

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

*ГОД ИЗДАНИЯ ВТОРОЙ*

5

1959

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Доц. **Ф. И. Коперин** (отв. редактор), доц. **П. И. Войчалъ** (зам. отв. редактора), председатель Архангельского совнархоза **И. Е. Воронов**, проф. **А. Э. Грубе** (зам. отв. редактора), проф. **М. Д. Данилов**, проф. **В. К. Захаров**, проф. **О. Г. Каппер**, проф. **С. Я. Коротов**, проф. **Ф. М. Манжос**, акад. ВАСХНИЛ проф. **И. С. Мелехов**, проф. **И. М. Науменко**, доц. **Н. В. Никитин**, доц. **С. И. Рахманов**, доц. **Г. Я. Трайтельман**, доц. **В. В. Щелкунов**.

Ответственный секретарь редакции **А. И. Кольцова**.

---

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

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная им. Сталина, 17,  
Лесотехнический институт, тел. 3-63-27.

## ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА БССР

**В. И. ПЕРЕХОД**

Заслуженный деятель науки БССР  
акад. АН и АСХН БССР

**Д. С. ГОЛОД**

Инженер

(Белорусский лесотехнический институт)

Для нормальной производственно-хозяйственной деятельности любое предприятие должно иметь средства производства. Поэтому Советское государство в плановом порядке наделяет каждый лесхоз основными и оборотными фондами.

Основные фонды являются важнейшими показателями материально-технической оснащенности, создают необходимые условия для роста объема производства, способствуют облегчению труда и повышению его производительности в любой отрасли народного хозяйства на каждом предприятии.

Из этого видно, насколько велика их роль и для лесохозяйственных предприятий.

По степени использования и активности участия в производственном процессе основные фонды лесохозяйственного производства делятся на следующие две категории:

а) производственные, служащие для производства продукции и играющие непосредственную роль в процессе труда, в процессе воспроизводства леса (производственные здания, тракторы, лесопосадочные машины, почвообрабатывающие орудия, шишкосушильни, гидротехнические сооружения, хозяйственный инвентарь и др.);

б) непроизводственные, играющие вспомогательную роль и не принимающие прямого участия в процессе труда, а лишь связанные с работой предприятия (жилые дома, общежития, клубы, музейное оборудование, техническая библиотека и др.).

Такое деление показывает, что не все виды основных фондов в равной мере участвуют в процессах лесохозяйственного производства.

Возникает необходимость глубокого их изучения с целью улучшения структуры основных фондов, удлинения сроков службы и более рационального использования.

К сожалению, этим вопросам уделяется еще мало внимания, а данных о современной структуре основных фондов лесохозяйственного производства, их размерах на 1 га производственной территории (лесной площади) и на одного рабочего почти нет в литературе.

В связи с этим авторами был собран и обработан большой материал по основной госбюджетной деятельности лесхозов БССР и выявлена структура основных фондов лесохозяйственного производства республики. Эти данные (по состоянию на 1 января 1958 г.) приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Областные управления лесного хозяйства	Структура основных фондов по группам в % к итогу								Итого
	здания и сооружения		обору- дование и инст- рументы	транс- порт- ные средст- ва	трак- торы	машин- ны и орудия	хозин- вентарь	прочие основ- ные фонды	
	всего	в том числе жилищ- но-ком- мунальн.							
Брестское . . . . .	62,8	20,9	5,7	21,8	4,3	1,7	3,0	0,7	100
Витебское . . . . .	72,8	30,1	1,9	16,3	3,9	2,2	2,1	0,8	100
Гомельское . . . . .	64,1	23,8	3,3	18,7	7,1	3,1	2,9	0,8	100
Гродненское . . . . .	73,0	30,8	3,3	17,8	2,3	0,4	2,7	0,5	100
Минское . . . . .	72,2	28,0	2,9	12,3	4,6	2,9	2,2	2,9	100
Могилевское . . . . .	67,3	29,9	2,0	16,0	8,7	2,9	2,8	0,3	100
Молодечненское . . . . .	75,1	36,6	1,6	13,7	4,4	3,1	1,6	0,5	100
В среднем по БССР	69,4	28,2	3,0	16,6	5,2	2,5	2,4	0,9	100

Следует отметить низкое (7,7%) участие тракторов, машин и орудий в структуре основных фондов: вместе с транспортными средствами их размер на 1 га производственной территории составляет всего лишь 2,87 руб., а на одного рабочего — 1282,16 руб. К тому же существующие машины и орудия в значительной степени устарели и не отвечают современным требованиям. Это свидетельствует о слабой технической оснащенности лесохозяйственного производства республики.

Как положительное явление следует отметить рост основных фондов лесохозяйственного производства республики за последнее семилетие (1951—1957 гг.) в среднем на 18,3% в год. В отдельные годы этот прирост равнялся (в процентах к 1951 г.):

1952 — 6,8	1955 — 22,0
1953 — 18,7	1956 — 20,0
1954 — 23,7	1957 — 18,9

Более чем в два раза увеличилось использование тракторов в лесном хозяйстве БССР. Возросли в 1,7 раза транспортные средства. Это объясняется значительным пополнением в последние годы автотракторного парка лесхозов республики новыми тракторами и автомашинами.

Однако наряду с общим ростом основных фондов и увеличением доли участия отмеченных групп наблюдалось и обратное явление: количество машин и орудий снизилось почти в 1,6 раза вследствие того, что старые машины и орудия были списаны, а новые не были получены или получены в незначительном количестве.

Аналогичная картина отмечена и по группе хозяйственного инвентаря.

Некоторое снижение произошло и в группе зданий и сооружений. Доля участия этой группы на 1 января 1958 г. по сравнению с 1952 г. уменьшилась на 1,3%.

Важным экономическим показателем является степень насыщенности лесохозяйственного производства основными фондами. Это хорошо иллюстрируется данными, приведенными в табл. 2. По сравнению с дан-

ными на 1 января 1940 г. размер основных фондов на 1 га лесной площади и на одного списочного рабочего к 1 января 1958 г. возрос в 4,6—5,6 раза.

Таблица 2

Областные управления лесного хозяйства	Размер основных фондов в руб.		
	на 1 га общей площади	на 1 га лесной площади	на одного списочного рабочего
Брестское . . . . .	8—72	11—15	5004—14
Витебское . . . . .	10—92	11—76	6848—10
Гомельское . . . . .	7—74	8—53	3762—03
Гродненское . . . . .	15—02	15—96	4823—13
Минское . . . . .	11—77	12—87	5877—87
Могилевское . . . . .	10—25	10—67	4667—10
Молодечненское . . . . .	16—20	19—25	9032—36
В среднем по БССР	10—59	11—88	5312—32

Размер основных фондов неодинаков по областям, что говорит о различной степени интенсивности ведения хозяйства в них. Наиболее высокими абсолютными размерами фондов обладает Молодечненское областное управление лесного хозяйства (его средние показатели в 1,5 раза выше средних показателей по республике) и наиболее низкими — Гомельское областное управление лесного хозяйства.

Абсолютный размер основных фондов в разные годы был неодинаков (см. табл. 3).

Таблица 3

Годы	Размеры основных фондов в руб.		
	на 1 га общей площади	на 1 га лесной площади	на одного списочного рабочего
1955.	10—86	12—23	5346—45
1956	10—68	11—99	5538—04
1957	10—59	11—88	5312—32

Из приведенной таблицы видно, что в последние три года наблюдалось снижение абсолютной величины основных фондов на единицу производственной территории и на одного рабочего. Это вызвано некоторым снижением общего размера основных фондов лесохозяйственного производства республики.

В 1956 г. имело место повышение размера основных фондов на одного рабочего. Это объясняется некоторым уменьшением среднесписочного числа рабочих, занятых в лесном хозяйстве республики, к данному году по сравнению с предыдущим и 1957 г.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно прийти к выводу:

1. В структуре основных фондов лесохозяйственного производства БССР основную часть составляют здания, сооружения, оборудование и прочие основные фонды (73,3%). На долю транспортных средств, тракторов, машин и орудий и хозинвентаря приходится 26,7%.

2. Материально-техническая оснащенность лесохозяйственного производства продолжает оставаться низкой, хотя и наблюдается значитель-

ный прирост транспортных средств и тракторного парка. Это требует существенного изменения структуры основных фондов.

3. Отмечен значительный рост абсолютного размера основных фондов на единицу производственной территории и на одного рабочего (более чем в пять раз по сравнению с довоенным периодом). Таковы некоторые данные об основных фондах лесохозяйственного производства БССР.

---

Поступила в редакцию  
19 марта 1959 г.

## СТРОЕНИЕ И ХОД РОСТА КЕДРОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЗАБАЙКАЛЬЯ\*

**В. К. ЗАХАРОВ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

**В. Е. ЕРМАКОВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Вовлечение в эксплуатацию лесов многолесных районов вызывает необходимость их обследования.

В этой связи большой интерес представляет изучение строения кедровых древостоев и динамики их хода роста.

Указанное обстоятельство и послужило основанием для выполнения настоящей работы.

Исследование проводилось в лесах Забайкалья в Селенгинском и Байкальском лесхозах Бурят-Монгольской АССР.

Изучению подверглись два наиболее распространенных типа леса — кедровник кустарниковый и кедровник кедрачовый, занимающие 90,4% всей площади, занятой кедром.

Всего было заложено 22 пробных площади (табл. 1).

Таблица 1

Тип леса	Бонитет	Количество пробных площадей по классам возраста										Итого
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Кедровник кустарниковый	IV	1	1	2	3	3	1	3	—	1	15	
Кедровник кедрачовый	V	—	1	1	1	1	2	1	—	—	7	

На каждой пробной площади производился пересчет деревьев по ступеням толщины (при этом деревья подразделялись на господствующую часть и отпад), описывался подлесок, подрост, напочвенный покров и почва. Кроме того, рубилось 14—17 модельных деревьев для замера высот (по 2—3 дерева на ступень толщины), определения возраста насажде-

\* Экспериментальный материал был собран В. Е. Ермаковым во время работы в составе экспедиции по устройству лесов Бурят-Монгольской АССР в 1957 г. по методике проф. Захарова.

ний, коэффициентов формы  $q_2$  и видовых чисел  $f$ , а также производилась сортировка моделей для установления товарности древостоя.

При закладке пробных площадей использовался метод указательных насаждений. Для определения принадлежности насаждений к одному естественному ряду на каждой пробной площади бралось 3—4 дерева для проведения анализа ствола: два от средней ступени и одно — два от максимальной.

В качестве объектов выбирались насаждения предельной полноты, где кедр было не менее 0,8 по запасу.

Кедровник кустарниковый произрастает в основном на северных склонах и характеризуется наличием в подлеске ольхи кустарниковой (*Alnus fruticosa* Rupr.), жимолости синей (*Lonicera coerulea* L.), рябины. Иногда у вершин плато попадает кедровый стланик (*Pinus pumila* Rgl.). В покрове преобладает бадан (*Bergenia crassifolia*), встречаются черника и брусника. Возобновление под пологом плохое, изредка встречаются сосна, пихта, кедр. Насаждения всегда одноярусные, чаще чистые, иногда с примесью (до 10—15%) пихты, лиственницы, сосны и осины. Почва щебенисто-суглинистая мелкая, на каменистой основе, иногда с выходом гранитных горных пород на дневную поверхность.

Кедровник кедрачовый занимает верхние части склонов или платообразные вершины хребтов. В подлеске преобладает кедровый стланик и можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burgsd.). В покрове — черника, редко бадан. Часто живой напочвенный покров отсутствует. Возобновление под пологом несколько лучше, чем в кедровнике кустарниковом. Почва каменисто-скелетная, мелкая, с повсеместным выходом гранитных горных пород на дневную поверхность.

Наличие в почве каменистой основы оказывает влияние на рост и формирование насаждений и особенно на развитие корневой системы, которая, как правило, располагается в пределах 20—50 см. Основным фактором, ограничивающим мощность почв, являются лесные пожары, во время которых сгорает не только насаждение, но и вся органическая часть почвы. Минеральная же часть ее, вследствие большой волнистости рельефа, уносится дождевыми водами и ветром в понижения. После пожара такие площади представляют собой тянущиеся на многие километры сплошные чистые гранитные горные породы. И только спустя продолжительное время на них начинает формироваться напочвенный покров и древесная растительность.

Это обстоятельство ведет к тому, что насаждения в первые несколько десятилетий имеют замедленный рост, затем набирают энергию роста и в 180—200 лет имеют все еще положительный текущий прирост. Возраст количественной спелости наступает в 120 лет.

Анализ строения и хода роста кедровых древостоев дается по возрастной структуре последних.

Возраст насаждений для каждой пробной площади определялся нами как среднеарифметический на основании данных, полученных путем подсчета годичных колец на пнях 10—17 модельных деревьев. Анализ полученных данных позволяет утверждать, что нетронутые рубкой леса Забайкалья практически одновозрастны (табл. 2). Коэффициент варьирования возраста колеблется в пределах 1,6—1,8% для насаждений всех возрастов.

К аналогичному выводу об одновозрастности девственных древостоев пришли: для лесов Севера — М. Е. Ткаченко, Граков, Рожков; для лесов Урала и Беловежской Пуши — В. К. Захаров. Объясняется это тем, что первобытные леса возникают в основном или после пожаров, или после ветровалов.

Таблица 2

№ модели	Возраст моделей на пробных площадках, лет		
	13	8	23
1	81	137	179
2	88	141	182
3	80	141	182
4	84	139	—
5	78	144	180
6	83	139	182
7	79	143	187
8	—	142	181
9	84	139	183
10	—	144	184
11	83	141	179
12	—	142	183
13	88	141	—
14	84	145	—

Для анализа хода роста по высоте использовались как средние высоты, полученные в целом для насаждений на пробных площадях, так и средние высоты по возрастам, полученные на основании анализов хода роста средних деревьев на каждой пробе. Эти величины, нанесенные на график (рис. 1), оказались очень близкими, и потребовалось лишь незначительное их выравнивание [5].

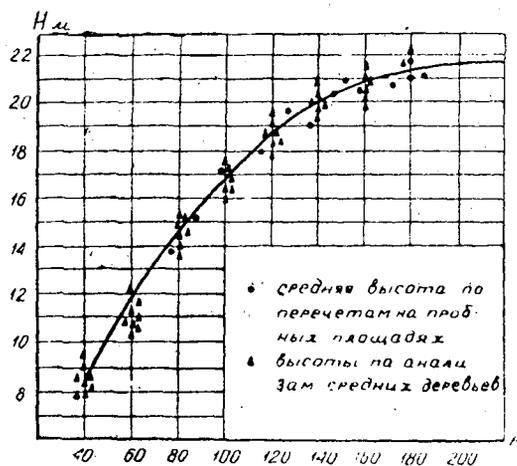


Рис. 1. Ход роста кедровника кустарникового по высоте.

Исследования велись по двадцатилетним периодам возраста, начиная с 40 лет.

Поскольку к настоящему времени имеются результаты исследований кедровых древостоев Урала, проведенных В. А. Поварницыным [7], мы сопоставили данные средних высот по возрастам, полученные им и нами, с общепонитировочной шкалой Орлова.

Оказалось, что развитие исследуемых нами кедровых древостоев идет в пределах того же бонитета, что и у Орлова, хотя и приближается в раннем возрасте к его минимальной границе.

Исследования В. К. Захарова кедровых древостоев Северного Урала в 1943 г. [2], лесного отдела Бурят-Монгольской комплексной экспедиции:

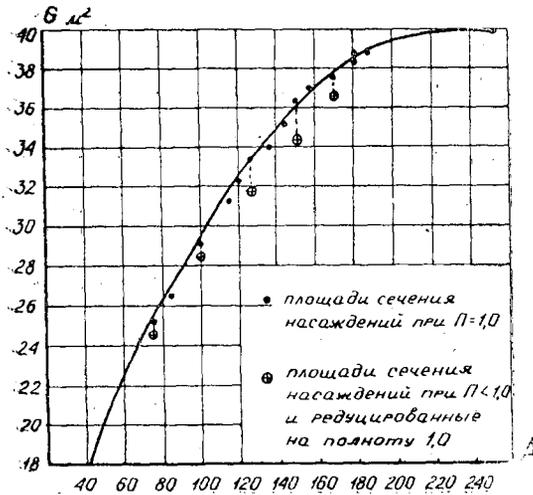


Рис. 2. Изменение сумм площадей сечений кедровника кустарникового в связи с возрастом.

АН СССР в 1954 г. и наши в 1957 г. свидетельствуют о том, что в раннем возрасте кедровые древостои имеют замедленный рост, и нередко их развитие происходит в рамках бонитета на один класс ниже по сравнению с тем, к которому они относятся в возрасте 100—120 лет.

Как следует из работы В. А. Поварницына, описываемый им кедровник мшистый в раннем возрасте (до 70—90 лет) и к 170—190 годам имеет среднюю высоту, приближающуюся к III бонитету; в 100—160 лет он переходит в рамки IV бонитета.

Зависимость диаметров от возраста изучалась нами двумя путями. В первом случае средние возрасты насаждений на пробных площадях были сопоставлены с их средними диаметрами; во втором — были использованы результаты анализов хода роста средних моделей древостоев [1]. Средние диаметры, полученные двумя указанными путями, оказались близкими и были выравнены по уравнению параболы [5].

Распределение диаметров и высот по естественным ступеням показало, что в насаждениях V—XII классов возраста диаметры колеблются от 0,44 до 1,76, а высоты — от 0,76 до 1,12 (в сравнении со средними  $D$  и  $H$ , принятыми за единицу). Это подтверждает закономерности в строении насаждений, установленные А. В. Тюриным.

Сумма площадей сечения насаждений всех пробных площадей в зависимости от возраста была выравнена при помощи уравнения параболы [5]. Площади сечения насаждений полнотой 1,0 наносились на график без изменения. Для тех же насаждений, полнота которых была меньше 1,0, площадь сечения редуцировалась на полноту 1,0 (рис. 2).

В целом же в девственных кедровниках созданы благоприятные условия для выбора насаждений оптимальной густоты с полнотой, принимаемой за 1,0, так как последние представляют собой первобытные леса (рис. 3). Выход материнской породы на поверхность несколько снижает полноту насаждений. Это учитывалось при определении полноты для данного насаждения.

Вычисленные площади сечения и средние диаметры по возрастам позволили определить число стволов:

$$N = \frac{G}{g_m},$$



Рис. 3. Кедровник кустарниковый 180 лет.  
Бонитет IV,  $H_{\text{ср}}$  21,4 м,  $D_{\text{ср}}$  32 см, полнота 0,98,  
запас на 1 га 394 м<sup>3</sup>. Селенгинский лесхоз  
Бурят-Монгольской АССР.

где  $G$  — сумма площадей сечения на 1 га при полноте 1,0;  
 $g_m$  — площадь сечения среднего дерева.

Изучение коэффициентов формы  $q_2$  произведено на 256 деревьях, срубленных и обмеренных на 19 пробных площадях. Исследуемые насаждения представлены двумя типами леса и двумя бонитетами. Вычисленные коэффициенты формы для каждой модели нанесены на график и подвергнуты графическому сглаживанию [5].

Сопоставление коэффициентов формы трех указанных пород показывает, что кедр по форме ствола аналогичен ели.

Все модели затем были распределены по  $q_2$  со ступенью в 0,05 (табл. 3).

Таблица 3

Количество деревьев $\frac{\text{шт.}}{\%}$ с коэффициентом формы $q_2$						Всего деревьев $\frac{\text{шт.}}{\%}$
0,56—0,60	0,61—0,65	0,66—0,70	0,71—0,75	0,76—0,80	0,81—0,85	
$\frac{3}{1,2}$	$\frac{31}{12,1}$	$\frac{112}{43,7}$	$\frac{77}{30,1}$	$\frac{29}{11,3}$	$\frac{4}{1,6}$	$\frac{256}{100}$

Из приведенных данных видно, что в отношении среднего коэффициента формы дерева распределены равномерно. Кроме того, эти данные показывают, что пределы варьирования  $q_2$  в девственных кедровых древостоях относительно невелики.

Полученные коэффициенты формы были подвергнуты обработке методом математической статистики с вычислением основных показателей [5]. Средний коэффициент формы для кедра, исчисленный математически-статистическим способом, оказался равен 0,701.

Видовые числа  $f$  определялись по формуле Шиффеля (по  $H$  и  $q_2$ ) для каждой высоты, начиная с  $6$  м; кроме того, вычислялись средние для каждой пробы (как средневзвешенные через площади сечения ступени). Результаты были подвергнуты обработке методом математической статистики, для чего все модели были распределены по  $f$  с градацией в 0,03 (табл. 4).

Таблица 4

Количество деревьев $\frac{\text{шт.}}{\%}$ с видовыми числами							Всего деревьев $\frac{\text{шт.}}{\%}$
40-0,42	0,43-0,45	0,46-0,48	0,49-0,51	0,52-0,54	0,55-0,57	0,58-0,60	
15	44	50	52	36	25	14	238
7,2	18,5	21,0	21,8	15,1	10,5	5,9	100

Основные статистические показатели, вычисленные методом математической статистики, приведены в нашей работе [5].

Видовые числа, определенные через  $q_2$  и  $H$ , сопоставлялись с вычисленными по формуле Вейзе  $f = q_2^2$  (см. табл. 5).

Таблица 5

Таксационные признаки	Видовые числа деревьев, имеющих высоту в м									
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$q_2$ средний	0,704	0,702	0,701	0,700	0,699	0,698	0,697	0,696	0,694	0,692
$f$ через $q_2$ и $H$	0,506	0,500	0,498	0,496	0,493	0,492	0,491	0,490	0,488	0,488
$f = q_2^2$	0,496	0,493	0,491	0,490	0,489	0,487	0,487	0,485	0,481	0,479
Величина $C$	0,198	0,202	0,203	0,204	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,204
$f = q_2 - C$	0,498	0,496	0,495	0,494	0,493	0,492	0,491	0,490	0,488	0,486

Анализ данных табл. 5 показывает, что видовые числа, вычисленные по формуле  $f = q_2^2$ , по абсолютной величине близки к видовым числам, вычисленным через  $q_2$  и  $H$  и по формуле  $f = q_2 - C$ .

По имеющимся коэффициентам формы и видовым числам определяем величину Кунце ( $C$ ) для каждой модели и в целом для пробных площадей.

Полученные данные подвергали обработке методом математической статистики [5].

Таблица 7

Воз- раст, лет	Господствующая часть							Выбираемая часть							Общая производительность		
	средняя высота в м	средний диаметр в см	видное число	число стволов	площадь сечения в м <sup>2</sup>	запас в м <sup>3</sup>	средний текущий прирост в м <sup>3</sup>	средняя высота в м	средний диаметр в см	площадь сечения в м <sup>2</sup>	видовое число	число стволов	запас в м <sup>3</sup>	сумма промежу- точного пользов.	общая площадь сечения в м <sup>2</sup>	общий запас в м <sup>3</sup>	
																	средняя высота в м
<b>Кедровник кустарниковый IV бонитета</b>																	
40	8,5	10,2	0,565	2141	17,5	84	2,1	—	6,6	7,4	—	0,597	—	13	17,5	84	
60	11,8	14,3	0,528	1376	22,1	138	2,3	2,7	8,8	9,6	—	0,561	—	13	25,39	151	
80	14,5	18,2	0,508	1004	26,1	192	2,3	2,7	10,7	12,0	—	0,538	—	26	28,79	218	
100	16,8	21,7	0,499	802	29,6	247	2,5	2,6	12,6	14,4	—	0,520	—	39	31,88	286	
120	18,6	24,8	0,495	675	32,6	300	2,5	2,6	14,6	16,4	—	0,508	—	52	34,67	352	
140	20,0	27,7	0,492	582	35,1	345	2,5	2,2	16,3	18,2	—	0,500	—	67	37,06	412	
160	20,9	30,2	0,491	518	37,1	380	2,4	1,7	17,5	19,8	—	0,497	—	80	38,76	460	
180	21,4	32,4	0,490	468	38,6	405	2,2	1,2	18,5	21,0	—	0,495	—	93	40,14	498	
200	21,4	34,2	0,490	430	39,5	414	2,1	0,4	19,2	22,0	—	0,494	—	105	40,81	519	
220	21,4	35,8	0,490	396	39,9	416	1,9	0,1	19,4	22,6	—	0,493	—	117	41,19	533	
240	21,4	37,0	0,490	372	40,0	419	1,7	0,1	—	—	—	—	—	126	40,96	545	
<b>Кедровник кедрачовый V бонитета</b>																	
40	6,1	7,0	0,694	3846	14,8	54	1,3	—	—	—	—	—	—	—	14,8	54	
60	8,9	10,5	0,558	2231	19,1	95	1,6	2,0	5,8	5,9	—	0,609	—	15	23,51	110	
80	11,4	13,9	0,530	1509	22,9	138	1,7	2,1	7,6	7,8	—	0,580	—	31	26,35	169	
100	13,5	16,7	0,514	1201	26,3	184	1,8	2,3	9,3	9,9	—	0,555	—	43	28,67	227	
120	15,0	19,5	0,506	977	29,2	221	1,8	1,9	11,0	11,9	—	0,535	—	57	31,68	278	
140	16,3	22,0	0,500	834	31,7	258	1,8	1,9	12,6	13,8	—	0,521	—	71	33,83	329	
160	17,2	24,2	0,498	735	33,8	289	1,8	1,5	13,8	15,7	—	0,513	—	84	35,71	373	
180	17,7	26,1	0,497	659	35,3	310	1,7	1,0	14,8	17,2	—	0,507	—	97	37,06	407	
200	17,8	27,8	0,496	598	36,6	323	1,6	0,7	15,7	18,2	—	0,502	—	110	38,18	433	
220	17,8	29,2	0,496	557	37,3	329	1,5	0,3	16,2	18,9	—	0,501	—	117	38,16	446	

Таблица 6

Высота в м	Видовые числа	
	по нашим данным	по данным Поварницына
12	0,526	0,524
15	0,506	0,508
18	0,496	0,498
21	0,491	0,491
24	0,488	0,488

Видовые числа, вычисленные нами, и взятые из работы Поварницына были также сопоставлены. Оказалось, что они идентичны по абсолютной величине для одной и той же высоты (табл. 6).

Анализируя  $f$ ,  $q_2$  и их взаимосвязь, следует отметить, что видовые числа, исчисленные через  $q_2$  и  $H$  и по формулам  $f = q_2^2$  и  $f = q_2 - C$ , имеют близкие абсолютные значения. Вели-

чина  $C$  отличается большой устойчивостью, что позволяет рекомендовать ее для вычисления видового числа по формуле  $f = q_2 - C$ .

Найденные по высотам видовые числа позволили вычислить для каждого возраста насаждения запас по формуле  $V = GHf$ .

Средние высоты и диаметры по возрастам для отпада были вычислены на основании данных перечета. Число стволов определено как разность в числе стволов двух смежных возрастов господствующей части. Площадь сечения определена путем умножения числа стволов на площадь сечения среднего дерева, запас — по формуле  $V = GHf$ .

Таким образом, были получены все необходимые показатели для составления таблиц хода роста (табл. 7).

### Выводы

1. Исследование коэффициентов формы и видовых чисел показало, что кедр имеет одинаковую форму ствола с елью. Поэтому при лесотаксационных работах, когда отсутствуют таблицы хода роста и объемные таблицы для соответствующих бонитетов, таксацию кедровников следует производить по ели (а не по сосне, как это делается до настоящего времени).

2. Применение формул  $f = q_2^2$  и  $f = q_2 - C$  для кедра дало очень хорошие результаты. Поэтому при проведении исследований в кедровых древостоях в целях упрощения вычислительных работ и сокращения времени обработки материала видовые числа рекомендуем исчислять по указанным формулам.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. К. Захаров. О рационализации методики составления таблиц хода роста насаждений. Институт леса АН БССР. Сб., вып. VII, 1956. [2]. В. К. Захаров. К исследованию кедровых насаждений Северного Урала. Уральский ЛТИ, вып. I, Свердловск, 1944. [3]. В. К. Захаров. Сосновые древостои Беловежской Пуши. Сб. «Леса БССР», Минск, 1954. [4]. В. К. Захаров. Определение коэффициентов формы на стоящих деревьях. Сб. Ин-та леса АН БССР, Минск, 1952. [5]. В. К. Захаров, В. Е. Ермаков. Таксационный анализ кедровников Забайкалья. «Научные доклады высшей школы». «Лесинженерное дело» № 3, 1958. [6]. Ф. И. Киселев. Ход роста кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока. Гослесбумиздат, 1957. [7]. В. А. Поварницын. Леса и лесовозобновление в бассейне реки Б. Белой в Восточных Саянах. Л., 1934.

Поступила в редакцию  
19 мая 1958 г.

## ВЛИЯНИЕ СОСРЕДОТОЧЕНИЯ В ПОЧВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ НА РОСТ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

**В. Н. ОВСЯНКИН**

Кандидат биологических наук:

**Т. Н. КАНИНСКАЯ**

Младший научный сотрудник

(Институт лесохозяйственных проблем АН Латвийской ССР)

В тридцатых годах в Латвии заметное распространение получили культуры сосны в насыпные холмики («купицы»).

Посадка в холмики — старый лесокультурный прием, известный также под названием способа Мантейфеля. В своем первоначальном виде этот способ применялся только при облесении сырых и мокрых мест, для чего на лесокультурную площадь завозилась компостная или перегнойная земля; из нее делали небольшие бугры, которые затем уплотняли и иногда обкладывали сверху дерном (травой вниз) или камнями.

Способ культур, который применялся и отчасти применяется и теперь в Латвии, значительно отличается от вышеописанного, и это дает основание говорить о нем, как о самостоятельном способе.

Во-первых, такие культуры создаются в Латвии не только на сырых местах, но чаще даже на свежих, а иногда и на сухих почвах.

Во-вторых, в Латвии при этом способе культур подготовка почвы состоит в том, что возле каждого посадочного места роют яму и за счет вынутого грунта насыпают рядом бугор или холмик. В нижнюю часть холмика закладывают лесную подстилку и верхние, обогащенные перегноем, слои почвы; сверху холмик прикрывают минеральной частью почвы, взятой со дна ямы — обычно из горизонта *B*. Внутри холмика, таким образом, сосредоточиваются органические остатки. В самой идее латвийского варианта культур в холмики многое взято, несомненно, от садоводства, от способа посадки плодовых деревьев.

