшемуся древостойу выступают в роли одновозрастного подростка.

Все сказанное относится и к березе. Вместе с тем, ввиду способности к порослевому размножению, березовая часть насаждений обычно содержит большее число деревьев моложе среднего и в ряде случаев ряды распределения ее по естественным ступеням возраста более растянуты.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. М. Глазов. Варьирование средних диаметров насаждений в крупных лесных массивах. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1965. [2]. Н. М. Глазов. Изменчивость и взаимосвязь основных таксационных признаков в лиственничниках верхнего течения реки. Зен. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, Красноярск, 1964. [3]. Е. Р. Киселев, Ю. П. Зубов. Леса Амурской области. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1964. [4]. Б. П. Колесников. Лиственный лес Средне-Амурской равнины. Труды Дальневосточной базы им. В. Л. Комарова, вып. 1, Примиздат, Владивосток, 1947. [5]. Б. Н. Тихомиров, И. Ю. Коропчанский, Э. Н. Фалалеев. Лиственные леса Сибири и Дальнего Востока. Гослесбумиздат, М.—Л., 1961. [6]. С. С. Шанни, С. Н. Тобис. Возрастное строение лиственных древостоев. Лиственный. Сборник статей Сибирского технологического института, т. XXIX, Красноярск, 1962.

УДК 581.1:634.741

## ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПЛОДОНОШЕНИЕ ИРГИ КОЛОСИСТОЙ \*

А. А. НОВИКОВА

(Институт экспериментальной ботаники АН БССР)

В комплексе экологических факторов, влияющих на рост и развитие растений, одно из первых мест занимают влага и свет. Действию этих факторов на плодоношение растений посвящен ряд работ ([1]—[9] и др.).

Цель наших исследований — установление влияния различной влажности почвы и продолжительности освещения на развитие 4-летних саженцев ирги колосистой (*Amelanchier spicata* (L.) С. Koch.). Для этого были заложены вегетационные опыты в 1965 и 1966 гг. при 20, 40, 60 и 80%-ной влажности почвы (от ее полной влагоёмкости) в трех камерах. В I камере освещение было естественным; во II камере день был удлинён: с 9 до 16 час. — естественное освещение, с 16 до 9 час. — «досвечивание» люминесцентными лампами ДС-30; в III камере день укороченный: с 16 до 9 час. ее закрывали черной светонепроницаемой бумагой.

Данные о влиянии различной влажности почвы и продолжительности освещения (камера I) на цветение и плодоношение ирги колосистой приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влажность почвы, %	Количество соцветий на 1 лог. м	Среднее количество цветков в одном соцветии	Среднее количество цветков на 1 лог. м	Количество завязавшихся плодов на 1 лог. м	Процент завязавшихся плодов	Количество созревших плодов	Процент созревших плодов
20	20,3	10,6	215,2	117,6	54,6	55,1	25,6
40	16,5	9,6	158,4	128,1	80,9	50,0	31,6
60	18,1	8,1	146,6	126,3	86,2	70,9	48,4
80	16,4	8,2	134,5	115,3	85,7	57,5	42,8

Наибольший процент завязавшихся и созревших плодов был у саженцев ирги колосистой, выращенных при влажности почвы, равной 60% от ее полной влагоёмкости. При снижении и повышении влажности почвы процент завязавшихся и созревших плодов снижается.

Плоды и семена ирги колосистой в условиях вегетационного опыта созревали неравномерно. Их характеристика дана в табл. 2 по срокам сбора (9/VI, 11/VI, 21/VI, 24/VI, 6/VII, 12/VII).

Из таблицы видно, что сроки созревания плодов в значительной степени варьируют в зависимости от влажности почвы и продолжительности освещения. Так, наиболее интенсивное созревание плодов при любой влажности почвы происходит в камере с удлинённым днем. В камере с укороченным днем начало созревания пло-

\* Работа выполнена под руководством акад. АН БССР, доктора биологических наук, проф. Н. Д. Нестеровича.

Таблица 2

№ камер	Влаж-ность почвы, %	Начало созревания плодов	Конец созревания плодов	Размеры плодов		Вес 100 плодов, г	Среднее количество семян в плоде, шт.	Размеры семян		Вес 100 семян, г
				длина, см	диаметр, см			длина, см	диаметр, см	
I	20	21/VI	12/VII	0,57	0,54	9,1027	1,9	0,32	0,16	0,3473
II	20	24/VI	12/VII	0,56	0,53	7,8300	1,5	0,30	0,16	0,3171
III	20	11/VI	6/VII	0,80	0,76	26,7632	2,6	0,36	0,18	0,4714
I	40	9/VI	12/VII	0,85	0,79	31,6829	2,8	0,35	0,18	0,4786
II	40	9/VI	6/VII	0,82	0,79	29,9037	3,6	0,36	0,19	0,5226
III	40	11/VI	12/VII	0,80	0,77	28,8689	3,3	0,35	0,19	0,5087
I	60	9/VI	12/VII	0,88	0,85	31,9660	2,7	0,36	0,20	0,5892
II	60	9/VI	6/VII	0,88	0,83	31,7634	3,0	0,37	0,22	0,6309
III	60	21/VI	12/VII	0,84	0,82	30,4033	2,7	0,35	0,19	0,5540
I	80	9/VI	12/VII	0,88	0,85	32,0100	3,1	0,37	0,20	0,5808
II	80	9/VI	6/VII	0,89	0,87	34,6379	3,4	0,37	0,20	0,5813
III	80	21/VI	12/VII	0,86	0,85	31,0005	3,3	0,37	0,19	0,5228

дов задерживалось на 2—12 дней, а окончание затягивалось на 6 дней. С повышением влажности почвы эти задержки в созревании плодов увеличивались.

При большей влажности почвы увеличиваются вес и размеры плодов по длине и диаметру. Они зависят также от продолжительности освещения. При влажности 40 и 60% от полной влагоемкости максимальные размеры и вес плодов отмечены в камере с естественным днем и минимальные — с укороченным днем. При влажности почвы 80% от полной влагоемкости наибольшие размеры и вес плодов отмечены в камере с удлиненным днем; наименьшие при влажности 40, 60 и 80% — с укороченным днем.

С увеличением влажности почвы возрастает число семян в плоде, их размеры и вес. На показателях семян в значительной мере сказывается также продолжительность освещения. При влажности почвы 40, 60 и 80% от полной влагоемкости количество семян в плоде, их размеры и вес максимальные в камере с удлиненным днем. Следовательно, для роста и развития семян продолжительность освещения имеет большее значение, чем для развития плодов. При минимальной влажности почвы (20% от ее полной влагоемкости) отмеченных выше закономерностей не обнаружено, вероятно, вследствие того, что в этом случае растения ирги колосистой находились в крайне неблагоприятных условиях, что в значительной мере изменило ход физиологических процессов в них.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Гуман. Исследования плодоношения березовых насаждений Капшинской дачи Паше-Капецкого учебно-опытного лесничества. Л., 1928. [2]. Н. П. Кобранов. О качестве бобов и семян в различных частях кроны белой акации (*Robinia pseudoacacia* L.) в молодом возрасте. Записки Сельскохозяйственного института, т. IV, Воронеж, 1922. [3]. Н. А. Максимов. Влияние засухи на физиологические процессы в растениях. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений, т. I, М., 1952. [4]. В. П. Малеев. Теоретические основы акклиматизации. Сельхозгиз, Л., 1933. [5]. В. Г. Нестеров. Общее лесоводство. М.—Л., 1949. [6]. Н. Д. Нестерович. Плодоношение интродуцированных древесных растений в БССР. Минск, 1955. [7]. Л. Ф. Правдин. К вопросу о плодоношении и наследственных свойствах ели на северо-западном и юго-восточном секторах кроны. Исследования по лесному хозяйству, сборник статей под редакцией проф. М. Е. Ткаченко, М.—Л., 1931. [8]. В. П. Тимофеев. Плодоношение сосновых насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 1. 1939. [9]. С. С. Шанин. Свет и развитие растений. М., 1963.

УДК 674.032.475.542

**О ПИГМЕНТАХ ПЛАСТИД В ХВОЕ ЕЛИ**

*А. М. ОЛЛЫКАЙНЕН*

(Ботанический сад Петрозаводского государственного университета)

Изменения пигментов в хвое ели изучены недостаточно [2]. В связи с этим нам представлялось целесообразным изучить динамику пигментов пластид в хвое ели в местных климатических условиях. Краткая характеристика деревьев, которые находились под наблюдением, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Вид	Происхождение посадочного материала, год посадки	Высота, м	Диаметр у корневой шейки, см
Ель обыкновенная . . . . .	Петрозаводск, 1954	2,5	9,5
Ель канадская . . . . .	Ленинград, 1954	2,7	11,5
Ель колючая (форма голубая) . . . . .	Ленинград, 1955	2,1	7,5

Для изучения содержания пигментов было выбрано по 3 дерева каждого вида в возрасте 11—13 лет, произрастающих на коллекционных участках ботанического сада. Для анализов брали хвою 1—3-летнего возраста со средней части кроны. Образцы отбирали в утренние часы три раза в месяц в течение двух лет с 1965—1966 гг. В качестве пробы служили средняя навеска (1000—1200 мг) свежей хвои. Объем вытяжки после извлечения пигментов ацетоном составлял обычно 20—25 мл.

Пигменты разделяли методом бумажной хроматографии по Д. И. Сапожникову [3]. Хлорофиллы *a* и *b* разделяли в смеси петролейного эфира со спиртом (14:1), неоксантин — в системе растворителей петролейный эфир — бензол — спирт (6:18:1), основные каротиноиды разделяли смесью петролейного эфира и толуола в соотношении 1:1 [1]. Колориметрирование пигментов после элюции их с хроматограммы проводили на фотоэлектроколориметре ФЭК-М.

Данные по годичной динамике пигментов пластид в хвое ели приведены на рис. 1, 2 и в табл. 2.

Таблица 2

Месяц	Хлорофиллы		Отношение <i>a</i> к <i>b</i>	Каротиноиды				Сумма каротиноидов	Отношение хлорофилла к каротиноидам
	<i>a</i>	<i>b</i>		каротин	лютеин	виолоксантин	неоксантин		
Январь	0,780	0,345	2,26	0,112	0,242	0,054	0,050	0,458	2,46
Февраль	0,860	0,334	2,58	0,143	0,288	0,125	0,109	0,665	1,60
Март	0,860	0,338	2,54	0,150	0,290	0,067	0,098	0,605	1,98
Апрель	0,670	0,278	2,42	0,105	0,248	0,102	0,052	0,507	1,87
Май	0,990	0,340	2,91	0,156	0,380	0,103	0,141	0,783	1,70
Июнь	0,840	0,310	2,71	0,127	0,246	0,021	0,051	0,453	2,52
Июль	0,990	0,347	2,87	0,150	0,204	0,063	0,138	0,555	2,41
Август	1,510	0,492	3,08	0,236	0,302	0,125	0,302	0,955	2,08
Сентябрь	1,160	0,510	2,28	0,257	0,338	0,155	0,134	0,888	1,88
Октябрь	0,980	0,297	3,30	0,176	0,271	0,129	0,144	0,720	1,77
Ноябрь	0,800	0,268	2,98	0,124	0,250	0,078	0,142	0,494	2,16
Декабрь	0,885	0,314	2,82	0,125	0,315	0,101	0,053	0,544	2,02

Таким образом, содержание зеленых пигментов в хвое ели значительно колеблется в течение года. Сумма желтых пигментов подвержена меньшим колебаниям. Ель канадская и колючая содержат пигментов больше во второй половине года, ель обыкновенная содержит примерно равное количество пигментов в летние и зимние месяцы, наибольшее — осенью.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. А. Закржевский, А. М. Оллыкяйнен. Количественное определение основных каротиноидов хвои. Физиология растений, т. II, вып. 6, 1964.  
 [2]. Ю. Е. Новицкая. Физиологические и биохимические процессы у ели в еловых насаждениях Севера. Сб. «Вопросы селекции, семеноводства и физиологии древесных пород Севера». Карельское книжное изд-во, Петрозаводск, 1967.  
 [3]. Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследования. Изд-во «Наука», М.—Л., 1964.

УДК 634.0.266

## РОСТ ЛЕСНЫХ ПОЛОС ИЗ БЫСТРОРАСТУЩИХ ПОРОД В ЛЬВОВСКОЙ ОПЫТНО-СЕЛЕКЦИОННОЙ СТАНЦИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

М. Х. АЛЬ-САФФАР

(Украинская сельскохозяйственная академия)

В связи с наличием прямой зависимости полезной эффективности лесных полос от их высоты интересно изучить рост быстрорастущих пород в лесных полосах. Мы исследовали рост тополя бальзамического, тополя канадского и березы бородавчатой в лесных полосах Львовской опытно-селекционной станции (Курской области), расположенной на выщелоченных мощных черноземах.

Топольные лесные полосы, достигшие возраста 15—20 лет и более, встречаются в условиях колхозных и совхозных полей очень редко и, к сожалению, при их создании не всегда учитывается возможность использования почвенно-грунтовой влаги. В нашем случае этот недостаток исключен. Поэтому наши данные с достаточно высокой достоверностью могут быть использованы при исследовании лесных полос прилегающих районов, близких к природным условиям этой станции.

Для изучения роста лесных полос из быстрорастущих пород на Львовской станции мы предварительно проводили инвентаризацию\* всех лесных полос станции,

Таблица 1

Порода	Возраст, лет	Ярус	Число стволов	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Площадь сечений, м <sup>2</sup>	Запас древесины, м <sup>3</sup>	
Проба № 1									
Береза бородавчатая . . .	21	I	1238	17,2	15,6	}} Выше 16	23,77	161,82	
Клен ясенелистный . . .	21	II	255	12,2	15,4		5,39	28,66	
Итого . . . . .			1493				29,16	190,48	
Проба № 3									
Тополь бальзамический . . .	19	I	349	22,2	29,5	}} le	23,88	209,38	
"  канадский . . . . .	19	I	97	22,6	41,7		13,25	101,15	
Береза бородавчатая . . .	20	II	172	16,5	16,3		3,60	21,70	
Клен ясенелистный . . .	20	II	230	10,4	14,6		3,82	21,10	
Всего I яруса . . . . .			446				37,13	310,53	
Всего II яруса . . . . .			402				7,42	42,80	
Итого . . . . .			848				44,55	353,33	
Проба № 4									
Тополь бальзамический . . .	19	I	535	20,2	25,3	}} Id	26,83	212,6	
Береза бородавчатая . . .	20	II	219	13,8	12,6		2,74	12,3	
Ива ломкая . . . . .	19	II	105	15,4	14,7		1,79	10,8	
Всего II яруса . . . . .			324				4,53	23,1	
Итого . . . . .			859				31,36	235,7	

\* Работы были проведены совместно с аспирантом УСХА Ю. А. Атаманюком.

после чего выбрали шесть пробных площадей в различных типах лесных полезащитных полос.

Лесная полоса № 3 площадью 2,728 га (1240 × 22 м) была создана весной 1948 г. посадкой двухлетних сеянцев березы бородавчатой и клена ясенелистного с расстоянием в ряду 1,5 м (на 3 березы приходится 1 клен ясенелистный). Полоса состоит из 11 рядов с междурядьями 2,0 м, расположена с юга на север на равнинном участке, на выщелоченных мощных малогумусных черноземах, типичных для Льговской станции. В этой полосе заложена пробная площадь № 1 (0,231 га), основные таксационные показатели которой приведены в табл. 1 (в переводе на 1 га).

Насаждение сложное двухъярусное, полнота первого яруса 0,8, сомкнутость крон 1,0; второго соответственно 0,2 и 0,2. Состав насаждения 8Б2Кл. яс. Подрост средней густоты из акации и аморфы. Средний диаметр куста 1,6 м, средняя высота его 1,5 м.

Самосев из клена ясенелистного средней густоты расположен по площади неравномерно. На 1 га насчитывается 93 тыс. шт., средний возраст самосева — 2 года.

Пробная площадь № 3 заложена в лесной полосе № 5, созданной весной 1948 г. посадкой черенков тополя бальзамического и канадского и двухлетних сеянцев березы бородавчатой, дуба черешчатого, клена ясенелистного, клена остролистного и вяза. Полоса состоит из восьми рядов, ширина междурядья 2,0 м. Площадь полосы 1,332 га (740 × 18 м). Она расположена с востока на запад, на равнинной местности, на выщелоченных мощных малогумусных черноземах. Лесная полоса разделяется на три участка (выдела), отличающиеся составом пород и полнотой. Приводим краткую характеристику этих выделов.

Выдел «А» занимает восточную часть полосы, длина его 180 м. Состоит из дуба черешчатого, вяза, ясеня обыкновенного и акации желтой. Полнота 0,6.

Выдел «Б» находится в средней части полосы между выделами «А» и «В», длиной 320 м. Тополя бальзамический и канадский введены в I, IV и VIII ряды, с расстоянием в ряду 3,0 м. Между ними высажен клен ясенелистный, а в I и VIII (опушечных) рядах — акация желтая. Береза бородавчатая растет во II, VI и VII рядах и чередуется с дубом черешчатым и ясенем обыкновенным. В III и V рядах размещается дуб черешчатый и клен остролистный через 1,5 м.

Выдел «В» расположен в западной части полосы, его длина 240 м. На выделе произрастают тополь бальзамический, береза бородавчатая, дуб черешчатый, клен ясенелистный и акация желтая. Полнота 0,7.

Пробная площадь № 3 величиной 0,504 га (280 × 18 м) заложена в выделе «Б» на расстоянии 200 м от начала полосы (с восточной стороны). Тополя бальзамический и канадский занимают первый ярус, береза бородавчатая и клен ясенелистный — второй, остальные породы — третий (табл. 1). Как видно из таблицы, тополя бальзамический и канадский к 19-летнему возрасту достигли средней высоты 22,2 и 22,6 м, то есть Iе класса бонитета. Состав I яруса 8Т.62Т.к; состав II яруса 5Б5К.яс.; состав всего насаждения 6Т.63Т.к1Б + К.яс. Полнота насаждения 1,1.

№ пробы	Порода	Возраст, лет	Диаметр, см*	Высота, м
I	Береза бородавчатая . . . . .	21	$\frac{15,4}{13,8}$	16,8
	Тополь бальзамический . . . . .	19	$\frac{29,0}{28,1}$	21,6
III	канадский . . . . .	19	$\frac{42,0}{39,6}$	22,5
	Береза бородавчатая . . . . .	20	$\frac{15,0}{14,0}$	16,2
V	Тополь бальзамический . . . . .	19	$\frac{24,8}{23,6}$	19,6
IV	Береза бородавчатая . . . . .	20	$\frac{10,8}{10,1}$	10,6

\* В числителе — в коре; в знаменателе — без коры.

Для уточнения роста тополя бальзамического весной 1948 г. была заложена еще одна проба № 4 в полосе № 8 посадкой черенков тополя бальзамического, ивы ломкой и двухлетних сеянцев березы бородавчатой, дуба черешчатого, клена ясенелистного и обыкновенного. Площадь ее 1,6 га (870 × 18 м). Она расположена с востока на запад на равнинном плато, на мощных выщелоченных черноземах. Полоса состоит из восьми рядов, ширина междурядья 2,0 м. Тополь бальзамический введен в полосу в I, IV, VIII ряды, на расстоянии 3,0 м в ряду. В I и VIII рядах тополь чередуется с кленом ясенелистным и аканией желтой, а в IV с ивой ломкой. Береза бородавчатая и клен остролиственный размещаются в III и VI рядах через 1,5 м. На остальных рядах растут друг черешчатый и ясень обыкновенный, также на 1,5 м друг от друга в ряду.

Пробная площадь № 4 величиной 0,34 га (190 × 18 м) заложена в 320 м от восточного края полосы № 8. В июле 1966 г. проводили перемер (табл. 1). Состав насаждения 9Т.Б1Б + Ив, состав второго яруса 6Б4Ив. Полнота насаждения 1,0.

Для изучения хода роста тополей бальзамического, канадского и березы бородавчатой были взяты по две модели для главной породы в каждой лесной полосе. Средние данные модельных деревьев приведены в табл. 2.

Береза бородавчатая на первой пробе за последние 6 лет давала ежегодный прирост в высоту 0,74 м, то есть 4,5% высоты, а на третьей и четвертой по 0,52 и 0,32 м. Это, вероятно, объясняется тем, что береза, находящаяся в чистом густом стоянии, растет в высоту лучше, чем с тополем. Как видно из рис. 1, береза на всех пробах в первые 10 лет давала почти одинаковый ежегодный прирост в высоту, а затем на пробе № 4 стала сильно отставать, по-видимому, в связи с двойной конкуренцией (тополя и ивы). При обработке моделей было установлено, что тополя бальзамический и канадский продолжают успешно расти в высоту и по диаметру.

Тополь бальзамический на пробе № 3 в первые 5 лет давал прирост в высоту до 1,4 м, а по диаметру — 1,8 см, а за последние 4 года соответственно 0,8 м и 1,0 см, то есть почти в 1,5 раза меньше. Его текущий ежегодный прирост по объему за последние 4 года составил 9,4% всего объема ствола при среднем приросте 5,2%. Ежегодный прирост тополя бальзамического на пробе № 4 за последние 4 года равен: по высоте 0,65 м и по диаметру 0,65 см, то есть на 19% меньше, чем у тополя бальзамического, который размещается с тополем канадским на пробе № 3.

Тополь канадский несколько обогнал тополь бальзамический по высоте, значительно — по диаметру. В первые 5 лет он имел ежегодный прирост в высоту 1,0 м, а по диаметру 1,9 см. Максимальный прирост в высоту наблюдался во втором пятилетии — 1,6 м. Но за последние 4 года прирост в высоту был 0,9 м, а по диаметру 1,3 см, то есть меньше на 10% по высоте и на 32% по диаметру. Текущий ежегодный прирост тополя канадского по объему за последние 4 года составил 9,4% общего объема ствола при среднем приросте 5,2%. Таким образом, видно, что у обоих тополей текущий ежегодный прирост выше среднего прироста почти в 2 раза.

Таблица 2

Объем ствола, м <sup>3*</sup>	Текущий прирост			Средний прирост по объему, м <sup>3</sup>	Видовое число*
	о диа- метру ( $\frac{см}{\%}$ )	по высоте ( $\frac{м}{\%}$ )	по объему ( $\frac{м^3}{\%}$ )		
$\frac{0,1266}{0,1097}$	$\frac{0,48}{3,4}$	$\frac{0,74}{4,5}$	$\frac{0,0096}{8,4}$	0,0052	$\frac{0,40}{0,40}$
$\frac{0,5996}{0,5638}$	$\frac{1,0}{3,2}$	$\frac{0,8}{3,2}$	$\frac{0,0526}{9,4}$	0,0296	$\frac{0,42}{0,42}$
$\frac{1,0404}{0,9190}$	$\frac{1,3}{3,2}$	$\frac{0,9}{3,8}$	$\frac{0,0361}{9,4}$	0,0484	$\frac{0,33}{0,33}$
$\frac{0,1216}{0,1064}$	$\frac{0,51}{3,4}$	$\frac{0,52}{3,2}$	$\frac{0,0090}{8,4}$	0,0053	$\frac{0,42}{0,42}$
$\frac{0,3827}{0,3509}$	$\frac{0,65}{3,2}$	$\frac{0,65}{3,2}$	$\frac{0,0339}{9,6}$	0,0184	$\frac{0,40}{0,40}$
$\frac{0,0412}{0,0356}$	$\frac{0,38}{3,8}$	$\frac{0,32}{3,0}$	$\frac{0,0025}{7,0}$	0,0018	$\frac{0,42}{0,42}$

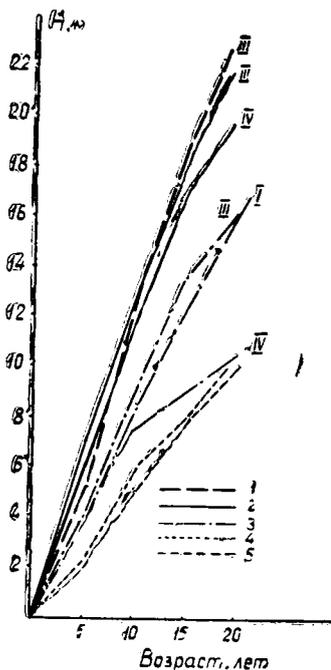


Рис. 1. Ход роста по высоте модельных деревьев на пробных площадях.

1 — тополь канадский; 2 — тополь бальзамический; 3 — береза бородавчатая; 4 — дуб по Ю. А. Атаманюку; 5 — дуб 1-а класса бонитета по М. В. Давидову. I, III, IV — номера проб.

На рис. 1 показан рост тополей бальзамического и канадского по высоте в зависимости от возраста. Из рисунка видно, что тополь бальзамический и тополь канадский в первые три года росли одинаково, затем первый стал расти энергичнее, а к восьми годам их высоты вновь стали одинаковыми.

Таким образом, на Льговской опытно-селекционной станции тополя бальзамический и канадский, достигшие в 19-летнем возрасте средней высоты 22,2—22,6 м, могут защищать территорию на расстоянии 550—600 м от лесной полосы. Дуб I класса бонитета достигает такой высоты только в 55-летнем возрасте. Надо иметь в виду,

что в нашем опыте тополь рос на высокоплодородных почвах при хорошем дополнительном грунтовом увлажнении. В производстве такие условия редки, поэтому успешный рост тополей в лесных полосах наблюдается только в первые 1—1,5 десятилетия.

УДК 634.0.232.

## О ВЫЖИМАНИИ КУЛЬТУР СОСНЫ

И. С. АНТОНОВ

(Придеснянская опытная станция по борьбе с эрозией почв УкрНИИЛХА)

Известно, что на влажных и сырых почвах наблюдается выжимание молодых растений и всходов, которое приводит к разрыву корней [10], [5], [3].

Процесс выжимания лесных культур, созданных на плужных пластах, изучен недостаточно. Поэтому в течение зим 1959/60 г. и 1960/61 г. в квартале 197 Лисинского учебно-опытного лесхоза на плужных пластах и на целине были проведены наблюдения за подъемом и опусканием почвы на двух смежных участках с разной глубиной почвенно-грунтовых вод.

Почву обрабатывали в августе 1957 г. навесным плугом ПКЛН-50/70 в сцепе с трактором ТДТ-40. Культуры создавали в мае 1958 г. посадкой в пласт под меч Колесова. На 1 га высаживали 4 тыс. сеянцев сосны. Расстояние между пластами в среднем 5 м, в ряду 0,5 м. Для посадки использовали местный двухлетний посадочный материал. Характеристика участков приведена в табл. 1.

Для исследования высотного изменения почвы при замерзании и размораживании на деревянных стойках (сваях) на высоте 20—25 см от поверхности почвы укладывали металлическую планку (из уголковой стали), от которой с помощью масштабной линейки измеряли расстояние до поверхности почвы. Стойки устанавливали в вырытые в почве шурфы на глубину 1,8—2,0 м. С целью предохранения от выжимания стойки на глубину 1—1,2 м изолировали от почвы слоем опилок толщиной 4—6 см (рис. 1). На планке места измерения отмечали масляной краской, на почве — деревянными пластинками размером  $4 \times 1 \times 0,2$  см, изготовленными из сухих еловых ветвей и уложенными вровень с почвой. Точность измерений  $\pm 1$  мм. Зимой на время наблюдений места замеров освобождали от снега. Точность опыта Р, полу-

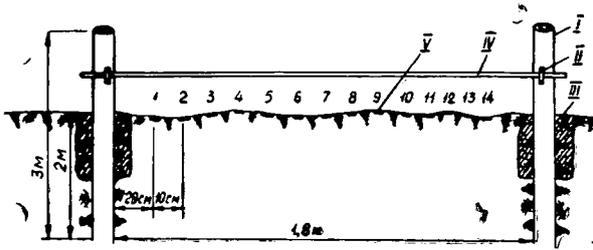


Рис. 1. Схема установки для наблюдения за подъемом и опусканием почвогрунта под действием низких температур.

I — стойка; II — скоба; III — изоляция из опилок; IV — планка; V — пластинка деревянная; 1—14 — порядковые номера мест наблюдений.

ченная в результате обработки данных методом математической статистики, варьировала в пределах 0,9—2,6%.

Температуру почвы определяли на глубине 10 см термометрами Савинова. На каждом участке у 3—5 сосенок раскапывали корни (по общепринятой методике). Для наблюдения за глубиной почвенно-грунтовых вод на каждом участке устраивали три смотровых скважины глубиной 1,8—2,0 м. Измерения производили от поверхности почвы с помощью мерной рейки с точностью  $\pm 1$  см.

Погодные условия зим были неодинаковы. Зима 1959/60 г. была снежная и холодная. Снежный покров установился в последних числах октября и не сходил до конца зимы. Зима 1960/61 г. была теплой и влажной, с частыми дождями, туманами и оттепелями.

Таблица 1

Почвенные горизонты	Участок № 1. почва торфянисто-грубогумусная среднепозолоистая легко-суглинистая	Участок № 2. почва перегнойно-слабоподзолисто-глеевая суглинистая
A <sub>0</sub>	0—8 см — оторфованная лесная подстилка . . . . .	0—7 см — перегнойный, хорошо разложившийся с буроватым оттенком
A <sub>1</sub>	8—12 см — серый легкосуглинистый . . . . .	7—30 см — темно-серый супесчаный
A <sub>2</sub>	12—30 см — белесоватый легкосуглинистый . . . . .	—
A <sub>2</sub> B	20—30 см — серовато-коричневый среднесуглинистый . . . . .	—
B <sub>g</sub>	30—80 см — коричневый с сизыми пятнами среднесуглинистый . . . . .	30—80 см — коричневый с сизыми пятнами суглинистый
C <sub>g</sub>	80—120 см — сизый моренный тяжелый суглинок . . . . .	80—120 см — серый влажный мелкий песок

Время подъемов и опусканий почвы на участках 1 и 2 в основном совпадает. Осенью происходит заметный подъем почвы, в зимний период наблюдаются небольшие колебания, весной почва опускается. Такие сезонные колебания поверхности почвы в зиму 1959/60 г. наблюдались и в Архангельской области [7], [8], [9].

Высотные изменения почвы в большей мере коррелируют с колебаниями температуры, с глубиной почвенно-грунтовых вод линейной связи не наблюдается.

На участке 1 со средней глубиной почвенно-грунтовых вод 88 см в зиму 1959/60 г. подъем почвы составил 1,6 см, на участке 2 с глубиной грунтовых вод 32 см — 1,8 см. В зиму 1960/61 г. грунтовые воды на участке 1 располагались на глубине 52 см, подъем почвы равнялся 1,6 см; на участке 2 с уровнем вод на глубине 3 см — 1,7 см. Однако на участках 1 и 2 высотные изменения имеют и различия. Так, на участке 2 осенью 1959 г. подъем почвы закончился 28 ноября, почвенно-грунтовые воды в это время располагались на глубине 19 см. На участке 1 с глубиной грунтовых вод 74 см в указанный период подъем происходил медленнее и закончился в основном в первой декаде января 1960 г.

Начало опускания почвы зимой 1959/60 г. отмечено в конце марта, к окончанию наблюдений (25.V) величина опускания на обоих участках была одинаковой и составляла 5,2 и 5,3 см. Эти данные показывают, что весеннее опускание почвы пласта оказалось значительно большим, чем осенний подъем. Объясняется это тем, что почва в плужных пластах под воздействием замерзания и разморозки разрыхляется, весной влажная почва под силой собственной тяжести уплотняется и частично оседает.

На участках, отличающихся глубиной почвенно-грунтовых вод, в высотных изменениях почвы особых различий не наблюдается. Однако большее выжимание культур сосны было на участке 2, где грунтовые воды располагались ближе к поверхности. Весной у сосенок, подвергшихся выжиманию, корневая шейка находилась выше уровня почвы на 2—3 см. Многие стволы были наклонены, некоторые лежали на поверхности почвы.