Основные преимущества способа подготовки почвы холмиками следующие: аккумуляция органических веществ внутри холмика, обеспечивающая посаженные растения питательными веществами как в первые годы, так и в течение длительного времени в будущем; сопутствующее этому улучшение водного и воздушного режима почвы под посадочными местами; благоприятное соотношение между скоростью разложения и скоростью выщелачивания разлагающихся органических остатков; постепенное накопление в последующем органических остатков на дне ям; улучшение дренажа и аэрации почвы на всей лесокультурной площади, что особенно важно для сырых и мокрых мест; отсутствие зарастания посадочных мест травянистой растительностью (что избавляет от агроухода за культурами); меньшее повреждение культур личинками корнегрызущих вредителей.

Основное, что имели в виду лесоводы, производившие эти культуры, — это создать внутри холмика запас органических веществ для улучшения роста посаженных растений. При производстве культур сосны обеспеченность почвы перегноем имеет первостепенное значение, так как эта порода выращивается большей частью на почвах, бедных перегноем.

В холмиках создается своеобразный режим накопления и расходования гумуса, весьма благоприятный для роста древесных пород. Вследствие разрыхления почвы и ее перемешивания органических веществ с минеральными, вначале внутри холмика создаются условия, в результате которых происходит быстрое разложение орга-

нических веществ. Получающиеся при этом простые продукты разложения усваиваются растениями и способствуют их приживанию и быстрому росту уже в первые годы.

С другой стороны, это же разрыхление и перемешивание почвы, создавая условия аэрирования, способствует микробиологическим процессам, поэтому одновременно идет довольно интенсивный микробный синтез. Так как гумификация тоже связана с окислением, то и она происходит в этот период довольно интенсивно. В дальнейшем, в связи с уплотнением грунта и ограничением воздухообмена наблюдается сохранение в течение долгих лет гумусовых веществ и некоторое дополнительное накопление их.

Произведенные нами анализы показали, что даже по прошествии двух-трех десятков лет в почве, взятой из середины холмика (из разных мест), содержание гумуса значительно выше, чем в горизонте  $A_1$ , взятом из почвенного разреза, сделанного по соседству с холмиком на ровном месте.

Таким образом, при данном способе подготовки почвы, посаженные в холмик растения хорошо обеспечены питательными веществами в первые годы; одновременно создается запас питательных веществ, постепенно используемый в последующие годы.

Покрытие бугра минеральной частью почвы (в отличие от типичного способа Мантейфеля) также имеет важное значение, так как препятствует быстрому разложению органических веществ и зарастанию посадочного места травянистой растительностью. Аккумуляция гумуса внутри холмика создает благоприятный водный режим, способствует удержанию и даже подтягиванию влаги из нижележащих слоев почвы.

Подготовка холмиков производится обычно осенью, а посадка семян — весной, поэтому не существует тех больших препятствий подтягиванию воды из почвы в рыхлую землю холмика, о которых говорит Г. Ф. Морозов [5]. Во-первых, в сосновых лесах верхние горизонты почвы (песчаные или супесчаные по механическому составу) обычно не бывают особенно плотными. Во-вторых, за осенне-зимний период происходит известное уплотнение насыпанного холмика и частичное разложение подстилки, находящейся внутри его, в связи с чем налаживается капиллярное поднятие воды внутрь холмика из «настоящей почвы». Наконец, во время сгребания подстилки происходит известное разрыхление верхнего слоя почвы в том месте, где насыпается холмик.

С другой стороны, значительная часть атмосферных осадков стекает с холмика и попадает в находящиеся по соседству ямы, что на свежих и влажных почвах в условиях влажного климата является не отрицательным, а положительным обстоятельством, так как при этом устанавливается лучшее соотношение между скоростью разложения и скоростью выщелачивания разлагающихся органических остатков, находящихся внутри холмика. Как известно, чем меньше скорость выщелачивания, тем меньше потеря кальция, магния, калия и других оснований, тем меньше при разложении органических остатков образуется промежуточных соединений кислого характера и тем, следовательно, ближе к нейтральной реакция почвенного раствора.

Это как раз и наблюдается при своеобразных условиях разложения в холмиках. По нашим данным, коэффициент рН почвенного раствора внутри холмика, как правило, выше, чем в верхних горизонтах почвы из разреза, сделанного по соседству с холмиком, и не ниже значений рН для горизонта  $B$ .

На сырых местах подготовка холмиков производит и прямое осушающее действие; в результате создающегося при этом способе культур хорошо выраженного микро-рельефа улучшаются дренаж и аэрация всей лесокультурной площади.

Выкопка ям для насылки холмиков на самой лесокультурной площади также имеет свой смысл. Помимо того, что уменьшаются расходы на доставку перегнойной земли, сами ямы в дальнейшем играют роль накопителей органических остатков и влаги. В обследованных нами 20—25-летних культурах мощность подстилки на дне ям значительно превосходила толщину подстилки на участках, не затронутых подготовкой почвы; мощность же вновь образовавшегося гумусового горизонта ( $A_1$ ) на дне ям не уступает мощности гумусового горизонта на ровном месте. Следует помнить, что в период создания культур гумусовый слой из ямок был полностью извлечен.

Все особенности хода почвенных процессов при этом способе культур сказываются положительно на росте деревьев в условиях свежих, влажных и сырых почв. На почвах, где ощущается уже недостаток влаги, эти преимущества будут проявляться в меньшей степени.

Культуры в холмики встречаются в Даугавпилсском, Екабпилсском, Инчукалнском, Угальском, Вентспилсском, Лиепайском и других леспромпхозах Латвии. Наиболее широко они распространены в Даугавпилсском леспромпхозе, где энтузиастом этого способа в тридцатых годах был старший лесничий бывш. Гривского лесхоза Криш Буш [13]. Он рекомендовал делать холмики размером  $60 \times 60 \times 35$  см, а в неблагоприятных условиях —  $80 \times 80 \times 40$  см и более. Пробные площади нами были заложены главным образом в Даугавпилсском, а также в Угальском леспромпхозах.

Краткая характеристика пробных площадей приводится ниже, в разделе о росте культур. Типы лесорастительных условий даются по латвийской классификации [16], [3], [4], близкой по своим принципам и по русским названиям к классификации акад. В. Н. Сукачева.

При исследовании была принята методика, применявшаяся нами ранее [6]. Общее направление исследований — сравнительная оценка роста и формирования насаждений, созданных разными способами и в разных лесорастительных условиях. Все полевые данные имели массовый характер и обрабатывались методами вариационной статистики. Известную трудность представлял подбор площадей с одинаковыми лесорастительными условиями, на которых имелись бы культуры, созданные разными способами. Поэтому в первую очередь сравнивались культуры, расположенные в непосредственном соседстве, где первоначальное тождество лесорастительных условий не вызывало сомнений, и лишь при отсутствии таких объектов сравнивались культуры, расположенные в разных местах, в разных леспромхозах.

При оценке роста культур учитывалась их первоначальная густота. Мы считаем, что при изучении молодняков особое значение имеют данные роста самых крупномерных деревьев, — наиболее вероятных кандидатов в состав спелого насаждения. Сравнение роста таких деревьев дает наиболее объективные показатели, так как в этом случае в значительной степени устраняется влияние рубок ухода, разной густоты древостоев и других факторов. Поэтому на всех пробных площадях отдельно измерялся рост самых крупных деревьев (из расчета 600 деревьев на 1 га).

Наши данные показывают, что рост сосны, посаженной или высеянной в холмики, почти во всех условиях оказывается относительно лучшим, чем рост сосны в аналогичных условиях при других способах культур, исключая лишь культуры по сплошной вспашке в условиях сухих и бедных почв (боры-беломошники).

Сравним рост в высоту культур (пробная площадь № 2—56\*) и естественного молодняка (пробная площадь № 7—56) в брусничниковом (метрайс) типе лесорастительных условий (рис. 1).

Пробная площадь № 2—56 заложена в квартале 48 Деменского лесничества. Размещение холмиков в среднем  $2 \times 2$  м (2,3 тыс. на 1 га), густота в возрасте 23 лет — 5,7 тыс. деревьев на 1 га.

Пробная площадь № 7—56 заложена в естественном молодняке на участке, граничащем с пробной площадью № 2—56. Средний возраст молодняка около 30 лет, с колебаниями от 23 до 39 лет. Густота древостоя — 7,2 тыс. шт. на 1 га.

График (рис. 1) показывает, что рост сосны в холмиках значительно превосходит рост естественного молодняка. Некоторое значение имеет, конечно, разная густота насаждений, но не только меньшей густотой можно объяснить хороший рост культур в холмиках. Для этого достаточно сравнить рост этого же естественного молодняка с ростом культур на другой пробной площади — № 3—56. Эта пробная площадь заложена по соседству с пробной площадью № 2—56, в тех же культурах, но на более повышенном сухом месте, в типе лесорастительных условий беломошниково-вересковом (силс).

Несмотря на то, что лесорастительные условия на пробной площади № 3—56 значительно хуже, чем на пробной площади № 7—56, рост сосновых культур в холмиках здесь значительно превосходит рост естественного молодняка в брусничниковом типе. В возрасте 23 лет средняя высо-

\* Здесь и дальше при нумерации проб первая цифра обозначает порядковый номер пробы, вторая — год закладки пробной площади.

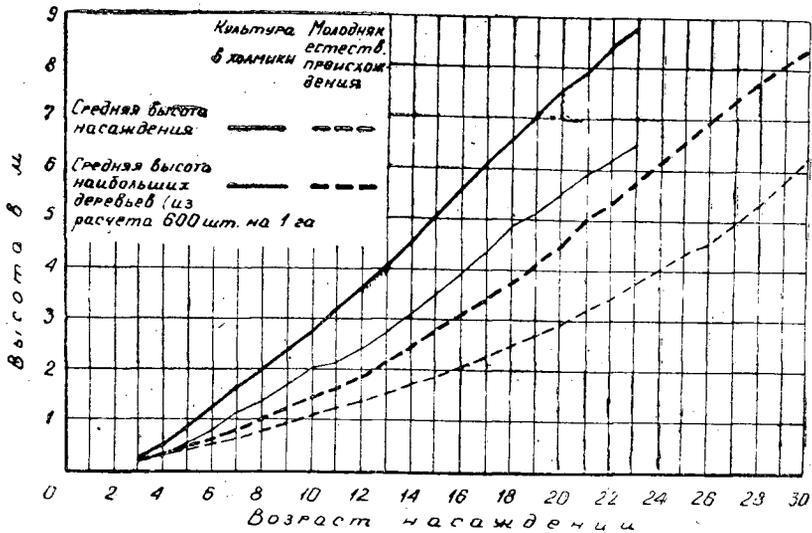


Рис. 1. Ход роста культур в холмики (пробная площадь № 2 — 56) и молодняке естественного происхождения (пробная площадь № 7 — 56) в брусничниковом типе лесорастительных условий.

та насаждения составляет в культурах 5,11 м, а в естественном молодняке 3,76 м, средняя высота крупномерных деревьев соответственно 7,85 и 5,73 м.

В лесоводственной литературе имеются, однако, указания на то, что культуры в первые годы растут вообще лучше, чем древостой естественного происхождения. Поэтому сравним рост культур, посаженных в холмики, с ростом насаждений, созданных другими способами.

Большое количество пробных площадей было заложено нами в беломошниковом типе лесорастительных условий (силс). Данные исследований (мы их здесь не приводим) показывают, что в этих условиях культуры в холмики растут в общем неплохо, хотя все же значительно уступают по успешности роста посадочным культурам по сплошной вспашке.

Все посевные культуры растут в условиях беломошникового типа гораздо хуже, чем посадки в холмики и рядовые. Объясняется это прежде всего большей густотой насаждений [6], [7], [8]. Вывод отсюда может быть только один: посевные культуры в условиях бедных и сухих почв могут применяться только как исключение.

В брусничниковом типе (метрайс) культуры в холмиках растут лучше насаждений, созданных другими способами (табл. 1). Близки к ним по росту только посадки в гребни плужных борозд. Культуры на почвах, бывших под сельскохозяйственным использованием, после первого десятилетия имеют среднюю высоту насаждения несколько большую, чем культуры в холмиках, но в дальнейшем этого не наблюдается.

Наши исследования и данные других авторов (Эйхе, Видеманн, Гертнер, А. Эглите и др.) показывают, что культуры по сплошной вспашке, особенно в условиях сухих боров-беломошников, растут в первые годы лучше насаждений, созданных другими способами. Однако в лесоводстве известно и другое распространенное явление — ухудшение роста насаждений на сплошь вспаханных площадях, а на старопашотных почвах иногда даже отмирание сосновых культур в так называемом «критическом» возрасте. Это явление объясняли уплотнением подпахотного слоя, ведущим к развитию очень поверхностной корневой системы.

Таблица 1

Ход роста культур в брусничниковом типе условий (метраис)

№	Пробная площадь место закладки	Способ культуры; размещение поса- дочных мест; густота древостоя	Средняя высота насаждения в см _____ в возрасте, лет																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
4-55	Матерское лесничество, Угальского лесного хозяйства, кв. 193	Посадка в холмики; 1,1 и 1,2 м; 1955 г. — 6 тыс. шт.	—	18	24	30	40	56	73	100	129	167	210	258	307	358	413	470	520	580	634	693	750	815	860	
2-56	Деменское лесничество, Даугавпилсского лесного хозяйства, кв. 48	Посадка в холмики, 2,2 м; 1956 г. — 5,7 тыс. шт.	—	17	24	33	47	53	84	111	136	171	203	218	244	276	313	350	398	435	490	515	553	594	622	652
10-55	Ситовское лесничество, Балвского лесного хозяйства, кв. 41	Посадка в отвал плужных бо-род; 2,0×0,6 м; 1955 г. — 7 тыс. шт. (проведена прочистка)	—	15	23	36	59	55	71	87	111	140	167	192	224	259	294	336	379	419	463	500	541	577	—	—
2-54 и 5-54	Букултское лесничество, Латвийской сельскохозяйственной академии, кв. 11	Посадка в места, бывшие под сельскохо-зяйственным использованием; 1×1 м; 1954 г. — 8,6 тыс. шт.	—	11	17	20	30	34	57	83	109	145	184	228	273	316	353	386	414	432	456	—	—	—	—	—
7-55	ЛОС "Калснава" кв. 110	Посев в пло-щадки; 1×1 м; 1955 г. — 18 тыс. шт. (проведена прочистка)	—	13	54	23	69	33	44	57	75	102	121	149	182	216	246	275	299	319	340	354	—	—	—	—
6-55	Ситовское лесничество Балвского лесного хозяйства, кв. 37	Посев в пло-щадки; 1,5×0,6 м; 1956 г. — около 21 тыс.	—	31	—	51	39	78	95	105	124	145	162	180	198	219	231	—	—	—	—	—	—	—	—	—

По нашему мнению, дело не столько в этом, сколько в том, что при сплошной пахоте с оборотом пласта органическое вещество почвы распределяется на некоторой глубине равномерным тонким слоем. Условия его разложения в первые 20—30 лет очень благоприятны, и рост древесных пород идет успешно. Однако такое разложение сопровождается быстрой потерей органического вещества, которое вымывается в более глубокие горизонты почвы; при этом часто происходит образование орштейна в иллювиальном горизонте. Этот процесс уплотнения и быстрой деградации почвы в подгумусовом горизонте не предшествует, а является следствием производства лесных культур.

В брусничниковом типе условий посевные культуры в площадки растут также значительно хуже, чем культуры в холмики. Это объясняется, с одной стороны, большой первоначальной густотой посевов, а с другой — тем, что с площадок обычно удаляется значительная часть подстилки, иногда даже часть верхнего, наиболее плодородного слоя почвы.

В Латвии изредка встречаются хорошо растущие культуры в холмиках также в зеленомошниковом типе лесорастительных условий (зеленомошниковый тип дамакснис в латвийской лесотипологической классификации близок к типу сосняка-кисличника в схеме В. Н. Сукачева; типичный сосняк-кисличник в Латвии не встречается). Но в условиях зеленомошникового типа и другие способы культур дают обычно хорошие результаты, поэтому рекомендовать вышеописанный способ в этих условиях можно только на сильно задернелых площадях.

Своеобразный способ заделки органических остатков, применяемый при культурах в холмики, оказывает сильное влияние на формирование корневых систем. Многие деревья имеют хорошо развитый стержневой корень и систему боковых корней, а часто и несколько сильных якорных корней, то есть скелетная часть корневых систем в общем существенно не отличается от типичной корневой системы сосны. Особенностью является только очень сильное развитие средних и мелких корней в зоне холмика и непосредственно под холмиком; корневая система получается более компактной, с меньшим количеством длинных боковых корней.

Многие выкопанные деревья имели, однако, другую, совершенно своеобразную корневую систему. Стержневой корень у них или совершенно отмер, или был короток и сильно сбежист, но зато была развита группа сразу же загнутых книзу, обычно глубоко идущих боковых корней типа якорных. Внутри этой группы, то есть в зоне холмика и под холмиком, так же, как и в первом случае, имелась масса средних и мелких корней, совокупность которых иногда буквально напоминала густую бороду.

На более бедных почвах имеется, как правило, много боковых поверхностных корней, и общая длина их значительно больше, чем длина их у деревьев на более богатых почвах.

В условиях беломошников на сплошь обработанных площадях корневая система деревьев мелкая, стержневой корень развивается слабо, обильные и длинные горизонтальные корни размещаются в основном на глубине пахотного слоя (15—20 см). Это результат приуроченности корней к обогащенному гумусом горизонту. Некоторое представление о характере корневых систем деревьев, выращенных на холмике, дают прилагаемые рисунки (рис. 2).

На основании изложенного можно сказать следующее.

Изучение роста сосновых молодняков показывает, что культуры в холмиках в большинстве лесорастительных условий растут, как правило, лучше, чем культуры при других способах подготовки почвы, исключая лишь культуры по сплошной вспашке. Были приведены данные по росту

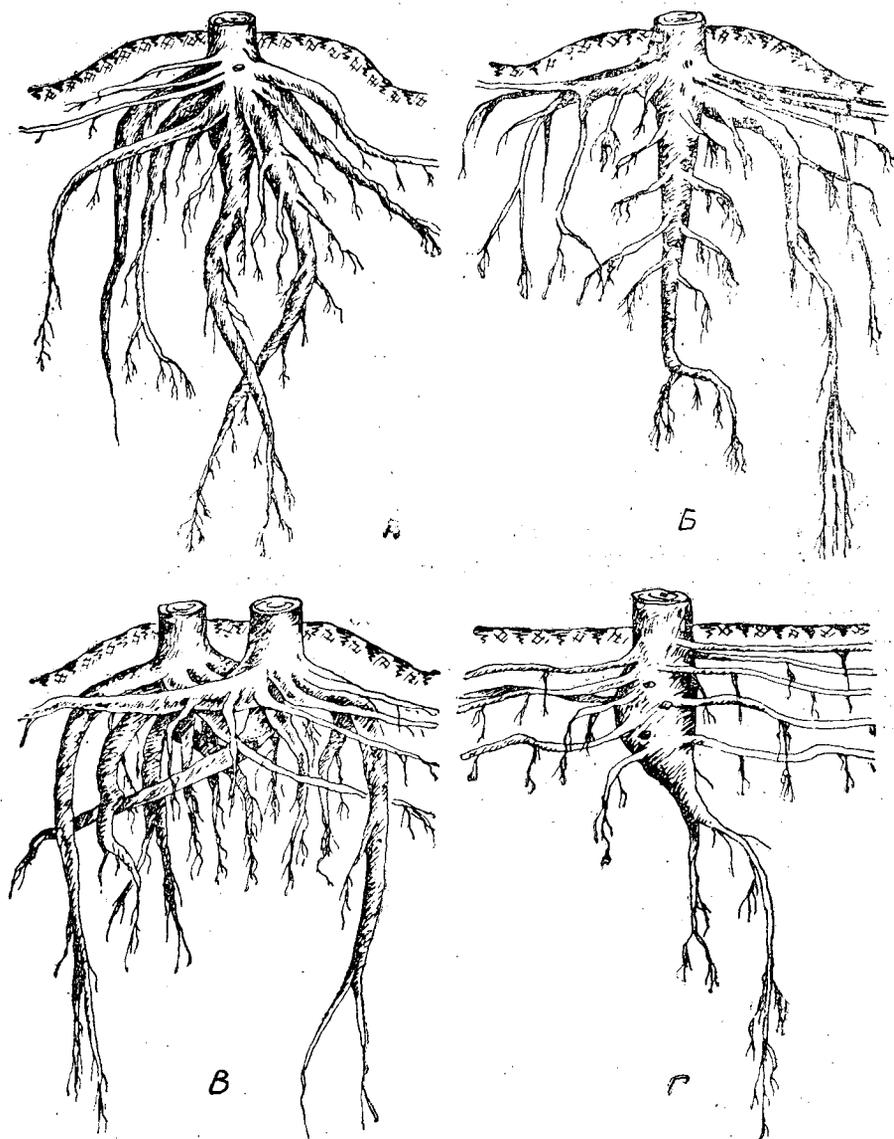


Рис. 2. Характер корневых систем сосны в культурах:  
 А (пробная площадь № 5 — 57), Б (пробная площадь № 4 — 55)  
 и В (пробная площадь № 2 — 56) — культуры в холмики;  
 Г (пробная площадь № 6 — 57) — культура по сплошной вспашке.

культур в высоту. Близкие данные получаются и в отношении приростов по диаметру, а, следовательно, и в отношении приростов массы древесины.

Наряду с положительными сторонами культуры в холмики имеют и крупные недостатки, основным из которых является большая трудоемкость и дороговизна. По данным латышских лесоустроительных отчетов 30-х годов подготовка почвы при этом способе обходится в 1,5—2 раза дороже, чем при других способах культур. Даже учитывая то обстоятельство, что культуры в холмики, по существу, не требуют за собой.

ухода в первые годы, производство их все же обходится дорого и при отсутствии механизации требует больших трудозатрат.

Другая отрицательная сторона этого способа — затруднения при проведении рубок ухода и санитарных рубок. Глубокие ямки, часто замаскированные травой и сухими ветками, и через двадцать лет мешают передвижению по площадям этих культур. Вполне вероятно, что ямы не выравняются даже к возрасту главной рубки, а это затруднит использование средств механизации на валке и трелевке леса.

Культуры в холмики в условиях влажного климата Прибалтики дают хорошие результаты на влажных и свежих почвах. Они удаются здесь даже на сухих почвах, но не имеют в этих условиях особых преимуществ перед другими способами культур, если не считать меньшего повреждения культур в холмики корнегрызущими вредителями.

В условиях более сухого климата культуры в холмики и на свежих почвах не будут, возможно, успешными. Поэтому применять этот способ в большинстве типов лесорастительных условий можно только для районов достаточного увлажнения — запада, северо-запада и севера Европейской части СССР, и, возможно, для районов центра. В условиях юга он может, вероятно, применяться только в относительно малораспространенных там влажных условиях.

Несмотря на очевидные преимущества способа культур в холмики в отношении улучшения лесорастительной среды и в борьбе с сорной растительностью, рекомендовать данный способ широкой производственной практике при отсутствии механизации подготовки почвы нельзя. Этот способ может быть, однако, с успехом применен (и его следует рекомендовать уже теперь) при облесении заросших травянистой растительностью прогалин, лужаек, окон в молодняках, при реконструкции малозрелых лиственных молодняков и в других аналогичных условиях, где другие способы подготовки почвы дают плохие результаты, и где повышенные трудовые и материальные затраты на подготовку холмиков будут оправданы успешным ростом культур и почти полным отсутствием ухода за ними в первые годы.

В условиях наиболее задернелых мест нужно проводить насыпку холмиков особенно тщательно, следя за тем, чтобы сверху и с боков холмик был обязательно хорошо покрыт минеральным грунтом из подзолистого и иллювиального горизонтов почвы (слоем не менее 10 см).

Следует подумать о механизации этого способа подготовки почвы. Одна из задач механизаторов лесного хозяйства заключается в разработке конструкций орудий, позволяющих производить подготовку почвы холмиками с небольшими трудовыми затратами.

Культуры в холмики создавались, как правило, посадкой. Но имеются и хорошо растущие посевные культуры. При производстве культур посевом толщина минерального слоя, прикрывающего органическое вещество, не должна быть очень большой, высота холмиков может быть поэтому меньше. Посевы можно рекомендовать производить в более хороших лесорастительных условиях, на более богатых почвах.

При производстве культур в холмики густота посадочных или посевных мест должна быть несколько ниже, чем густота при других способах культур. Для средних условий (брусничниковый тип) можно рекомендовать размещение холмиков в среднем  $2 \times 2$  м. К. Буш рекомендовал сажать в каждый холмик четыре сеянца. Можно, однако, ограничиться посадкой и одного-двух сеянцев, но посадка должна быть проведена в таком случае особенно тщательно, с использованием лучших сеянцев.

Культуры в холмики являются ярким примером большого значения органического вещества почвы для роста древесных пород.

На минеральных почвах задача состоит в сохранении, наиболее рациональном использовании и даже, по возможности, в известном накоплении органического вещества путем регулирования процессов разложения и гумификации, что не трудно осуществить.

Иначе обстоит дело на торфянистых почвах. Здесь чрезмерное обилие органического вещества, в значительной части неразложившегося и полуразложившегося, создает, наоборот, крайне неблагоприятные условия для роста древесных пород, особенно в первые годы. В слое торфа, притягивающего и постоянно удерживающего влагу, создаются обычно условия избыточного застойного увлажнения, очень плохого воздухообмена, физиологической «сухости», недостатка зольных элементов в усвояемой форме; часто наблюдается вымокание и выжимание морозами молодых древесных растений. Задача лесовода в этом случае состоит если не в полном устранении, то хотя бы в частичном ограничении влияния неблагоприятных факторов. Использование способа культур в холмики в том виде, в каком он применяется в Латвии, по существу невозможно, так как при значительной мощности торфянистого слоя пришлось бы рыть очень глубокие ямы.

В Латвии в таких условиях применяются способы посева с песчаной покрывкой [4]. В принципе здесь использовано то же преимущество минеральной покрывки, что и при культурах в холмики. Эти способы относительно трудоемки, но дают удовлетворительные результаты.

Покрытие минеральным слоем органических остатков мы имеем и в плужных гребнях при производстве культур на грубогумусных и торфянистых почвах с применением тяжелых плугов. По данным ЛенНИИЛХА [11] эти способы дают хорошие результаты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. К. Буш и В. Я. Капост. Возможности лесохозяйственного освоения дюнных песков окрестностей Риги. «Труды Института лесохозяйственных проблем» т. XI. Изд. АН Латвийской ССР, 1956. [2]. Я. Я. Гайлис. Типологическая характеристика гринуса и способы его облесения. «Труды Института лесохозяйственных проблем» т. XI. Изд. АН Латвийской ССР, 1956. [3]. А. И. Звиедрис. Типологическая классификация лесов Латвийской ССР. «Труды Института лесохозяйственных проблем», т. IX. Изд. АН Латвийской ССР, 1955. [4]. «Лесные культуры в Латвийской ССР». Изд. АН Латвийской ССР, 1958. [5]. Г. Ф. Морозов. Очерки по лесокультурному делу. Сельхозгиз, 1930. [6]. В. Н. Овсянкин и Ю. Н. Савич. Густота культур сосны и ее биолого-лесоводственное значение. «Труды Института лесохозяйственных проблем», т. XI. Изд. АН Латвийской ССР, 1956. [7]. В. Н. Овсянкин. Мичуринские идеи в лесоводстве. «Известия АН Латвийской ССР» № 6, 1956. [8]. В. Н. Овсянкин. Необходимая густота культур сосны для условий Прибалтики. «Биологическая наука — сельскому и лесному хозяйству». Изд. АН Латвийской ССР, 1957. [9]. П. С. Погребняк, А. М. Флоровский и Г. М. Илькун. Торфяно-гнездовые культуры. «Лесное хозяйство» № 2, 1952. [10]. А. А. Роде. Почвоведение. Гослесбумиздат, 1955. [11]. А. И. Стратонович. Производство лесных культур на сплошных вырубках таежной зоны с использованием различных средств механизации. Л., ЛенНИИЛХ, 1958. [12]. А. К. Эглите. Роль микоризы и агротехники при облесении малоплодородных почв. «Труды Института лесохозяйственных проблем», т. XI. Изд. АН Латвийской ССР, 1956. [13]. K. Buss. Labs piemers mezu un kulturu lieta. «Meza dzīve» Nr. 86, X, 1932. [14]. K. Eichē. Uzberumu kulturas petlijumu gaisma. Mezsaimniecības rakstu krajums, XVIII sejums. Latv. mezkopju un mezu darbinieku biedrības izdevums, 1939. [15]. K. Eichē. Virsāju apmezosanas jautājums. Incukalna virsmezniecība. Mezsaimniecības rakstu krajums, XVII sejums. Latv. mezkopju un mezu darbinieku biedrības izdevums, 1939. [16]. P. Sarmā. Latvijas PSR meza tipi. Latvijas. Valsts izdevniecība, 1954.

Поступила в редакцию  
27 апреля 1959 г.

## ХОД РОСТА НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЕЛОВО-ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

*И. В. СЕМЕЧКИН*

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Еще в конце прошлого столетия лесоустроители знали, что таблицы хода роста нормальных насаждений «служат более для разработки науки, чем для непосредственного практического применения» [3] и предлагали для нужд лесоустройства и лесного хозяйства составлять местные опытные таблицы для обыкновенных, наиболее распространенных в данном районе насаждений (неполных, смешанных по составу и т. п.), с учетом условий местопроизрастания [2]. В настоящее время о необходимости составления таких таблиц говорится и в учебниках лесной таксации, лесоустройства и лесоводства, и в специальной литературе, и на страницах журналов.

Однако таблиц хода роста для смешанных и неполных древостоев важнейших типов леса до сих пор составлено еще мало, не все они удовлетворяют практику лесного хозяйства и лесоустройства, еще недостаточно разработана методика составления таких таблиц. Это объясняется в основном трудностями подбора естественного ряда для неполных и смешанных насаждений вследствие большого размаха колебаний таксационных признаков древостоев в пределах одного возраста и типа леса.