Исследованиями также установлено, что на участке 2 корневая система сосны развивается в основном у поверхности почвы пласта на глубину от 2—3 до 8—9 см. Поэтому сосна здесь более подвержена выжиманию, чем на участке 1, где корневая система проникает в почву на глубину 5—15 см.

Выжимание посадок в раннем возрасте происходит, таким образом, в силу поверхностного развития корневой системы, что зависит, в свою очередь, от водного режима почв. С целью предохранения культур от выжимания на участках с близкими к поверхности почвенно-грунтовыми водами (3—30 см в весенний и осенний период) плужные пласты следует делать толщиной 25—30 см. В местах с более глубоким расположением почвенно-грунтовых вод достаточная толщина пластов — в среднем 15 см.

С понижением температуры почва поднимается до определенного предела, с повышением — опускается. В летние месяцы опускание происходит в результате разложения и минерализации органической части горизонтов  $A_0$  пласта и целины. На целине установлено небольшое высотное изменение почвы от мороза (0,3—0,4 см). При этом подъем почвы по величине соответствует его опусканию.

Подъем и опускания почвы в пласте более выражены, чем на целине. Это зависит от степени зарастания поверхности почвы травами, сложения почвенных горизонтов, температурного режима, снежного покрова и др.

Пласты в период наблюдений были менее заросшими, чем целина. Кроме того, у полевой стенки в осенне-зимний период они в течение более длительного времени остаются не покрытыми снегом, следовательно, больше подвержены действию низких температур.

Исследованиями Ф. Б. Орлова и П. Ф. Совершаева [6] установлено, что живой покров уменьшает миграцию влаги, тем самым предохраняя всходы от выжимания. Ими отмечено наличие вертикальной и горизонтальной миграции влаги. Указания о наличии горизонтальной миграции влаги имеются и в других работах [2], [1]. В штате Мэриленд (США) большее выжимание посевов также установлено на участке с обнаженной почвой [4].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. П. Баженова, Влияние теплоизоляции на процесс миграции воды в замерзающих грунтах. Материалы по лабораторным исследованиям мерзлых грунтов, сб. № 1, изд. АН СССР, М., 1953. [2]. С. Л. Бастамов, О роли парообразного перераспределения влаги в замерзающих и мерзлых грунтах. Сб. «Регулирование водного режима дорожных оснований»; Дориздат, 1946. [3]. С. И. Ванин, Болезни семян и семян лесных пород, Сельхозгиз, 1932. [4]. А. Деккер, Т. Ронничек, Выпирание на посевах трав и на пару. Журн. «Сельское хозяйство за рубежом» № 5, 1958. [5]. Г. Ф. Морозов, Биология наших лесных пород. СПб.—М., 1914. [6]. Ф. Б. Орлов, П. Ф. Совершаев, О влиянии живого напочвенного покрова на устойчивость всходов лесных культур от выжимания их морозами. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1966. [7]. П. Ф. Совершаев, О природе выжимания всходов и сеянцев морозом. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1961. [8]. П. Ф. Совершаев, О промерзании и оттаивании почв на вырубках учебно-опытного лесхоза АЛТИ. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1962. [9]. П. Ф. Совершаев, Определение морозного пучения почвы с помощью нивелира. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1964. [10]. М. К. Турский, Лесоводство. 1902.

УДК 581.1 : 674.031.632.26

## ПЛОДОНОШЕНИЕ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ВОРОНЕЖСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

В. В. ИЕВЛЕВ

(Воронежский государственный заповедник)

В лесостепной зоне, где дуб — основная лесообразующая порода, при создании лесосеменных участков необходимо принимать в расчет показатели его урожайности по феноформам. Это особенно важно для решения задачи по замене низкопродуктивных порослевых дубняков высококачественными семенными.

Ниже мы приводим данные об урожайности феноформ дуба, полученные за ряд лет на постоянных пробных площадях в Воронежском заповеднике.

Для учета плодоношения нами было выбрано 7 постоянных пробных площадей, характеристика которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

№ пробы	Местонахождение (квартал)	Ярус	Состав		Возраст, лет	Средний D, см	Средняя H, см	Класс бонитета	Полнота
			по породам	по феноформам					
3	354	I	7Д2Яс1Лп+Кл.о 8Кл.п1Ил1Лп,ед.Яс	10Р,ед.П	103	37,4 9,3	30,8	1/D <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>	0,6
		II							
6	374	I	5Д5Лп,ед.Яс,Кл.о 7Лп3Кл.о	9Р1Пр,ед.П	101	30,5 8,2	25,2	II C <sub>2</sub>	0,6
		II							
78	463	I	8Д1Яс1Лп,ед.Ил,Кл.п	10Р	75	31	26,5	1/D <sub>2</sub>	1,08
49	316	I	10Д 4Кл4Лп2Ил+Ос	7Пр3П,ед.Р	142	48,5 10,0	31,5	1 D <sub>2</sub>	0,7
		II							
50	338	I	10Д 5Кл.п5Ил,ед.Кл.о	8Пр2П+Р	135	36,5 10,5	32,5	1 D <sub>3</sub>	0,8
		II							
4	355	I	10Д,ед.Яс,Ил 6Ил4Кл,ед.Лп	4П4Пр2Р	152	53,5 12,6	33	1/D <sub>2</sub>	0,8
		II							
81	465	I	10Д,ед.Б,Ос 9Лп1Кл,ед.Ил,Яс	9П1Пр,ед.Р	72	25,6 8,3	23,5	II C <sub>3</sub>	1,0
		II							

На этих пробных площадях (кроме № 78) были заложены ленточные учетные площадки по 250 м<sup>2</sup> каждая (2,5×100 м). До учета опадающих завязей их расчищали до минерального слоя. Начиная с конца июля, на них производили подекадный сбор опавших завязей и желудей. Желуди и завязи через 1—2 дня после сбора подвергали анализу, для этого их разделяли на две категории: I — осыпавшиеся (недоразвитые) завязи, II — развившиеся желуди. Завязи I категории учитывали в штуках; желуди II — в штуках и граммах и после взрезывания разделяли на здоровые и поврежденные: долгоносиком, плодожоркой, грибами. Вид энтомовредителя определяли по гусенице или личинке и их экскрементам, а грибные болезни — по состоянию семян. Данные учета суммировали и переводили на 1 га.

Шестилетние наблюдения позволили охарактеризовать плодоношение дуба по наиболее важным в лесоводственном и хозяйственном отношениях показателям. Данные об урожае здоровых желудей на 1 га можно видеть из табл. 2. Наиболее интен-

Таблица 2

№ пробы	Урожай по годам и формам (в числителе — количество желудей, шт., в знаменателе — вес, кг)					
	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Р а н н я я						
3	$\frac{40}{0,041}$	$\frac{120}{0,25}$	$\frac{30\ 040}{106,9}$	Нет	Нет	Нет
6	$\frac{80}{0,28}$	$\frac{160}{0,22}$	$\frac{3760}{18,7}$	"	"	"
78	$\frac{100}{0,3}$	Нет	$\frac{7300}{3,6}$	$\frac{200}{0,41}$	"	"
П р о м е ж у т о ч н а я						
49	Нет	$\frac{800}{0,92}$	$\frac{180\ 320}{661,2}$	$\frac{40}{0,14}$	$\frac{1720}{3,6}$	$\frac{40}{0,19}$
50	"	$\frac{2720}{4,48}$	$\frac{338\ 160}{1213}$	$\frac{160}{0,38}$	$\frac{3080}{7,3}$	$\frac{200}{0,33}$
П о з д н я я						
4	$\frac{4200}{12,2}$	$\frac{3040}{9,2}$	$\frac{423\ 360}{1696,4}$	$\frac{80}{0,2}$	$\frac{1960}{5,75}$	Нет
81	$\frac{600}{1,38}$	$\frac{80}{0,052}$	$\frac{207\ 960}{774,5}$	$\frac{40}{0,124}$	$\frac{2600}{5,1}$	"

Примечание. Насаждения постоянных пробных площадей № 3, 6, 78, начиная с 1961 г., подвергались в различной степени нападению дубовой листовертки.

сивно плодоносили в урожайный 1963 г. высокобонитетные старовозрастные насаждения постоянных пробных площадей № 4 и 50. Плодоношение ранней формы в урожайный 1963 г. было значительно ниже, чем поздней, хотя насаждения постоянных пробных площадей № 3 и 6 находятся в фазе оптимального плодоношения при оптимальной полноте. Второй важный лесоводственный показатель — средний вес 1000 здоровых желудей — представлен в табл. 3. В урожайный год он выше, чем в малоурожайные.

Таблица 3

№ пробы	Средний вес 1000 здоровых желудей, кг, по годам и формам					
	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Р а н н я я						
3	1,02	2,08	3,55	—	—	—
6	3,5	1,37	4,97	—	—	—
78	3,0	—	4,94	2,05	—	—
П р о м е ж у т о ч н а я						
49	—	1,15	3,68	3,5	2,09	4,86
50	—	1,65	3,58	2,38	2,36	1,65
П о з д н я я						
4	2,91	3,02	4,03	2,3	2,94	—
81	2,32	0,65	3,72	3,1	1,97	—

Очень интересен для лесоводов вопрос о потенциальном урожае, который можно было бы получить при отсутствии вредителей и болезней, повреждающих развивающиеся завязи. Эти данные представлены в табл. 4.

Таблица 4

№ пробы	Количество здоровых желудей, % к количеству развившихся завязей по годам и формам					
	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Р а н н я я						
3	0,05	0,5	27,9	0	—	0
6	2,6	1,0	37,8	—	—	0
78	5,3	—	26,2	10,6	—	—
П р о м е ж у т о ч н а я						
49	0	0,5	28,9	7,6	2,4	0,003
50	0	0,9	40,3	66,6	2,0	0,01
П о з д н я я						
4	4,7	1,3	40,6	25,0	2,4	0
81	1,6	0,1	40,8	10,0	1,6	0

Данные глазомерных наблюдений за урожаями желудей по годам и феноформам, проведенных нами и другими авторами в 1938—1966 гг., показали, что лучше плодоносил дуб поздней формы. Только в 1958 г. урожай дуба ранней формы был несколько больше. За 28 лет дуб ранней формы пять раз давал средние урожан и один раз — хороший; дуб поздней формы шесть лет давал средние урожан, два года — хорошие и два — обильные. Таким образом, на межсеменные годы за 28-летний период наблюдений в массиве приходится 64%, тогда как, например, в Шиповской нагорной дубраве Воронежской области — около 80%\*. Отсюда можно сделать заключение о том, что средние, хорошие и обильные урожан в Усмановском массиве бывают чаще, чем в других массивах области, а следовательно, на этот массив необходимо обратить больше внимания как на лесосеменную базу для получения желудей.

\* М. М. Вересин. Семеноводство дуба и пути его улучшения на основе селекции. Научные записки Воронежского ЛТИ, т. 20, 1960.

УДК 581.13

## О ВЛИЯНИИ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ НА РОСТ ДВУХЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ ЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ В НИХ АЗОТА, ФОСФОРА, КАЛИЯ И УГЛЕВОДОВ

А. А. МОРДАСЬ

(Карельский институт леса)

Изучению роста и развития сеянцев при различной густоте посвящено много работ. Однако в условиях Карелии такие исследования не проводились. В литературе почти нет сведений о концентрации основных элементов питания и углеводов в сеянцах в связи с различной густотой посевов.

Для выяснения этих вопросов мы изучали двухлетние сеянцы ели обыкновенной в опытных посевах различной густоты, заложенных нами в мае 1964 г. в питомнике Петрозаводского лесхоза. Почва — подзол гумусово-железистый супесчаный на супеси озерно-ледниковых отложений. Сеянцы выращивали на грядах высотой 15 см. Ширина посевных бороздок — 2 и 8 см, расстояние между ними — 18 см. Опытные посевы произведены в 3-кратной повторности. Средняя густота стояния двухлетних сеянцев ели — от 100 до 242 шт./пог. м.

Растения для анализа выкапывали 7 октября 1965 г. В образцах определяли размеры и вес сеянцев, содержание азота, фосфора, калия и углеводов. Для каждого из анализов брали не менее 100 сеянцев. Ошибка результатов при этом не пре-

вышала  $\pm 5\%$ . Для химического анализа семянцы фиксировали паром в течение 15 мин, а затем высушивали до воздушно сухого состояния. Углеводы определяли по методу Бертрана (с модификацией Илына для микроопределений), общий азот — микрометодом Кьельдаля, фосфор — по Труогу, калий — на пламенном фотометре. Анализы проводили в 2-кратной повторности. В табл. 1 показаны средние размеры и вес двухлетних сеянцев ели, в табл. 2 — результаты их химического анализа.

Таблица 1

Густота стояния сеянцев, шт./пог. м	Длина охвоенной части, см	Диаметр стволика у корневой шейки, мм	Длина корней, см		Абс. сухой вес, мг		
			главного	максимального бокового	надземной части	корней	всего сеянца
100	6,8	1,6	23,7	23,2	254	178	432
128	6,6	1,6	24,5	20,4	221	141	362
158	6,5	1,5	21,0	15,7	206	114	314
242	5,7	1,3	22,4	14,7	159	103	262

Таблица 2

Ширина бороздки, см	Густота стояния сеянцев, шт./пог. м	Абс. сухой вес сеянца, мг	Содержание, % от абс. сухого веса								
			азота			фосфора			калия		
			в хвое	в стволиках	в корнях	в хвое	в стволиках	в корнях	в хвое	в стволиках	в корнях
2	128	362	2,49	1,29	1,57	0,62	0,44	0,71	1,31	0,82	1,12
	242	262	1,61	1,01	1,15	0,50	0,28	0,56	0,70	0,64	0,64
8	139	460	2,04	1,20	1,29	0,53	0,38	0,60	1,11	0,71	0,88
	284	319	1,09	0,95	1,11	0,43	0,25	0,52	0,97	0,51	0,63

Из табл. 1 видно, что по мере увеличения густоты посевов основные показатели роста сеянцев уменьшаются; наибольшая разница по длине охвоенной части и диаметру стволика наблюдается между вариантами густоты 158 и 242 сеянца на 1 пог. м (показатели достоверности различий 3,2 и 4,7 соответственно). Существенное уменьшение размеров максимального бокового корня произошло при густоте свыше 128 сеянцев на 1 пог. м. Определенной связи между размерами главного корня и густотой посевов не наблюдается. Как показали раскопки, длина главного корня определяется, в основном, мощностью пахотного слоя почвы.

С увеличением густоты посевов вес сеянцев, характеризующий степень их развития, также неуклонно падает, причем более быстрыми темпами, чем показатели роста. Особенно значительно снижается вес корней.

Из данных табл. 2 следует, что при увеличении густоты посевов в два раза против оптимальной уменьшается количество основных элементов питания во всех органах сеянцев. Содержание общего азота и калия наиболее существенно изменилось в хвое и корнях (азота — в 1,6 и 1,4 раза, калия — в 1,9 и 1,8 раза соответственно), а фосфора — в стволиках (в 1,6 раза). В остальных случаях количество азота и зольных элементов уменьшилось в 1,2—1,3 раза. Результаты зольного анализа растительных образцов в варианте густоты 158 сеянцев на 1 пог. м показали такую же закономерность, как и в рассмотренном примере, но различия в показателях выражены не столь резко.

Если учесть, что в загущенных посевах наблюдалось пожелтение хвои сеянцев, ухудшение их роста, то можно предположить, что указанное количество азота, фосфора и калия уже недостаточно для нормального хода биохимических и физиологических процессов. Влияние густоты посевов на количество и распределение углеводов в двухлетних сеянцах ели характеризуется данными табл. 3.

Из табл. 3 видно, что содержание углеводов в сеянцах значительно колеблется в зависимости от густоты посевов. В частности, в хвое и корнях сеянцев из загущенных посевов увеличивается количество растворимых сахаров, в основном моносахаридов и, в меньшей мере, олигосахаридов, особенно в хвое сеянцев. Соответственно количество дисахаридов уменьшается во всех частях сеянцев. По количеству крахмала наибольшее различие наблюдается в стволиках, значительно меньше оно в корнях и отсутствует в хвое сеянцев.