По нашим исследованиям в ельнике-черничнике и ельнике-кисличнике Ленинградской области (1953—1954 гг.) коэффициенты изменчивости таксационных признаков для древостоев одного возраста оказались следующими: для средней высоты ели и примесей  $\pm 7-8\%$ , для среднего диаметра ели и примесей  $\pm 10-12\%$ , для полноты  $\pm 14-15\%$ , для запаса яруса  $\pm 17-20\%$ , для участия ели в составе яруса  $\pm 25-30\%$  (при показателе точности исследования от 1 до 5%, в среднем до 2%). Таким образом, для получения достоверной средней таксационной характеристики древостоя одного класса возраста изучаемого типа леса (точность 5%, надежность 0,80) необходимо протаксировать без всякого выбора не менее 40 различных участков данного типа леса и класса возраста и из полученных таксационных характеристик вывести среднюю.

Поэтому большой интерес представляет предложение проф. Н. В. Третьякова, рекомендующего изучать ход роста древостоев путем массовой глазомерной таксации по ходовым линиям; только это позволит

без больших затрат средств и труда надежно установить средние таксационные характеристики наиболее распространенных насаждений всех изучаемых типов леса. Само собой разумеется, что глазомерная таксация насаждений и отнесение их к типам леса должны проводиться доброкачественно. К аналогичному выводу несколько позже пришел проф. И. М. Науменко: «...средние статистические данные о составе насаждений в одних и тех же условиях роста, но в разных возрастах, полученные на основании обработки таксационных описаний большого количества участков в пределах лесхоза (или группы лесхозов), дают возможность выявить наиболее характерную возрастную динамику состава отдельных типов леса. На основании таких данных в настоящее время представляется реальная возможность составить таблицы хода роста смешанных насаждений. Необходимость составления таких таблиц настойчиво выдвигается практикой» [1].

В 1954 г. нами были составлены таблицы хода роста наиболее распространенных в восточной части Ленинградской области смешанных древостоев типов леса ельник-черничник и ельник-кисличник (табл. 1 и 2). Эти древостои имели следующие особенности. Ель возникла в основном при предварительном возобновлении леса; разница среднего возраста ели и возраста более молодой примеси лиственных пород колебалась от 1 года до 20 лет. Амплитуда колебаний в возрастах отдельных деревьев ели обычно не превышала класса возраста, но в насаждениях старше 120 лет нередко достигала 30 лет. Второй ярус из ели был представлен незначительным запасом (5—20 м<sup>3</sup>) или вообще отсутствовал (при составлении таблиц хода роста им пришлось пренебречь). Перестойные древостои имели следы слабой приисковой рубки сосны, иногда березы и очень редко ели.

Для составления таблиц нами была проведена глазомерная таксация 517 участков исследуемых типов леса и заложено 34 пробных площади с рубкой 506 модельных деревьев ели и примесей (из них ельнику-черничнику соответственно — 384, 20, 315). Материал собирался при лесоустроительных работах по III разряду в Пашском и Винницком лесхозах Ленинградской области на площади около 60 тыс. га. Пробные площади были подобраны по средним значениям таксационных признаков, полученных из данных глазомерной таксации. Пригодность пробных площадей для составления таблиц проверялась методом прямых.

Средние значения таксационных признаков древостоев разных возрастов каждого типа леса выравнивались математическим путем с одновременной графической проверкой. Средние высоты и диаметры, а также суммы площадей сечений были найдены путем решения логарифмических корреляционных уравнений вида  $y = a \lg x + bx + c$ , средние видовые числа — по формуле  $h_m f_m = ah_m + b$ , а процент деловой древесины — графическим путем. Среднеквадратические ошибки при решении указанных уравнений не превышали  $\pm 5\%$ .

Имевшийся исходный материал позволил в первом приближении установить таксационные признаки условно «нормальных» насаждений, рассматриваемых типов леса. Под «нормальными» насаждениями типа леса подразумеваются такие, которые, имея типические для насаждений определенного возраста состав яруса, средние высоты и средние диаметры элементов леса, обладают максимальной полнотой и запасом. Эти данные приведены в таблицах хода роста лишь для яруса в целом (в знаменателе). Из таблиц следует:

1. Все породы, входящие в состав смешанных елово-лиственных насаждений типов леса ельник-черничник и ельник-кисличник, имеют по сравнению с чистыми древостоями (ель и береза — по таблицам

Таблица 1

Ход роста наиболее распространенных елово-лиственных древостоев  
типа леса ельник-черничник Ленинградской области \*

Воз- раст насаж- дения	Древостой										видовое число				
	таксационные признаки яруса					таксационные признаки элемент леса									
	состав	средняя высота в м	сумма площадей сечений в м <sup>2</sup>	запас в м <sup>3</sup>	прирост в коре средний периоди- ческий	попада	средняя высота в м	средний диаметр в см	сумма площадей сечений в м <sup>2</sup>	запас в м <sup>3</sup>		дельная древесина в %	прирост в коре в м <sup>3</sup> средний периоди- ческий	число деревьев на 1 га, шт.	
40	7Е 2Б 1Ос	10,9	20,66 25,82	112 140	4,6 5,7	2,8 3,5	Е Б Ос	10,7 11,0 12,3	10,2 9,5 11,1	13,81 4,27 1,70	73 24 11	2,5 1,4 0,5	1,8 0,6 0,3	1684 610 175	0,575 0,501 0,525
50	ед.С 7Е 2Б 1Ос	13,5	24,32 30,37	175 218	6,3 7,8	3,5 4,1	Е Б Ос	13,6 15,0 12,8	12,3 11,8 16,0	15,94 5,24 2,00	118 35 15	4,5 1,1 0,4	2,4 0,7 0,3	1339 481 100	0,562 0,490 0,505
60	ед.С 7Е 2Б 1Ос	15,5	26,82 33,44	219 273	4,4 5,5	3,6 4,5	Е Б Ос	15,2 15,6 17,1	14,1 13,6 19,9	17,46 5,83 2,20	147 44 18	2,9 0,9 0,3	2,5 0,7 0,3	1119 402 71	0,553 0,483 0,493
70	ед.С 7Е 2Б 1Ос	17,0	28,54 35,52	255 317	3,6 4,4	3,6 4,5	Е Б Ос	15,3 16,7 17,2	17,6 15,7 15,3	1,33 18,66 6,16	10 171 51	2,4 2,4 2,5	2,4 2,4 0,7	962 335 55	0,549 0,479 0,486
80	+С 7Е 2Б 1Ос	18,3	29,67 36,85	283 351	2,8 3,4	3,6 4,4	Е Б Ос	18,0 18,5 20,1	20,0 16,8 25,7	1,42 19,53 6,29	12 55 23	0,2 2,1 0,4	0,2 2,4 0,7	45 860 283	0,440 0,576 0,476
90	+С 7Е 2Б 1Ос	19,3	30,31 37,61	304 377	2,1 2,6	3,4 4,2	Е Б Ос	19,0 19,6 21,3	18,3 18,2 28,0	20,19 6,18 2,42	208 57 25	1,6 3,5 2,1	1,6 2,3 0,6	768 238 39	0,473 0,544 0,477
100	+С 7Е 2Б 1Ос	20,2	30,71 37,97	321 397	1,7 2,0	3,2 4,0	Е Б Ос	20,1 19,9 20,5	23,8 19,4 19,4	1,55 20,71 6,14	14 222 59	0,1 1,4 0,2	0,1 2,2 0,6	35 700 207	0,470 0,542 0,473
	+С							22,2 21,2	30,0 25,4	2,30 1,56	25 15	0,0 0,1	0,2 0,2	32 31	0,473 0,467

Продолжение табл. 1

Возраст насаждения	Древостой													
	таксационные признаки яруса					таксационные признаки элементов леса								
	состав	средняя высота в м	сумма площадей сечений в м²	запас в м³	прирост в коре в м³	средний диаметр в см	средняя высота в м	порода	деловая древесина в %	запас в м³	прирост в коре в м³	средний периодический	число деревьев на 1 га, шт.	вилочное число
110	7Е	21,1	30,75	333	1,2	20,4	20,7	Е	79	234	1,2	2,1	644	0,540
	2Б		37,87	410	3,7	20,6	21,3	Б	40	59	0,0	0,5	177	0,471
	10с					31,6	23,0	Ос	20	24	-0,1	0,2	28	0,470
120	+С					26,7	22,1	С	80	16	0,1	0,2	28	0,465
	7Е	21,7	30,59	343	1,0	21,4	21,3	Е	80	245	1,1	2,0	592	0,539
	2Б		37,60	422	3,5	21,7	21,9	Б	42	58	-0,1	0,5	151	0,470
130	10с					33,1	23,7	Ос	17	22	0,2	0,2	23	0,468
	+С					27,9	22,9	С	80	18	0,2	0,1	27	0,463
	7Е	22,3	30,24	347	0,4	22,4	21,9	Е	80	253	0,8	1,9	546	0,538
140	2Б		37,05	425	0,3	22,8	22,5	Б	42	55	-0,3	0,4	128	0,469
	+Ос					34,5	24,3	Ос	12	20	0,2	0,2	19	0,467
	1С	22,6	29,70	346	-0,1	23,2	23,5	С	80	177	0,1	0,1	27	0,461
150	8Е		36,25	422	3,0	23,8	23,0	Е	80	258	0,5	1,8	510	0,537
	1Б					35,6	24,8	Б	42	51	-0,4	0,4	107	0,468
	+Ос					29,9	24,0	Ос	7	17	-0,3	0,1	15	0,466
170	1С	22,9	29,04	345	2,3	24,1	22,7	С	80	20	0,5	1,8	26	0,460
	8Е		35,29	419	-0,3	24,8	24,8	Е	41	263	0,5	1,8	474	0,536
	+Ос					36,7	25,2	Ос	3	47	-0,2	0,3	89	0,468
190	1С	23,6	27,30	335	-0,5	30,8	24,4	С	80	20	0,0	0,1	24	0,459
	8Е		35,86	403	-0,8	26,7	24,0	Е	78	268	0,2	1,6	416	0,535
	+Ос					38,4	25,9	Ос	33	36	-0,5	0,2	57	0,467
210	1С	24,0	25,25	316	-1,0	32,2	25,1	С	80	11	0,0	0,1	8	0,463
	9Е		30,03	376	-0,4	27,1	23,7	Е	76	268	0,0	1,4	21	0,458
	1Б					28,4	24,5	Б	21	23	-0,6	0,1	32	0,467
	ед. Ос	24,0	22,80	290	-1,3	39,8	26,3	Ос	7	7	-0,2	0,0	5	0,463
	+Б		26,71	340	-1,8	33,5	23,9	С	18	18	-0,2	0,1	17	0,457
	ед. Ос					30,1	24,7	Б	73	264	-0,2	1,3	323	0,535
						40,9	26,6	Ос	8	8	-0,2	0,0	9	0,466
						34,4	25,8	С	4	4	-0,2	0,0	2	0,462
									14	14	-0,2	0,1	13	0,457

Примечание. В табл. 1 и 2 в графах «таксационные признаки яруса» в знаменателе приводятся некоторые данные хода роста та наиболее полных древостоев типа леса, то есть имеющих полную 1,0.

Таблица 2

## Ход роста наиболее распространенных елово-лиственных древостоев типа леса ельник-кисличник Ленинградской области

Возраст насаждения	Д р е в о с т о й													
	таксационные признаки яруса					таксационные признаки элементов леса								
	состав	средняя высота в м	сумма площадей сече ний в м <sup>2</sup>	запас в м <sup>3</sup>	прирост в коре в м <sup>3</sup> средний (пе- риодический)   средний	порода	средняя высота в м	средний диам- метр в см	сумма площадей сече ний в м <sup>2</sup>	запас в м <sup>3</sup>	еловая древесина в %	прирост в коре в м <sup>3</sup> средний пе- риодический   средний	число деревьев на 1 га, шт.	выдвое число
40	4Е 3Б 3Ос	12,5	20,53 25,52	132 164	— 4,1	Е Ос	11,7 9,4	8,73 6,02	56 35	63 2	— —	1,4 0,9	808 872	0,539 0,496
50	4Е 3Б 3Ос	16,1	25,80 31,28	209 253	7,7 8,9	Е Ос	15,6 12,9	5,78 7,00	88 53	70 11	3,2 2,7	1,0 1,1	838 615	0,500 0,527
60	4Е 3Б 3Ос	19,1	29,15 35,18	273 330	6,4 7,7	Е Ос	17,6 15,7	7,91 7,47	68 66	5 19	2,7 1,3	1,4 1,1	534 523	0,485 0,488
70	5Е 2Б 3Ос	20,9	31,23 37,84	323 391	5,0 6,1	Е Ос	20,2 19,6	7,47 14,28	87 150	8 79	3,0 2,1	1,9 2,1	385 238	0,480 0,480
80	5Е 2Б 3Ос	22,5	32,36 39,57	357 436	3,4 4,5	Е Ос	22,2 21,3	9,34 15,69	98 177	12 81	1,1 2,7	1,4 2,2	300 441	0,475 0,473
90	5Е 2Б 3Ос	23,6	32,74 40,57	379 470	2,2 3,4	Е Ос	23,6 23,3	9,17 7,19	101 79	15 34	0,3 2,4	1,0 2,2	129 416	0,470 0,514
100	6Е 2Б 2Ос	24,4	32,58 41,06	392 495	1,3 2,5	Е Ос	24,1 22,9	8,59 6,74	99 72	17 37	—0,2 —0,3	1,1 0,8	91 164	0,467 0,469
110	6Е 2Б 2Ос	25,1	31,89 41,03	396 510	0,4 1,5	Е Ос	24,9 24,2	7,71 6,15	245 71	81 39	2,1 —1,2	0,9 0,7	391 134	0,512 0,468
120	7Е 2Б 1Ос	25,5	30,87 40,69	392 515	—0,4 0,7	Е Ос	25,5 24,9	20,22 5,47	264 64	81 40	1,9 —0,6	2,2 0,5	384 109	0,511 0,468
130	8Е 1Б 1Ос	25,9	29,54 40,04	381 516	—1,1 0,1	Е Ос	26,8 26,2	5,18 4,71	64 55	15 40	—1,6 —0,9	0,5 0,4	41 87	0,464 0,468
140	8Е 1Б 1Ос	26,1	27,90 39,07	363 509	—1,8 0,7	Е Ос	27,1 27,3	3,65 1,94	46 24	9 5	—1,8 —2,2	0,4 0,2	26 13	0,463 0,468

Варгаса, осина — по таблицам проф. А. В. Тюрина) большие видовые числа, следовательно, большую полндревесность стволов: ель в среднем на 8—11%, береза приблизительно на 6—8%, осина — 4—6%.

2. Средний прирост и запас условно «нормальных» елово-лиственных насаждений Ленинградской области в возрасте количественной спелости (70—90 лет) на 30—40% больше среднего прироста и запаса нормальных еловых насаждений по таблицам Варгаса одного с ними класса бонитета по общепониманной шкале. Таким образом, производительность елово-лиственных насаждений в возрасте количественной спелости почти в полтора раза больше по сравнению с чистыми еловыми насаждениями.

3. Возрасты спелости самых распространенных смешанных древостоев типов леса ельник-черничник и ельник-кисличник восточной части Ленинградской области оказались следующими:

а) возраст количественной спелости — IV класс;

б) возрасты технической спелости: на бревна пиловочные и строительные всех размеров — VI класс, на мелко-товарник (балансы и рудничную стойку) — III класс, на березовые фанерные края — V класс (по ели), на осиновые спичечные края — IV класс (по ели);

в) возраст естественной спелости — VII класс (140 лет).

Заложенные пробные площади позволили также проверить и исправить применительно к елово-лиственным насаждениям «Стандартную таблицу полнот и запасов ЦНИИЛХ» (табл. 3).

Составленные эскизы таблиц хода роста и таблиц полнот и запасов при полноте 1,0 для наиболее часто встречающихся насаждений типов леса ельник-черничник и ельник-кисличник

не могут претендовать на высокую точность в применении их к отдельным насаждениям, так как они предназначены для совокупности насаждений рассматриваемых типов леса. При применении таблиц в совокупности насаждений ошибки не превышают  $\pm 5\%$ . Район применения таблиц: восточная часть Ленинградской области, Вологодская область и юго-восточная часть Карельской АССР.

Таблица 3

Таблица сумм площадей сечений и запасов при полноте 1,0 для елово-лиственных древостоев типов леса ельник-черничник и ельник-кисличник Ленинградской области

Средняя высота в м	Площадь сечения в м <sup>2</sup>	Запас в м <sup>3</sup>
10	22,0	128
11	23,3	146
12	24,5	164
13	25,5	183
14	26,7	203
15	27,8	224
16	28,9	246
17	30,0	268
18	31,0	292
19	32,0	315
20	33,0	340
21	34,0	366
22	34,9	390
23	35,9	418
24	36,8	445
25	37,8	474
26	38,7	502
27	39,6	533
28	40,5	563
29	41,3	593

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. М. Науменко. Об опытных таблицах хода роста насаждений. «Лесное хозяйство» № 2, 1956, стр. 25. [2]. А. Ф. Рудзкий. Краткий очерк истории лесостроительства. СПб., 1899, стр. 136. [3]. Ф. Юдейх. Лесостроительство. СПб., 1877, стр. 155.

Поступила в редакцию  
14 января 1959 г.

## НИЖНЕ-ТУНГУССКИЕ ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И ОСОБЕННОСТИ БОРЬБЫ С НИМИ

**Н. В. КОРНИЛЬЕВ**

Начальник лаборатории охраны лесов от пожаров

(Сибирский научно-исследовательский институт  
лесного хозяйства и лесозащиты)

Особенности возникновения и развития лесных пожаров в районе реки Нижняя Тунгуска в настоящее время изучены слабо; имеются только отдельные указания о наличии значительных площадей гарей, но нет анализа самой природы лесных пожаров.

Ежегодное увеличение общей площади пожарищ в северной части Эвенкийского национального округа отрицательно сказывается на развитии основных отраслей хозяйства округа, органически связанных с лесорастительными формациями (в результате выхода из строя ягельных пастбищ подрывается база северного оленеводства; уничтожение лишайниково-мшистых типов леса отражается на изменении гидрологического режима Нижней Тунгуски).

По Н. Г. Салатовой [2] район наших исследований относится к подзоне лишайниково-кустарниковых лиственничных лесов.

Лиственничные, а затем березовые древостой составляют основные лесорастительные формации этого района.

Напочвенный покров в лиственничных лесах представлен, главным образом, лишайниково-мшистой и кустарничковой растительностью. Из лишайников большое распространение имеют различные представители ягелей, а из мхов — зеленые мхи. Из кустарничков широко распространена голубика. Лесная подстилка формируется из опада хвои и мелких ветвей главной породы, а также из опада кустарничковой растительности.

Сочетание легко воспламеняющихся материалов напочвенного покрова и лесной подстилки обуславливает загораемость лиственничных лесов. В июле и августе лишайники и верхний слой лесной подстилки загораются буквально через несколько часов после дождя, независимо от количества выпадающих осадков.

В березовых типах леса напочвенный покров представлен чаще всего злаковой растительностью. Высокая степень горимости создается в начале лета (за счет остатков сухой прошлогодней травы) и в конце лета по мере усыхания трав.

Загорание сухих остатков травяного покрова наступает также при невысоких величинах комплексного гидротермического показателя. Как показывают данные многолетних наблюдений, число дней с величиной

этого показателя более 100 мбар градусов в районе Нижней Тунгуски составляет в среднем 82. Указанные факторы обуславливают высокую степень природной пожарной опасности.

Преобладание разреженных лиственничных и березовых древостоев приводит, в основном, к развитию низовых лесных пожаров.

Различаются три разновидности низовых пожаров, характеризующиеся различной степенью воздействия огня: низкой, средней и высокой, каждая из которых имеет свои особенности.

Первая степень наблюдается преимущественно в начале пожароопасного периода. Однако на наиболее влажных почвах она может иметь место в середине и в конце лета. В этом случае сгорает только напочвенный покров и самый верхний тонкий слой лесной подстилки. Низкая степень характеризуется одноярусным продвижением огня и почти бездымным горением с желтовато-розовым прозрачным пламенем. Скорость продвижения кромки фронта пожара колеблется от 30 до 500 м в час. Взрослые деревья почти не повреждаются, а подрост, кустарники и кустарнички уничтожаются частично. Эти пожары уничтожают ягель, в травяных типах леса наносят ущерб выводковым птицам, но не приносят существенного вреда большей части промысловых зверей. Пожары с низкой степенью воздействия огня легко ликвидируются самыми примитивными средствами тушения; они затухают также после выпадения незначительных по величине атмосферных остатков.

После таких пожаров древесно-кустарниковая растительность хорошо восстанавливается вегетативным путем, а в составе напочвенного покрова наблюдается увеличение количества злаковых трав.

Подобные низовые пожары, по классификации акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехова [1], относятся к виду напочвенных лесных пожаров.

По мере усиления огня охватывается все большее количество компонентов горючих материалов толщи лесной подстилки, и низовые пожары приобретают более устойчивую форму.

При средней степени воздействия горят напочвенный покров, лесная подстилка и слаборазложившийся слой мохово-лишайниковой подушки. В этом случае уже наблюдается два последовательных фронта продвижения огня: один в напочвенном покрове и лесной подстилке, а другой — в слаборазложившемся слое мохово-лишайниковой подушки.

Скорость продвижения фронта огня во втором (нижнем) слое редко превышает 40 м в час; пламя — невысокое, красноватого цвета; горение сопровождается обильным выделением малоподвижного серовато-белого дыма. Ложе пожарища ровное, сохраняет общие очертания местности и устлано серовато-белесоватым пеплом. Эти пожары уничтожают всю растительность. Взрослые деревья усыхают, но продолжают стоять на корню. Таким путем возникают, по образному выражению И. С. Мелехова, «сухостойные горельники».

Низовые пожары, возникающие при средней степени воздействия, можно отнести к виду подстилочно-гумусовых (по Мелехову), так как горят напочвенный покров, лесная подстилка и грубый гумус. Высокая степень воздействия характеризуется горением всей толщи мохово-лишайниковой подушки. Нижний слой (третий от поверхности) горит отдельными локальными очагами, разбросанными в середине общего очага лесного пожара. Поверхность ложа пожарища испещрена воронками различной конфигурации. Корневые системы деревьев настолько сильно повреждаются огнем, что стволы не могут удерживаться на корню, и вываливаются от ветра, образуя завалы.

Ландшафт местности после этих пожаров резко изменяется. Площади, пройденные однажды огнем, вторично не горят в течение несколь-

ких лет, и их можно использовать в качестве рубежей для остановки действующих очагов лесных пожаров.

Густой малоподвижный дым значительно затрудняет определение границ пожарищ, а нередко и совершенно исключает возможность использования авиации для борьбы с лесными пожарами.

Промысел пушного зверя, боровой дичи и выпас оленьих стад в подобных случаях отодвигается на десятки лет.

Осадки, выпадающие в летний период, не ликвидируют очаги этих пожаров. Вести борьбу с огнем в природно-экономических условиях Эвенкии весьма трудно. В практике вероятность возникновения лесных пожаров принято увязывать с плотностью населения.

По статистическим данным плотность населения в Эвенкийском национальном округе составляет несколько более 0,01 человек на 1 км<sup>2</sup>. Однако слабая заселенность территории не гарантирует редкого возникновения лесных пожаров от экзогенных факторов. Дело в том, что трудовая деятельность населения факторий, колхозов и даже рабочих поселков тесно связана с лесом. Ведущими отраслями народного хозяйства является оленеводство, звероводство и охотничий промысел.

В Эвенкийской тайге в настоящие годы работают многочисленные поисковые партии. Поэтому насыщенность тайги людьми в летний период и слабая постановка дела охраны лесов от огня значительно повышает вероятность возникновения лесных пожаров.

Однако, охрана лесов может быть значительно улучшена за счет некоторой организационной перестройки работы и незначительного увеличения штата.

Весьма малочисленные пути передвижения человека в тайге при правильной организации охраны леса могут быть хорошо контролируемы даже небольшими силами работников лесного хозяйства.

Анализ территориального размещения очагов лесных пожаров 1957 г. показывает, что наибольшее количество пожаров возникает там, где проходят транспортные пути. Так, 60% случаев загораний приурочено к берегам Нижней Тунгуски, 32% — к берегам наиболее крупных притоков (Кочучумо, Тутончаны, Кочумдек, Учами, Чискова, Нидым и т. п.) и только 8% загораний отмечено на берегах мелких рек и ручьев. Случаи возникновения лесных пожаров вдали от гидрографической сети весьма редки.

Анализ причин, вызвавших лесные пожары в 1957 г., показывает, что 31% случаев загорания падает на работников поисковых партий, 42% на местное население, занимающееся в лесу сбором ягод, орехов и рыбной ловлей, 16% на пастухов оленьих стад и 11% на косарей и мелких заготовителей леса. Причиной большинства лесных пожаров являлись, как будто бы безобидные, на первый взгляд, остатки костров на голых песчаных и галечных речных берегах.

Поэтому при разработке мер борьбы с лесными пожарами необходимо основное внимание обратить на усиление профилактических мероприятий, из которых на первом месте должна стоять массово-разъяснительная работа среди всех слоев временно и постоянно живущего населения. Особое внимание в беседах с населением необходимо обратить на высокую природную пожарную опасность большинства лесорастительных формаций описываемого района и на значительный ущерб, причиняемый лесными пожарами народному хозяйству Эвенкии.

Другим важнейшим мероприятием следует считать рационально организованную патрульную службу, для обеспечения высокой эффективности которой необходимо предварительно учесть места работы экс-

педиционных отрядов, лесных промыслов, а также прочие районы в лесу наиболее часто посещаемые населением.

Одновременно с этим от всех лиц и организаций, чья деятельность связана с пребыванием и работой в лесу, следует требовать соблюдения правил противопожарной безопасности и добиваться обязательного обеспечения их необходимым минимумом противопожарного инвентаря, который должен устанавливаться лесхозами (лесничествами) с учетом местных лесорастительных условий и численного состава каждой группы людей.

Кроме того, каждая группа людей должна быть предупреждена о том, что на нее возлагается материальная ответственность за сохранность леса от пожаров на определенной лесной площади, прилегающей к району их деятельности.

Для обеспечения надлежащего контроля лесную охрану и пожарных сторожей целесообразно рассредоточить по всему течению Нижней Тунгуски и оснастить лодками с подвесными моторами из расчета, что на одну лодку с мотором ЗИФ-5 отводится стокилометровый, а на лодку с мотором «Москва» — двухсоткилометровый участок реки.

В целях повышения оперативности передачи донесения о лесных пожарах необходимо лесную охрану и пожарных сторожей, патрулирующих на лодках, обеспечить портативными радиопередатчиками.

Радиопередатчики конструктивно должны быть упрощены для передачи только номера, присвоенного участку патрулирования. Зная район патрулирования, на станции приема сигналов лесопожарных патрулей легко будет установить район возникновения лесного пожара и выслать туда пожарную бригаду на самолетах или вертолетах.

Район патрулирования устанавливается лесхозом, а периодичность патрулирования определяется самими работниками лесной охраны.

Систематическое авиапатрулирование на первое время может быть заменено ревизионными полетами над районами работ и путями передвижения человека в тайге. Эти же рейсы самолетов, по мере возможности, целесообразно использовать для связи с людьми, находящимися в тайге.

Одновременно, при ревизионных полетах самолетов следует наносить на карту старые гари, места, пригодные для посадки гидросамолетов и вертолетов, и все посадочные площадки, ранее использовавшиеся конскими группами, с указанием типов приземлявшихся самолетов.

И, наконец, на карту желательно нанести участки сосредоточения наиболее ценных древостоев и районы зимних оленьих пастбищ; места обитания пушного зверя и прочей промысловой дичи.

Проведение в жизнь перечисленных выше профилактических мероприятий, а также мер, связанных с организацией лесной территории, будет способствовать снижению общей численности случаев лесных пожаров.

Однако претворение в жизнь предлагаемой системы профилактических мероприятий не исключает организацию мер непосредственной борьбы с огнем в лесу.

Начинающиеся небольшие очаги лесных пожаров должны ликвидироваться силами самих пожарных патрулей.

При ликвидации более крупных очагов огня целесообразно использовать для переброски пожарных бригад гидровариант самолета АН-2.

Из способов борьбы с большими очагами лесных пожаров можно рекомендовать локализацию их путем пуска встречного низового огня от заранее подготовленных рубежей. Этот способ борьбы с лесными по-

жарами с экономической стороны оправдал себя в 1957 г. при ликвидации Кочечумского, Ховаркильского и Учамского очагов.

В качестве рубежей для пуска встречного низового огня можно использовать сухие и мокрые русла рек и ручьев, свежие моховые гари и непересыхающие болота.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Проф. И. С. М е л е х о в. Природа леса и лесные пожары. ОГИЗ, Архангельское издательство, 1947. [2]. Е. Г. С а л а т о в а. Лесные ресурсы Западной Сибири и Красноярского края и их использование. «Труды по лесному хозяйству», вып. 3, 1957, Западно-Сибирский филиал АН СССР, Новосибирское общество НТО, Леспром.

---

Поступила в редакцию  
17 марта 1959 г.

## НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗНИКНОВЕНИИ И ОТПАДЕ ПОРОСЛЕВЫХ РАСТЕНИЙ ОСИНЫ

*И. И. ГУЩИН*

Инженер

Осина — порода распространенная, легко возобновляющаяся, в особенности — порослевым путем, изучение которого представляет значительный интерес.

Наблюдая за ростом и развитием корневых отпрысков (поросли) осины, мы задались целью установить число стволиков ее, возникающих после сплошной рубки спелого осинового леса, проследить рост и развитие однолетних порослевин и их дифференциацию на первом этапе жизни.

Для этого в Лесодолгоруковском лесничестве, Ново-Петровского лесхоза, того же района Московской области в квартале 30, на делянке после сплошной вырубki площадью 7,5 га, заложили пробную площадь 0,25 га. На этой делянке до рубки был смешанный лес состава 8Ос1Е1Б, возраст осины свыше 55 лет, полнота 0,8, бонитет 1, запас на гектаре 332 м<sup>3</sup>, средний диаметр 26 см, средняя высота 24 м. Лесосека вырублена зимой 1954—1955 гг. Почва на пробе дерново-подзолистая, средний суглинок; подпочва — супесь. Подрост редкий из ели; подлесок — черемуха, берёсклет бородавчатый, клен остролистный, рябина, жимолость, крушина ломкая; напочвенный покров: осока волосистая, зеленчук, мятлик лесной, овсяница высокая, звездчатка ланцетолистная, копытень; реже — ясменник, медуница, пролеска, фиалка удивительная; тип леса — осинник разнотравный.