Таким образом, в почвенно-климатических условиях Карелии для ели-двулетки подтвердился известный вывод о том, что с увеличением густоты посевов в лесных

Таблица 3

Группа углеводов	Органы растения	Содержание углеводов, % от абс. сухого веса, при густоте стояния семян, шт./пог. м	
		128	242
Моносахариды	Хвоя	2,47	4,82
	Стволики	1,55	2,28
	Корни	2,46	3,05
Дисахариды	Хвоя	1,91	1,69
	Стволики	1,21	1,02
	Корни	1,41	0,75
Олигосахариды	Хвоя	4,54	6,55
	Стволики	4,30	3,55
	Корни	5,05	5,49
Сумма растворимых сахаров	Хвоя	8,92	13,06
	Стволики	7,06	6,85
	Корни	8,92	9,29
Крахмал	Хвоя	1,56	1,52
	Стволики	0,58	0,22
	Корни	0,45	0,58

питомниках рост и развитие семян ухудшается, свидетельством чего явилось уменьшение размеров семян, веса, изменение окраски хвои.

Установлена четкая обратная зависимость содержания азота, фосфора и калия от густоты стояния семян и выявлена концентрация указанных элементов, благоприятная для сравнительно активного прохождения ростовых процессов.

Выявлено, что в семенах из загущенных посевов, особенно в хвое, наблюдается повышенное содержание растворимых углеводов, в частности, моно- и олигосахаридов.

УДК 634.0.526

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДИАМЕТРОВ БРЕВЕН

М. А. ПОПОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Измерительным органом датчика диаметра бревен часто служит штorka или рычаг. Доказано, что по условию наименьших ускорений штorka должна иметь вогнутую Г-образную форму. Задача нашей работы — выяснить форму штorkи, необходимую для компенсации систематической ошибки преобразовательного элемента датчика диаметров. Исследования показали, что ошибку датчика можно компенсировать полностью путем изменения формы штorkи, которая выполняет роль как бы компенсационного рычага. Так как систематическая ошибка датчика обычно составляет несколько процентов, то профиль штorkи изменяется незначительно и только вблизи измерительного конца, что совершенно не сказывается на ее динамике (рис. 1).

Необходимый для компенсации профиль можно рассчитать графически. Для этого в одном масштабе строим действительную характеристику линейного преобразовательного элемента (кривая 1 на рис. 2) и теоретическую характеристику датчика (кривая 2 на рис. 2). Задавая значениями диаметра, по теоретической характеристике находим выходную величину датчика (в данном случае электрический ток), а по характеристике преобразовательного элемента — значения перемещения моделирующего рычага штorkи, необходимые для компенсации систематической ошибки датчика. Затем производим следующие построения (рис. 3). От оси  $OX$  под углом, равным начальному углу отклонения штorkи, проводим линию  $OC$ , на которой откладываем длину моделирующего рычага в большом масштабе. От полученной точки  $C$  влево проводим линию  $CD$ , параллельную оси  $OX$ . На прямой  $CD$  откладываем полученные ранее перемещения и эти точки соединяем с началом координат. Затем из начала координат проводим окружности с радиусами, равными  $A-d$  (где  $A$  — межосевое расстояние штorkи,  $d$  — принятые в начале расчета значения диаметров, построенные в меньшем масштабе). В точках пересечения окружностей с лучами, проведенными из начала координат к концам отрезков перемещений, проводим касательные. Необходимый профиль штorkи найдем как огибающую к семей-

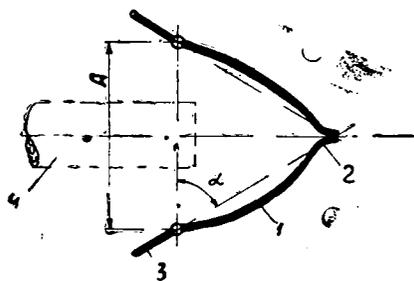


Рис. 1.

1 — основной профиль шторки;  
2 — преобразуемый участок профиля;  
3 — моделирующий рычаг; 4 — бревно  
на транспортере.

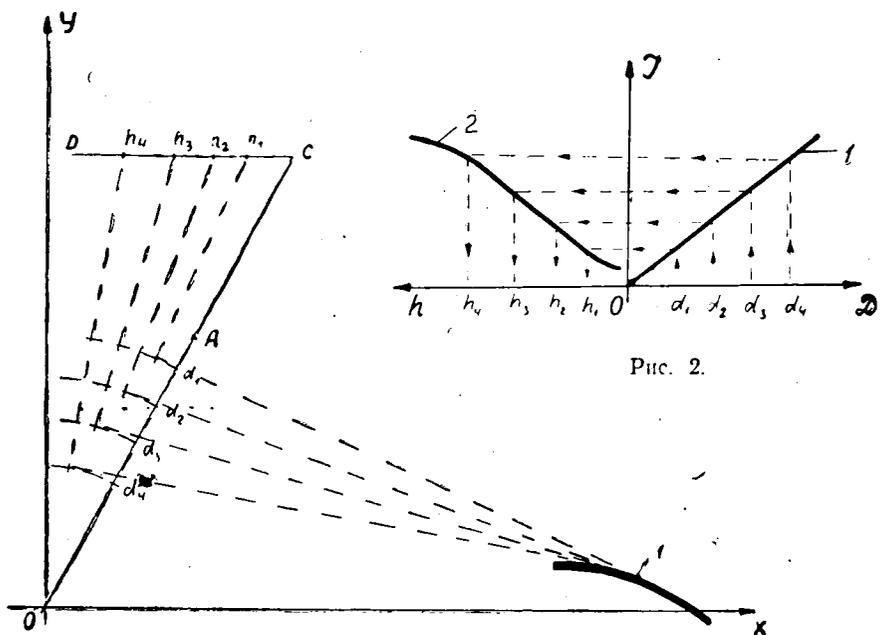


Рис. 2.

Рис. 3. 1 — преобразуемый участок профиля.

ству этих касательных. Этот профиль можно рассчитать аналитически, если известно выражение для характеристики преобразовательного элемента.

Предлагаемый метод компенсации систематической ошибки датчика диаметров был экспериментально проверен на линейном индуктивном датчике автокатури-ника СКД-3 и показал хорошие результаты. Систематическая ошибка датчика снизилась при этом в 6 раз.

УДК 691.1.

## УСКОРЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТВЕРДЕНИЯ ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА И ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

Г. А. ЕВСЕЕВ

(Архангельский лесотехнический институт)

В настоящее время все более широкое распространение получают строительные материалы, изготовленные из отходов древесины и цемента (арболит, фибролит, опилкобетон и др.). Однако изделия из древесноцементных композиций твердеют медленно, а вяжущие свойства цемента используются недостаточно полно.

Замедление процессов твердения цемента, гидратируемого совместно с древесиной, объясняется «отравляющим» воздействием водорастворимых экстрактивных веществ древесины, которые в большом количестве содержат углеводы типа глюкозы, арабинозы, сахарозы. Водорастворимые экстрактивные вещества древесины, окружая частицы негидратированного цемента и новообразований, снижают концентрацию  $\text{CaO}$  в растворе и препятствуют нормальному ходу гидролиза и гидратации цемента. Кроме того [2], в растворе в присутствии экстрактивных веществ древесины количество  $\text{Al}_2\text{O}_3$  значительно больше, чем  $\text{CaO}$ . Это создает условия для образования алюмосиликата, который, осажаясь на зернах цемента, также препятствует нормальному ходу процессов твердения.

По А. А. Байкову [1], цементное тесто в процессе твердения обязательно проходит через коллоидную стадию. Коллоидация представляется как процесс диспергирования вещества в результате внедрения воды в его кристаллическую решетку. Диспергирование частиц, согласно теории П. А. Ребиндера [3], вызывается адсорбцией воды и растворенных в ней поверхностноактивных веществ и электролитов. К адсорбционному добавляется также химическое диспергирование под влиянием растягивающих напряжений в результате химического процесса гидратации, вызывающего разбухание поверхностных слоев кристаллической решетки в микротрещинах. Из коллоидного состояния система постепенно преобразуется в кристаллический сросток (рис. 1).

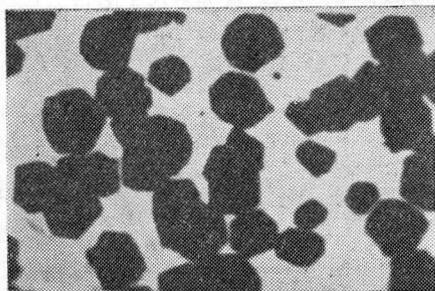


Рис. 1.

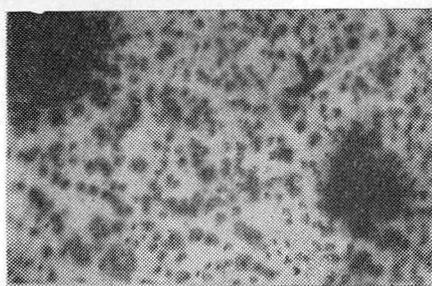


Рис. 2.

На электронном микроснимке (рис. 1) изображен препарат портландцементного теста нормальной густоты, твердеющего в естественных условиях (увеличение в 15 000 раз). Препарат приготовлен через 1 сутки после затворения дистиллированной водой. Из рис. 1 видно, что уже через сутки препарату присуще кристаллическое состояние.

Исследования показали, что в присутствии экстрактивных водорастворимых веществ древесины система цемент — вода — экстрактивные вещества длительное время сохраняет устойчивое коллоидное состояние (рис. 2).

На электронном микроснимке (рис. 2) представлен препарат  $\text{C}_3\text{S}$ , приготовленный через 1 сутки после затворения дистиллированной водой (увеличение в 15 000 раз). Из рис. 2 видно, что уже через сутки препарату присуще тонкодисперсное состояние. Аналогичная картина характерна и для минералов  $\text{C}_2\text{S}$  и  $\text{C}_3\text{A}$ .

В цементных суспензиях после затворения их водой процессы структурообразования в течение 3—4 час определяются, в основном, алюминатными материалами, прежде всего, трехкальциевым алюминатом. Это наиболее гидрофильная составляющая портландцементного клинкера, быстрее всего вступающая во взаимодействие с водой и экстрактивными водорастворимыми веществами древесины. Таким образом, длительности коллоидной стадии во многом способствует отравляющее действие экстрактивных веществ. Эта длительность исключает структурное твердение, при котором происходит рост кристаллов, и поэтому вредно сказывается на скорости твердения и конечной прочности изделий на основе отходов древесины и цемента.

Мы изготовляли образцы-кубы на основе опилок древесины хвойных пород, портландцемента (прочность при сжатии  $200 \text{ кг/см}^2$  и изгибе  $35 \text{ кг/см}^2$ ) и воды. Отношение цемент — древесина — вода составляет по весу 1—0,5—0,8.

Чтобы усилить отравляющее воздействие древесины на цемент, в качестве заполнителя мы выбрали опилки, а не древесную дробленку. Удельная поверхность опилок во много раз больше, чем дробленки, поэтому площадь контакта древесины и цементного теста увеличивается, количество выделяемых в цементное тесто экстрактивных веществ древесины возрастает и, следовательно, условия для твердения образ-

цов из опилкоцементной смеси значительно хуже, чем для образцов на древесной дробленке. В качестве химической добавки использовали хлористый кальций в количестве 2, 4 и 8% от веса цемента.

Таблица 1

№ серии	Добавка CaCl <sub>2</sub> , % от веса цемента	Прочность образцов при сжатии, кг/см <sup>2</sup> (числитель), и их влажность, % (знаменатель), при времени твердения, сутки				Объемный вес в абс. сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>
		1	3	7	28	
I	2	6	14	24	41	960
		57,3	47,3	34,7	20,5	
I	4	7	15	26	46	965
		56,3	44,2	31,5	20,5	
I	8	8	16	26	44	975
		56,4	43,5	33,4	23,7	
II	2	0	2	8	20	953
		55,9	45,2	25,4	18,5	
II	4	1	4	10	20	948
		56,7	45,8	21,8	18,6	
II	8	1	4	12	23	940
		52,3	38,1	24,8	17,4	
III	2	2	5	13	27	963
		56,8	42,3	33,2	20,8	
III	4	3	7	14	27	960
		53,2	41,4	34,1	19,6	
III	8	3	9	16	38	962
		54,5	40,8	31,4	20,9	

Обычно при изготовлении изделий на основе дерева и цемента хлористый кальций используют в качестве минерализатора, уменьшающего вредное действие экстрактивных веществ древесины на цемент. По нашему мнению, чтобы ослабить это вредное влияние, следует добиться окончания процесса структурообразования алюминатной составляющей портландцемента до смешения его с древесиной. В этом случае длительность коллоидного состояния системы значительно сокращается и процессы схватывания и твердения изделий ускоряются.

Для проверки этого положения мы изготавливали первую серию образцов по следующей методике. Цементное тесто нормальной густоты с добавкой хлористого кальция (2, 4 и 8% от веса цемента) прогревали при 70°C в течение 15, 10 и 5 мин. (Время прогрева зависит от количества хлористого кальция.) За это время процесс структурообразования алюминатной составляющей, в основном, заканчивается. Затем тесто смешивали с опилками и из полученной смеси формовали образцы-кубы.

Однако структурообразование может произойти в более ранние сроки и при одновременном смешении всех компонентов и прогреве смеси перед формованием.

Для проверки этого положения вторую серию образцов мы изготавливали из смеси того же состава, что и первую, но смесь древесных опилок цементного теста и хлористого кальция прогревали одновременно. Время прогрева то же, что и для первой серии.

Образцы контрольной III серии изготавливали из смеси того же состава, что и для серий I и II, но без подогрева.

Для всех серий размер образцов был принят равным 7,07 × 7,07 × 7,07 см. Коэффициент уплотнения 2. После формования образцы хранили в воздухе при температуре 18 ± 2°C и относительной влажности φ = 60%. Образцы испытывали на сжатие через 1, 3, 7 и 28 суток. Кроме того, во время испытания определяли их влажность и объемный вес. Данные о влиянии различных способов изготовления образцов из опилкобетона с добавкой CaCl<sub>2</sub> на их прочность при сжатии приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что наибольшая прочность — у образцов первой серии во все сроки твердения, наименьшая — у образцов второй серии. Это объясняется тем, что при совместном прогреве опилкоцементной смеси выделение экстрактивных веществ значительно увеличивается и коллоидная стадия затягивается. Если же це-

ментное тесто с химической добавкой прогреть до смешения с опилками, то структурообразование алюминатной составляющей, в основном, заканчивается за 5—15 мин в зависимости от количества добавки. После смешения такого теста с опилками действие экстрактивных веществ значительно ослабляется. В этом случае преобладают структурообразующие процессы, что приводит к увеличению прочности образцов в 1,5 раза по сравнению с контрольными и в 2—3 раза по сравнению с образцами второй серии.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

[1]. А. А. Байков. Собрание трудов. т. V, изд. АН СССР, 1948. [2]. Г. А. Бужевич. Г. А. Евсеев. Влияние экстрактивных веществ древесины на процессы твердения минералов портландцементного клинкера. Труды АЛТИ. Северо-Западное книжное изд-во, 1968. [3]. П. А. Ребиндер, Г. И. Логинов. Новые физико-химические пути в технологии строительных материалов. Вестник АН СССР, изд. АН СССР, 170, 1951.

УДК 533.6

## О ВЛИЯНИИ УСЛОВИЙ ВХОДА И ВЫХОДА ПОТОКА НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЬЦЕВЫХ ЦИКЛОННО-ВИХРЕВЫХ КАМЕР

А. И. ЕГОРОВ, Э. Н. САБУРОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Анализируемые в статье опыты проведены в изотермических условиях течения потока на модели, описание которой дано в одной из наших работ [1]. Относительная длина модели  $\bar{L}$  во всех опытах была неизменной и равнялась 1,57.