На пробной площади заложили 15 учетных площадок размером 2×2 м каждая.

На всех учетных площадках в течение вегетационного периода 1955 г. наблюдали за возникновением и ростом корневых отпрысков осины и измеряли прирост стволиков.

Первые растения осины (580 шт. на десяти учетных площадках) появились до 5 мая; в течение весны и лета вырастали новые и новые корневые отпрыски осины на всех учетных площадках. Каждые пятнадцать дней подсчитывали количество растений: результаты учета показаны в табл. 1 (с десяти учетных площадок) и в табл. 3 (с пяти площадок).

Осенью, до наступления морозов, на десяти учетных площадках срезали около корневой шейки 10 440 растений. Все они оказались здоровыми.

На остальных пяти учетных площадках оставили их для дальнейшего роста.

Таблица 1

Периоды учета растений	Количество стволиков на учетных площадках										Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Начало вегетации 5 мая	38	47	90	56	42	22	63	81	72	69	580
6—15 мая . . . . .	66	81	162	120	103	103	132	250	184	151	1380
16 мая—1 июня . . . . .	221	183	121	201	87	113	277	209	191	197	1800
2—15 июня . . . . .	162	211	241	253	147	122	225	185	171	163	1880
16 июня—1 июля . . . . .	173	185	240	320	101	154	91	126	183	107	1680
После 2 июля . . . . .	214	310	291	220	431	373	370	283	361	267	3120

Все срезанные растения измерили по высоте и диаметру (около корня). При каждом учете отбирали по 400 растений, высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Периоды учета растений	Количество растений		Вес воздушно-сухих растений			Размеры стволиков в см						
	на 1 га, тыс. шт.	%	одного стволика в г	всех расте- ний на 1 га в кг	%	диаметры			высота			
						макси- маль- ный	мини- маль- ный	сред- ний	макси- маль- ная	мини- маль- ная	сред- няя	
Начало вегетации												
5 мая . . . . .	145	5,4	19,25	2791,3	20,4	1,3	0,6	0,9	175	120	151	
6—15 мая . . . . .	345	13,2	12,45	4295,3	32,3	0,8	0,4	0,6	120	90	100	
16 мая—1 июня . . . . .	450	17,2	6,90	3105,0	23,4	0,7	0,4	0,5	98	68	73	
2—15 июня . . . . .	470	18,1	3,96	1861,2	14,0	0,6	0,3	0,4	74	58	68	
16 июня—1 июля . . . . .	420	16,1	2,31	970,2	5,7	0,5	0,2	0,3	60	36	47	
После 2 июля . . . . .	730	30,0	0,70	546,0	4,2	0,4	0,1	0,2	38	20	30	

Из табл. 2 видно, что в первый год после рубки осинового древостоя вырастает более 2,6 млн. растений (порослевин) на га, тогда как к возрасту спелости 55—60 лет при полноте 0,8 на гектаре остается только 700—800 деревьев, то есть число растений уменьшается в 3,2—3,7 тысяч раз.

Отпад стволиков в среднем составляет около 52 тыс. в год. Фактически растения ежегодно отпадают неравномерно.

Рассматривая данные табл. 2, видим, что число растений, возникших в первый период (до 5 мая) достигает 145 тыс. шт. на гектаре, что составляет только 5,4% общего числа растений, возникших за лето; эти растения самые мощные. Растений, возникших в другие периоды учета, численно больше, но они имеют меньшие размеры по всем показателям.

Так, вес среднего растения, возникшего в последний период учета, в 28 раз меньше веса среднего растения, возникшего в первый период учета. Вес всех растений, возникших после 2 июля, в пять раз меньше веса всех растений, возникших в первый период учета.

Растения, возникшие в последний период — хилые, тоненькие, вытянутые, почки на них недоразвитые, листочки маленькие и их только по 10—15 шт. на стволике. Высота их в три раза меньше высоты стволиков, возникших в первый период учета. Растения последнего периода учета очень слабы, часть их на 15-й день начинает усыхать и лишается листочков, а к весне следующего года они все погибают.

Усиленный отпад этих растений в летнее время первого года вызывается тем, что они находятся под густым покровом растений, возникших раньше.

Спустя три года (в 1957 г.) на оставшихся пяти учетных площадках (№ 11, 12, 13, 14, 15) мы подсчитали растения; данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Период учета растений	Число стволиков, шт. на учетных площадках						Число стволиков, шт. на учетных площадках						Отпад за 3 года	
	11	12	13	14	15	на 1 га, тыс. шт.	11	12	13	14	15	на 1 га, тыс. шт.	тыс. шт.	%
	1955 г.						1957 г.							
Начало вегетации														
5 мая . . . . .	88	59	31	87	61	163	88	59	31	87	61	163	—	—
6—15 мая . . . . .	143	91	160	81	104	289	92	64	102	51	61	185	104	36,6
16 мая—1 июня . . . . .	163	208	142	98	101	356	53	79	61	34	46	136	220	62,3
2—15 июня . . . . .	210	108	201	227	250	498	34	18	42	29	45	84	314	83,2
16 июня—1 июля . . . . .	191	201	187	311	182	536	—	—	—	—	—	—	536	100
После 2 июля . . . . .	211	242	301	387	209	675	—	—	—	—	—	—	675	100

Из табл. 3 видно, что растений за три года уменьшилось почти на 2 млн. шт. или на 77,4%.

Следует заметить, что большее число растений (62,2%) погибло в первый год их возникновения. Однако для роста на четвертый год осталось еще довольно значительное число растений — 569,0 тыс. штук, или 22,6% первоначального количества.

Усыхают раньше те растения, которые возникли после 15 мая, а растения, возникшие в первый период — до 5 мая, за эти три года не отпадали и продолжают расти дальше.

У растений, возникших с 6 по 15 мая, отпад составил 36,6%, у оставшихся растений прирост по высоте за последние два года был незначительный и стволики имели меньшее число листьев, чем растения первого периода.

Из сказанного следует, что после рубки из корней материнских деревьев возникает довольно большое количество растений, но они быстро отмирают в первое же лето. Таким образом, растения, возникшие до 5 мая, составят будущий древостой. Это обстоятельство следует учитывать как при лесоустройстве осиновых древостоев, так и при проведении рубок ухода в осинниках; необходимо вырубать все стволики с малым приростом и большим количеством повреждений, возникающих в первые годы роста.

Ранки на стволиках легко определить, так как в местах ранок кора на древесине извилистая. Извилины на коре осины в местах ранок напоминают извилины грецкого ореха или извилины гриба сморчка.

## К ВОПРОСУ ОБ УСКОРЕНИИ СТРАТИФИКАЦИИ СЕМЯН И УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА СЕЯНЦЕВ НА ЮГЕ УССР

**С. И. НАЗАРЕНКО**

Кандидат биологических наук

(Ботанический сад Одесского государственного университета)

Семена большинства древесных и кустарниковых пород обладают длительным семенным покоем и для весеннего посева требуют стратификации.

Вопрос о термическом режиме такой предпосевной подготовки семян в отдельных почвенно-климатических районах в литературе еще мало освещен; имеются лишь общие указания, относящиеся к продолжительности периода стратификации, необходимой семенам наиболее распространенных древесных и кустарниковых пород. Так, по данным [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8] и др. стратификация семян клена остролистного должна продолжаться от 65 до 90 дней, полевого и татарского — от 120 до 150, а ясеня обыкновенного и липы мелколистной — от 180 до 240 дней.

Между тем, как показывают многолетние наблюдения, проведенные в Ботаническом саду Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова, семена этих древесных пород в естественных условиях после опадания с материнских растений проходят период покоя в 2—3 раза быстрее. Объясняется это большими колебаниями температур на юге УССР. Число дней, когда температура в течение суток переходит через 0°, по данным Одесской геофизической обсерватории было в 1950/1951 гг. — 67,6%, а в 1951/1952 гг. — 73,8%.

Как показали наблюдения, в те отрезки времени, когда максимальные и минимальные температуры на поверхности почвы имели только положительное или только отрицательное значение, период покоя исследуемых семян почти не сокращался.

Иная картина наблюдалась при колеблющихся температурах. Именно они и способствовали более быстрому выходу семян из состояния покоя. С каждым переходом температуры через 0° оболочка семян становилась все более и более водо- и газопроницаемой. Затем активизировался процесс перехода запасных питательных веществ в растворимые соединения, необходимые для питания зародыша, причем при более высоких максимальных положительных температурах он протекал с большей интенсивностью. Особенно заметно это было весной, когда температура на поверхности почвы достигала 15—20°.

Результаты проведенных наблюдений дали возможность предположить, что процесс выхода семян из состояния покоя в естественных условиях на юге УССР складывается из двух фаз. Для ускорения прохождения

каждой фазы в отдельности семенам необходимы далеко неодинаковые температурные условия окружающей среды.

Высказанные соображения и послужили отправным пунктом для постановки в Ботаническом саду специальных опытов, которые проводились в 1950/51, 1951/52 и 1952/53 гг. Целью их явилось сокращение срока стратификации семян путем создания в каждой фазе таких температур, к каким семена больше всего приспособились в природных условиях на юге УССР.

Изучалась эффективность колеблющихся температур в первой фазе и постоянных повышенных температур (18—20°) — во второй. Контролем являлись постоянные пониженные температуры (3—5°), обычно применяемые при стратификации. Эффективность воздействия температур определялась не только продолжительностью процесса стратификации, но и качеством выращиваемых сеянцев.

Для создания необходимых условий стратификации семена выносились на мороз и выдерживались до полного промерзания.

При температуре —5° и ниже для этого требовалось не более 20—24 часов. В условиях же температуры выше —5°, время, необходимое для промерзания смеси, соответственно, удлинялось. Более длительное выдерживание семян на морозе себя не оправдало. Опыты показали, что решающим фактором является не продолжительность промораживания семян, а переход температуры через 0°.

После первого промораживания семена вносились в помещение с положительной температурой, не превышающей 8—10°. В дальнейшем верхний предел температуры с каждым новым промерзанием семян повышался на 2—3°. В конечном итоге он доводился до температуры отапливаемого помещения (18—20°). По мере повышения верхнего предела положительных температур время между отдельными промораживаниями, необходимое для оттаивания смеси, постепенно сокращалось.

Как показали опыты, продолжительность первой фазы стратификации неодинакова для разных семян и находится в прямой зависимости от продолжительности периода покоя. Так, например, для семян клена остролистного необходимо лишь 3—4 перехода температуры через 0°, семенам клена полевого и клена татарского от 6 до 9, а ясеня обыкновенного и липы мелколистной — от 10 до 13 таких переходов.

Вследствие частых оттепелей, характерных для южной зимы, время между отдельными промораживаниями семян иногда на несколько суток удлинялось, что в свою очередь влекло за собой незначительное увеличение продолжительности первой фазы стратификации. Однако, несмотря на все непостоянство южной зимы, естественного холода всегда оказывалось достаточно для создания такого количества переходов температуры через 0°, какое требовалось исследуемым семенам для прохождения первой фазы стратификации.

После такого воздействия положительных и отрицательных температур цельность оболочки семян нарушалась. В результате доступа воздуха и воды к запасным питательным веществам семени изменялась также и направленность протекающих в нем биохимических процессов. Если раньше повышенные температуры в 18—20° способствовали синтезу питательных веществ и этим самым удлиняли период покоя семян, то теперь под влиянием этих же температур начинались уже процессы гидролиза, которые, наоборот, способствовали сокращению периода покоя.

Эти биохимические процессы, характерные для второй фазы стратификации семян, наиболее интенсивно протекали в условиях постоянных повышенных температур (18—20°). С понижением температуры интенсивность их заметно снижалась. Поэтому при запоздалой весне для

удлинения второй фазы стратификации применялись уже не повышенные, а пониженные температуры.

На протяжении трехлетних опытов нами установлено, что для прохождения всего процесса стратификации семенам клена остролистного требуется от 35 до 45 дней, клена полевого и татарского — от 60 до 75, а ясеня обыкновенного и липы мелколистной — от 70 до 90 дней. Вот почему наиболее удобным временем начала стратификации семян ясеня обыкновенного и липы мелколистной является январь, клена полевого и татарского — конец января — начало февраля, а клена остролистного — вторая половина февраля.

Влияния температурных условий стратификации семян на качество выращиваемых сеянцев изучалось нами на физиологическом участке Ботанического сада. Семенами каждого варианта засевался рядок длиной в 5 м. Заделка семян производилась на глубину 4 см. Повторность опыта была трехкратной. Как оказалось, ежегодно самые ранние всходы давали семена, прошедшие первую фазу стратификации в условиях чередования положительных и отрицательных температур.

Например, семена ясеня обыкновенного были высеяны 4 апреля 1952 г. 15 апреля дали первые всходы семена, прошедшие такую подготовку. В это время температуры на поверхности почвы были 9,7—16,8°. Значительно позже, только 23 апреля, начали появляться всходы семян контрольного варианта стратификации. В этот период температура на поверхности почвы была значительно выше: колебалась в пределах 11,9—21,3°. Как показали дальнейшие наблюдения, преимущество семян, прошедших стратификацию в условиях температур, переходящих через 0°, не ограничивалось лишь более ранним появлением всходов. Оно сказывалось также и на росте сеянцев. Например, в 1953 г. на 27 октября средняя длина стебля однолетнего сеянца клена остролистного, выращенного из семян, подвергавшихся действию колеблющихся температур, равнялась 39,1, а из семян контроля — только 23,8 см.

Все выращенные растения оставались на опытном участке Ботанического сада вплоть до 1957 г. Это дало нам возможность установить, что выявленные различия между подопытными растениями сохранились и в последующие годы их жизни.

Таким образом, наиболее эффективными температурами для стратификации семян древесных и кустарниковых пород на юге УССР являются те, к которым они больше всего приспособились в естественных условиях.

Поэтому вопрос о термическом режиме и сроках стратификации семян тех или иных древесных и кустарниковых пород должен решаться дифференцированно по отдельным почвенно-климатическим районам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. С. Лисин. Выращивание лесопосадочного материала в степных районах СССР. М.-Л., Гослесбумиздат, 1949. [2]. Д. Д. Минин. Сбор и хранение семян древесных и кустарниковых пород. М., Сельхозгиз, 1957. [3]. О. Т. Новицкая. Степной лесопитомник. М.-Л., Гослесбумиздат, 1949. [4]. А. Н. Попов. Защитное лесоразведение. М.-Л., Гослесбумиздат, 1950. [5]. Ф. Н. Харитонович. Древесные и кустарниковые породы для создания защитных лесных полос. М.-Л., Гослесбумиздат, 1949. [6]. К. Г. Шумаева. Колгоспний лісовий розсадник. Київ—Харків, Держвидавництво сільськогосподарчої літератури УРСР, 1949. [7]. З. К. Шумилина. Подготовка к посеву семян древесных и кустарниковых пород. М.-Л., Гослесбумиздат, 1949. [8]. М. М. Ягниченко, І. М. Сазонов. Насіння деревних і кущових порід: Київ—Харків, Держвидавництво сільськогосподарчої літератури УРСР, 1949.

## О ПЛОДОНОШЕНИИ СЕМЕННИКОВ ЛИСТВЕННИЦЫ НА КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫРУБКАХ\*

А. С. КОЗОБРОДОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Лиственница (*Larix Sukaczewii* Djil.) привлекает к себе внимание быстрой ростом и высокими физико-механическими свойствами древесины, позволяющими использовать ее в самых разнообразных отраслях народного хозяйства.

Успех естественного возобновления лиственницы на концентрированных вырубках связан с наличием и характером источников обсеменения, периодичностью плодоношения, способностью различных обсеменителей давать полноценные семена, а также с условиями среды.

Обильные урожаи лиственницы в Архангельской области (по имеющимся литературным данным) повторяются через 5—6 лет. В промежутках между семенными годами ежегодно бывают незначительные урожаи шишек в древостое. Но у групповых и одиночных семенников и тонкомера на вырубках и в стенах леса наблюдается и в эти годы некоторое повышение урожая.

Рядом автором (Н. П. Кобранов, С. В. Алексеев, А. А. Молчанов, Н. В. Дылис и др.) установлено, что семена лиственницы Сукачева имеют очень низкие качества. По исследованиям проф. Кобранова [3], количество пустых семян у лиственницы Сукачева достигает 78%. По данным Н. В. Дылиса [2] всхожесть их не превышает 20—25%, а энергия прорастания 18%.

Изучением плодоношения различных обсеменителей лиственницы на концентрированных вырубках Европейского Севера давно занимается кафедра лесоводства АЛТИ. Так, в 1944 г. исследовалось плодоношение семенников и тонкомера лиственницы в бассейне р. Юлы [4]; в 1949 г. в учебно-опытном лесхозе Архангельского лесотехнического института были оставлены групповые и одиночные семенники лиственницы (рис. 1 и 2) в целях их последующего стационарного изучения, которое и проводилось кафедрой на протяжении истекшего десятилетия [5]. С 1956 г. в этих исследованиях принимает участие и автор. В настоящей статье использована часть экспериментальных материалов, собранных нами в течение трех лет (1956—1958 гг.). Кроме того, мы провели изучение некоторых обсеменителей лиственницы в соседнем с опытным лесхозом Емцовском лесничестве Обозерского лесхоза (1957 г.).

\* Работа проведена под руководством акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехова.

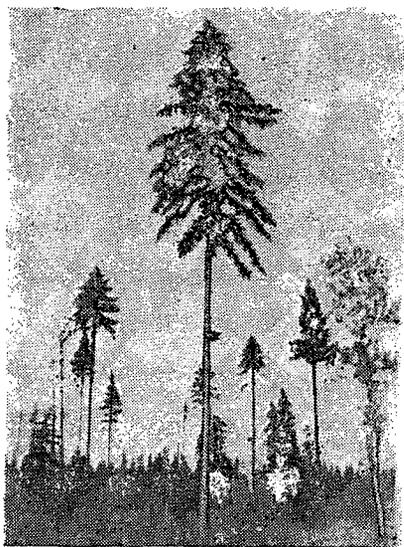


Рис. 1. Одиночный семенник  
лиственницы (№ 130).  
Оставлен в 1949 г.  
(Фото 1957 г.)



Рис. 2. Семенники лиственницы  
(№ 115, 116, 118) при групповом  
стоянии. Оставлены в 1949 г.  
(Фото 1957 г.)

Учет урожая шишек лиственницы на отдельных деревьях производился в солнечную ясную погоду глазомерно с помощью бинокля. Для более детального изучения особенностей плодоношения различных обсеменителей лиственницы брались модельные деревья, с которых собирались все шишки урожая текущего года.

Модельные деревья подбирались, в основном, I и II классов развития.

Подопытные семенники лиственницы представлены здоровыми деревьями в возрасте — от 120 до 140 лет; диаметры их 24—28 см, высота 22—24 м.

В результате фенологических наблюдений установлено, что в Шелековском участке лиственница Сукачева цветет, в основном, в I—III декаде мая.

Однако начало и конец цветения, а также продолжительность отдельных фаз его в отдельные годы значительно колеблется в зависимости от метеорологических условий.

В 1957 г., в результате быстрого наступления теплой погоды, начало цветения лиственницы было отмечено 3 мая и конец 16 мая, а в 1958 г., вследствие холодной и затяжной весны, цветение началось 15 мая и закончилось лишь 5 июня.

Раскрытие микроспорофилловых колосков в зрелом состоянии требует низкой относительной влажности и повышенной температуры воздуха. При отсутствии надлежащих условий начало пыления задерживается на несколько дней и наступает непосредственно перед смыканием чешуек женских шишек, что снижает качество семян лиственницы.

По шкале В. Г. Каппера цветение лиственницы было оценено следующими баллами:

- В 1956 г. — 2—3 балла
- » 1957 » — 4—5 баллов
- » 1958 » — 3—4 балла

При этом у групповых и одиночных семенников и тонкомера лиственницы на вырубках наблюдалось более хорошее цветение по сравнению с лиственницей, находящейся в древостое.

При глазном перечете шишек лиственницы у отдельных деревьев мы пользовались классами урожайности, предложенными С. В. Алексеевым и А. А. Молчановым [1], но несколько видоизмененными в соответствии с опытом наших наблюдений:

I. Нет — шишек на стоящем дереве не видно; на срубленном дереве удается найти до 50 шт.

II. Мало — при осмотре обнаруживаются единично разбросанные шишки на ветвях первого порядка с южной стороны. В среднем на каждую ветвь первого порядка приходится не более 10 шт. На срубленном дереве насчитывается до 200 шишек.

III. Есть — когда на южной части кроны на каждой ветви первого порядка невооруженным глазом удается обнаружить 20 шишек. На таких срубленных деревьях насчитывается до 600 шишек.

IV. Много — шишки встречаются как на южной, так и на северной части кроны. На южной части кроны каждая ветвь первого порядка имеет до 40 шт. На северной — до 20 шт. На срубленных деревьях удается найти до 2000 шишек.

V. Очень много — вся крона обильно усеяна шишками. На срубленных деревьях насчитывается до 3000 и более шишек.

Распределение шишек на семенниках лиственницы по классам урожайности в период 1956—1958 гг. представлено в табл. 1.

Таблица 1

Годы	Классы урожайности	Вид обсеменителя			
		одиночные		групповые	
		шт.	%	шт.	%
1956	I	3	25	2	25
	II	7	58	4	50
	III	2	17	2	25
	IV	—	—	—	—
	V	—	—	—	—
1957	I	—	—	—	—
	II	1	8	—	—
	III	3	25	2	25
	IV	6	50	4	50
	V	2	17	2	25
1958	I	—	—	—	—
	II	3	25	1	12,5
	III	6	50	4	50
	IV	3	25	2	25
	V	—	—	1	12,5

При изучении плодоношения различных обсеменителей лиственницы необходимо знать не только количество шишек на дереве, но и число семян в одной шишке и качество семян.

Более детально интенсивность плодоношения различных обсеменителей лиственницы исследована по модельным деревьям, которые представлены следующими категориями: тонкомер групповой и одиночный; семенники групповые и одиночные, лиственница в стенах леса при групповом и одиночном стоянии.

Данные по плодоношению источников обсеменения лиственницы сведены в табл. 2.

Таблица 2

Место исследования	Годы		Вид обсеменителя	Число моделей, шт.	Количество шишек, встречающихся на 1 дереве, шт.	Количество семян в здоровых по внешнему виду шишках, шт.			Средняя длина шишек в см
	рубки.	исследования				общий выход семян из одной шишки	из них полнозернистых	% полнозернистости	
Учебно-опытный лесхоз АЛТИ	1951	1956	Тонкомер групповой	1	70	30	7	23	2,0
			Одиночные семенники	1	140	32	3	9	2,1
			Групповые семенники	1	260	33	6	18	2,2
			В стене леса при одиночном стоянии	3	5—10	31	3	10	2,3
Учебно-опытный лесхоз АЛТИ	1950	1957	Тонкомер групповой	1	500	30	12	40	2,1
			Одиночные семенники	2	450—1400	36	11	30	2,2
			Групповые семенники	2	2400—7300	37	10	26	2,5
			В стене леса при групповом стоянии	1	600	35	11	31	2,5
Емцовское лесничество Обозерского лесхоза			Одиночные семенники	1	2800	34	1	3	2,3
			В стене леса при одиночном стоянии	1	1350	38	4	10	2,7
			В стене леса при групповом стоянии	1	300	36	14	39	2,6
Учебно-опытный лесхоз АЛТИ	1951	1958	Тонкомер групповой	1	240	40	11	28	2,5
			Тонкомер одиночный	3	100—190	42	5	12	2,7
			Одиночные семенники	3	430—1900	35	3	8	2,4
			Групповые семенники	3	360—650	35	7	20	2,3
			В стене леса при групповом стоянии	1	150	42	9	22	3,0

Таблица 3

Вид обсеменителя	№ модельного дерева	Расстояние от вершины	Количество шишек по экспозициям								Всего	
			северной		южной		восточной		западной		шт.	%
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%		
Тонкомер одиночный	18	0—3,2 3,2—6,5	20	11	30	16,5	30	16,5	10	6	90	50
			20	11	30	16,5	30	16,5	10	6	90	50
Тонкомер групповой	17	0—3,1 3,1—6,2	30	12	30	12	30	12	20	7	110	43
			20	8	60	22	50	20	20	7	150	57
Одиночный семенник	23	0—4,0 4,0—8,0 8,0—12,0	80	4	130	7	190	10	140	8	540	29
			190	10	380	20	160	9	180	10	910	49
			90	5	160	9	80	4	80	4	420	22
Семенник лиственницы при групповом стоянии	6	0—4,0 4,0—8,0 8,0—12,0	120	5	130	5	190	8	130	5	570	22
			340	14	410	17	420	18	300	13	1470	62
			20	1	170	7	100	4	70	3	360	15
В стене леса при одиночном стоянии	16	0—2,3 2,3—4,6 4,6—7,0	100	7	90	7	90	7	50	4	330	25
			140	10	270	19	140	10	110	8	660	47
			70	5	200	15	—	—	110	8	380	28
В стене леса при групповом стоянии	13	0—3,1 3,1—6,2 6,2—9,4	—	—	10	3	—	—	40	13	50	16
			60	19	60	19	—	—	70	21	100	59
			20	6	10	3	10	3	40	13	80	25

При взятии модельных деревьев учитывалось плодоношение отдельно в различных частях кроны. Результаты этого видны из табл. 3.

Приведенные данные показывают следующее:

1. Интенсивность цветения и плодоношения лиственницы была наибольшей в 1957 г., наименьшей — в 1956 г.

2. Более обильное цветение и плодоношение лиственницы наблюдается на вырубках, причем самое обильное у групповых семенников.

3. Разница в интенсивности плодоношения между групповыми и одиночными семенниками лиственницы в годы повышенного урожая достигает значительной величины. В 1957 г. она составляла 1,7—5 раз.

4. У некоторых подопытных семенников лиственницы наблюдалось два урожайных года подряд (1957—1958 гг.).

5. У лиственницы наилучшее плодоношение встречается на юго-восточной части кроны; самое слабое на северо-западной части кроны. Разница в интенсивности плодоношения составляет от 5 до 32%.

У моделей, взятых в стенах леса, интенсивность плодоношения в различных частях кроны находится в прямой зависимости от степени развитости кроны и ее освещенности; на последние, в свою очередь, сильное влияние оказывает сомкнутость древостоя.

Причинами, вызывающими увеличение плодоношения у различных обсеменителей лиственницы на юго-восточной стороне кроны, можно считать, по-видимому, большее количество света и тепла, содействующее образованию женских шишек и их развитию, а также преобладание южных ветров в мае, в период цветения лиственницы.

6. Наибольшее количество шишек встречается в средней части, наименьшее — в нижней части кроны.

7. Количество семян в здоровых шишках колеблется незначительно и находится в зависимости от величины последних.

8. Полнозернистость семян у различных источников обсеменения лиственницы сильно варьирует. Самая высокая полнозернистость семян наблюдается у группового тонкомера, самая низкая у одиночных семенников. Однако в урожайные годы полнозернистость семян у одиночных семенников может заметно повышаться.

Вывод о более высокой полнозернистости семян тонкомера лиственницы по сравнению с другими обсеменителями подтверждается исследованиями качества семян тонкомера и крупномерных деревьев лиственницы, проведенными И. С. Мелеховым в 1944 г. в бассейне реки Юлы [4].

Низкий процент полнозернистых семян у лиственницы при одиночном стоянии может быть объяснен тем, что в этом случае происходит процесс самоопыления; ряд авторов (С. В. Алексеев и А. А. Молчанов, Н. В. Дылис, В. П. Тимофеев, А. М. Манжос и др.) показал, что массовое образование пустых семян при гейтоногамном опылении является результатом того, что «своя» пыльца нормально прорастает лишь в редких случаях.

При групповом стоянии у лиственницы происходит ксеногамное опыление; пыльца нормально прорастает и в последующем образуются полнозернистые семена.

В заключение можно сказать, что на концентрированных вырубках следует оставлять, по возможности, групповые обсеменители лиственницы. При этом не исключается возможность и целесообразность оставления и одиночных семенников.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. В. Алексеев, А. А. Молчанов. Плодоношение сибирской лиственницы в северных условиях. «Советский Север», № 8, 1938. [2]. Н. В. Дылис. Сибирская лиственница. М., 1947. [3]. Н. П. Кобранов. Из области лесного семеноводства. V. О методике исследований урожайности семян древесных пород. «Лесной журнал», 1911, вып. 9—10. [4]. И. С. Мелехов. Концентрированные рубки и лесовозобновление в бассейне Северной Двины. «Труды АЛТИ», вып. XIII, 1949. [5]. И. С. Мелехов. Стационарное комплексное изучение леса в учебно-опытном лесхозе Архангельского лесотехнического института. «Труды АЛТИ», т. XIV, 1954. [6]. А. М. Манжос. Биология цветения и оплодотворения лиственницы сибирской при ксеногамном и гейтоногамном опылениях. Автореферат кандидатской диссертации. М., 1956. [7]. В. П. Тимофеев. Выращивание лиственницы. М.-Л., 1948.

Поступила в редакцию  
2 июля 1959 г.

## К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ВОЗРАСТОВ РУБКИ

И. В. ЛОГВИНОВ

Доцент

(Ленинградская лесотехническая академия)

В Лесном журнале № 3 за 1958 г. в порядке обсуждения напечатана статья доцента О. О. Герница на тему: «Рационализация возрастов рубки».

Вопрос этот, как известно, представляет существенный теоретический интерес и имеет большое практическое значение, так как он связан с использованием. Поэтому мы считаем целесообразным разобрать и оценить предложения автора.