Результаты исследования показали, что основные особенности течения потока в циклонно-вихревых камерах с кольцевым поперечным сечением [2] характерны и для камер с другими геометрическими параметрами, в том числе с другими сочетаниями величин относительной суммарной площади входа потока  $A = 4 \sum f_{вх} / \pi D_k^2$  и относительного диаметра выходного отверстия  $\bar{d}_п = d_п / D_k$ .

На рис. 1 в качестве примера приведены опытные данные по зависимости коэффициентов  $\epsilon$ ,  $\zeta_{вх}$  и  $\zeta_{\varphi max}$  от относительного диаметра цилиндрической вставки  $\bar{d} = d_в / D_k$  для камеры с  $A = 9,4 \cdot 10^{-2}$  и  $\bar{d}_п = 0,4$ .

В соответствии с работами [2], [3] здесь и далее введены обозначения

$$\epsilon = \frac{w_{\varphi max}}{w_{вх}}; \quad \zeta_{вх} = \frac{2\Delta P_{п}}{\rho w_{вх}^2}; \quad \zeta_{\varphi max} = \frac{2\Delta P_{п}}{\rho w_{\varphi max}^2},$$

где  $\epsilon$  — коэффициент относительной крутки потока;  
 $\zeta_{вх}$  и  $\zeta_{\varphi max}$  — коэффициенты сопротивления камеры;  
 $w_{\varphi max}$  — средняя максимальная тангенциальная скорость в рабочем объеме;  
 $w_{вх}$  — средняя входная скорость потока в щлицах;  
 $\Delta P_{п}$  — перепад полного давления в камере;  
 $\rho$  — плотность потока.

Из рис. 1 видно, что (как и в работе [1]) при определенном диаметре цилиндрической вставки величина относительной крутки потока (коэффициент  $\epsilon$ ) достигает максимального значения. И общий характер зависимости  $\zeta_{вх} = f(\bar{d})$  подобен ранее полученной. Однако в рассматриваемых опытах было установлено, что после зоны сравнительно малоинтенсивного относительного изменения  $\zeta_{вх}$  с ростом  $\bar{d}$  следует область, в которой коэффициент сопротивления снижается с увеличением  $\bar{d}$ ; при определенных диаметрах вставки ( $\bar{d} = \bar{d}_2$ ) значение  $\zeta_{вх}$  минимально. А лишь затем величина  $\zeta_{вх}$  интенсивно растет с увеличением  $\bar{d}$ .

На рис. 1 диаметр вставки, при котором величина  $\zeta_{вх}$  достигает значения, соответствующего незагруженной камере, обозначен через  $\bar{d}$ , а диаметр вставки,

Таблица 1

$A \cdot 10^3$	1,62	3,41	6,17	6,82	9,4	22,7	38,9
$\bar{d}_1$	0,290 0,385 —	0,282 0,382 0,555	0,260 0,330 0,525	0,260 0,35 —	0,215 0,288 0,505	0,138 0,230 0,450	0,105 0,185 0,365
$\bar{d}_2$	— — —	0,260 0,365 0,560	0,220 0,300 0,500	0,220 0,310 —	0,178 0,250 0,475	0,100 0,178 0,422	0,065 0,120 0,305
$\bar{d}_{\text{опт}}$	0,175 0,260 0,505	0,155 0,290 0,450	0,150 0,240 0,430	0,105 0,200 0,400	0,098 0,200 0,412	0,025 0,101 0,275	0,020 0,060 0,150

Примечание. Значения каждого из диаметров  $\bar{d}_1$ ,  $\bar{d}_2$  и  $\bar{d}_{\text{опт}}$  приведены для трех величин  $\bar{d}_{\text{п}}$  (верхняя строчка соответствует  $\bar{d}_{\text{п}} = 0,3$ ; средняя—0,4; нижняя—0,6).

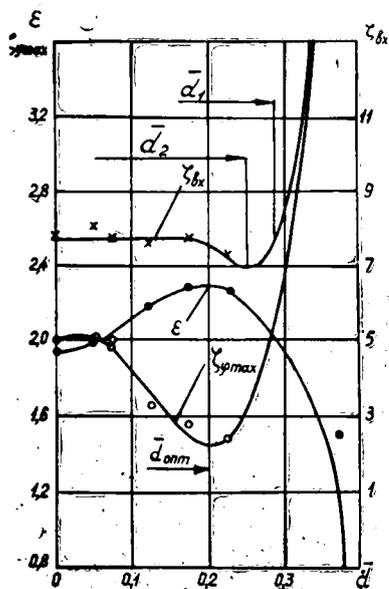


Рис. 1.

соответствующий оптимальным аэродинамическим условиям [3] — через  $\bar{d}_{\text{опт}}$ . Величина этих характерных диаметров существенно зависит от условий входа и выхода потока из камеры (табл. 1). Представленные в табл. 1 данные позволяют оценить соотношения величин  $\bar{d}_1$ ,  $\bar{d}_2$  и  $\bar{d}_{\text{опт}}$  при различных  $A$  и  $\bar{d}_{\text{п}}$ . В частности, из этой таблицы видно, что характерные диаметры увеличиваются с уменьшением  $A$  и ростом  $\bar{d}_{\text{п}}$ .

Особый интерес представляет рассмотрение оптимальных аэродинамических условий в камере, соответствующих минимальному коэффициенту сопротивления  $\zeta_{\text{фmax}}$  и максимальному значению  $\epsilon$ . На рис. 2 представлены зависимости коэффициентов  $\zeta_{\text{фmax}}$  и  $\epsilon_{\text{max}}$  соответствующих оптимальным аэродинамическим условиям, от параметров  $A$  и  $\bar{d}_{\text{п}}$ . Опытные данные показывают, что  $\epsilon_{\text{max}}$  увеличивается с ростом  $A$ , особенно интенсивно в области его малых значений. Интенсивность этого роста (как и уровень  $\epsilon_{\text{max}}$ ) повышается с уменьшением  $\bar{d}_{\text{п}}$ . Характер изменения коэффициента  $\zeta_{\text{фmax}}$  от  $A$  и  $\bar{d}_{\text{п}}$  обратный.

Общий вид зависимости  $\zeta_{\text{фmax}} = f(A, \bar{d}_{\text{п}})$  позволяет сделать заключение, что для камер с относительной длиной, близкой к рассмотренной в опытах, относительная суммарная площадь входа должна быть больше  $6 \cdot 10^{-2}$ . При определенном значении  $\bar{d}_{\text{п}}$  верхний предел рекомендуемых величин  $A$ , очевидно, нужно выбирать с учетом не только  $\zeta_{\text{фmax}}^{\text{опт}}$ , но и уровня входной скорости потока.

Сопоставление значений относительной крутки потока при оптимальных условиях со значениями в незагруженной камере тех же геометрических характеристик показывает, что их отношение практически зависит лишь от параметра  $\bar{d}_{\text{п}}$ . Отношение же коэффициентов сопротивления камеры по входу в тех и других условиях не зависит ни от  $\bar{d}_{\text{п}}$ , ни от  $A$ .

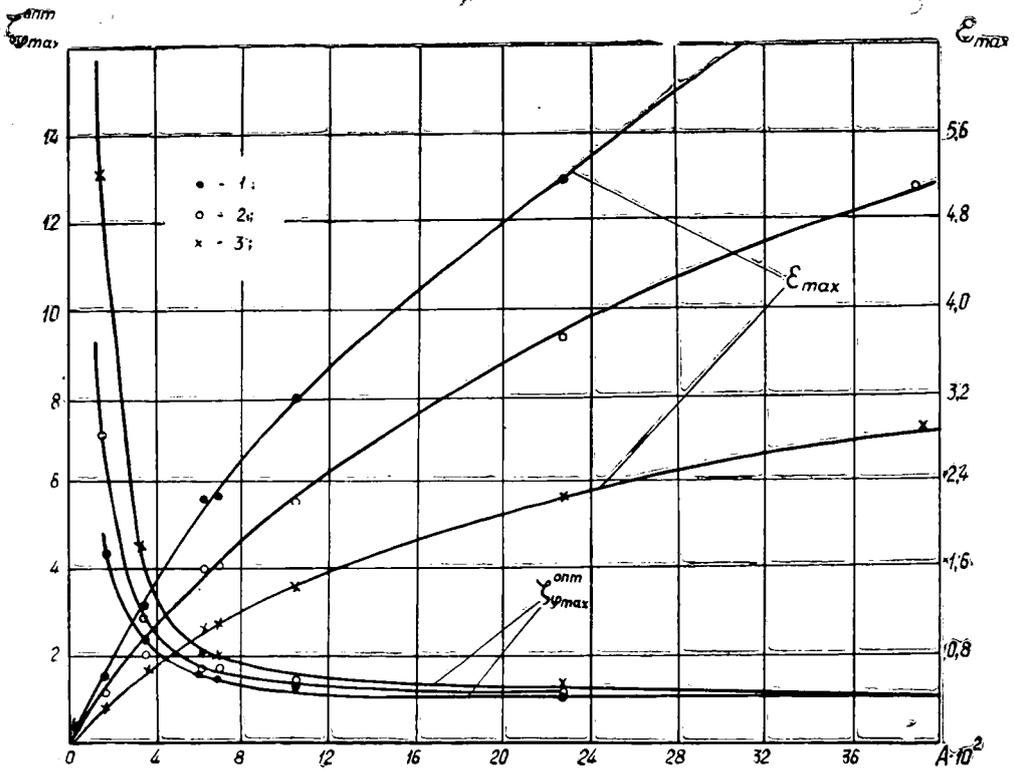


Рис. 2.

1 — для  $\bar{d}_n = 0,3$ ; 2 — 0,4; 3 — 0,6.

Коэффициент сопротивления  $\zeta_{вх}$  при оптимальных условиях практически равняется  $\zeta_{вх}$  для незагруженной камеры. С увеличением  $A$  погрешность такого допущения возрастает, однако даже при  $A = 38 \cdot 10^{-2}$  она не превышает 1—1,5%. Таким образом, коэффициент сопротивления камеры с кольцевым сечением, работающей в оптимальных условиях, можно вычислить по формулам, полученным ранее для незагруженных камер. Например, для определения коэффициента сопротивления гладкостенных камер с относительными длинами  $\bar{L}$ , находящимися в интервале 0,5—1,6, можно использовать эмпирическую формулу, предложенную Э. Н. Сабуровым,

$$\zeta_{вх} = \text{antilg} [(0,116\bar{L}^2 - 0,334\bar{L} + 1,938 - 2\bar{d}_n) \lg A \cdot 10^2].$$

Анализ полученных опытных данных показывает также, что для кольцевых вихревых камер, работающих в оптимальных условиях, степень повышения аэродинамического совершенства по сравнению с незагруженными камерами одинаковых геометрических характеристик оказывается большей при меньших пережимах выходного торца.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] А. И. Егоров, Э. Н. Сабуров. Влияние диаметра заготовки на аэродинамику греющих газов секционной нагревательной камеры. Сб. «Вопросы энергетики Северо-Западного экономического района», вып. 3, 1969. [2] Э. Н. Сабуров, А. И. Егоров. Некоторые результаты исследования аэродинамики циклонно-вихревых камер с кольцевым поперечным сечением. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1968. [3] Э. Н. Сабуров, А. И. Егоров. К определению оптимальных геометрических характеристик секционных нагревательных камер. Сб. «Вопросы энергетики Северо-Западного экономического района», вып. 3, 1969.

УДК 634.0.43

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ГРАНИЦАХ ЛЕСОПОЖАРНЫХ ПОЯСОВ

Н. А. ДИЧЕНКОВ

(Центральная база авиаохраны лесов Министерства лесного хозяйства РСФСР)

Возникновение лесных пожаров на протяжении пожароопасного сезона в различных районах определяется особенностями природных факторов, создающих пожарную обстановку, и закономерностями появления источников огня.

Пожарная опасность зависит от типа леса [3]. Влажность и запас травостоя в лесу закономерно изменяются в течение вегетационного периода, уменьшая или увеличивая пожароопасность [3], [5].

Массовое проведение сельскохозяйственных палов, огневой очистки лесосек в весенний период и частое посещение леса сборщиками ягод, грибов, охотниками, а также выход косарей в осенний период во многих районах европейской части страны порождают весеннюю и осеннюю вспышки пожаров [2], [4]. Нельзя недооценивать также пожаров от сухих гроз, которые в некоторых районах часты в летний период. Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелеховым [2] и Г. А. Мокеевым [4] построены лесопожарные пояса, выражающие зависимость возникновения пожарной опасности и продолжительности пожароопасного сезона от географической широты.

Мы изучали распределение количества пожаров на протяжении сезона в пределах каждого пояса в отдельности.

Исходным материалом послужили отчетные данные 1962—1964 гг. и 1966—1968 гг. о количестве лесных пожаров по месяцам по отделениям авиаохраны лесов на территории европейской части страны.

В широтном направлении лесопожарные пояса вмещают несколько отделений. Поэтому для выявления картины возникновения пожаров по месяцам на протяжении лесопожарных поясов отделения объединяли в группы. Центральные географические координаты для каждой группы определяли как среднее арифметическое от центральных координат отделений, при этом учитывали места наибольшего числа пожаров на территории отделения. Центральная широта групп соответствует осевой линии лесопожарного пояса (с незначительными отклонениями).

Средний для группы процент пожаров по месяцам, вычисленный как средний арифметический процент пожаров в отделениях, откладывали по вертикали на линии центральной долготы этой группы (рис. 1). Границы лесопожарных поясов и координатную сетку спрямляли для удобства изображения. Полученные точки соединяли плавной линией.

Таблица 1

Месяц	Распределение количества пожаров по лесопожарным поясам											
	IV северная часть*			IV южная часть			III			II северная часть		
	M	$\sigma_1$	$\sigma_2$	M	$\sigma_1$	$\sigma_2$	M	$\sigma_1$	$\sigma_2$	M	$\sigma_1$	$\sigma_2$
Апрель	—	—	—	—	—	—	1,3	1,4	1,5	4,9	2,5	3,0
Май	10,4	5,3	7,8	19,2	5,6	5,9	31,4	6,7	11,8	30,1	7,0	17,6
Июнь	30,0	5,8	6,8	26,7	5,7	6,6	19,2	4,1	6,0	21,1	4,1	13,1
Июль	33,0	3,2	7,4	29,7	6,5	7,0	21,8	4,8	7,4	18,7	4,1	9,0
Август	25,8	4,8	9,6	21,4	5,8	6,5	21,1	4,8	5,6	10,7	4,2	3,9
Сентябрь	0,8	0,9	1,1	3,0	3,4	3,4	5,2	2,6	2,6	10,5	5,4	5,8
Октябрь	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	2,1	5,6
Сумма	—	20,0	32,7	—	27,0	29,4	—	24,4	34,9	—	29,4	58,0
Среднее за месяц	—	4,0	6,5	—	5,4	5,9	—	4,1	5,8	—	4,2	8,3

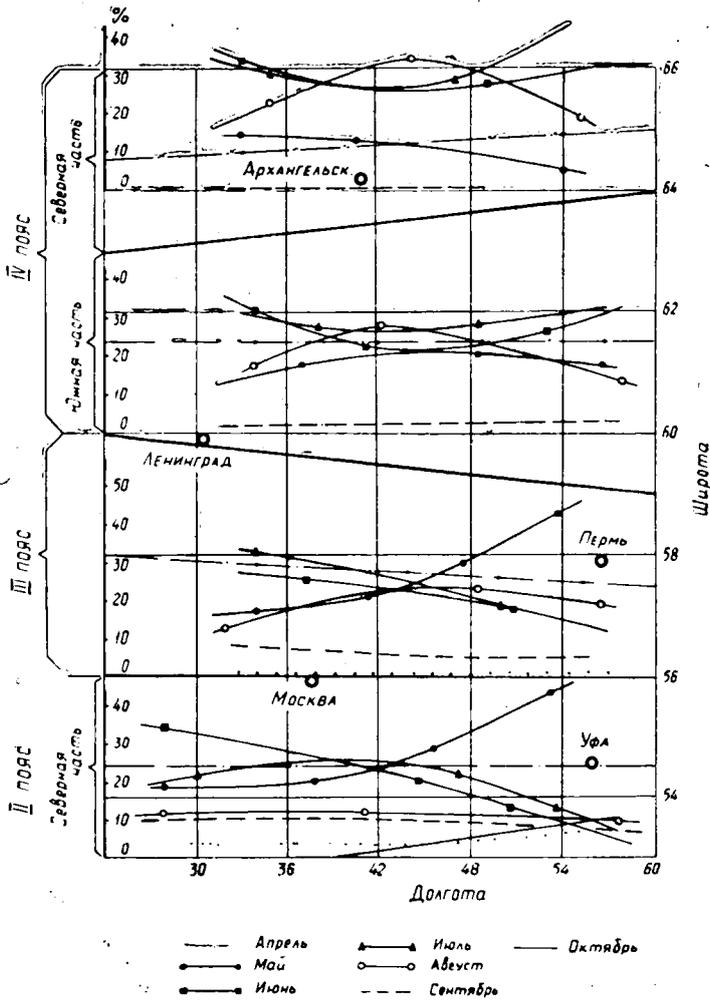


Рис. 1.

Определяли также среднее процентное распределение количества пожаров  $M$  по месяцам в границах лесопожарных поясов как среднее арифметическое для всех отделений (табл. 1).

Среднеквадратические отклонения процента пожаров по месяцам в пределах групп отделений невелики, и среднее среднеквадратическое отклонение по всем группам на протяжении пояса  $\sigma_1$  значительно меньше варьирования процента пожаров по месяцам по всем отделениям в границах пояса в целом  $\sigma_2$  (табл. 1). Это указывает на неоднородность факторов, вызывающих пожары на протяжении поясов. Начало и конец пожарных сезонов соответствуют лесопожарным поясам.

Об относительной достоверности распределения числа пожаров по месяцам за рассматриваемый период, выявленного в различных географических районах европейской части СССР, можно судить по коэффициентам корреляции с распределением числа пожаров по месяцам в процентах за шестнадцатилетний период (1949—1964 гг.)

Карельская АССР — 0,91  
 Архангельская область — 0,92  
 Коми АССР — 0,96  
 Вологодская область — 0,96  
 Ленинградская область — 0,90

Костромская область — 0,99  
 Кировская область — 0,90  
 Пермская область — 0,91  
 Московская область — 0,92  
 Башкирская АССР — 0,96

А. А. Борисов [1], отмечая динамику метеофакторов в различных по широте и удалению от водных бассейнов районах, пишет, что по берегам северных морей, а также Балтийского моря максимум абсолютной влажности воздуха наступает в июле — августе. Поэтому уменьшение возникновения пожаров в августе с приближением к морям в IV и III лесопожарных поясах (рис. 1) закономерно, если учесть, что температура воздуха в августе значительно ниже июльской. А. А. Борисов выделяет морской тип годового хода осадков с летним или весенним их минимумом и осенним максимумом, что соответствует максимуму пожаров в июне — июле в западной части поясов и подтверждает отмеченное выше понижение горимости лесов в августе. Континентальный тип годового хода осадков характеризуется максимумом осадков на широте 45—55° в июне, 55—60° — в июле, севернее 60° — в августе, а температура воздуха и испарение влаги наибольшие в июле на всей территории, что является важной причиной снижения горимости лесов в эти месяцы в восточной наиболее континентальной части лесопожарных поясов.

И. С. Мелехов [2] указывает на связь высокой горимости лесов в июне в Карелии и северной части Архангельской области с июньским, переходящим в южных районах в майский, минимумом относительной влажности воздуха. И. С. Мелехов в свое время приводил распределение лесных пожаров (%) по месяцам для Европейского Севера:

	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Архангельская область (1936—1937 гг.)	8,5	33,0	26,5	27,2	4,8
Коми АССР (1936—1940 гг.)	7,5	31,8	32,2	20,7	7,8

В характере распределения пожаров по этим территориям имеется сходство и некоторое различие, что хорошо согласуется с результатами наших исследований (рис. 1).

Резко выражен майский максимум пожаров в южной тайге и лесостепи в восточной части II и III лесопожарных поясов с наибольшей стабильностью во II поясе. Примесь лиственных пород к хвойным увеличивает здесь весной и осенью пожарную опасность леса [3].

Установление географических особенностей, в частности, распределения числа пожаров в течение сезона в различных лесопожарных поясах, имеет большое практическое значение для организации маневрирования силами и средствами пожаротушения, проведения профилактических мероприятий против лесных пожаров.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Борисов. Климаты СССР. Изд-во «Просвещение», М., 1967. [2]. И. С. Мелехов. Сезоны лесных пожаров и построение географической схемы лесопожарных поясов. Сборник научно-исследовательских работ АЛТИ, вып. 8, 1946. [3]. И. С. Мелехов. Природа леса и лесные пожары. Изд-во АЛТИ, Архангельск, 1947. [4]. Г. А. Мокеев. Пожароопасные пояса и время наиболее сильного развития лесных пожаров. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1961. [5]. М. А. Софронов. Лесные пожары в горах Южной Сибири. Изд-во «Наука», М., 1967.

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 634.0.81

## О ПРЕПОДАВАНИИ ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЯ

В. Е. ВИХРОВ

(Белорусский технологический институт)

Б. Н. УГОЛЕВ

(Московский лесотехнический институт)

Как самостоятельная отрасль знаний древесиноведение сформировалось в начале 30-х годов XX в. Под влиянием требований лесного хозяйства и лесной промышленности оно развивается в двух направлениях — лесоводственно-биологическом и физико-технологическом. При изучении древесиноведения студенты должны получить сведения о строении древесины, ее химических, физических и механических свойствах, влиянии различных факторов на указанные свойства, пороках древесины, природной стойкости древесины, характеристике основных древесных пород и их промышленном значении.

Как всякая учебная дисциплина древесиноведение отражает результаты научных исследований в данной области, и содержание ее непрерывно изменяется и обогащается новыми сведениями.

В программы курса и учебную литературу по древесиноведению за последние годы включен ряд новых вопросов; повысился научный уровень и расширился объем сведений по остальным традиционно древесиноведческим вопросам. Сказанное относится к таким вопросам, как процессы формирования древесины, основы электронной микроскопии клеточных стенок и современные представления об их тонкой структуре, микроскопическое строение древесины различных пород для их диагностики, колориметрические характеристики цвета древесины и способы их измерения, объективные методы оценки блеска древесины, давление набухания и методы его измерения, водопроницаемость и метод ее определения, пьезоэлектрические свойства древесины, метод измерения внутренних напряжений, способы определения теплофизических показателей, методы измерения скорости звука и логарифмического декремента затухания, использование ультразвука для исследования свойств древесины, проницаемость древесины инфракрасными и световыми лучами, воздействие на древесину ультрафиолетовых лучей, люминесценция древесины, проницаемость древесины рентгеновскими лучами, поглощение древесной бета- и гамма-лучей, использование электромагнитных излучений для дефектоскопии, упругая анизотропия древесины и способы определения упругих постоянных, анизотропия механических свойств, высокоэластические деформации древесины, реологические показатели древесины, методы испытаний древесины без ее разрушения; влияние высокотемпературной сушки, ионизирующих излучений и других факторов на свойства древесины, причины образования пороков и их влияние на качество древесины и пр.

С древесиноведением тесно связаны проблемы улучшения природных свойств древесины и ее защиты путем различных методов облагораживания (пропитка антисептиками, антипиренами, синтетическими смолами, сплавами металлов, прессование, пластификация и другие методы модификации древесины). Результаты исследований в этих областях также находят отражение в учебных курсах древесиноведения по ряду специальностей.

Преподавание такой сложной по составу дисциплины сопряжено с известными трудностями. Нам представляется, что основное внимание должно быть обращено на то, чтобы будущий специалист мог разбираться в сущности явлений, оказывающих влияние на различные технологические процессы и изыскивать наиболее эффективные пути их усовершенствования.

В связи с этим в курсе должны быть особенно широко и обстоятельно освещены методы различных испытаний древесины. В конечном счете именно от правильно выбранной методики испытаний и совершенства применяемой аппаратуры зависит ценность получаемых сведений о свойствах древесины.

Будущий специалист безусловно должен свободно владеть основными количественными соотношениями из области древесиноведения. Это не только даст ему возможность ориентироваться в возникающих сложных производственных ситуациях, но позволит стать убежденным защитником и пропагандистом эффективного использования древесины, наравне с другими современными материалами.

Успех преподавания древесиноведения зависит от разумного сочетания всех форм обучения. Количество часов, отводимых на древесиноведение по учебным планам лесохозяйственных и лесоинженерных специальностей, явно недостаточно. В учебном плане лесомеханической специальности лесозаготовительного профиля вообще отсутствует древесиноведение. Не предусмотрено этой дисциплины и в учебных планах специальностей химико-технологических факультетов.

В некоторых планах по курсу древесиноведения не предусматриваются экзамены (например, по специальности 0519 «Машины и механизмы деревообрабатывающей промышленности»). В планах других специальностей нет даже дифференцированного зачета по древесиноведению (например, по специальностям 1512 «Лесное хозяйство» и 0901 «Лесоинженерное дело»).

В планах специальностей лесохозяйственного и лесоинженерного профилей совершенно недостаточное число часов отводится на лабораторные работы по древесиноведению. По новому учебному плану «Лесное хозяйство» вместо лабораторных занятий введены практические занятия, что затрудняет освоение учебного материала.

Иногда древесиноведение читается в втором курсе, то есть до того, как закончено изучение общетехнических дисциплин.

В последнее время учебно-методическим Советом Министерства высшего и среднего специального образования СССР проведена определенная работа, направленная на улучшение структуры учебных планов. Эту работу необходимо продолжить. В каждом вузе при преподавании древесиноведения, естественно, в большей мере отражаются вопросы, связанные с научными интересами руководителя курса. Поэтому для чтения отдельных разделов древесиноведения полезно приглашать преподавателей из других родственных вузов. Для обмена опытом и совершенствования педагогического мастерства, очевидно, целесообразно провести семинар преподавателей древесиноведения.

В вузах работают наши ведущие специалисты в области изучения строения и свойств древесины. Их большая исследовательская работа должна осуществляться в соответствии с единым государственным планом в содружестве с научно-исследовательскими организациями и предприятиями. Однако еще не везде созданы благоприятные условия для этого. Большая педагогическая нагрузка, отсутствие штата помощников средней квалификации и вспомогательного персонала, недостаток помещений, устаревшее оборудование — все это серьезно тормозит развитие научной работы. Для расширения и углубления исследований в вузах должны быть открыты проблемные лаборатории. Положительный опыт создания таких лабораторий имеется в БелТИ, УЛТИ, АЛТИ.

Исследования, проводимые на кафедрах, должны способствовать укреплению связей между наукой и производством, обогащать лекционные курсы и лабораторные практикумы, стимулировать интерес студенческой молодежи к научной деятельности.

Прогресс различных видов производства, связанных с использованием древесины, во многом зависит от наличия хорошо подготовленных исследователей в области изучения строения и свойств древесины.

Наши вузы не готовят таких специалистов. Следовало бы организовать небольшие группы студентов, обучающихся по индивидуальным планам с исследовательским уклоном. Целесообразно шире вводить элементы исследований в лабораторных практикумах, предусматривать в дипломных проектах разделы, связанные с изучением свойств древесины. Большую роль в этом может сыграть НСО.

Для решения крупных проблем древесиноведения на высоком научном уровне необходимо участие в исследованиях биологов, химиков, физиков, механиков, математиков. Такие кадры могут быть подготовлены в университетах путем специализирования в области древесиноведения студентов, оканчивающих соответствующие факультеты. Совершенно недостаточна аспирантская подготовка исследователей древесины.

В наше время стало очевидным, что наиболее успешны, плодотворны работы на стыках наук. Привнесение в традиционное древесиноведение методов и средств исследования из других областей знания, глубокое проникновение в сущность наблюдаемых явлений обещает большие достижения. Это необходимо учитывать при выборе направления и тем диссертационных работ.

Следует практиковать систематическое широкое обсуждение проблематики древесиноведения. Мнение научной общественности должно быть решающим в определении перспективных путей развития древесиноведения.

В последнее время были проведены достаточно представительные конференции по вопросам древесиноведения в МЛТИ (1966 г.) и в Институте леса и древесины им. В. Н. Сукачева (1968 г.).

Претворение в жизнь решений этих конференций должно способствовать развитию науки о древесине в нашей стране и улучшению преподавания древесиноведения — одной из важнейших дисциплин для лесотехнических специальностей высших учебных заведений.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

**ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ  
ПО ВОПРОСАМ ПИТАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ  
И ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ**

С 23 по 25 сентября 1969 г. в Петрозаводске проходило весьма представительное всесоюзное научное совещание по вопросам питания древесных растений и повышению продуктивности насаждений. Это совещание было организовано совместно Государственным Комитетом лесного хозяйства Совета Министров СССР, Центральным и Карельским правлениями НТО лесной промышленности и лесного хозяйства, отделением лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ и Институтом леса Карельского филиала АН СССР.

В совещании приняли участие 189 представителей 53 институтов, в том числе 70 человек с учеными степенями и званиями. Были представлены доклады из Ленинградской лесотехнической академии, Архангельского, Львовского, Московского и Уральского лесотехнических институтов, Марийского политехнического, Белорусского и Брянского технологических институтов, Украинской сельскохозяйственной академии, а также из Московского, Воронежского и Петрозаводского государственных университетов, Латвийской сельскохозяйственной академии и Куйбышевского сельскохозяйственного института (всего из 14 вузов).

Пленарных заседаний было два; работало пять секций: 1) питание и рост растений при искусственном лесоразведении (в питомниках); 2) питание и рост растений в культурах; 3) формирование насаждений; 4) рубки ухода; 5) осушение лесных земель. Всего было сделано 96 докладов, из них 10 на первом пленарном заседании.

В принятом совещанием постановлении отмечены важнейшие направления дальнейшей работы: световой режим растений, режим углекислоты, фотосинтез, баланс органического вещества, особенности гормональной системы в растениях, физико-химические и биологические свойства почв, поглощательная способность корневых систем, баланс вещества и энергии, построение в первом приближении математической модели жизнедеятельности лесных растений с последующим улучшением этой модели.

Было высказано мнение о необходимости расширения комплексных исследований, более широком применении минеральных удобрений по районам, унификации методики исследований и оценке результатов, внедрении новейших исследовательских методов, расширении работ в области мелиорации почв и насаждений.

Признано необходимым составлять зональные рекомендации, обобщать результаты координированных работ, а также поставить вопрос о создании научно-координационного Совета по проблеме и увеличении ассигнований на научно-исследовательские работы по повышению продуктивности лесов.

Участники сочли целесообразным просить о созыве методических совещаний, периодическом издании бюллетеня с сообщениями о выполненных работах и освещении данного совещания в периодической печати.

П. И. Войчалъ.

(Архангельский лесотехнический институт)

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0 (048.1)

ЦЕННАЯ МОНОГРАФИЯ \*

Широкое применение количественных показателей и статистической обработки материала — характерная черта современного лесоведения. Имеющиеся в этой области пособия, как правило, составлены специалистами статистиками, и биологический или лесоводственный материал в них не выходит за рамки примеров, иллюстрирующих способ расчета. Поэтому чаще всего остается открытым вопрос о правомернос-

\* В. И. Василевич. Статистические методы в геоботанике. Изд-во «Наука», Л., 1969.

ти использования того или иного математического аппарата для решения конкретной задачи, то есть один из фундаментальных вопросов любого исследования.

В монографии В. И. Василевича, известного работами по лесной геоботанике, в соответствии с определенными проблемами, встающими при изучении растительности, рассмотрен математический аппарат, приемлемый для их решения. Многие из рассмотренных в таком плане вопросов представляют первостепенный интерес для специалистов лесного хозяйства.