В упомянутой статье приводится пример одного хозяйства на сосну в Волжском лесхозе Марийской АССР по данным лесоустройства 1948—1949 гг. Это хозяйство имеет лесопокрытую площадь в 63560 га, которая распределяется по классам возраста следующим образом:

Классы возраста	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Итого
Площадь в га	15824	7546	6855	4892	8173	5300	4521	6758	3673	18	63560
в %	25	12	11	7	13	8	7	11	6	—	100

В данном хозяйстве лесоустройство 1926 г. приняло оборот рубки в 120 лет. Последнее же лесоустройство 1948—1949 гг., по неуказанным в статье основаниям, снизило возраст рубки до 100 лет. Оно установило для хозяйства расчетную лесосеку в размере 833 га, что соответствует первой возрастной лесосеке, то есть намерено использовать ныне имеющиеся перестойные и приспевающие насаждения в течение 40 лет.

Как видно, в данном хозяйстве имеет место значительное накопление спелых и перестойных насаждений (45%). К таким случаям и относится рекомендуемая автором статья «Рационализация возрастов рубки». Доц. О. О. Герниц полагает, что лесоустройство 1948—1949 гг. в Волжском лесхозе в вопросах организации хозяйства и пользования лесом не дало правильных решений. Со своей стороны, он делает в рассматриваемой статье следующие предложения.

Во-первых, он считает необходимым расчленить указанное хозяйство на два самостоятельных хозяйства. В первое он включает насаждения с I по V класс возраста включительно, а во второе — с VI класса возраста и выше. При этом он не вносит предложения изменить возраст главной рубки в первом хозяйстве.

Во-вторых, автор предлагает принять в первом хозяйстве расчетную лесосеку не свыше среднего прироста этого хозяйства. В другом же хозяйстве расчетная лесосека, по его мнению, должна определяться, как сумма двух лесосек — по возрасту и по состоянию.

Для расчета лесосеки по возрасту рекомендуется все насаждения с VI по VIII класс возраста включительно (до высшего возрастного предела спелости) разделить на период использования их в 60 лет, а лесосеку по состоянию исчислять, исходя из наличия насаждений IX и выше классов возраста.

Предлагая указанный способ образования хозяйств и установления размера главного пользования, автор, по его словам, стремится, с одной стороны, устранить ныне имеющийся разрыв между принятым возрастом спелости и возрастом фактически вырубаемых насаждений — в первом хозяйстве, а с другой стороны, во втором хозяйстве создать длительно используемые лесосырьевые резервы из имеющихся старовозрастных насаждений.

Последуем за предложением автора и произведем рекомендуемые им расчеты, которые, к сожалению, не даны в его статье. Это позволит конкретно рассмотреть и оценить предложения автора.

Рассмотрим первое хозяйство:

Классы возраста	I	II	III	IV	V	Итого
Площадь в га	15824	7546	6855	4892	8173	43290

Возраст главной рубки — 100 лет (V класс возраста).

Сделаем расчеты лесосек:

- а) лесосека по спелости  $= \frac{8173}{20} = 409 \text{ га}$ ;
- б) 1-я лесосека по возрасту  $= \frac{8173+4892}{40} = \frac{13065}{40} = 327 \text{ га}$ ;
- в) 2-я лесосека по возрасту  $= \frac{8173+4892+6855}{60} = \frac{19920}{60} = 332 \text{ га}$ .

За отсутствием в статье данных о запасах, не представляется возможным исчислить лесосеку по среднему приросту; однако, имеющееся в хозяйстве распределение площади насаждений по классам возраста позволяет полагать, что лесосека по среднему приросту, примерно, будет близка к приведенным, то есть в пределах 300—400 га.

Согласно предложению доц. О. О. Герница, за расчетную в данном хозяйстве примем лесосеку по среднему приросту — 300 га.

Перейдем ко второму хозяйству:

Классы возраста	VI	VII	VIII	IX	X	Итого
Площадь в га	5300	4521	6758	3673	18	20270

Произведем расчеты лесосек:

- а) лесосека по состоянию  $= \frac{3673+18}{10} = \frac{3691}{10} = 369 \text{ га}$ .

Ввиду некоторой неясности в тексте статьи, примем два варианта лесосеки по возрасту:

б) когда все насаждения хозяйства вырубятся за период в 60 лет и

в) когда за этот период вырубятся насаждения только с VI по VIII класс возраста.

- б) лесосека по возрасту по 1 варианту  $= \frac{5300+4521+6758+3673+18}{60} = \frac{20270}{60} = 338 \text{ га}$ ;

$$в) \text{ лесосека по возрасту по II варианту} = \frac{5300 + 4521 + 6758}{60} = \frac{16571}{60} = 276 \text{ га.}$$

Так как размер пользования во втором хозяйстве, согласно статье, складывается из двух лесосек (лесосек по возрасту и по состоянию), то, приняв минимальную лесосеку по возрасту, получим расчетную лесосеку во втором хозяйстве:

$$276 + 369 = 645 \text{ га.}$$

Следовательно, общая расчетная лесосека по двум образованным хозяйствам будет равна  $300 + 645 = 945 \text{ га}$ .

Как видно, расчетная лесосека на ревизионный период несколько больше принятой лесоустройством в  $833 \text{ га}$ , причем на  $2/3$  площади ее ( $645$  из  $945 \text{ га}$ ) будут поступать в рубку только перестойные насаждения, и лишь  $1/3$  пользования будет реализоваться за счет насаждений в возрасте спелости.

Теперь перейдем к оценке предложений доц. О. О. Герница.

Мы считаем, что рекомендуемое разделение насаждений сосны в Волжском лесхозе на два самостоятельных хозяйства, в зависимости от их возраста, не является целесообразным.

Так как спелые и перестойные насаждения могут преобладать не только в сосняках, но и в ельниках и березняках, то, следуя рекомендуемому в статье пути, мы пришли бы к чрезмерной дробности в образовании хозяйств и усложнению организации хозяйства в лесхозе в целом, тем более, что доц. О. О. Герниц предусматривает необходимость разделения на хозяйства также по второму основанию — резким различиям в классах бонитета.

Нам непонятно, какой хозяйственный смысл имеет рекомендация рубить в сосняках высших бонитетов насаждения V класса возраста, имея огромное накопление спелых и перестойных — VII, VIII и IX классов возраста. Такое решение будет нерациональным.

По нашему мнению, предложения автора статьи не приводят к улучшению организации хозяйства и не вносят полезных поправок в решение вопроса пользования лесом.

Со своей стороны, мы для данного конкретного объекта считали бы правильным принять следующие решения.

1. Установить в сосняках Волжского лесхоза одно крупнотоварное хозяйство, если не имеется серьезных оснований к разделению его по резким различиям в классах бонитета или типах леса на две хозяйственные единицы.

2. Учитывая наличие большого количества насаждений VII, VIII и IX классов возраста, в хозяйстве целесообразно установить возраст главной рубки не в 100 лет (V класс возраста), как это приняло последнее лесоустройство 1948—1949 гг., а в 120 лет (VI класс возраста).

3. Теперь приведем расчет лесосек при возрасте рубки в 120 лет:

Классы возраста	I	II	III	IV	V	VI	VII	V	I	X	Итого
Площадь в га	15824	7546	6855	4892	8173	5300	4521	6758	3673	18	63560
в %	25	12	11	7	13	8	7	11	6	—	100

$$а) \text{ Лесосека по спелости} = \frac{5300 + 4521 + 6758 + 3673 + 18}{20} = \frac{20270}{20} = 1013 \text{ га;}$$

$$б) \text{ 1-я лесосека по возрасту} = \frac{5300 + 4521 + 6758 + 3673 + 18 + 8173}{40} = \frac{28443}{40} = 711 \text{ га;}$$

$$\begin{aligned} \text{в) 2-я лесосека по возрасту} &= \frac{5300+4521+6758+3673+18+8173}{60} = \frac{4892+6855}{60} = \\ &= \frac{40190}{60} = 700 \text{ га.} \end{aligned}$$

На основе вышеприведенных данных, считаем целесообразным рекомендовать два варианта расчетных лесосек по этому хозяйству — в зависимости от экономических условий (данные которых, к сожалению, отсутствуют в статье): I вариант — при относительно небольшой потребности в древесине или при необходимости в течение длительного срока удовлетворять потребности какого-либо предприятия, за расчетную можно принять первую лесосеку по возрасту в 711 га.

В этом случае за ревизионный период будут вырублены 7100 га, то есть все насаждения IX и выше классов возраста, которые по указанию автора статьи требуют рубки по состоянию, а также около 50% сосняков VIII класса возраста.

При таком пользовании за 20 лет могут быть вырублены все насаждения ныне VII—X классов возраста и, с учетом перехода, самые старые древостои будут, по истечении этого периода, VII класса возраста.

II вариант — при большой потребности в древесине за расчетную следует принять лесосеку по спелости в 1013 га.

При таком решении за ревизионный период будет вырублено около 10 100 га, то есть почти все насаждения VIII—X классов возраста, а самые старые насаждения на корне будут в основном представлены VII классом возраста, что не угрожает перестойностью леса.

Этот вариант следует, по-видимому, считать оптимальным для данных конкретных условий.

Поступила в редакцию  
16 декабря 1958 г.

## ВОЗРАСТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧЕРНОГО САКСАУЛА

*В. Л. ДРАГАВЦЕВ*

И н ж е н е р

(Казахский государственный сельскохозяйственный институт)

### Динамика возрастного признака в трех типах саксаульников

В настоящее время в литературе по онтогенезу древесных пород возрастной изменчивости уделяется немного внимания. С одной стороны А. К. Ефейкиным [10] вслед за А. А. Авакяном [1], К. М. Завадским [11] и др. был экспериментально показан частный характер стадийности как онтогенетического процесса. В то же время Л. Г. Добрунов [9] и Н. А. Любинский [15] интерпретируют онтогенез с точки зрения теории Т. Д. Лысенко.

Между тем, изучение возрастной изменчивости в смысле «возрастности» Н. П. Кренке [14] или «онтогенетического состояния» Л. Г. Добрунова имеет огромные перспективы не только с теоретической, но и с практической точки зрения. Известно, что Н. П. Кренке использовал возрастные морфологические признаки для диагностики хозяйственно ценных физиологических и биохимических свойств растения.

Однако Кренке не успел полностью доработать свою теорию. Он сравнил лишь динамику возрастных признаков по метамерам двух индивидов — представителей рас различной зрелости или различных экологических форм.

Можно полагать, что теория Кренке должна подтвердиться при изучении динамики возрастного признака не только по метамерам индивида, но и по возрастным «метамерам» (классам возраста) популяции. Если это действительно окажется так, то лесоводы смогут использовать метод морфологического анализа в применении к типам леса в целом, со всеми вытекающими отсюда возможностями. Например, можно будет предсказывать ход роста насаждения в любых конкретных условиях, ход роста каждого дерева в частности, а также долговечность культур, обилие плодоношения и многие другие признаки, определяемые не формальными величинами календарного возраста, а физиологическим состоянием растения, его «возрастностью», индикатором которой является морфологический возрастной признак.

Зная изменение физиологических процессов с возрастом и определив возрастной признак, можно судить об «онтогенетическом состоянии» данного дерева. Однако точность этого суждения могла бы значительно повыситься, если бы мы знали, что интересующие нас свойства хорошо коррелируют с выбранным возрастным признаком. С этой точки зрения почти все современные экологические работы страдают тем недостат-

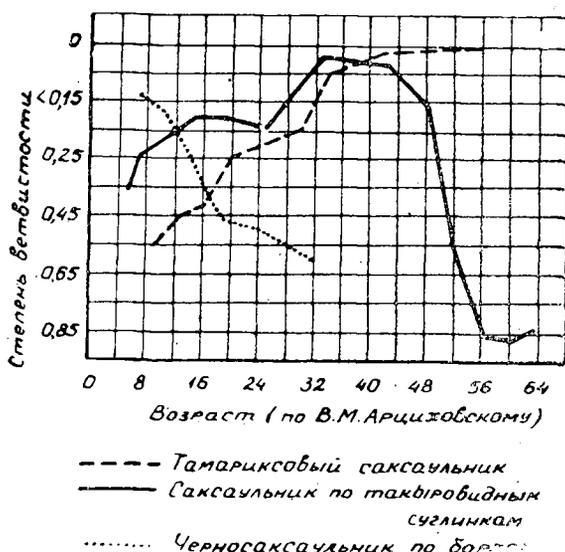


Рис. 1.

ком, что в процессе исследования не устанавливается связь между динамикой физиологических свойств и морфологических признаков, которые являются очень удобными возрастными индикаторами.

Исходя из этих соображений, мы задались целью найти достаточно чуткий морфологический возрастной признак у саксаула, и проследить его динамику в экологическом ряду трех типов леса: тамариковом саксаульнике, саксаульнике по примитивным такыровидным суглинкам, саксаульнике по вершинам песчаных бугров. Описания этих типов даны с достаточной полнотой у А. И. Федорова [22], В. Л. Леонтьева [16], К. А. Пашковского [18] и поэтому здесь не приводятся. Выбранные типы леса составляют экологический ряд, в котором от первого типа к третьему возрастает сухость почвы.

Возрастным признаком у саксаула оказалась степень ветвистости ассимиляционных веточек, выраженная отношением суммы длин боковых ответвлений к длине центральной оси. По метамерам куста происходит сначала закономерное уменьшение ветвистости, затем, с увеличением возраста, она начинает проявляться в большей степени. Исходя из теории Н. П. Кренке и современных представлений о коррелятивном торможении [12], [20], можно дать такое объяснение этому явлению: нижние, молодые верхушечные меристемы еще не способны подавлять активность боковых меристем, что приводит к сильному разрастанию боковых побегов, то есть сильной ветвистости. «Средневозрастные» меристемы верхней части кроны уже подавляют прорастание боковых, что приводит к отсутствию ветвления. В ксерофильных, старящихся условиях, вследствие быстрой дифференциации терминальных меристем, боковые побеги образуются почти без влияния верхушки.

Методика определения степени ветвистости сводилась к следующему: в каждом типе леса была заложена пробная площадь размером  $100 \times 50$  м. В процессе сплошного перече́та, наряду с замерами высоты, диаметра, размеров кроны и других таксационных показателей, замерялась и степень ветвистости. Для этого в пределах каждого дерева выделялись две зоны: самая нижняя и самая верхняя, охватывающие два-три порядка ветвления. В пределах этих зон визуально определялась

типичная по длине ассимиляционная веточка. Ее отламывали и линейкой с точностью до 0,5 см измеряли сумму длин боковых ответвлений и длину центральной оси. На каждом экземпляре делалось по два замера. Количество деревьев на пробах варьировало от 70 до 160. Ошибки средних значений, найденные в результате статистической обработки данных, не превышали допустимых пределов.

Динамика возрастного признака (степени ветвистости) представлена на рис. 1. Из графика видно, что в тамариксовом саксаульнике обнаруживается лишь восходящая ветвь кривой, выражающая уменьшение степени ветвистости по метамерам куста. В типе черносаксаульник по такыровидным суглинкам восходящая ветвь смещена влево, то есть одни и те же значения возрастного признака соответствуют более молодым экземплярам, чем в первом типе. Кроме того, здесь обнаруживается нисходящая ветвь кривой (степень ветвистости начинает увеличиваться на наиболее старых индивидах). В самых сухих условиях, на вершинах песчаных бугров, обнаруживается только нисходящая ветвь.

Таким образом, кривая морфологического признака, не обнаруживаясь в пределах индивида, полностью проявляется лишь в экологическом ряду трех типов леса. Это указывает на возможность применения метода морфологического анализа и связанного с ним предсказания биологических свойств при экологических исследованиях в саксаульниках (а, возможно, и в других лесах).

### Метамерная изменчивость деятельности камбия саксаула

До сих пор в литературе [3], [13], подчеркивалась особенность деятельности камбия саксаула лишь в поперечном направлении, выраженная в поликамбиальности ствола. Относительно деятельности камбия в продольном направлении нет даже никаких высказываний.

По М. М. Ильину [13] видимость ростовых «колец» саксаула зависит от того, что на границе кольца скапливается главная масса сосудистых пучков, или же переход между кольцами обозначается соединительной тканью. Поэтому о деятельности камбия можно судить по количеству ростовых колец на единицу длины диаметра.

Для изучения распределения числа ростовых колец по метамерам были спилены 40 модельных деревьев с таким расчетом, чтобы при камеральной обработке можно было сделать три среза: у корневой шейки, на первой снизу вилке и на второй вилке. Последующие вилки не принимались во внимание, так как зеленые веточки, имеющиеся на них, могли, транспирируя влагу, исказить процесс возникновения сосудов из камбия [2]. После обработки материалов выявилась следующая закономерность: чем выше по стволу, тем большее количество ростовых колец приходится на единицу длины диаметра. Получается, что камбий первой вилки «работает» с большей частотой, чем камбий корневой шейки, а камбий второй вилки — чаще, чем первой. (На рис. 2 показана зависимость между диаметром и числом ростовых колец по метамерам куста саксаула).

Эту закономерность можно рассматривать с точки зрения старой теории питания Р. Гартига [5] (по которой возникновение сосудистых пучков вызывается дефицитом влажности в вышележащих побегах) или с точки зрения почти такой же гипотезы Н. А. Любинского, выдвинутой им в 1957 г. [15]. По взглядам этих авторов, нижележащие участки ствола являются «кладовыми» влаги для быстро растущих однолетних побегов. Естественно, что водный дефицит, наиболее остро сказывающийся в однолетних побегах на периферии кроны, будет постепенно

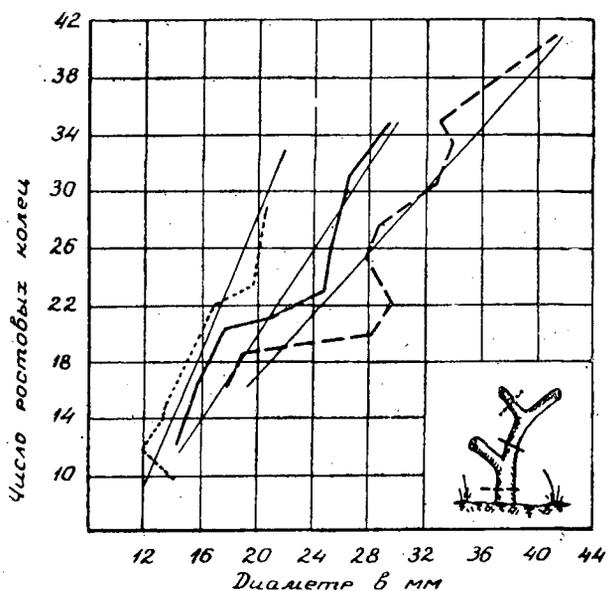


Рис. 2.

затухать, распространяясь вниз по стволу, и возможно, нижние части ствола его не «почувствуют». Сосудистые пучки могут совершенно исчерпать свою «корневую функцию», не дойдя до корней, и это выразится морфологически и анатомически в увеличении числа ростовых колец на единицу диаметра в верхней части кроны.

#### Возрастной признак как показатель разнокачественности всходов саксаула; влияние быстроты роста дерева на динамику возрастного признака

За последние годы в литературе стали выдвигаться положения о разнокачественности семян и всходов древесных пород. А. А. Шахов [25] ставит это в зависимость от условий засоления почвы, причем индикатором разнокачественности является различие в весе, в содержании солей и т. п. Н. А. Любинский [15] говорит вслед за П. Г. Шиттом [26] о разнокачественности семян в зависимости от морфологического адреса в кроне дерева; при этом он судит о ней по варьированию в размере всходов.

Мы считаем, что судить о разнокачественности семян и всходов можно по возрастному признаку в самой нижней части кроны куста. Если делать замеры степени ветвистости по строго одинаковым морфологическим адресам, то можно будет судить о способности семени давать всход того или иного возрастного состояния. Такие замеры проводились нами в трех типах саксаульников. Полученные результаты сведены в таблицу (стр. 50), из которой видно, что более «молодые» по возрастному признаку всходы приурочены к типу черносаксаульника по такыровидным суглинкам. Средний возраст на всех пробах примерно одинаков, поэтому можно сравнивать ход изменений возрастного признака, представленный в виде разности между степенями ветвистости в нижней и верхней частях кроны. Частное от деления этой разности на средний возраст даст среднее изменение степени ветвистости в год, то есть укажет скорость изменения возрастного признака (скорость старения).

Средние показатели возрастного признака  
и характеристика пробных площадей по трем типам саксаульника

Показатели	Типы леса		
	тамариковый саксаульник	саксаульник по такыровидным суглинкам	саксаульник по барханам
Средние степени ветвистости внизу кроны . . .	0,850	1,113	0,920
Ошибка среднего . . . . .	±0,036	±0,059	±0,071
Критерий надежности . . . . .	23,6	18,8	12,9
Кoeffициент вариации % . . . . .	34,5	54,1	50,1
Показатель точности % . . . . .	4,23	5,30	7,71
Средние разности между нижней и верхней степенями ветвистости . . . . .	0,460	0,852	0,695
Ошибка среднего . . . . .	±0,035	±0,052	±0,068
Критерий надежности . . . . .	13,1	16,3	10,3
Кoeffициент вариации % . . . . .	60,6	61,2	61,7
Показатель точности % . . . . .	7,60	6,10	9,85
Средний возраст в годах . . . . .	20,10	22,26	19,20
Ошибка среднего . . . . .	±1,00	±1,51	±0,77
Скорость изменения возрастного признака в год (средняя разность / средний возраст) . . . . .	0,0229	0,0383	0,0362
То же в % . . . . .	59,7	100	94,8
Средняя высота в м . . . . .	1,69	2,03	1,17
Ошибка среднего . . . . .	±0,10	±0,14	±0,06
Средний диаметр в см . . . . .	9,00	10,56	6,92
Ошибка среднего . . . . .	±0,70	±0,85	±0,40

Как и следовало ожидать [24], [6], в мезофильных условиях (тип тамариковый саксаульник) старение в морфологическом смысле идет более медленно, возрастной признак изменяется в год на 0,0229. В более ксерофильных условиях (тип черносаксаульник по такыровидным суглинкам) старение происходит с большей интенсивностью — по 0,0383 в год. Казалось бы, что на песчаных буграх старение должно протекать еще более ускоренно, но этого не происходит. Возрастной признак изменяется в год на 0,0362, то есть даже меньше, чем во втором типе. Что же замедляет старение саксаула на песчаных буграх?

Для выяснения этого вопроса необходимо сделать анализ некоторых работ. Прежде всего, многочисленными работами физиологов (Железнов, Сабинин, Цельникер и др.) доказывается, что покой вовсе не является покоем в смысле физиологической и даже морфологической пассивности. По Цельникеру [23] период покоя правильнее называть периодом эмбрионального роста. Поэтому вряд ли имеет смысл искать какую-либо принципиальную разницу между периодом покоя и замедлением роста. Известно, что покоящиеся ткани не старятся, побеги, развившиеся из меристем, покоящихся долгое время, морфологически тождественны семенным побегам [12], [20], [14], [11], [10], [1]. Работами Дейбера [15] установлено, что боковые ветви веймутовой сосны, заторможенные влиянием центральной оси, черенкуются лучше, чем более быстро растущая центральная ось. Кроме того, черенки с сосен, выросших в плохих условиях, приживаются лучше черенков, взятых из хороших условий. М. Е. Ткаченко [21] отмечает, что в сухих неблагоприятных условиях дубовые пни дольше сохраняют порослевую способность. По Н. А. Любинскому [15] лучше всего способны регенерировать молодые ткани и органы. Зная способность к регенерации, можно судить о некоторой степени молодости тканей черенка. С этой точки зрения работы Дейбера дают достаточно убедительные доказательства того, что замедление роста прямо связано со способностью к регенерации, а следовательно несколько

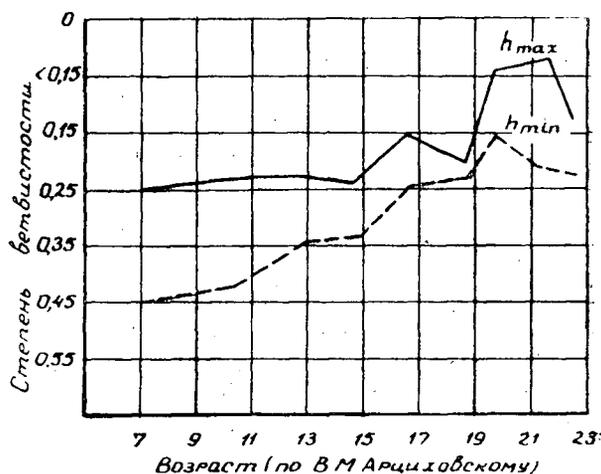


Рис. 3.

ко задерживает старение (дифференциацию) меристем. Поэтому весьма важно установить непосредственно, как влияет замедление роста на состояние возрастного признака.

Ганс Молиш [17] рекомендовал для продления сроков жизни растений лишать их некоторых необходимых для жизненных процессов условий, снижая тем самым жизненный уровень до минимума. Подобные высказывания встречаются у П. А. Генкеля [7], Н. П. Кренке [14], Л. И. Сергеева [19], А. В. Благовещенского [4], Л. Г. Добрунова [9], А. В. Гурского [8] и др.

Исходя из этих положений, мы предположили, что вынужденное замедление роста, точно так же, как и период покоя, задерживает старение меристем. Этим объясняется факт некоторого замедления старения саксаульников в крайних условиях сухости. Для доказательства мы поступили следующим образом: из всей массы обследованных деревьев отбирали деревья одного возраста (например 12 лет), но различной высоты, разбивали на две группы (с наименьшими и с наибольшими высотами); в каждой группе определяли и наносили на график среднюю степень ветвистости. Динамика возрастного признака в зависимости от быстроты роста саксаула показана на рис. 3.

Как видно из графика, кусты с минимальными высотами имеют более сильную степень ветвистости почти на всем протяжении кривой по сравнению с кустами максимальной высоты, то есть первые более молоды морфологически. Этим подтверждается положение о том, что не только покой, но и вынужденное замедление роста способно замедлять старение гистологических элементов саксаула.

Как видно из таблицы, при сравнительно близких средних высотах и средних диаметрах в типах тамариковый саксаульник и черно-саксаульник по такыровидным суглинкам скорости старения отличаются почти в два раза (соответственно 59,7 и 100%). Этот факт очень важен, так как становится очевидной необходимость учитывать быстроту старения деревьев при помощи возрастных признаков. Подобный учет совершенно необходим в лесокультурном деле. Зная скорость старения культур, взятую по нескольким возрастным признакам, можно будет предсказывать их долговечность.

На разработку метода морфологического анализа для применения его в лесоводстве необходимо обратить самое серьезное внимание.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Авакян. Об индивидуальном развитии растений. «Агробиология» № 2, 1948. [2]. В. Г. Александров. Анатомия растений. Советская наука, М., 1954. [3]. В. М. Арциховский. Физиология репетекских псаммофитов. «Труды по прикладной ботанике, генетике, селекции», серия 1, № 1, 1933. [4]. А. В. Благовещенский. Биохимические основы эволюционного процесса у растений. Изд. АН СССР, М., 1950. [5]. В. Ю. Бранке. Отчет по командировке в Туркестанский край для исследования саксауловых зарослей. Петербург, Лесной департамент, 1912. [6]. В. К. Василевская. Формирование листа засухоустойчивых растений. Ашхабад, изд. АН Туркменской ССР, 1954. [7]. П. А. Генкель. Состояние покоя у растений как процесс обособления протоплазмы. Вестник АН СССР, 8, 1948. [8]. А. В. Гурский. Основные итоги интродукции древесных растений в СССР. АН СССР, М., 1957. [9]. Л. Г. Добрунов. Физиологические изменения в онтогенезе растений. Изд. АН Казахской ССР, Алма-Ата, 1956. [10]. А. К. Ефейкин. О роли меристемы в онтогенезе семенных растений. «Ботанический журнал» № 3, 1957. [11]. К. М. Завадский. О внутриклеточном возникновении меристемных клеток и путях формирования побегов — новообразований у бегоний. «Доклады Академии Наук СССР», т. 79, № 1, 1951. [12]. Г. Зединг. Ростовые вещества растений. Изд. иностранной литературы, 1955. [13]. М. М. Ильин. Поликамбиальность и эволюция. «Проблемы ботаники», т. 1, М., 1950. [14]. Н. П. Кренке. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое ее применение. Сельхозгиз, М., 1940. [15]. Н. А. Любинский. Физиологические основы вегетативного размножения растений. Изд. АН Украинской ССР, Киев, 1957. [16]. В. Л. Леонтьев. Леса пустыни Кара-Кум. «Труды 2-го Всесоюзного географического съезда», т. 2, 1948. [17]. Г. Молиш. Физиология растений как теория садоводства. Государственное издательство колхозной и совхозной литературы, М.—Л., 1933. [18]. К. А. Пашковский. Саксаульник Кос-Кудукского лесного массива. Сельхозгиз, Алма-Ата, 1952. [19]. Л. И. Сергеев. Выносливость растений. «Советская Наука», М., 1953. [20]. И. Г. Серебряков. О морфогенезе жизненной формы дерева у лесных пород средней полосы Европейской части СССР. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический, т. 65, № 1, 1954. [21]. М. Е. Ткаченко. Общее лесоводство. Гослесбумиздат, М.—Л., 1955. [22]. А. И. Федоров. Типы насаждений и возобновление черного саксаула левобережного района р. Сыр-Дарья, примыкающего к северной части Кызыл-Кумов. «Труды Средне-Азиатского Государственного Университета», серия 8-в, вып. 89, 1929. [23]. Ю. Л. Цельникер. К вопросу о физиологических причинах ритмичности роста у деревьев. «Ботанический журнал» № 5, 1950. [24]. Ю. Л. Цельникер, О. А. Семихатова. О соотношении вегетативного и генеративного этапов развития у побегов некоторых древесных пород. «Ботанический журнал» № 7, 1957. [25]. П. Г. Шитт. Биологические основы агротехники плодоводства. Сельхозгиз, М., 1952. [26]. А. А. Шахов. Солеустойчивость растений. Изд. АН СССР, М., 1956.

Поступила в редакцию  
16 февраля 1959 г.

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА В ДУБРАВАХ ЛЕСОСТЕПИ

**В. Н. РЫЖКОВА**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Воронежский лесотехнический институт).

Для сохранения и восстановления ценных лесных массивов необходимо знать, как происходит процесс естественного возобновления в различных естественно-исторических районах.

С целью изучения процесса возобновления дуба и его спутников под пологом леса в дубравах лесостепи, были проведены исследования в насаждениях Шипова леса, Усманского бора, Алексеевского лесхоза и Тульских засек.