Книга состоит из 11 глав. В первых двух кратко изложены методы выборочного исследования и первичной обработки материала. Для лесоводов большую ценность представляют соображения по поводу «типичных» участков и «типичных» образцов. Применяемые еще во многих лесоводственных исследованиях способы отбора образцов и выбора мест для закладки пробных площадей по существу представляют собой подгон отбираемого материала под априорную схему. Читатель найдет здесь также материал по обоснованию размеров пробных площадей и о числе повторностей.

В третьей главе, озаглавленной «Распределение видов на площади фитоценоза», приведена классификация типов распределения и даны способы их выявления. Вы сказано предположение о преобладании в природе контагиозного (группового) распределения, которое проиллюстрировано на примере всходов сосны. С сожалением приходится отметить, что имеющиеся способы изучения распределения растений не нашли использования среди лесоводов. Изучение распределения взрослых деревьев в насаждении и подроста на площади возобновления фактически не начато.

В главе IV рассмотрена сфера применения корреляционного анализа, изложенная с большой четкостью и ясностью. Правда, здесь имеются отдельные пропуски. Например, не учтен удачный способ использования полихорического показателя, предложенный П. И. Войчалем (1967) для установления связи живого покрова со свойствами почвы.

Глава V посвящена анализу основных признаков растительности и принципам их количественной характеристики. При бесспорном изложении основного материала автором допущена некоторая непоследовательность при рассмотрении количественных и качественных признаков (стр. 120). В лесу нет таких «качеств», которые не допускали бы количественного подхода. В. И. Василевич, например, рассматривает степень замкнутости сообщества как качественный признак, тогда как нами в 1968 г. была предложена количественная мера для ее исчисления — фитоценотический барьер и дана методика его расчета. Упущена в этом разделе очень важная для лесоводов формула количественного определения качества подроста на площади возобновления, полученная И. Д. Юркевичем (1965).

В главе VI особый интерес представляет для лесоводов критический обзор дистанционных методов нахождения численности деревьев или подроста без заложения пробных площадей, которые все чаще используют американские специалисты. В советской литературе такой обзор сделан впервые.

Главы VII—VIII о нахождении коэффициентов сходства и выявлении однородных групп — центральные в монографии. Без установления степени сходства невозможно научно обоснованное объединение объектов, которое необходимо для дальнейшей обработки полевого материала или однородного хозяйственного использования. Предлагаемые автором методы заслуживают самого серьезного внимания.

В заключительных главах монографии рассмотрен гомогенитет растительности и границы фитоценоза.

В целом монографию В. И. Василевича следует рассматривать как очень ценное и своевременное пособие, полезное для специалистов лесного хозяйства. В одной из последних работ англичане Ламберт и Дэйл (1964) писали: «Статистика только слуга и не должна стать хозяином». Исследование В. И. Василевича ясно показывает другое: статистические методы позволяют критически оценить старые теории, проливают свет на такие области изучения и аспекты проблемы, которые без математической статистики навсегда остались бы в тени.

Ю. А. Злобин.

(Ульяновский сельскохозяйственный институт)

## ЮБИЛЕИ

### 80-ЛЕТИЕ

### НИКОЛАЯ ИГНАТЬЕВИЧА НИКИТИНА

12 марта 1970 г. исполнилось 80 лет со дня рождения и 56 лет научно-педагогической и общественной деятельности члена-корреспондента АН СССР, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора, доктора технических наук Николая Игнатьевича Никитина.

Профессор Н. И. Никитин является крупнейшим ученым в области химии целлюлозы и древесины, и имя его уже давно пользуется мировой известностью. Оно хорошо знакомо и всем читателям нашего журнала.

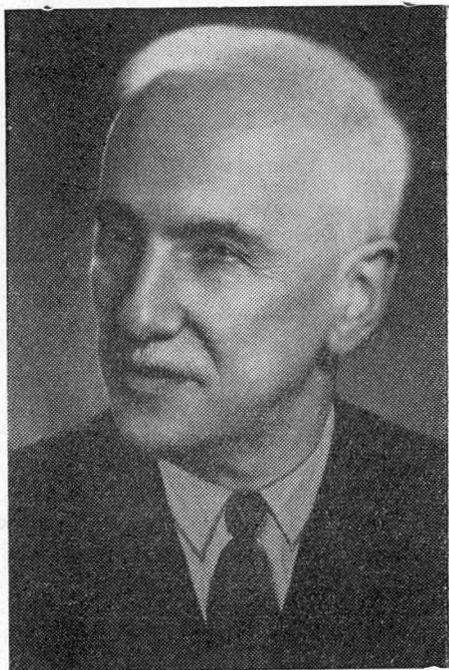
Николай Игнатьевич в 1914 г. окончил Петербургский лесной институт. Его деятельность как ученого на протяжении многих лет была тесно связана с этим старейшим и крупнейшим лесным вузом нашей страны. Являясь учеником проф. Е. В. Бирона, Н. И. Никитин в первые годы своей практической деятельности интересовался главным образом вопросами физической и общей химии. Пройдя длительную стажировку в нескольких промышленных и научных лабораториях, в том числе у известного физико-химика проф. Г. Таммана в Германии, и приобретя большой практический опыт ученого-химика, Н. И. Никитин в 1925 г. создал в Лесотехнической академии первую в нашей стране кафедру химии древесины и целлюлозы, заведующим которой он затем был непрерывно в течение 35 лет. В 1929 г. Н. И. Никитину было присвоено звание профессора, в 1937 г. — учения степень доктора технических наук, а в 1939 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. Блестящий талант лектора, широкие научные интересы и огромное личное обаяние неизменно привлекали советское студенчество на лекции проф. Н. И. Никитина на протяжении всей его педагогической деятельности и способствовали сплочению в его лаборатории большой группы учеников, из рядов которой впоследствии вышли профессоры В. И. Шарков, В. И. Юрьев, Н. Я. Солечник, доценты Ф. П. Комаров, А. В. Буевской и многие другие.

В 1951 и 1962 гг. проф. Н. И. Никитин с сотрудниками выпустил две капитальные монографии «Химия древесины» и «Химия древесины и целлюлозы», являющиеся настоятельными пособиями каждого исследователя, инженера и студента. В этих книгах нашли отражение результаты многолетних трудов автора и его научной школы в самых различных областях химии целлюлозы и древесины.

Вся жизнь Николая Игнатьевича Никитина, большого друга молодежи, сердечного и доброжелательного человека, являет собой великолепный пример беззаветного служения любимой науке и своему народу. Об этом он прекрасно рассказал в своих талантливо написанных очерках «На пути научного работника-химика», вышедших вторым изданием в 1969 г.

Научная, педагогическая и общественная деятельность проф. Н. И. Никитина получила высокую оценку Партии и Правительства: он награжден орденом Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и медалями, а в 1961 г. ему присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.

Редакция «Лесного журнала» от имени всех своих читателей сердечно поздравляет дорогого Николая Игнатьевича Никитина со славным 80-летним юбилеем и от всей души желает ему бодрости, крепкого здоровья, новых творческих успехов и личного благополучия.



## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

П. А. Положенцев, Л. А. Золотов, В. Г. Латыш. О составе и токсичности жи- вницы сосны в очагах корневой губки . . . . .	3
Ю. Д. Сироткин, А. Н. Праходский. Подпологовые культуры ели в сосняках разного возраста . . . . .	6
Н. Г. Смертин. Таблицы объемов стволов для древостоев сосны Кировской об- ласти . . . . .	10
В. И. Волкорезов. Особенности строения и формирования корневых систем со- сны Приокских лишайниковых боров Горьковской области . . . . .	14
Г. С. Разин. О показателях продуктивности леса . . . . .	18
В. Н. Валеев, Н. И. Рябинин, Г. Л. Яичников. Прирост и отпад при выбороч- ных рубках в сосняках Карелии . . . . .	21
Т. А. Леухина. Физиологическое состояние культур дуба после обработки их арборицидами . . . . .	24

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

В. И. Олейник. Исследование устойчивости агрегатной машины при подтаски- вании пакета хлыстов по горизонтальной плоскости . . . . .	28
К. А. Лонн, В. Л. Плотников. К вопросу о пневмоокорке древесины . . . . .	33
Т. М. Шкиря. К вопросу об определении оптимального момента инерции дви- жущихся частей цепного древокольного станка . . . . .	36
Э. А. Селезнева. Особенности технологии производства работ по укреплению глинистых грунтов экстракционной фосфорной кислотой при постройке автолесовозных дорог . . . . .	40
В. Ф. Попов, Н. И. Кузнецов. Исследование утечек топлива в нагнетательном элементе топливного насоса распределительного типа . . . . .	43
Г. М. Анисимов. К вопросу о расчете деталей трансмиссии на прочность . . . . .	48
Р. Г. Смирнов. Исследование плавучести березовых бревен с различными ви- дами частичной окорки . . . . .	54

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. И. Санев, В. Н. Плюснин. О температурном перепаде по длине ленточных пил при распиловке древесины . . . . .	59
Н. С. Крутиков. К расчету рольгангов с косо поставленными роликами . . . . .	65
Л. М. Ковальчук, Е. П. Парини. Расчет основных параметров процесса высо- кочастотного склеивания . . . . .	68
М. П. Гореньков. О порозаполняющей способности грунтов и порозаполнителей И. М. Заяц. Режимы шлифования древесины сосны абразивными кругами . . . . .	75
Е. Д. Добрынин. Напряжения в ленточных пилах от сил сопротивления реза- нию и отжиму . . . . .	79
П. Н. Житков, Г. Д. Рыдченко. Прочность прессованной древесины при пере- менных нагрузках . . . . .	83
И. М. Пастух. Влияние конструктивных параметров шиповых соединений на прочность клеевого шва . . . . .	88
Е. М. Боровиков, А. С. Поздеев. О влиянии высокочастотного нагрева при пайке и отпуске на микроструктуру и прочность твердосплавных зубьев рамных пил . . . . .	92
	98

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина, Н. Я. Солечник. К вопросу о получении пласти- ков на основе древесных опилок. Физико-механические свойства пласти- ков, полученных с использованием стиромалея . . . . .	104
И. М. Боховкин, Б. К. Семенов. Физико-химическое исследование взаимодей- ствия фурфурола с нитропроизводными фенола в уксусной кислоте . . . . .	108
В. А. Шишкин, В. Н. Пиялкин. О продуктах парофазного гидролиза метокси- фенолов на силикагеле, пропитанном ортофосфорной кислотой . . . . .	111
Ю. А. Гугнин. Влияние полисульфидов и гидразина на ускорение процесса варки целлюлозы . . . . .	115
Е. Е. Фломина, Н. Г. Пшеничнова. К вопросу о пропитке древесины препа- ратами типа МХМ . . . . .	118

Г. С. Михайлов, Р. М. Лившиц. Исследование привитой сополимеризации на древесной массе. Анализ и характеристика древесной массы, модифицированной полиметилметакрилатом . . . . .	121
---	-----

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

П. Н. Казакевич. Капитальные затраты на формирование и поддержание производственных мощностей лесозаготовительных предприятий . . . . .	124
А. И. Смирнов. К вопросу о выборе типа верхнего строения пути лесовозных ужд . . . . .	128
В. А. Чельшев, А. С. Шейнгауз. Экономическая модель лесного хозяйства Дальнего Востока . . . . .	133

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

М. А. Дудорев, О. С. Москалева. О развитии корневой системы сеянцев сосны в питомниках . . . . .	137
И. И. Старченко. Где лучше использовать магонию ( <i>Mahonia aquifolium Nutt</i> )	139
Ф. М. Овчинников. Использование корреляционных связей при изучении сеянцев сосны . . . . .	140
В. А. Рожков, А. З. Швиденко. Об освещенности в различных лесных ассоциациях юга Сахалина . . . . .	141
Р. С. Зубарева, В. И. Панов. О роли почвенного запаса семян в лесовосстановлении темнохвойно-широколиственных лесов Среднего Урала . . . . .	143
Л. В. Чистяков. Возрастная структура лиственнично-березовых насаждений Амура-Зейского плато . . . . .	146
А. Н. Новокова. Влияние некоторых экологических факторов на плодоношение ирги колосистой . . . . .	148
А. М. Олькайнен. О пигментах пластид в хвое ели . . . . .	150
М. Х. Аль-Саффар. Рост лесных полос из быстрорастущих пород Льговской опытно-селекционной станции Курской области . . . . .	151
И. С. Антонов. О выжимании культур сосны . . . . .	154
В. В. Иевлев. Плодоношение дуба черешчатого в Воронежском заповеднике	157
А. А. Мордаев. О влиянии густоты стояния на рост двухлетних сеянцев ели и содержание в них азота, фосфора, калия и углеводов . . . . .	159
М. А. Попов. Метод повышения точности механических датчиков диаметра бревен . . . . .	161
Г. А. Евсеев. Ускорение процессов твердения легкого бетона на основе цемента и отходов древесины . . . . .	162
А. И. Егоров, Э. Н. Сабуров. О влиянии условий входа и выхода потока на аэродинамические характеристики кольцевых циклонно-вихревых камер	165
Н. А. Диченков. Распределение лесных пожаров в границах лесопожарных поясов . . . . .	168

### ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

В. Е. Вихров, Б. И. Уголев. О преподавании древесиноведения . . . . .	171
---	-----

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

П. И. Войчалъ. Всесоюзное совещание по вопросам питания древесных растений и повышению продуктивности насаждений . . . . .	173
--	-----

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Ю. А. Злобин. Ценная монография . . . . .	173
---	-----

### ЮБИЛЕИ

80-летие Николая Игнатьевича Никитина . . . . .	175
---	-----

Цена 1 руб.

Индекс 70868

**Подписывайтесь  
на журнал на 1970 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

**Р а з д е л**

**„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 высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

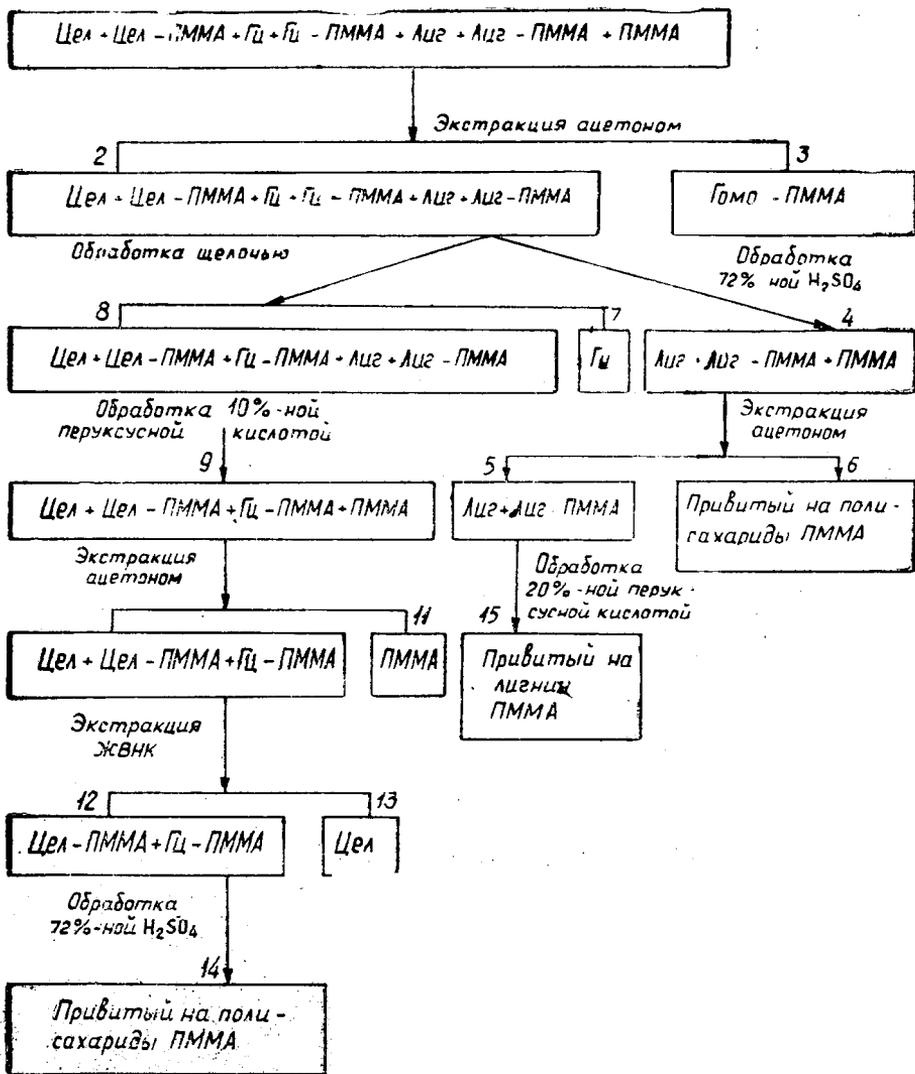


Рис. 1.

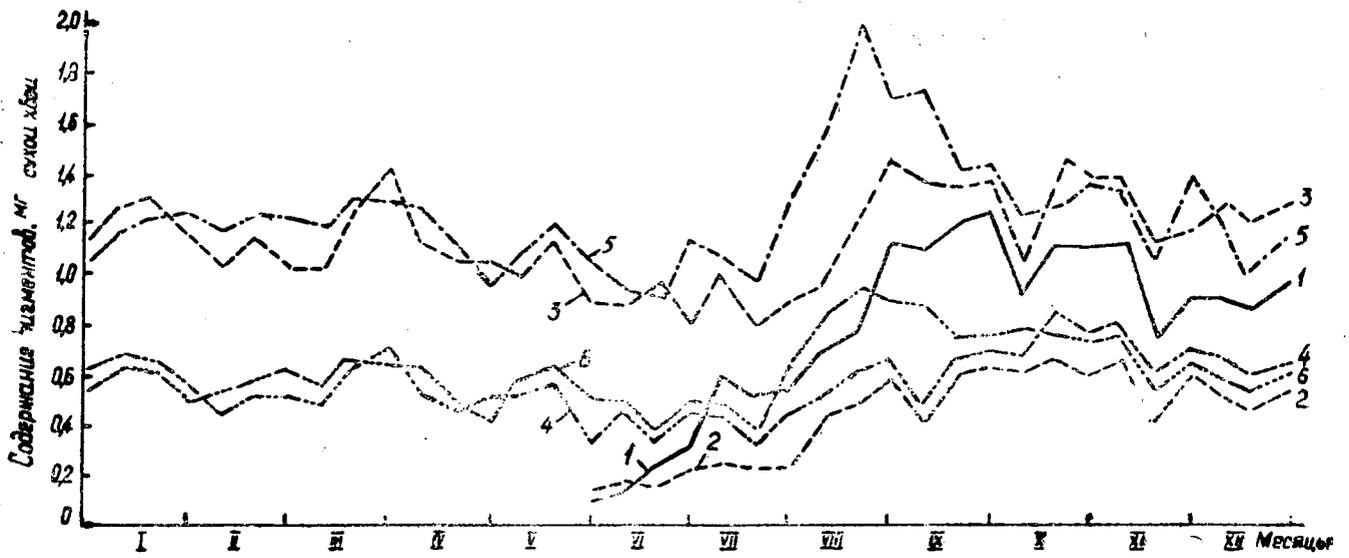


Рис. 1. Динамика пигментов пластид в хвое ели обыкновенной (1966 г.).

1, 3, 5 — содержание хлорофилла (a+b) в хвое первого, второго и третьего года жизни; 2, 4, 6 — содержание каротиноидов в хвое первого, второго и третьего года жизни.

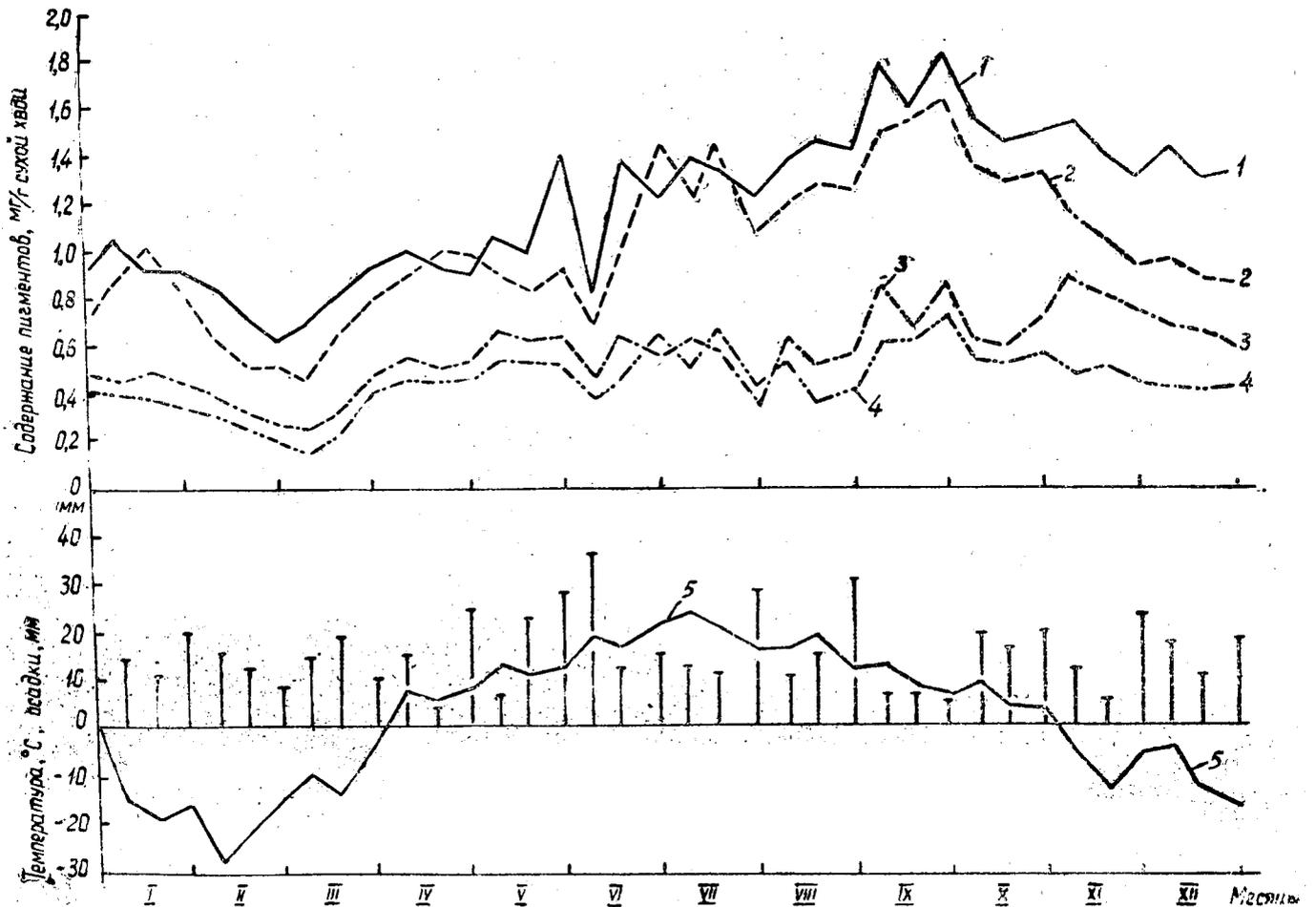


Рис. 2. Динамика пигментов пластид в двухлетней хвое ели колючей (форма голубая) и канадской (1966 г.).

1, 2 — содержание хлорофилла (a+b) в хвое ели; 3, 4 — содержание каротиноидов; 5 — среднедекадная температура воздуха, °C; вертикальные линии — осадки за декаду, мм.

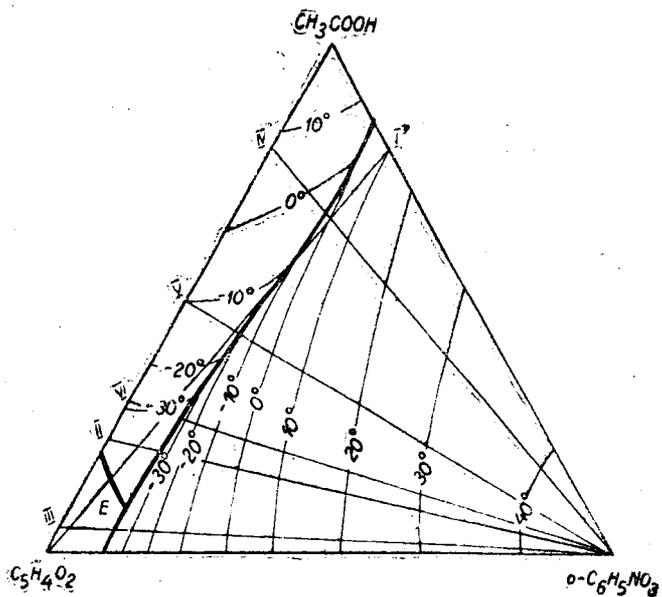


Рис. 2. Диаграмма состояния тройной системы фурфурол — уксусная кислота — о-нитрофенол.

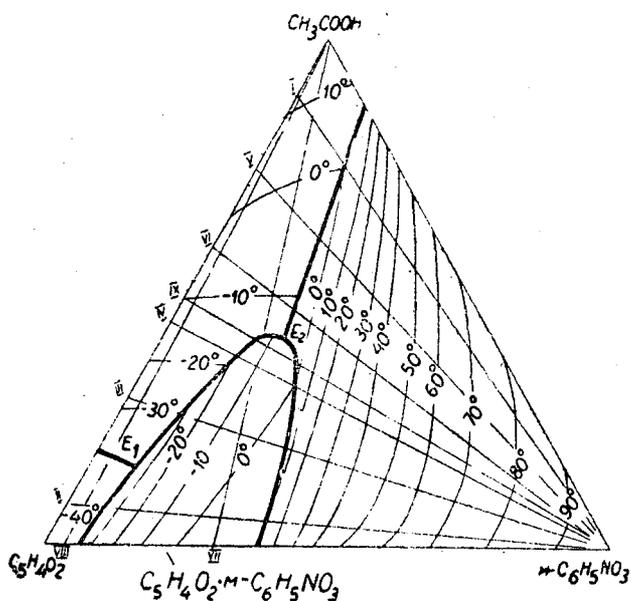


Рис. 3. Диаграмма состояния тройной системы фурфурол — уксусная кислота — м-нитрофенол.

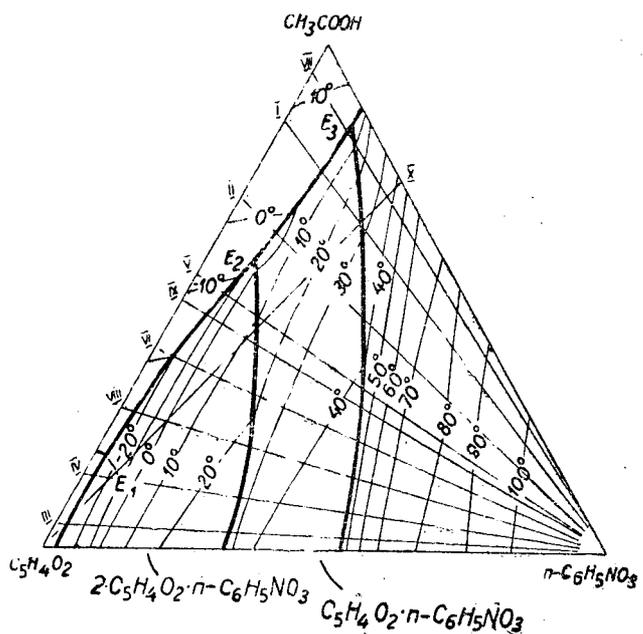


Рис. 4. Диаграмма состояния тройной системы фурфурол — уксусная кислота — п-нитрофенол.

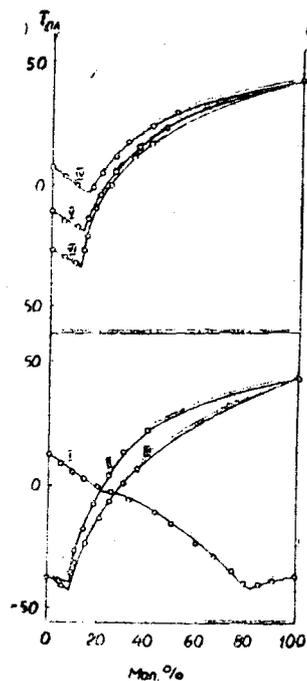


Рис. 5. Кривые кристаллизации по разрезам I, II, III, IV, V и VI тройной системы фурфурол — уксусная кислота — о-нитрофенол.

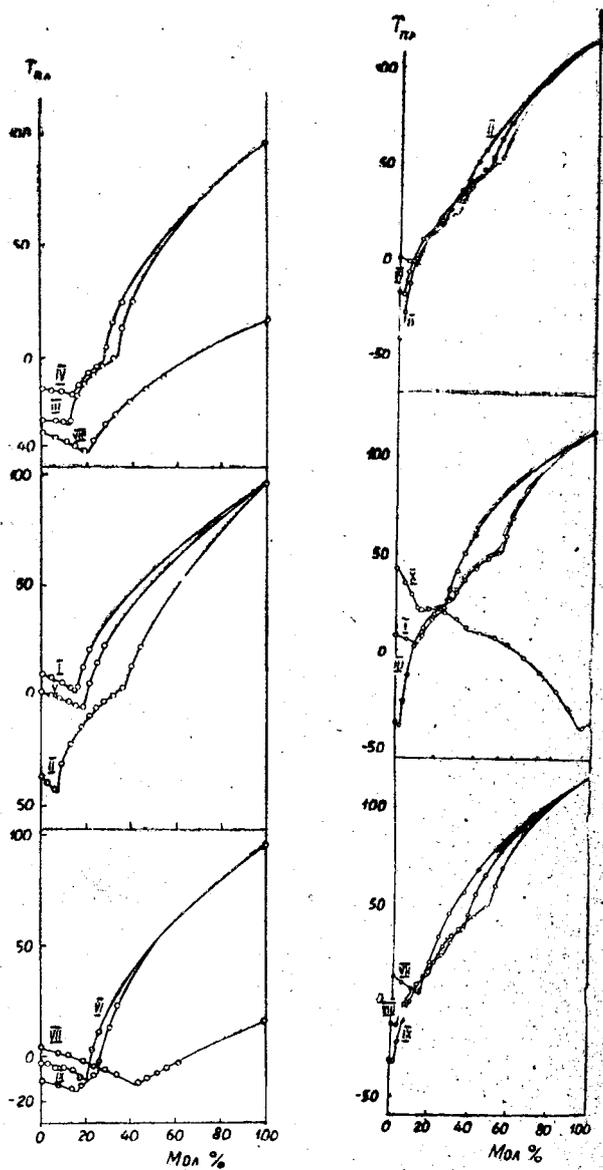


Рис. 6. Кривые кристаллизации по разрезам I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII и IX тройной системы фурфурол — уксусная кислота — м-нитрофенол.

Рис. 7. Кривые кристаллизации по разрезам I, II, III, IV, VI, VII, VIII, IX и X тройной системы фурфурол — уксусная кислота — п-нитрофенол.

**АРХАНГЕЛЬСКИЙ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА**

объявляет прием в аспирантуру на 1970 год  
по следующим специальностям:

**В АСПИРАНТУРУ ИНСТИТУТА**

Машины, механизмы и технология лесоразработок (сухопутный и водный транспорт); машины, оборудование и технология лесопильных и деревообрабатывающих производств (станки и инструменты); химия и технология древесины, целлюлозы и бумаги; основания, фундаменты и подземные сооружения.

**В ЦЕЛЕВУЮ АСПИРАНТУРУ**

Экспериментальная физика; технология машиностроения; автоматизация производственных процессов; теоретические основы теплотехники; теоретические основы электротехники; машины, механизмы и технология лесоразработок; машины, оборудование и технология лесопильных и деревообрабатывающих производств; история КПСС, политическая экономия; экономика, организация и планирование лесного хозяйства.

Подготовка в целевой аспирантуре проводится в Московском и Ленинградском университетах и институтах.

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ  
обозначенного здесь срока**


И. Ленина,

05  
11832

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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