Климатические условия в этих дубравах сравнительно благоприятны для произрастания древесной растительности, отрицательно влияют лишь поздние весенние и ранние осенние заморозки, недостаточное количество осадков у южной границы лесостепи, юго-восточные и восточные ветры весной и в первую половину лета (кроме Тульских засек).

В литературе [1], [2], [3], [4], [5], [6], [10], [11], [12], отмечается наличие подрост дуба и его спутников под пологом леса; но естественное семенное возобновление лесосек главными породами не всегда дает положительные результаты.

Успех естественного семенного возобновления в значительной степени определяется повторяемостью обильного плодоношения.

Однако при ведении хозяйства в дубравах рассчитывать только на обильные урожайные годы не следует, так как часто желуди повреждаются долгоносиком и плодояркой; имеются факты массового уничтожения желудей мышами; большой ущерб наносит непарный шелкопряд; в суровые зимы у дуба часто обмерзают побеги; и он усыхает. Поэтому следует научиться сохранять появившийся под пологом подрост, а также использовать частичные урожаи желудей.

Задачей наших исследований являлось определение влияния района расположения дубрав лесостепи и типов леса на состав, количество и качество подрост, возникающего под пологом леса.

Для этого в различных типах леса при полноте 0,6—0,9, в спелых насаждениях с преобладанием дуба, где запрещена пастьба скота, закладывались пробные площади размером в 0,25 га; давалась таксационная характеристика насаждений\*. Изучение подрост производилось на всей пробе на учетных площадках размером 2 × 2 м.

\* Работа проводилась на кафедре лесоводства ВЛТИ при участии дипломников: Н. Ф. Вороновой, И. А. Проскурякова, В. Т. Чистякова, Б. И. Собина, В. Т. Салтыкова.

Возраст подроста устанавливался по междуузлиям с учетом усохших побегов, а также подсчетом годичных колец на поперечных срезах.

Подрост обнаружен под пологом всех исследуемых насаждений. Общее количество подроста в дубравах колеблется в пределах 10—53 шт. на 1 га. Распределение его по породам показано в табл. 1.

Как видно из приведенных данных, на южной и северной границах лесостепи естественное семенное возобновление дуба проходит хуже, чем в средней ее части, что зависит, по-видимому, от климатических условий; играет роль также влажность почвы и ее богатство, с увеличением которых количество подроста дуба под пологом насаждения увеличивается.

Присутствие под пологом насаждений подроста спутников дуба зависит в большей степени от наличия в составе материнского полога семенных деревьев ясеня, клена остролистного, липы, ильма; 10—20% ясеня и клена остролистного в виде единичных деревьев обеспечивают возобновление этих пород.

В табл. 2 приводится характеристика подроста по возрасту и состоянию, из которой видно, что под пологом насаждений в основном преобладает подрост дуба и его спутников в 2—3-летнем возрасте, подрост семилетнего возраста остается главным образом в световых «окнах». Лучше выживает подрост под пологом насаждений простой формы с полнотой 0,6—0,8 при наличии подлеска средней густоты (пробные площади № 5, 8, 9). В насаждениях с большей полнотой (0,9) с хорошо развитым подлеском во влажных условиях (пробная площадь № 4) подрост всех пород к семилетнему возрасту полностью погибает. Под пологом насаждений более сложной структуры (пробная площадь № 6) преобладает однолетний подрост дуба, ясеня, клена остролистного, ильма. Следует отметить также лучшую выживаемость подроста ясеня на почвах с присутствием карбонатов (пробные площади № 1, 2, 3).

Возобновление липы имеет свои особенности.

Под пологом насаждений преобладают всходы высотой 4—5 см, которые после перезимовки погибают; «задыхаются» под подстилкой, уплотнившейся от осенних дождей и при таянии снега весной; вследствие этого на второй год происходит резкое сокращение подроста (пробные площади № 8, 9).

Итак, под пологом насаждений жизнь подроста дуба, ясеня, клена остролистного, ильма, липы ограничена. И если обнаруживается большое количество подроста спутников дуба, то это является следствием частого и обильного плодоношения последних и легкости расселения семян.

Проанализируем состояние подроста (табл. 2).

Как видно из приведенных данных, под пологом леса подрост всех пород уже с двухлетнего возраста начинает испытывать недостаток в свете и переходит в торчки — состояние постепенного отмирания наземной части.

Значительно быстрее этот процесс проходит в Шиповом лесу при сложной структуре насаждений, где подрост уже к 2—3-летнему возрасту на 70—90% переходит в торчки.

Под пологом насаждений более простой структуры этот процесс проходит несколько медленнее. В Тульских засеках (в более влажных условиях климата) подрост дуба выживает лучше и в торчковое состояние переходит в небольшом количестве: 10—25%.

Анализируя состояние подроста спутников дуба, приходим к убеждению, что он несколько лучше переносит затенение, особенно в условиях Тульских засек.

Переход в торчки подроста липы почти не обнаружен. Из сказанного видно, что несмотря на разные районы расположения дубрав лесостепи

Таблица 2

№ пробной площади*	Порода	Количество подроста на 1 га в возрасте (лет)						Всего	
		1	2-3		4-6		7 и выше		
			здоровых	торчков	здоровых	торчков	здоровых		торчков
1	Дуб . . . . .	36	56	1080	—	496	—	124	1792
	Ясень . . . . .	492	1188	2724	104	2488	—	1964	8960
	Клен остролистный . . . . .	1012	1956	4572	312	4788	48	4852	17540
	Липа . . . . .	—	48	168	—	32	—	—	248
2	Дуб . . . . .	20	228	372	32	224	—	—	876
	Ясень . . . . .	1232	8492	460	1764	1480	220	2496	16144
	Клен остролистный . . . . .	2460	6528	820	1824	3024	48	912	15616
	Липа . . . . .	—	112	48	44	88	—	—	292
	Ильм . . . . .	112	1384	204	324	160	—	—	2184
3	Дуб . . . . .	—	140	252	12	168	—	20	592
	Ясень . . . . .	496	4556	224	952	664	124	1184	8200
	Клен остролистный . . . . .	348	3140	232	540	1172	20	392	5844
	Липа . . . . .	—	56	44	52	16	—	—	168
	Ильм . . . . .	8	244	36	36	8	—	—	332
4	Дуб . . . . .	380	6368	4732	1772	2884	8	88	16232
	Ильм . . . . .	4812	652	16	696	44	12	80	6312
	Клен остролистный . . . . .	—	2444	140	424	164	—	52	3224
	Липа . . . . .	492	264	—	84	—	—	8	848
5	Дуб . . . . .	—	—	2740	—	2556	588	—	5884
	Ясень . . . . .	—	—	1080	—	684	316	—	2080
	Клен остролистный . . . . .	12	—	492	—	276	162	—	942
	Ильм . . . . .	—	—	384	—	600	500	—	1484
6	Дуб . . . . .	4936	240	716	—	92	—	12	5996
	Ясень . . . . .	35052	2772	2528	80	252	—	32	40716
	Клен остролистный . . . . .	5536	100	164	8	40	—	—	5848
	Ильм . . . . .	92	—	—	—	—	—	—	92
7	Дуб . . . . .	1280	120	1320	16	—	—	—	2736
	Ясень . . . . .	9752	936	12760	—	200	—	—	23648
	Клен остролистный . . . . .	4248	176	2984	—	168	—	—	7576
	Ильм . . . . .	776	24	696	—	8	—	—	1504
8	Дуб . . . . .	1400	676	76	480	128	332	120	3212
	Клен остролистный . . . . .	260	2708	332	3872	48	680	20	7920
	Липа . . . . .	7672	1712	16	1548	4	176	16	11144
	Ильм . . . . .	16	196	28	504	36	244	12	1036
9	Дуб . . . . .	44	520	204	156	48	40	12	1024
	Ясень . . . . .	—	512	16	296	28	—	—	852
	Клен остролистный . . . . .	48	4240	24	4608	8	460	24	9412
	Липа . . . . .	1744	168	12	80	—	32	—	2036

\* На пробной площади № 5 подрост не подразделялся на «здоровый» и «торчки». На пробных площадях № 1, 2, 3, 6 и 7 исследования были проведены в 1957 г., на пробных площадях № 4 — в 1958 г., на № 8 и 9 — в 1956 г.

степи, на разные типы леса, условия мест произрастания, под пологом насаждений подрост дуба и его спутников живет, как правило, до трех лет, после чего начинает погибать: наземная часть его из-за недостатка света ежегодно отмирает и восстанавливается за счет развития спящих почек. Иногда 15 лет и более продолжается такое балансирование между жизнью и смертью, особенная живучесть при этом проявляется у дуба, однако ничто не может компенсировать возрастающую потребность подроста в свете; к семилетнему возрасту его сохраняется так мало, что это не имеет уже практического значения.

Анализ естественного семенного возобновления под пологом насаждений в дубравах лесостепи дает возможность предложить следующее. В средней части лесостепи, на влажных и свежих темно-серых и серых лесных почвах естественное семенное возобновление дуба вполне возможно при правильном ведении хозяйства (сохранении подроста при лесозаготовительном процессе, своевременном и тщательном уходе за подростом на лесосеках). В более южных районах лесостепи, в свежих условиях целесообразно проводить дополнение к естественному семенному возобновлению в количестве 3000 мест на гектар. В сухих и очень сухих условиях — прибегать к лесокультурам. В северных районах лесостепи, ввиду редких семенных лет, целесообразно после лесовосстановительных рубок на лесосеке проводить дополнение к естественному семенному возобновлению в количестве 2500—3000 мест на гектаре.

Следует максимально использовать семенные годы дуба, связывая лесовосстановительные рубки со сроками обильного плодоношения (проводить рубки в зимний период на второй год после опада желудей).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. А. Аникин. Рост дубового подроста в различных условиях среды. «Труды Казанского СХИ», вып. 35, 1956. [2]. А. Б. Жуков. Дубравы УССР и способы их восстановления. Дубравы СССР, т. I, ВНИИЛХ, 1949. [3]. Г. Ф. Железнов. Естественное возобновление дуба и система рубок в дубово-вязовых пойменных лесах, в зависимости от экологических отношений. «Растение и среда», т. I, 1940. [4]. В. И. Иванов. Условия появления подрост дуба в дубравах южных районов СССР по исследованиям в Шиповском опытном лесничестве. Записки Воронежского сельскохозяйственного института, т. VI, 1926. [5]. Н. С. Иванов. Естественное возобновление ясеня и дуба в опытном Теллермановском лесу. «Труды института леса», т. III, 1950. [6]. С. Н. Краснопольский. Золотой куст (о дубняках Шипова леса). «Лесоведение и лесоводство», вып. 3, 1926. (Сборник лесного общества в Ленинграде), вып. 3, приложения № 2/3 журн. «Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо», 1926. [7]. И. И. Кожевников, М. А. Елфимова. Лесорастительные районы водохранной зоны. ВНИИЛХ, вып. 6, 1939. [8]. М. В. Колесниченко. Плодоношение дуба. «Лесное хозяйство» № 7, 1949. [9]. И. М. Науменко. Дубравы центральной лесостепи, их состояние и пути восстановления. Научные записки Воронежского ЛХИ, т. IX, 1946. [10]. С. С. Пятницкий. Естественное семенное возобновление в Чугуево-Бабчанской дубраве. «Труды Чугуево-Бабчанской ЛОС», вып. I, 1933. [11]. А. А. Хитров. Естественное возобновление Казанских нагорных дубрав. Доклад XI съезду лесовладельцев и лесохозяйственников в г. Туле, 1909. [12]. Г. Г. Юнаш. Возобновление дуба в Шиповом лесу. «Лесное хозяйство» № 10, 1940.

Поступила в редакцию  
15 января 1959 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ТРЕЛЕВОЧНЫХ  
МАЧТ

С. И. РАХМАНОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Уральский лесотехнический институт)

Одним из факторов, обеспечивающих безопасность работы при полуподвесной трелевке леса, является правильный выбор мачт и оттяжек, основанный на расчете сил, действующих в них.

Относительно метода расчета этих сил нет единого мнения. В частности вызывает возражение метод расчета трелевочных мачт, предложенный Б. Г. Залегаллером\*.

В связи с этим необходимо рассмотреть факторы, влияющие на усилие в мачтах и оттяжках.

Основная трудность расчета заключается в том, что положение оттяжек, прикрепляемых к пням, не является вполне определенным, а направление движения пачек по отношению к мачте и лебедке изменяется в процессе работы, при переходе от одного сектора к другому.

В связи с этим необходимо установить: в каких случаях в зависимости от направления движения пачки создаются наибольшие натяжения в оттяжке и возникает максимальное усилие в мачте.

С этой целью рассмотрим схему, представленную на рис. 1. Мачта  $AO$  удерживается тремя оттяжками  $AB'$ ,  $AB''$  и  $AB'''$ , расположенными по отношению к мачте так, что углы, составленные их горизонтальными проекциями, равны между собой, то есть  $\gamma_0 = 120^\circ$ . Ось  $x$ — $x$  параллельна транспортному усю  $s$ — $s$ . Отрезки  $BA$  и  $AM$  представляют собой ветви грузового трелевочного троса, причем в точке  $B$  помещается трелевочная лебедка, а точкой  $M$  схематически обозначена перемещаемая пачка.

Положение пачки определяется углами  $\omega_1$  и  $\varphi$ , а лебедки — углами  $\omega_2$  и  $\gamma$ , а также высотой мачты  $OA$ . Положим, что тяговые усилия в обеих ветвях трелевочного троса одинаковы и равны  $T$ . Равнодействующая этих усилий  $R$  направлена по прямой  $AK$ .

В результате действия силы  $R$  к оттяжкам мачт  $AB'$  и  $AB''$  приложены добавочные усилия натяжения  $z'$  и  $z''$ . Это натяжение зависит как от величины силы  $R$ , так и от значения угла  $\omega_0$ , составленного двумя плоскостями:  $KB_\phi A$  и  $OB'A$ . В первой действует равнодействующая  $R$ , во второй лежит оттяжка  $AB'$ . Заменяем оттяжки  $AB'$  и  $AB''$  одной фиктивной оттяжкой  $AB_\phi$ , лежащей в плоскости действия равнодействующей  $R$ .

\* К. М. Ашкенази, Б. Г. Залегаллер. Машины и оборудование лесоразработок. Гослесбумиздат, М.-Л., 1956.

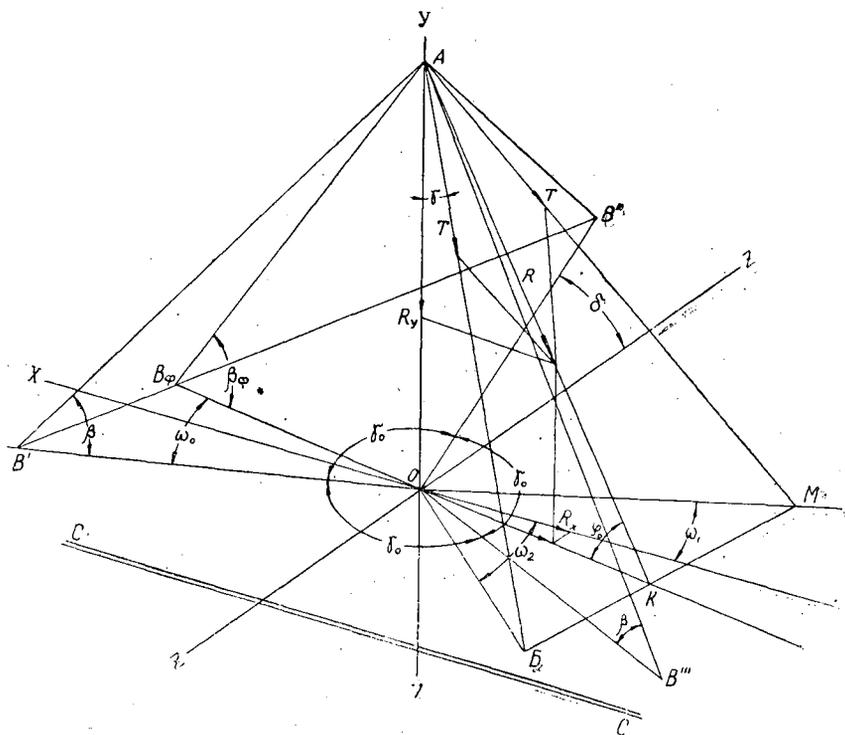


Рис. 1.

Положим, что наибольшее значение  $R_{гор}$  горизонтальной проекции равнодействующей  $R$  не зависит от угла  $\omega_0$ . Соотношение между натяжением в фиктивной оттяжке  $z_\phi$  и натяжением  $z'$  в оттяжке  $AB'$  определяется из уравнения равновесия сил:

$$z_\phi \cos \beta_\phi = z' \cos \beta \cdot \frac{\sin \gamma_0}{\sin (\gamma_0 - \omega_0)}. \quad (1)$$

Так как  $R_{гор} = z_\phi \cos \beta_\phi$ , то

$$z' = R_{гор} \frac{\sin (\gamma_0 - \omega_0)}{\cos \beta \cdot \sin \gamma_0}. \quad (2)$$

Переменной величиной в формуле (2) является угол  $\omega_0$ . Дифференцируя  $z'$  по  $\omega_0$ , можем определить, что  $z'$  максимально при  $\omega_0 = \gamma_0 - 90^\circ$ . Если применяются три оттяжки, то  $\gamma = 120^\circ$ , при этом  $\omega_0 = 30^\circ$ , а  $z'_{max} = 1,15 \frac{R_{гор}}{\cos \beta}$ . При четырех оттяжках  $\gamma_0 = 90^\circ$ .

В этом случае

$$z'_{max} = \frac{R_{гор}}{\cos \beta}.$$

В табл. 1 приводится значение коэффициента  $k = \frac{z'}{R_{гор}}$  при разных  $\omega_0$ .

При переходе от одного сектора к другому угол  $\omega_0$  изменяется и при одном из положений трелевочного троса можно ожидать, что оно будет соответствовать такому значению  $\omega_0$ , при котором возникает наибольшее.

Т а б л и ц а 1

$\omega_0$	Значение коэффициента $k$	
	при трех оттяжках ( $\gamma_0=120^\circ$ )	при четырех оттяжках ( $\gamma_0=90^\circ$ )
$0^\circ$	1,00	1,00
$15^\circ$	1,11	0,97
$30^\circ$	1,15	0,87
$45^\circ$	1,11	0,70
$60^\circ$	1,00	—

усилие в оттяжках, характеризуемое максимальным значением коэффициента  $k$ . Поэтому примем, что в выражении

$$z' = kz_\phi \quad (3)$$

коэффициент  $k$  имеет наибольшее значение для принятого количества оттяжек.

При четырех оттяжках  $k=1$ , при трех  $k=1,15$ . Это дает нам возможность производить расчет, не принимая во внимание действительного положения оттяжек.

Усилия в мачте и оттяжках зависят от величины равнодействующей  $R$ , составляющими которой являются натяжения в ветвях трелевочного троса  $BA$  и  $AM$  (рис. 1).

Если натяжения в обеих ветвях будут одинаковыми и равными  $T$ , угол наклона грузовой ветви  $AM$  равен  $\varphi$ , а угол между ветвью  $BA$  и мачтой составляет  $\gamma$ , то

$$R = \sqrt{R_y^2 + R_x^2 + R_z^2}, \quad (4)$$

где  $R_y, R_x, R_z$  — проекции  $R$  на оси  $y-y; x-x; z-z$ . Если расписать формулу (4) более подробно, то будем иметь:

$$R = T \sqrt{(\sin \varphi + \cos \gamma)^2 + (\cos \varphi \cos \omega_1 + \sin \gamma \cos \omega_2)^2 + (\cos \varphi \sin \omega_1 - \sin \gamma \sin \omega_2)^2} \quad (5)$$

Углы  $\omega_1$  и  $\omega_2$  характеризуют положение груза и лебедки по отношению к оси  $x-x$  и к мачте. Когда трелевка производится из сектора, прилегающего к оси пути, то значение равнодействующей увеличивается с уменьшением угла  $\omega_1$ . В дальнейшем примем  $\omega_1 = 0$ .

В зависимости от положения лебедки угол  $\omega_2$  может изменяться в пределах от  $0$  до  $90^\circ$ . Наибольшего значения  $R$  достигает при  $\omega_2 = 0$  и  $\omega_1 = 0$ .

$$R = T \sqrt{2[1 - \sin(\varphi + \gamma)]}. \quad (6)$$

Равнодействующая лежит в плоскости  $XOY$ .

При  $\omega_1 = 0$  и  $\omega_2 = 90^\circ$ , когда лебедка находится на оси  $z-z$ ,

$$R = T \sqrt{2(1 + \sin \varphi \cos \gamma)}. \quad (7)$$

В этих формулах  $\varphi$  — величина переменная, зависящая от положения груза по отношению к мачте.

Усилия в фиктивной оттяжке и в мачте определяем из условия равновесия сил, приложенных к вершине мачты в точке  $A$ .

Усилие в оттяжке в общем виде определяется формулой

$$z_{\phi} = R \frac{\cos \varphi_0}{\cos \beta_{\phi}}, \quad (8)$$

а усилие в мачте выражением

$$Y_m = R \cos \varphi_0 \operatorname{tg} \beta. \quad (9)$$

Наибольших значений  $z_{\phi}$  и  $Y_m$  достигают при  $\omega_1 = 0$  и  $\omega_2 = 0$ ; то есть можно предположить, что ветви трелевочного троса  $BA$  и  $MA$  лежат в одной плоскости. В этом случае  $Y_m$  и  $z_{\phi}$  будут иметь следующие значения:

$$Y_m = T \frac{\sin(\varphi + \beta) + \cos(\beta - \gamma)}{\cos \beta}. \quad (10)$$

При постоянстве  $T$  наибольшего значения  $Y_m$  достигает при  $\varphi + \beta = 90^\circ$ .

$$Y_{m \max} = T \frac{1 + \cos(\beta - \gamma)}{\cos \beta}. \quad (10')$$

Усилие в оттяжке

$$z_{\phi} = T \frac{\cos \varphi + \sin \gamma}{\cos \beta}. \quad (11)$$

При постоянстве  $T$  наибольшее значение  $z_{\phi}$  будет при  $\varphi = 0$ :

$$z_{\phi \max} = T \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \beta}. \quad (11')$$

Натяжение действительной оттяжки при этом равно

$$z = kz_{\phi \max} = kT \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \beta}, \quad (11'')$$

где  $k$  — максимальное значение коэффициента, взятое из табл. 1. Следует обратить внимание, что формулы (10) и (11) соответствуют формулам (34) и (35), приведенным в книге автора настоящей статьи\*, с той лишь разницей, что в формулах (10) и (11) угол  $\varphi$  принят отрицательным.

При положении лебедки на оси  $z - z$ , когда  $\omega_2 = 90^\circ$ , а  $\omega_1 = 0$ ,

$$Y_m = T(\sin \varphi + \cos \gamma + \operatorname{tg} \beta \sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \gamma}). \quad (12)$$

$$z_{\phi} = T \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \gamma}}{\cos \beta}. \quad (13)$$

$$z = kT \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \gamma}}{\cos \beta}. \quad (13')$$

Наибольшие значения этих величин определяются формулами:

$$Y_{m \max} = T(1 + \cos \gamma + \operatorname{tg} \beta \sin \gamma). \quad (12')$$

$$z_{\phi \max} = T \frac{\sqrt{1 + \sin^2 \gamma}}{\cos \beta}. \quad (13'')$$

\* С. И. Рахманов. Машины и оборудование для лесоразработок. Гослесбумиздат, М., 1955.

$$z_{max} = kT \frac{\sqrt{1 + \sin^2 \gamma}}{\cos \beta} \quad (13''')$$

В практических расчетах по приведенным формулам следует принимать конкретные значения для углов  $\gamma$  и  $\beta$ . Расстояние между местом установки лебедки (точкой  $B$ ) и основанием мачты принимают не меньше высоты мачты. На таком же расстоянии выбирают и место прикрепления оттяжек к пням. Поэтому в расчетных формулах можно принять  $\gamma = \beta = 45^\circ$ . При этом условия по формулам (10), (11), (12) и (13), усилия  $z_{max}$  и  $Y_{max}$  будут иметь значения, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

$\omega_0$	При трех оттяжках		При четырех оттяжках	
	$Y_{max}/T$	$z_{max}/T$	$Y_{max}/T$	$z_{max}/T$
$0^\circ$	2,86	2,80	2,86	2,43
$90^\circ$	2,40	1,85	2,40	1,75

Приведенный нами метод расчета отличается от способа определения усилия в прелевочной мачте и оттяжках, приведенного К. М. Ашкенази и Б. Г. Залегаллером в их книге «Машины и оборудование для лесоразработок», поэтому необходимо выяснить причину расхождения в расчетах, а вместе с тем остановиться на том, как производит такой расчет один из авторов этой книги — Б. Г. Залегаллер.

Применительно к нашей схеме (рис. 1), расчет производится при условии, что лебедка находится на оси  $z-z$ ; то есть  $\omega_0 = 90^\circ$ . Для определения усилия в оттяжке  $AB''$ , проекция которой  $OB''$  направлена под углом  $\delta$  к оси  $z-z$ , автор расчета составляет одно уравнение равновесия. Но такое решение было бы верным, если бы  $R$  находилась в одной плоскости с оттяжкой, что возможно только при определенном значении угла  $\delta$ . Так как угол  $\delta$  может иметь различные значения, то автору расчета следовало составить второе уравнение равновесия. Не сделав этого, автор допустил ошибку, которая привела его к неправильным выводам.

В частности, нельзя согласиться с предложенной им формулой (125), которая в нашем обозначении имеет следующий вид:

$$z_{max} = T \frac{\sin \gamma}{0,7 \cos \beta}.$$

Эта формула явно отличается от предложенной нами (13'''). Прежде всего бросается в глаза, что в формуле Залегаллера наибольшее усилие в оттяжке  $z_{max}$  не зависит от числа оттяжек, что совершенно неверно.

Неудивительно, что результаты вычисления по этим формулам различны. Если принять, как это сделано нами ранее,  $\gamma = 45^\circ$  и  $\beta = 45^\circ$ , то по формуле Залегаллера

$$z_{max} = 1,43T,$$

тогда как по нашим формулам, как видно из табл. 2, наибольшее усилие в оттяжках будет значительно больше рекомендуемого Залегаллером. То же относится и к величине усилий в мачте, которые автор книги определяет через значения натяжений в оттяжке (формула 126) и так как величина этих натяжений определена им неправильно, то нет оснований ожидать верных результатов при вычислениях по формуле (126).

Таким образом, приведенные в учебнике Ашкенази и Залегаллера расчет усилия в оттяжках и мачте трелевочной установки неверен и пользоваться им нельзя.

В приведенных нами выше расчетах сделано предположение, что при передвижении пачки тяговое усилие  $T$  трелевочного троса остается постоянным. В действительности при постоянстве расчетного веса пачки величина тягового усилия изменяется в зависимости от расстояния между пачкой и мачтой, поэтому необходимо учесть влияние этого изменения на величину усилий, действующих в мачте и оттяжках.

Закономерность изменения тягового усилия как функции расстояния между пачкой и мачтой различна для разных расстояний и не может быть представлена одной формулой, так как условия передвижения пачки и тягового троса на лесосеке и у мачты различны: вначале пачка перемещается волоком и лежит полностью на опоре, у мачты конец ее приподнят и передвижение происходит полуволоком.

При перемещении пачки волоком тяговое усилие определяется формулой

$$T = \mu Q \frac{\sqrt{H^2 + l^2}}{\mu H + l}. \quad (14)$$

Это имеет место при

$$l \geq H\mu \left( \frac{l_x}{l_0} - 1 \right).$$

При перемещении пачки полуволоком

$$T = cQ, \quad (15)$$

где

$$c = \frac{\sqrt{\mu^2 (l_x + l - l_0)^2 + (\mu H + l_0)^2}}{l_x + l + \mu H}, \quad (16)$$

где  $l_x$  — длина хлыста;  
 $l_0$  — расстояние от комля до центра тяжести;  
 $H$  — высота мачты;  
 $l$  — расстояние от мачты до пачки;  
 $\mu$  — коэффициент сопротивления передвижению.

Значение коэффициента  $c$  при  $l_x = 3l_0$ ,  $H = 15$  м и  $l = 5$  м приводится в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Длина хлыста $l_x$ в м	Значения коэффициента $c$ при	
	$\mu=0,6$	$\mu=0,8$
15	0,57	0,65
20	0,56	0,64
25	0,55	0,63

При условии передвижения волоком угол  $\varphi$ , входящий в формулы для  $Y_m$  и  $z_m$ , определяется через  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{H}{l}$ ; для передвижения полуволоком:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\mu H + l_0}{\mu (l_x + l - l_0)}. \quad (17)$$

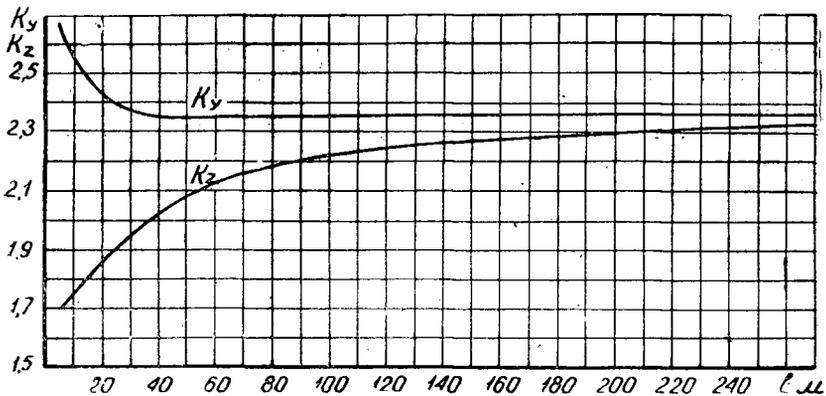


Рис. 2.

На рис. 2 представлены кривые зависимости  $k_y = \frac{Y_m}{\mu Q}$  и  $k_z = \frac{z_m}{\mu Q}$  от  $l$  при  $\omega_2 = \omega_1 = 0$ ;  $H = 15$  м;  $\mu = 0,6$ , для случая, когда мачта крепится четырьмя оттяжками. Кривые  $k_y$  и  $k_z$  характеризуют изменение усилия в мачте и оттяжках в зависимости от расстояний между пачкой и мачтой. Из этих графиков видно, что наибольшие усилия возникают в мачте тогда, когда пачка находится вблизи самой мачты, а в оттяжке — когда пачка наиболее удалена от нее. Поэтому наибольшее усилие в мачте следует находить по формуле (10), в которой  $T$  определяют по формуле (15), для движения полуволоком и при  $l \cong 5$  м, а максимальное усилие в оттяжке по формуле (11''), где  $T \cong \mu Q$ , следовательно,

$$Y_{max} = Qc \left[ \frac{1 + \cos(\beta - \gamma)}{\cos \beta} \right]. \quad (18)$$

$$z_{max} = k\mu Q \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \beta}. \quad (19)$$

Так как в трелевочных лебедках применяется многорядная навивка на барабаны, то наибольший возможный вес пачки определяют по тяговому усилию, допустимому при навивке на верхние ряды, то есть по минимальному тяговому усилию лебедки, а именно:

$$Q = \frac{T_{min}}{c},$$

где  $c$  следует определять по формуле (17). Подставляя это значение  $Q$  в формулы (18) и (19), получаем

$$Y_{max} = T_{min} \left[ \frac{1 + \cos(\beta - \gamma)}{\cos \beta} \right]. \quad (18')$$

$$z_{max} = \frac{k\mu}{c} T_{min} \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \beta}. \quad (19')$$

При  $\beta$  и  $\gamma = 45^\circ$ ,  $k = 1,0$  и  $c = 0,56$  (см. табл. 3),

$$Y_{max} = 2,8 T_{min}$$

$$z_{max} = 2,6 T_{min}$$

Для лебедок ТЛ-4  $\frac{T_{min}}{T_{max}} = \frac{1,8}{3,0} = 0,6$ .

Следовательно, для них

$$Y_{max} \cong 1,7 T_{max},$$
$$z_{max} = 1,56 T_{max}.$$

Приведенный анализ показывает, что для более точного определения усилий, действующих в мачте и оттяжках, необходимо принимать во внимание все основные факторы, влияющие как на геометрические, так и на механические параметры, и учитывать изменение тягового усилия в процессе движения пачки.

---

Поступила в редакцию  
31 марта 1959 г.

## О ПРИНЦИПАХ РАСЧЕТА УДЕРЖИВАЮЩЕЙ СИЛЫ ПРОТИВОУГОНОВ

*С. И. МОРОЗОВ*

Старший научный сотрудник

(Северный научно-исследовательский институт промышленности)

Борьба с угоном пути на железных дорогах имеет очень большое значение, ибо ликвидация его устраняет одну из основных причин расстройств верхнего строения пути в процессе эксплуатации, что существенно сокращает затраты на содержание путей и уменьшает эксплуатационные расходы.

Для стабилизации пути от угона применяют клиновые и пружинные противоугоны. Кроме того, за последнее время наметилась тенденция к созданию специальных конструкций промежуточных скреплений, которые будучи предназначены для соединения рельсов со шпалами, одновременно выполняют и функции противоугонов (всевозможные клеммовые, пружинные скрепления и т. п.).

Ниже излагается ряд принципов расчета удерживающей силы противоугонов.

При закреплении пути силы, препятствующие продольному перемещению пути, увеличиваются за счет суммарного сопротивления перемещению определенного количества шпал, включенных в противоугонную систему. Последнее возможно только в том случае, когда в результате установки противоугонов во всех случаях будет предотвращена возможность проскальзывания рельсов по шпалам.

Следовательно, удерживающая сила противоугона, то есть та сила, с которой противоугон должен быть зажат на подошве рельса, во всех случаях должна быть не меньше величины наибольшей силы сопротивления перемещению шпал, создаваемой реактивным отпором грунта основания. Таково основное положение, на котором базируется излагаемая ниже методика расчета удерживающей силы.

Сопротивление сдвигу одиночной шпалы вдоль пути является величиной переменной, и зависит, в основном, от трех факторов: физико-механических свойств грунта основания, величины вертикальной нагрузки на шпалу и расстояния между шпалами. Вместе с этим следует учесть, что существуют различные схемы постановки противоугонов. Одни противоугоны (пружинные, специальные промежуточные противоугонные скрепления) передают угоняющее усилие только на одну шпалу. Другие (клиновые) передают угоняющее усилие на несколько шпал, соединенных распорками и образующих секцию. Удерживающая сила противоугона должна определяться на основании величины наибольшего сопротивления сдвигу одиночной шпалы и количества их в секции.

Как показывают данные опытов, при одном и том же расстоянии между шпалами зависимость сопротивления сдвигу одиночной шпалы  $P_m$  от вертикальной нагрузки, приходящейся на эту шпалу,  $q$  в первом приближении можно принять линейной и выразить общим уравнением:

$$P_m = P_{m_0} + aq, \quad (1)$$

где  $P_{m_0}$  — наибольшее сопротивление сдвигу одиночной ненагруженной шпалы;

$a$  — угловой коэффициент.

Значение величины  $P_{m_0}$  зависит от размеров шпалы (толщины, длины) и типа балласта. Для шпал узкой колеи (длина 150 см, толщина 13—14 см) нашими опытами определено\*, что при песчаном нормально слежавшемся среднезернистом балласте величина  $P_{m_0}$  колеблется в пределах от 200 до 300 кг при среднеарифметическом ее значении  $237 \pm 36$  кг.

Коэффициент  $a$  уравнения зависит только от типа балласта. В тех же опытах среднее значение величины  $a$  получено равным  $0,4 \pm 0,02$ .

Для того, чтобы яснее представить физическую сущность коэффициентов  $P_{m_0}$  и  $a$ , входящих в уравнение (1), обратимся к общей схеме равновесия сил в момент начала скольжения шпалы по основанию. Это позволит установить ряд общих аналогий и позволит получить ориентировочные данные о степени влияния физико-механических свойств балласта и размеров шпалы на величину  $P_{m_0}$  и  $a$ .

При сдвиге одиночной шпалы ее перемещению противодействуют следующие силы:

1. Сопротивление деформации грунта в засыпке. Если рассматривать в первом приближении шпалу как подпорную стенку, то величина максимального сопротивления сдвигу ненагруженной шпалы, собственным весом которой пренебрегаем, в этом случае должна быть равна величине пассивного давления грунта, то есть при указанной параллели  $P_{m_0} = E_{\text{пасс}}$ ;

2. Сила трения между подошвой шпалы и основанием как результат их взаимного скольжения, откуда произведение  $aq$  должно быть равно произведению  $f_{\text{тр}}q$ , то есть  $a = f_{\text{тр}}$ , где  $f_{\text{тр}}$  — коэффициент трения между подошвой шпалы и основанием. Используя эти две аналогии, можно написать такое выражение для  $P_m$ :

$$P_m = E_{\text{пасс}} + f_{\text{тр}}q. \quad (2)$$

Величина пассивного давления на вертикальную подпорную стенку в самом общем виде (при горизонтальной поверхности засыпки) определяется выражением

$$E = \frac{\gamma h^2 l}{2} f(\varphi_1, \varphi_0), \quad (3)$$

где  $\gamma$  — объемный вес грунта, кг/см<sup>3</sup>;

$h$  — высота подпорной стенки (в нашем случае толщина шпалы), см;

$l$  — длина шпалы, см;

$f(\varphi_1, \varphi_0)$  — функция, зависящая от рода грунта и степени шероховатости боковой поверхности подпорной стенки, но не зависящая от ее размеров.

\* Методика опытов описана в статье автора «Продольная упругость пути узкоколейных железных дорог шириной 750 мм», «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 2, 1958.

Таким образом, для двух разных по размерам подпорных стенок, работающих в одних и тех же грунтовых условиях, можно написать:

$$E_{1\text{пасс}} = \frac{\gamma h_1^2 l_1}{2} f(\varphi_1, \varphi_0) \text{ и } E_{2\text{пасс}} = \frac{\gamma h_2^2 l_2}{2} f(\varphi_1, \varphi_0),$$

откуда:

$$\frac{E_{1\text{пасс}}}{E_{2\text{пасс}}} = \frac{h_1^2 l_1}{h_2^2 l_2} = \beta$$

и  $E_{1\text{пасс}} = E_{2\text{пасс}} \beta$

Но так как выше принято:  $\hat{P}_{M_0} = \hat{E}_{\text{пасс}}$ , то

$$P_{M_{01}} = \beta P_{M_{02}}, \quad (4)$$

то есть на основании опытных значений величины  $P_{M_0}$ , определенных для шпал одного типа, можно найти ориентировочные значения  $P_{M_0}$  для шпал любого типа.

Используя опытные значения величины  $P_{M_0}$ , измеренные для шпал широкой колеи [4] по уравнению (4), мы подсчитали значения  $P_{M_0}$  для шпал узкой колеи, которые приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика пути	$P_{M_0}$ шпал широкой колеи, кг	$P_{M_0}$ шпал узкой колеи различного типа, кг			
		I	II	III	IV
Песчаный балласт — свежий . . . . .	400—500	178	151	151	127
		223	189	189	159
Песчаный балласт, нормально слежавшийся . .	600	273	226	226	191
	700	312	254	254	223
Щебеночный балласт свежий . . . . .	500	223	189	189	159
	800	357	312	312	254
Щебеночный балласт, нормально слежавшийся .	1000	445	373	378	318

Сравнивая приведенные в табл. 1 значения  $P_{M_0}$  для шпалы типа III, уложенной на песчаный нормально слежавшийся балласт, и опытные значения, упомянутые выше, можно отметить их хорошее совпадение.

Обратимся ко второму члену уравнения (2).

Величину  $q$  для заданных конкретных условий нетрудно определить, зная величину статического давления колеса на шпалу и принимая коэффициент динамики равным 1,3—1,4.

При скольжении шпалы по грунту, обладающему незначительной связанностью, происходит не только перемещение шпалы относительно частиц грунта, но и перекатывание отдельных частиц верхнего слоя. В зависимости от типа балластного материала характер взаимного смещения частиц грунта будет различным, так как на него сильно влияет величина внутреннего трения.

Для того, чтобы можно было судить о характере зависимости величины  $f_{\text{тр}}$  от типа грунта, в табл. 2 приводятся подсчитанные нами значения  $f_{\text{тр}}$  по опытным данным величины сдвига балластного материала [3].

Т а б л и ц а 2

Тип балласта	$f_{тр}$
Песок среднезернистый . . . . .	0,383
Ракушка . . . . .	0,425
Карьерный гравий . . . . .	0,917
Щебень прочных пород с размерами частиц:	
40—70 мм . . . . .	1,000
25—70 " . . . . .	0,875
25—40 " . . . . .	0,650
7—25 " . . . . .	0,550
Щебень слабых пород с размерами частиц:	
40—70 мм . . . . .	0,755
25—70 " . . . . .	0,600
25—40 " . . . . .	0,625
7—25 " . . . . .	0,400
Комбинированный балласт: щебень прочных пород с размерами 25—70 мм, в который добавлен песок . . . . .	1,250
То же с добавлением ракушки . . . . .	1,025

Приводимые данные показывают, что значение  $f_{тр}$  колеблется в значительных пределах и возрастает с увеличением размеров и прочности частиц балласта. Интересно отметить, что для смешанного балласта величина  $f_{тр}$  больше, чем для каждого из компонентов, входящих в смесь, взятых в отдельности. Для определения  $f_{тр}$  не приходится прибегать к сложной аппаратуре, поэтому величина  $a$ , как коэффициента трения, измеряется очень просто для любых условий.

Напишем теперь основное условие равновесия сил, действующих на противоугон. В общем случае то усилие, которое может быть передано на шпалу от рельса при условии, что проскальзывания рельса по шпале нет, определяется:

- 1) величиной удерживающей силы противоугона  $W$ ;
- 2) величиной силы трения рельса по шпале  $q_1 f_{ш}$ ;
- 3) величиной силы трения между подошвой рельса и креплениями  $p$ , то есть

$$P_{уг} = W + q_1 f_{ш} + p. \quad (5)$$

С другой стороны, должно соблюдаться равенство:

$$P_{уг} = P_m$$

или

$$\frac{1}{2} P_{m_0} + a q_1 = W + q_1 f_{ш} + p,$$

где  $\frac{1}{2} P_{m_0}$  — максимальное сопротивление сдвигу для полушпалы;  
 $q_1$  — вертикальная нагрузка на полушпалу.

После преобразования получим:

$$W + p = \frac{1}{2} P_{m_0} + q_1 (a - f_{ш}). \quad (6)$$

Можно указать на три частных случая применения этого уравнения:

1. При костыльном прикреплении рельсов к шпалам допустимо считать  $p = 0$ , так как силы трения, создаваемые костылями, очень неопре-

деленны по величине и ими удобнее пренебречь, отнеся их в запас стабильности пути. Тогда

$$W = \frac{1}{2} P_{m_0} + q_1 (a - f_{ш}). \quad (6a)$$

2. В случае, когда применяются специальные типы промежуточных скреплений, выполняющие функции противоугонов,  $W = 0$  и

$$p = \frac{1}{2} P_{m_0} + q_1 (a - f_{ш}), \quad (6б)$$

то есть требуется определить силу трения, которую нужно создать путем прижатия подошвы рельса к шпале скреплениями.

3. При шурупном прикреплении рельсов к шпалам  $p$  является приблизительно постоянной величиной и определение  $W$  следует производить по формуле

$$W = \frac{1}{2} P_{m_0} + q_1 (a - f_{ш}) - p. \quad (6в)$$

При расчетах лесовозных ужд необходимо пользоваться выражением (6а).

Для любого частного случая, то есть при известном типе шпал и типе балласта,  $W$  изменяется в зависимости от  $f_{ш}$  и  $q$  (рис. 1).

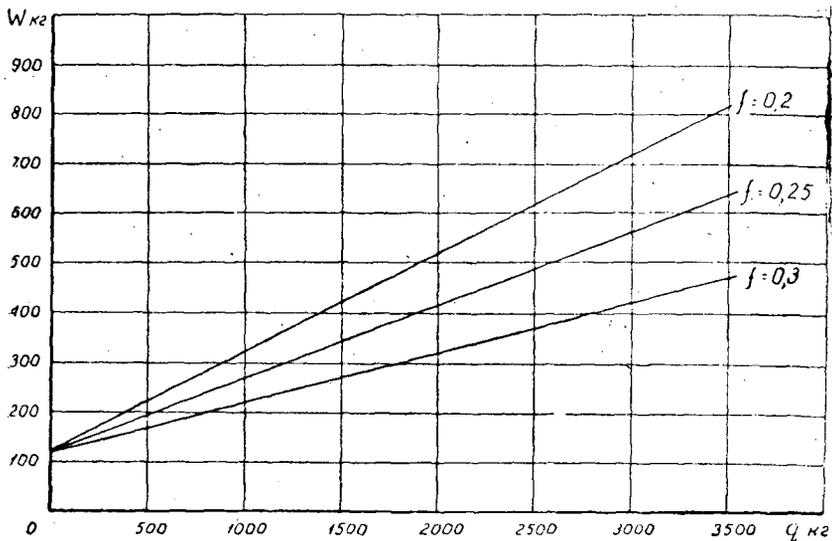


Рис. 1.

Как отмечено выше, клиновые противоугоны передают угоняющее усилие на секцию из 3—5 шпал, следовательно, удерживающая сила, создаваемая ими, должна быть соответственно выше, чем у пружинных противоугонов и равна величине максимального сопротивления сдвигу секции. Поскольку нигде не оговаривается, на какое количество шпал в секции должен передавать угоняющее усилие тот или иной клиновой противоугонон, то при определении  $W$  правильной всего брать секцию из пяти шпал.

Опытами установлено, что сопротивление сдвигу секции из нескольких шпал меньше суммарного сопротивления этих же шпал, взятых в отдельности. Не останавливаясь на сущности этого явления, отметим, что

наибольшее сопротивление сдвигу секции, состоящей из пяти шпал, приблизительно соответствует сопротивлению трех самостоятельно работающих шпал; секции, составленной из четырех шпал — сопротивлению 2,5 отдельных шпал; секции из трех шпал — сопротивлению двух шпал [1]. Поэтому та минимальная удерживающая сила, которую клиновой противоугон должен надежно обеспечивать в процессе эксплуатации, должна быть в три раза больше удерживающей силы одного пружинного противоугона:

$$W_k = 3W_n. \quad (7)$$

Однако следует учесть, что натяжение клина постоянно ослабевает вследствие вибрации пути при проходе поездов. На основании этого нами рекомендуется обеспечивать в процессе изготовления клиновых противоугонов удерживающую силу их примерно на 50% больше, чем подсчитано выше, то есть

$$W_k = 4,5W_n.$$

В заключении кратко рассмотрим условия применения и особенности расчета специальных противоугонных промежуточных скреплений. Выше приводится расчет удерживающей силы их в зависимости от величины наибольшего сопротивления шпал сдвигу. Можно указать еще на два способа расчета.

Доктором технических наук В. Г. Альбрехтом предложен расчет, основанный на допущении, что клеммовые скрепления должны создать такое нажатие на подошву рельса, при котором не возникает проскальзывания подошвы рельса по основанию. Этого вполне достаточно для ликвидации угона. Развивая это условие, В. Г. Альбрехт устанавливает зависимость, по которой можно определить величину нажатия одной клеммы на рельс [2].

Другой способ применим в том случае, когда для данного участка пути известна величина угоняющей силы  $U_p$ . Разделив  $U_p$  на количество шпал в звене  $n$ , найдем то усилие, которое будет воспринимать клеммовое скрепление на одной шпале. Так как клеммовое скрепление на одной шпале состоит из четырех клемм, то каждая из них должна создать силу трения

$$P = \frac{U_p}{4n_{зв}}.$$

Если клеммовые скрепления рассчитаны по первому способу, то на лесовозных железных дорогах можно ставить их не на всех шпалах по длине одного звена (как это делается обычно), а только на части.

Изложенные выше принципы вычисления удерживающей силы противоугонов могут облегчить задачу закрепления пути от угона при наименьшей затрате средств на эту работу.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Г. Альбрехт. Закрепление железнодорожного пути от угона. Трансжелдориздат, 1952. [2]. В. Г. Альбрехт. Угон железнодорожного пути и борьба с ним. Трансжелдориздат, 1958. [3]. С. Н. Попов. О допускаемых напряжениях на балласт. Труды ВНИИЖТ, вып. 97, 1955. [4]. Г. М. Шахуньянц. Пути и путевое хозяйство. Гострансжелдориздат, М., 1949.

## РАСЧЕТ УЗКОКОЛЕЙНОГО ПУТИ НА ПРОДОЛЬНЫХ ЛЕЖНЯХ

*Т. А. ГУРЬЕВ*

Аспирант

*В. В. ЩЕЛКУНОВ*

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

При эксплуатации лесовозных узкоколейных железных дорог прокладывается большое количество временных путей. По данным Х. Х. Сюндюкова [2] в лесной промышленности ежегодно строится около 7000 км путей этого типа.

Увеличение программы вывозки древесины, предусмотренное решениями XXI съезда КПСС, и стремление к снижению расстояния трелевки потребует и в дальнейшем больших объемов строительства временных железнодорожных путей.

Ввиду кратковременности эксплуатации и небольшого грузооборота, временные пути строятся обычно без балласта и системы водоотвода. Шпалы непосредственно укладывают на спланированное земляное полотно, с которого предварительно выкорчеваны пни на ширину, равную длине шпал. Чтобы снизить объем работ по планировке земляного полотна и увеличить прочность пути на слабых основаниях, в последние годы на ряде лесовозных дорог шпалы укладывают на продольные лежни диаметром от 8 до 30 см.

В настоящей статье предлагается метод расчета\* узкоколейного железнодорожного пути на продольных лежнях.

Временный железнодорожный путь на продольных лежнях рассчитывается по двум основным схемам.

В расчетной схеме представленной на рис. 1, а, принимается:

а) рельс, как четырехпролетная балка, опирающаяся на пять опор (шпал); внешняя нагрузка приложена на средней опоре;

б) шпалы, вследствие малой величины их сжатия от действующих усилий, как абсолютно жесткие опоры, уложенные на балку, параллельную рельсу и не опирающиеся на грунт; случай опирания шпал на грунт рассматривается отдельно;

в) продольные лежни, как бесконечно длинные балки, лежащие на упругом основании, удовлетворяющем модели Винклера;

\* Расчет узкоколейного пути на продольных лежнях впервые дан в работе [3]. Здесь рельс предполагается балкой на четырех опорах, шпалы опираются на грунт, а лежни считаются балкой короткой длины.

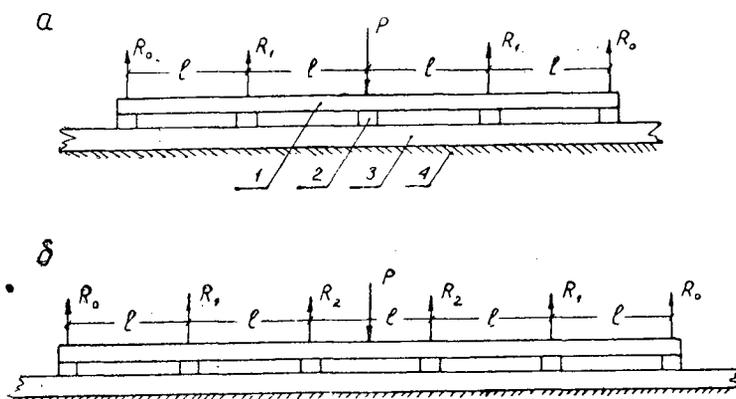


Рис. 1. 1 — рельс; 2 — шпалы; 3 — балка; 4 — упругое основание.

г) шпалы и продольные лежни друг с другом не скреплены, деформации рельса, шпал и лежня на опорах одинаковы. Деформации рельса на опорах, равные осадкам лежней:

$$y = - \sum_0^i \frac{R_i \eta_{il}}{8k^3 E_1 I_1},$$

- где  $k$  — коэффициент относительной жесткости основания и балки (лежня);  
 $E_1 I_1$  — жесткость балки;  
 $i$  — номер опоры;  
 $R_i$  — реакция над  $i$ -той опорой;  
 $l$  — расстояние между опорами;

$$\eta_{il} = e^{-kx} (\cos kx + \sin kx); \quad x = il.$$

Учитывая влияние соседних опор, имеем выражения для осадок рельса на шпалах:

шпала 0

$$y_0 8k^3 E_1 I_1 = -R_0 (1 + \eta_{4l}) - R_1 (\eta_l + \eta_{3l}) - R_2 \eta_{2l} \quad (1)$$

шпала 1

$$y_1 8k^3 E_1 I_1 = -R_0 (\eta_l + \eta_{3l}) - R_1 (1 + \eta_{2l}) - R_2 \eta_l \quad (2)$$

шпала 2

$$y_2 8k^3 E_1 I_1 = -R_0 2\eta_{2l} - R_1 2\eta_l - R_2 \quad (3)$$

Согласно [1], уравнение упругой линии рельса как балки, лежащей на опорах упруго оседающих при действии сосредоточенных сил, без учета влияния касательных напряжений, имеет вид:

$$y = y_0 + \varphi_0 x + \frac{1}{6EI} \sum N_v (x - a_v)^3, \quad (4)$$

- где  $y_0$  и  $\varphi_0$  — начальные параметры;  
 $EI$  — жесткость рельса;  
 $N_v$  — сосредоточенная сила (реакция опоры), приложенная левее рассматриваемого сечения на расстоянии  $a_v$  от левой опоры.

Из уравнений (1), (2) и (4) имеем:

$$-R_0(\eta_l + \eta_{3l}) - R_1(1 + \eta_{2l}) - R_2\eta_l = -R_0(1 + \eta_{4l}) - R_1(\eta_l + \eta_{3l}) - \\ - R_2\eta_{2l} + \varphi_0 l 8k^3 E_1 I_1 + \frac{1}{6EI} R_0 l^3 8k^3 E_1 I_1,$$

или

$$R_0 \left[ \eta_l + \eta_{3l} - 1 - \eta_{4l} + \frac{4}{3} (kl)^3 \frac{E_1 I_1}{EI} \right] + R_1 (1 + \eta_{2l} - \eta_l - \eta_{3l}) + \\ + R_2 (\eta_l - \eta_{2l}) + \varphi_0 l 8k^3 E_1 I_1 = 0. \quad (5)$$

Из уравнений (1), (3) и (4) имеем:

$$-R_0 2\eta_{2l} - R_2 2\eta_l - R_2 = -R_0(1 + \eta_{4l}) - R_1(\eta_l + \eta_{3l}) - \\ - R_2\eta_{2l} + \varphi_0 2l 8k^3 E_1 I_1 + \frac{8k^3 E_1 I_1}{6EI} [R_0 (2l)^3 + R_1 l^3],$$

или

$$R_0 \left[ 2\eta_{2l} - 1 - \eta_{4l} + \frac{32}{3} (kl)^3 \frac{E_1 I_1}{EI} \right] + R_1 \left[ \eta_l - \eta_{3l} + \frac{4}{3} (kl)^3 \frac{E_1 I_1}{EI} \right] + \\ + R_2 (1 - \eta_{2l}) + \varphi_0 2l 8k^3 E_1 I_1 = 0. \quad (6)$$

Угол наклона касательной к изогнутой оси балки

$$\varphi = \frac{dy}{dx} = \varphi_0 + \frac{1}{6EI} \Sigma N_v 3(x - a_v)^2.$$

Вследствие симметрии, при  $x = 2l$ ,  $\varphi = 0$ , откуда

$$\varphi_0 = -\frac{1}{2EI} [R_0 4l^2 + R_1 l^2]. \quad (7)$$

Подставляя вместо  $\varphi_0$  его значения в уравнения (5) и (6), найдем два уравнения:

$$\left. \begin{aligned} R_0 \left[ \eta_l + \eta_{3l} - 1 - \eta_{4l} - \frac{44}{3} (kl)^3 \frac{E_1 I_1}{EI} \right] + R_1 \left[ 1 + \eta_{2l} - \right. \\ \left. - \eta_l - \eta_{3l} - 4(kl)^3 \frac{E_1 I_1}{EI} \right] + R_2 (\eta_l - \eta_{2l}) = 0 \\ R_0 \left[ 2\eta_{2l} - 1 - \eta_{4l} - \frac{64}{3} (kl)^3 \frac{E_1 I_1}{EI} \right] + R_1 \left[ \eta_l - \eta_{3l} - \right. \\ \left. - \frac{20}{3} (kl)^3 \frac{E_1 I_1}{EI} \right] + R_2 (1 - \eta_{2l}) = 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Условие равновесия дает третье уравнение:

$$2R_0 + 2R_1 + R_2 = P$$

Исключая из уравнений (8) реакцию  $R_2$  и введя обозначение  $\frac{E_1 I_1}{EI} = \alpha$ , получим:

$$\left. \begin{aligned} R_0 \left[ 1 + \eta_l - 2\eta_{2l} - \eta_{3l} + \eta_{4l} + \frac{44}{3} (kl)^3 \alpha \right] + R_1 \left[ -1 + \right. \\ \left. + 3\eta_l - 3\eta_{2l} + \eta_{3l} + 4(kl)^3 \alpha \right] = (\eta_l - \eta_{2l}) P \\ R_0 \left[ 3 - 4\eta_{2l} + \eta_{4l} + \frac{64}{3} (kl)^3 \alpha \right] + R_1 \left[ 2 - \eta_l - 2\eta_{2l} + \eta_{3l} + \right. \\ \left. + \frac{20}{3} (kl)^3 \alpha \right] = (1 - \eta_{2l}) P. \end{aligned} \right\} (9)$$

Решение системы (9) относительно  $R_0$  и  $R_1$  в общем виде приводит к громоздким выражениям, поэтому удобнее предварительно подставить численные значения величин, входящих в систему.

Следует различать коэффициент относительной жесткости лежня и основания —  $k$  и коэффициент относительной жесткости рельса и основания без лежней —  $k_p$ .

Для лежня имеем:

$$k = \sqrt[3]{\frac{U}{4E_1 I_1}}$$

Здесь:  $U$  — модуль упругости основания;

Учитывая, что  $E_1 I_1 = EI \cdot \alpha$  получаем

$$k = \sqrt[3]{\frac{U}{4EI\alpha}} = \frac{k_p}{\sqrt[3]{\alpha}} \quad (10)$$

В табл. 1 и на рис. 2 представлены величины  $R_2$ ,  $R_1$  и  $R_0$ , рассчитанные для  $P = 1,0$ , различных значений  $\alpha$  и произведения  $k_p l$ .

Т а б л и ц а 1

$R_i P$	$k_p l = 0,4$	$k_p l = 0,5$	$k_p l = 0,6$	$k_p l = 0,7$	$k_p l = 0,9$
			$\alpha = 0,1$		
$R_0$	—	0,1350	0,0820	0,0390	—0,0180
$R_1$	—	0,2030	0,2350	0,2550	0,2670
$R_2$	—	0,3240	0,3660	0,4120	0,5020
			$\alpha = 0,2$		
$R_0$	0,2266	0,1336	0,0715	0,0293	—0,0192
$R_1$	0,0901	0,1790	0,2268	0,2501	0,2597
$R_2$	0,3666	0,3748	0,4034	0,4412	0,5190
			$\alpha = 0,5$		
$R_0$	0,2030	0,1158	0,0611	0,0241	—0,0164
$R_1$	0,0526	0,1419	0,1872	0,2122	0,2226
$R_2$	0,4888	0,4846	0,5034	0,5274	0,5876
			$\alpha = 1,0$		
$R_0$	0,1753	0,1013	0,0544	0,0242	—0,0097
$R_1$	0,0157	0,0949	0,1394	0,1613	0,1747
$R_2$	0,6180	0,6076	0,6124	0,6290	0,6700
			$\alpha = 2,0$		
$R_0$	0,1425	0,0852	0,0490	0,0252	—0,0017
$R_1$	—0,0178	0,0465	0,0835	0,1045	0,1203
$R_2$	0,7506	0,7366	0,7350	0,7406	0,7628
			$\alpha = 3,0$		
$R_0$	0,1232	0,0757	0,0454	0,0255	0,0024
$R_1$	—0,0327	0,0222	0,0549	0,0737	0,0905
$R_2$	0,8180	0,8043	0,7996	0,8016	0,8142

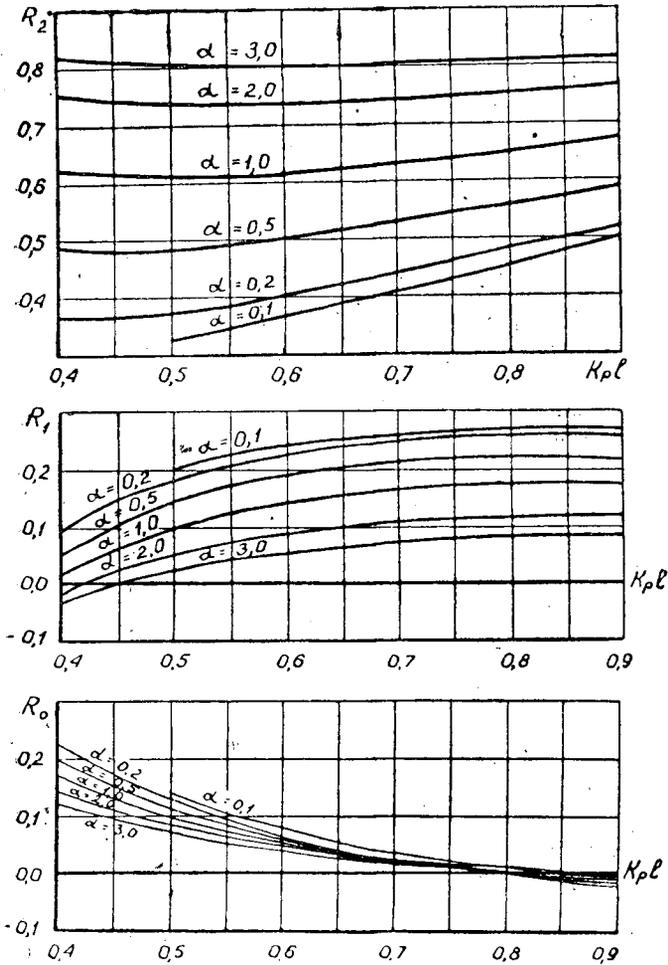


Рис. 2.

Данные табл. 1 показывают, что

а) с увеличением  $\alpha$  наблюдается рост  $R_2$  и уменьшение  $R_0$  и  $R_1$ , то есть происходит концентрация давления в зоне внешней нагрузки;

б) при определенных комбинациях расчетных величин реакции некоторых опор оказываются отрицательными, что свидетельствует о необходимости применения иной расчетной схемы;

в) при  $k_p l < 0,4$  отрицательные значения реакции получаются у опор 1 и 3, следовательно, в этом случае рельс следует рассчитывать как балку, лежащую на трех упруго оседающих опорах с пролетом  $l_1 = 2l$ , а в случае  $k_p l \geq 0,9$  отрицательные реакции появляются на опорах 0 и 4 и рельс так же следует считать балкой, покоящейся на трех опорах, но с пролетом  $l_1 = l$ . В этих случаях реакции определяются формулами:

$$R_1 = \frac{1 - \eta_{l_1}}{3 + \eta_{2l_1} - 4\eta_{l_1} + \frac{8}{3}(kl_1)^3 \alpha} P.$$

$$R_2 = P - 2R_1,$$

где  $R_2$  — реакция средней опоры, над которой прилагается нагрузка;  
 $R_1$  — реакции крайних опор.

Значения реакций для  $k_p l = 1,0$  и  $P = 1,0$ , рассчитанные по схеме балки, лежащей на трех опорах, даны в табл. 2.

Таблица 2

$\alpha$	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0
$R_2$	0,5586	0,5980	0,6696	0,7342	0,7994	0,8344
$R_1$	0,2207	0,2010	0,1652	0,1329	0,1003	0,0828

На основании (3) для шпалы 2 имеем

$$\frac{y_2}{P} \cdot \frac{EI}{l^3} = \frac{R_0 2\eta_{2l} + R_1 2\eta_l + R_2}{8 (kl)^3 \alpha} \quad (11)$$

По формуле (11) подсчитана величина  $\frac{y_2}{P} \cdot \frac{EI}{l^3}$  для различных значений  $k_p l$  и  $\alpha$ . Результаты расчетов приведены в табл. 3 и показаны на рис. 3.

Таблица 3

$\alpha$	$k_p l = 0,4$	$k_p l = 0,5$	$k_p l = 0,6$	$k_p l = 0,7$	$k_p l = 0,9$
0,1	—	1,0551	0,6090	0,3867	0,1852
0,2	1,9918	1,0147	0,5892	0,3726	0,1749
0,5	1,8483	0,9435	0,5471	0,3451	0,1618
1,0	1,6961	0,8668	0,5020	0,3165	0,1487
2,0	1,5135	0,7738	0,4481	0,2824	0,1328
3,0	1,4001	0,7176	0,4149	0,2614	0,1231

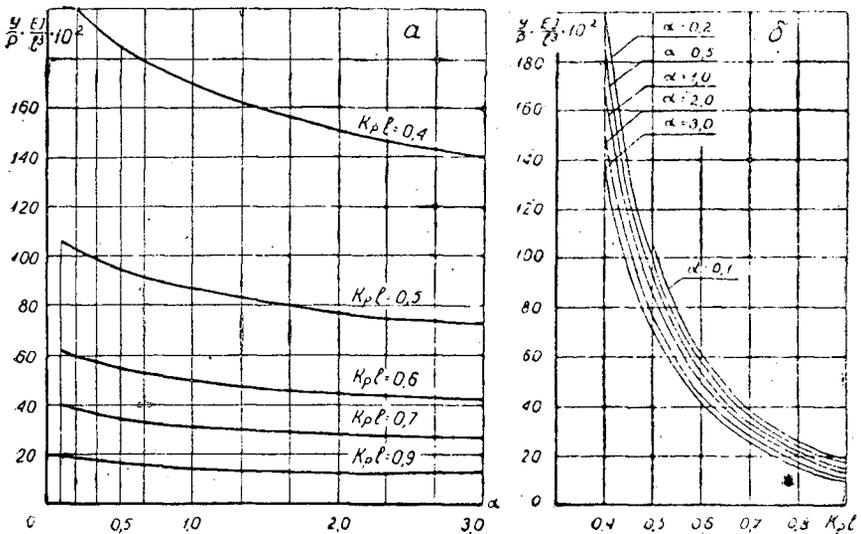


Рис. 3

В расчетной схеме (рис. 1, б), рельс считается пятипролетной балкой, опирающейся на шесть опор.

Внешняя нагрузка приложена на среднем пролете. Прочие условия такие же как и в расчетной схеме рис. 1, а.

Для осадки рельсов на шпалах действительны следующие соотношения:

шпала 0

$$y_0 8k^3 E_1 I_1 = -R_0 (1 - \eta_{5l}) - R_1 (\eta_l + \eta_{4l}) - R_2 (\eta_{2l} + \eta_{3l}) \quad (12)$$

шпала 1

$$y_1 8k^3 E_1 I_1 = -R_0 (\eta_l + \eta_{4l}) - R_1 (1 + \eta_{3l}) - R_2 (\eta_l + \eta_{2l}) \quad (13)$$

шпала 2

$$y_2 8k^3 E_1 I_1 = -R_0 (\eta_{2l} + \eta_{3l}) - R_1 (\eta_l + \eta_{2l}) - R_2 (1 + \eta_l) \quad (14)$$

Используя уравнения (4), (12) и (13), получим:

$$R_0 (\eta_l + \eta_{4l}) - R_1 (1 + \eta_{3l}) - R_2 (\eta_l + \eta_{2l}) = -R_0 (1 + \eta_{5l}) - R_1 (\eta_l + \eta_{4l}) - R_2 (\eta_{2l} + \eta_{3l}) + \varphi_0 l 8k^3 E_1 I_1 + \frac{8k^3 E_1 I_1}{6EI} R_0 l^3 \quad (15)$$

Из уравнений (4), (12) и (14) имеем:

$$-R_0 (\eta_{2l} + \eta_{3l}) - R_1 (\eta_l + \eta_{2l}) - R_2 (1 + \eta_l) = -R_0 (1 + \eta_{5l}) - R_1 (\eta_l + \eta_{4l}) - R_2 (\eta_{2l} + \eta_{3l}) + \varphi_0 2l 8k^3 E_1 I_1 + \frac{8k^3 E_1 I_1}{6EI} [8l^3 R_0 + R_1 l^3] \quad (16)$$

Учитывая, что в условиях расчетной схемы при  $x = 2,5l$  и  $\varphi = 0$ , находим:

$$\varphi_0 = -\frac{1}{2EI} (6,25l^2 R_0 - 2,25l^2 R_1 + 0,25l^2 R_2) \quad (17)$$

Вводя по-прежнему обозначение  $\frac{E_1 I_1}{EI} = \alpha$ , из уравнений (15), (16) и (17) получаем:

$$\left. \begin{aligned} R_0 \left[ 1 + \eta_{5l} - \eta_l - \eta_{4l} + \frac{71}{3} (kl)^3 \alpha \right] + R_1 [\eta_l + \eta_{4l} - 1 - \eta_{3l} + 9(kl)^3 \alpha] + R_2 [\eta_{3l} - \eta_l + (kl)^3 \alpha] &= 0 \\ R_0 \left[ 1 + \eta_{5l} - \eta_{2l} - \eta_{3l} + \frac{118}{3} (kl)^3 \alpha \right] + R_1 [\eta_{4l} - \eta_{2l} + \frac{50}{3} (kl)^3 \alpha] + R_2 [\eta_{2l} + \eta_{3l} - 1 - \eta_l + 2(kl)^3 \alpha] &= 0 \\ R_2 &= \frac{P}{2} - R_1 - R_0. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Исключая  $R_2$  из системы уравнений (18), находим:

$$\left. \begin{aligned} R_0 \left[ 1 - \eta_{3l} - \eta_{4l} + \eta_{5l} + \frac{68}{3} (kl)^3 \alpha \right] + R_1 [-1 + 2\eta_l - 2\eta_{3l} + \eta_{4l} + 8(kl)^3 \alpha] &= \frac{P}{2} [\eta_l - \eta_{3l} - (kl)^3 \alpha] \\ R_0 \left[ 2 + \eta_l - 2\eta_{2l} - 2\eta_{3l} + \eta_{5l} + \frac{112}{3} (kl)^3 \alpha \right] + R_1 [1 + \eta_l - 2\eta_{2l} - \eta_{3l} + \eta_{4l} + \frac{44}{3} (kl)^3 \alpha] &= \frac{P}{2} [1 + \eta_l - \eta_{2l} - \eta_{3l} - 2(kl)^3 \alpha] \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Систему уравнений (19) удобнее решать, производя подстановку коэффициентов при неизвестных и свободных членах в численном выражении.

В табл. 4 и на рис. 4 представлены значения реакций, вычисленные по схеме пятипролетной балки для  $P = 1,0$  при различных значениях  $\alpha$  и  $k_p l$ .

Таблица 4

$\alpha$	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0
$k_p l = 0,4$						
$R_2$	—	0,2640	0,3211	0,3848	—	—
$R_1$	—	0,1078	0,0632	0,0081	—	—
$R_0$	—	0,1282	0,1157	0,1071	—	—
$k_p l = 0,5$						
$R_2$	0,2750	0,2935	0,3407	0,3956	0,4567	—
$R_1$	0,1715	0,1595	0,1171	0,0601	-0,0051	—
$R_0$	0,0535	0,0470	0,0422	0,0443	0,0484	—
$k_p l = 0,6$						
$R_2$	0,3129	0,3270	0,3656	0,4118	0,4649	0,4946
$R_1$	0,1828	0,1730	0,1330	0,0788	0,0149	-0,0206
$R_0$	0,0043	0	0,0014	0,0094	0,0202	0,0260
$k_p l = 0,7$						
$R_2$	0,3478	0,3577	0,3906	0,4297	0,4761	0,5019
$R_1$	0,1768	0,1679	0,1302	0,0800	0,0195	-0,0138
$R_0$	-0,0246	-0,0265	-0,0208	-0,0097	0,0044	-0,0119

Расчетные данные позволяют утверждать, что

а) при возрастании жесткости лежней реакции опор, расположенных около точки приложения силы, увеличиваются, то есть происходит концентрация давления;

б) для  $k_p l > 0,6$  при всех значениях  $\alpha$  рельс следует рассчитывать как трехпролетную балку, лежащую на четырех опорах;

в) при расчете трехпролетной балки по схеме рис. 1, б:

$$R_1 = \frac{1 - \eta_{2l} - (kl)^{2\alpha}}{2 \left[ 2 + \eta_{3l} - \eta_l - \eta_{2l} + \frac{20}{3} (kl)^{2\alpha} \right]} P;$$

$$R_2 = \frac{P}{2} - R_1.$$

Значения реакций опор, вычисленные по схеме трехпролетной балки для  $P = 1,0$  при различных значениях  $k_p l$  и  $\alpha$ , даны в табл. 5 и на рис. 4 (пунктиром).

Из графика видно, что вследствие возникновения отрицательных значений реакций  $R_1$ , в некоторых случаях рельс надо рассчитывать как балку, покоящуюся на двух опорах. Например, для  $k_p l = 1,0$  такая схема пригодна при  $\alpha \geq 1,0$ .

С целью проверки предлагаемого метода расчета в лаборатории кафедры сухопутного транспорта леса АЛТИ были проведены опыты со звеном узкоколейного пути, уложенным на продольные лежни. Основанием служила лесо-топяная залежь с толщиной слоя торфа, равной 1,7 м. Поверх торфа имелась песчаная подушка толщиной 0,6 м. Торф средне-разложившийся с весовой влажностью 523—593% и модулем общей де-

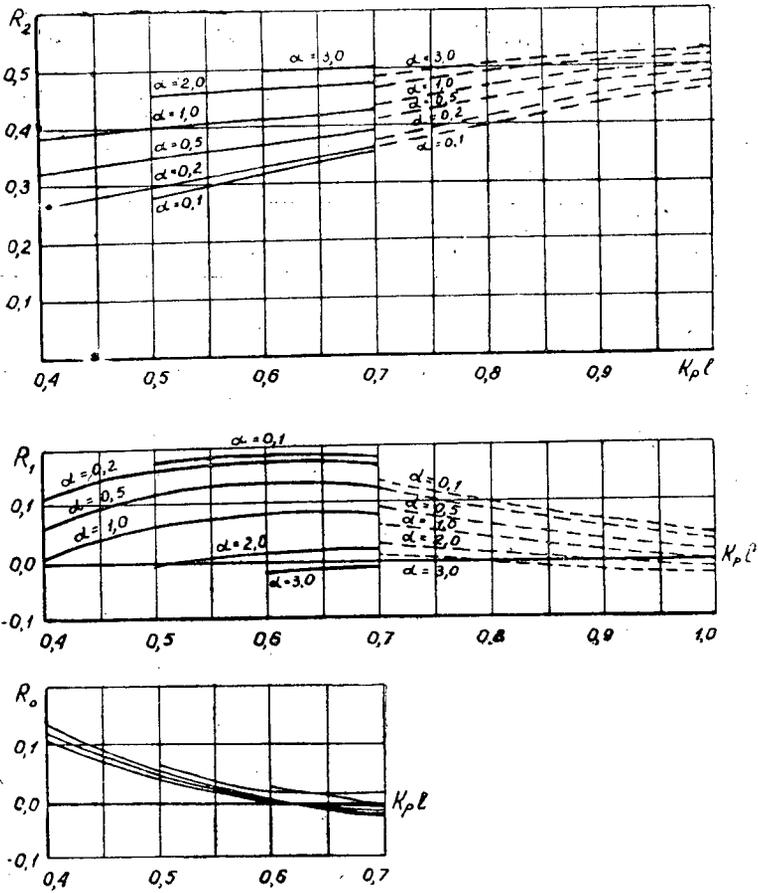


Рис. 4

формации 1,57—1,87 кг/см<sup>2</sup>. При опытах использовались новые рельсы Р18, брусковые полутораметровые шпалы поперечного сечения 12,5 × 12 см. Под каждую нитку рельса уложено по два продольных лежня  $d = 12—15$  см. Средняя жесткость двух лежней ( $E_1 I_1$ ), уложенных под каждую нитку рельса, равна  $3,63 \cdot 10^8$  (или  $\alpha = 0,72$ ). Жест-

Таблица 5

$\alpha$	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0
$k_p l = 0,7$						
$R_2$	0,3591	0,3756	0,4084	0,4392	0,4711	0,4886
$R_1$	0,1409	0,1244	0,0916	0,0608	0,0289	0,0114
$k_p l = 0,9$						
$R_2$	0,4314	0,4454	0,4681	0,4877	0,5075	0,5182
$R_1$	0,0686	0,0546	0,0319	0,0123	-0,0075	-0,0182
$k_p l = 1,0$						
$R_2$	0,4583	0,4703	0,4887	0,5042	0,5197	0,5282
$R_1$	0,0417	0,0297	0,0113	-0,0042	-0,0197	-0,0282

кость лежней определена экспериментально на прессе лаборатории кафедры сухопутного транспорта леса. Лежни укладывались на две металлических опоры, затем прикладывалось давление в середине пролета и измерялась просадка лежня в месте приложения нагрузки и на опорах. Жесткость рассчитывалась по известной формуле для прогиба балки на двух опорах.

Давление на рельсы прикладывалось, согласно расчетной схеме рис. 1, а, со ступенчатым возрастанием нагрузки (ступенями по 500 кг, максимальная нагрузка — 2 т) при помощи гидравлических домкратов и специальных поперечин с приваренными сегментами, имеющими такие же радиусы, как и колеса узкоколейного вагона. Просадки рельс измерялись при помощи индикаторов часового типа.

Индикаторы крепились к уголкам и штангам, забитым в минеральный грунт ниже слоя торфа. Между ступенями нагрузки выдерживалось время 5 мин, а каждая нагрузка прикладывалась по три раза. Эксперименты проводились при расстоянии между шпалами 51 и 68 см. Средние из измеренных величин осадок рельсов в месте приложения нагрузки даны в табл. 6.

Таблица 6

Давление на рельс, т	l=51 см		l=68 см	
	средняя осадка рельса, мм	Δ мм/500 кг	средняя осадка рельса, мм	Δ мм/500 кг
0,5	2,02	1,32	2,49	1,47
1,0	3,34	1,25	3,96	1,26
1,5	4,59	1,29	5,22	1,20
2,0	5,88		6,42	
Среднее Δ		1,29		1,31
Принято для дальнейшего расчета		1,27		1,23

В табл. 6 подсчитан прирост осадки на давление 500 кг с целью устранения скачка в осадке шпалы в начальный период загрузки. Однако из таблицы видно, что при увеличении нагрузки на рельс от 0,5 до 1,0 т первоначальный скачок в осадке шпал еще оказывает влияние. Поэтому для дальнейших расчетов принят прирост осадки при нагрузке от 1,0 до 2,0 т.

Теоретический расчет будет соответствовать эксперименту, если с изменением расстояния между шпалами коэффициенты относительной жесткости рельса и основания  $k_p$  будут оставаться постоянными.

Из опытов при расстоянии между шпалами 51 см величина  $\frac{y_2}{P} \cdot \frac{EI \cdot 10^2}{l^3} = 96,51$ , согласно рис. 3, б.  $k_p l = 0,49$  и  $k_p = 0,0096$ , а при расстоянии между шпалами 68 см

$$\frac{y_2}{P} \cdot \frac{EI \cdot 10^2}{l^3} = 39,43; \quad k_p l = 0,66 \quad \text{и} \quad k_p = 0,0097.$$

При определении  $k_p l$  по графику на рис. 3, б нужно пользоваться кривой  $\frac{y_2}{P} \cdot \frac{EI \cdot 10^2}{l^3} = f(k_p l)$  для  $\alpha = 0,72$ , построенной на графике 3, а.

Расхождение значений  $k_p$  составляет около 1%, что подтверждает правильность предлагаемого метода расчета.

Рассчитывая железнодорожный путь, уложенный на продольные лежни и находящийся под действием системы грузов, принимаем за основу принцип независимости действия сил. Нагрузкой служит двухос-

ная тележка, расстояние между осями которой составляет 102 см (влияние соседних тележек не учитывается).

Положение системы сил, при различном расстоянии между шпалами, дано на рис. 5.

На основании принципа независимости действия принятая система может быть заменена действием двух одиночных сил с использованием:

а) первой расчетной схемы, рис. 5, а, при расстоянии между шпалами 51 см;

б) первой и второй расчетных схем, рис. 5, б,  $l = 68$  см;

в) первой расчетной схемы, рис. 5, в,  $l = 102$  см.

Количество шпал в каждой расчетной схеме зависит от  $k_p l$  и  $\alpha$ .

С целью проверки возможности применения принципа независимости действия сил для расчетов железнодорожного пути на продольных лежнях, были проведены эксперименты с описанным выше опытным звеном, расстояние между шпалами в котором делалось равным 51 и 68 см.

Вначале прикладывалась сила 1 и измерялись осадки рельсов в трех точках (на шпалах № 3, 4 и 5). После снятия силы 1 прилагалась сила 2 и измерялись осадки рельсов над теми же шпалами. Затем одновременно были приложены силы 1 и 2 и измерены просадки рельсов в тех же точках. Метод проведения опыта и применяемые приборы были теми же, что и в описанных выше экспериментах.

При изменении расстояния между шпалами средняя шпала (№ 4) всегда оставалась на месте.

В случае соблюдения принципа независимости действия сил осадки рельсов при действии системы должны быть равны сумме осадок от действия одиночных сил.

Полученные в результате опытов средние осадки рельсов в мм на 500 кг нагрузки при действии одиночных сил и системы даны в табл. 7 для  $l = 51$  см и в табл. 8 для  $l = 68$  см.

Сравнение приведенных в таблицах опытных данных показывает, что для рассматриваемой конструкции пути принцип независимости действия сил соблюдается. Расхождения не превышают  $3 - 5\%$ . Следовательно, действие любой системы сил можно заменить суммарным воздействием одиночных сил при использовании подходящих расчетных схем, выбранных соответственно расстояниям между шпалами и нагрузками в системе.

Количество опор в расчетных схемах, согласно сделанным выше замечаниям, зависит от  $k_p l$  и  $\alpha$ .

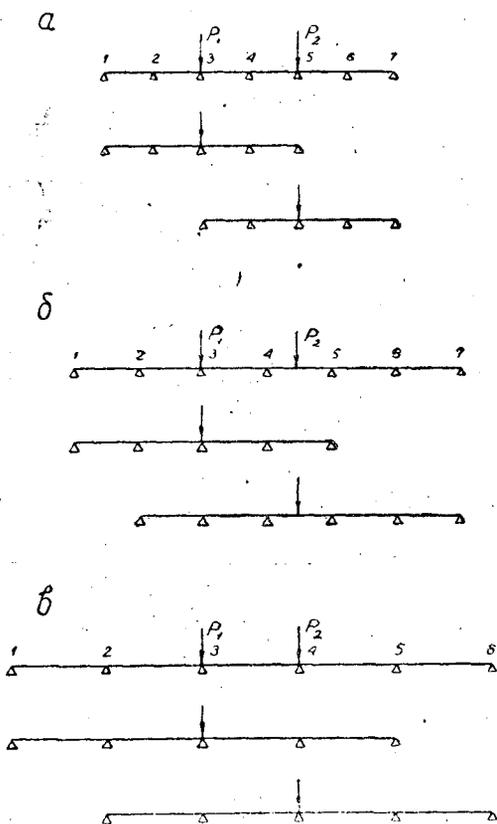


Рис. 5

Таблица 7

Нагрузка на рельс, т	Сила 1			Сила 2			Суммарные осадки			Система сил		
	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5
0,5	1,36	1,25	0,87	0,76	1,14	1,40	2,12	2,39	2,27	1,92	2,10	1,92
1,0	1,25	1,11	0,79	0,71	1,08	1,29	1,96	2,19	2,08	1,96	2,08	1,96
1,5	1,22	1,08	0,75	0,70	1,06	1,30	1,92	2,14	2,05	1,92	2,13	2,07
2,0												
Средняя для последних двух нагрузок	1,235	1,095	0,77	0,705	1,07	1,295	1,94	2,165	2,065	1,94	2,105	2,015

Таблица 8

Нагрузка на рельс, т	Сила 1			Сила 2			Суммарные осадки			Система сил		
	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5	шпала № 3	шпала № 4	шпала № 5
0,5	1,35	1,12	0,57	0,84	1,23	1,17	2,19	2,35	1,74	1,94	2,03	1,47
1,0	1,18	0,97	0,48	0,72	1,08	1,02	1,90	2,05	1,50	1,89	2,04	1,54
1,5	1,21	0,98	0,48	0,72	1,06	1,02	1,93	2,04	1,50	1,89	2,08	1,61
2,0												
Средняя по последним двум нагрузкам	1,195	0,975	0,48	0,72	1,07	1,02	1,915	2,045	1,50	1,89	2,06	1,575

Реакции опор (шпал) при действии системы сил определяем путем суммирования реакций, определенных по каждой расчетной схеме.

Осадка рельса на шпалах под системой сил рассчитывается аналогично по формуле:

$$\frac{y}{P} \cdot \frac{EI}{l^3} = \frac{\sum R_i \eta_i l}{8(kl)^3 \alpha} \quad (20)$$

Опытные данные, приведенные в табл. 7 и 8, дают возможность проверить предлагаемый метод расчета железнодорожного пути на продольных лежнях и для системы грузов.

Исходные данные для проверки:

Расчетные величины	$l = 51 \text{ см}$	$l = 68 \text{ см}$
$\alpha$	0,72	0,72
$k_p$	0,0096	0,0097
$k_p l$	0,49	0,66
$k_l$	0,5320	0,7165
$(kl)^3$	0,1506	0,3678
$(kl)^3 \alpha$	0,1084	0,2648

а) Расчетная схема рис. 5,  $a, l = 51 \text{ см}$ .

Величину реактивных давлений берем из графиков на рис. 2.

При практическом использовании рис. 2 и 4 рекомендуется следовать:

щий прием. Из графиков выбираются значения реакций по известной величине произведения  $k_p l$  для разных значений  $\alpha$ . Затем строится кривая  $R_i = f(\alpha)$  и графической интерполяцией находится искомое  $R_i$  для заданной  $\alpha$ . Дальнейшие расчеты представлены в табл. 9.

Таблица 9

Определяемая величина	Номер шпалы						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Реакции</b>							
$R_j$ по схеме рис. 1, $\alpha \dots$	0,1130	0,1120	0,5500	0,1120	0,1130	—	—
$R_j$ по схеме рис. 1, $\alpha \dots$	—	—	0,1130	0,1120	0,5500	0,1120	0,1130
Сумма $R_j \dots$	0,1130	0,1120	0,6630	0,2240	0,6630	0,1120	0,1130
<b>Осадки</b>							
$R_1 \eta \dots$	0,1130	0,0909	0,0530	0,0223	0,0043	-0,0033	-0,0049
$R_2 \eta \dots$	0,0901	0,1120	0,0901	0,0526	0,0221	0,0043	-0,0033
$R_3 \eta \dots$	0,3111	0,5332	0,6630	0,5332	0,3111	0,1309	0,0253
$R_4 \eta \dots$	0,0442	0,0051	0,1801	0,2240	0,1801	0,1051	0,0442
$R_5 \eta \dots$	0,0253	0,1309	0,3111	0,5332	0,6630	0,5332	0,3111
$R_6 \eta \dots$	-0,0033	0,0043	0,0221	0,0526	0,0901	0,1120	0,0901
$R_7 \eta \dots$	-0,0049	0,0033	0,0043	0,0226	0,0530	0,0909	0,1130
Сумма $R_i \eta \dots$	0,5755	0,9731	1,3237	1,4402	1,3237	0,9731	0,5755
$\frac{y}{P} \frac{EI \cdot 10^2}{l^3}$	66,3630	112,2118	152,6407	166,0748	152,6407	112,2118	66,3630
$\frac{y}{500 \text{ кг см}}$	—	—	0,198	0,216	0,198	—	—
Опытные данные	—	—	0,194	0,2105	0,2015	—	—
Расхождение, %	—	—	-2,0	-2,6	+1,8	—	—

б) Расчетная схема 5,б,  $l = 68 \text{ см}$ .

Величину реакций опор берем из графиков на рис. 2 и 4.

Расчетные данные сводим в табл. 10

Таблица 10

Определяемая величина	Номер шпалы					
	1	2	3	4	5	6
<b>Реакции</b>						
$R_i$ по схеме рис. 1, $\alpha \dots$	0,0340	0,1800	0,5720	0,1800	0,0340	—
$R_i$ по схеме рис. 1, $\beta \dots$	—	—	0,0900	0,4100	0,4100	0,0900
Сумма $R_i \dots$	0,0340	0,1800	0,6620	0,5900	0,4440	0,0900
<b>Осадки</b>						
$R_1 \eta \dots$	0,0340	0,0234	0,0091	0,0011	-0,0013	-0,0013
$R_2 \eta \dots$	0,1240	0,1800	0,1240	0,0484	0,0061	-0,0071
$R_3 \eta \dots$	0,1781	0,4562	0,6620	0,4562	0,1781	0,0224
$R_4 \eta \dots$	0,0199	0,1588	0,4066	0,5900	0,4066	0,1588
$R_5 \eta \dots$	-0,0174	0,0150	0,1195	0,3060	0,4440	0,3060
$R_6 \eta \dots$	-0,0033	-0,0035	0,0030	0,0242	0,0620	0,0900
Сумма $R_i \eta \dots$	0,3353	0,8299	1,3242	1,4259	1,0955	0,5688
$\frac{y}{P} \frac{EI \cdot 10^2}{l^3}$	15,8280	39,1758	62,5094	67,3102	51,7135	26,8504
$\frac{y}{500 \text{ кг см}}$	—	—	0,194	0,209	0,160	—
Опытные данные	—	—	0,189	0,206	0,1575	—
Расхождение, %	—	—	-2,6	-1,5%	-1,6%	—

Сравнение показывает, что различие между экспериментальными и расчетными данными находится в пределах точности опыта. Следовательно, рекомендуемый метод расчета хорошо соответствует реальным условиям работы пути на продольных лежнях.

Путь на продольных лежнях можно приближенно рассчитать также, предполагая рельс и лежень как бесконечно длинную составную балку, покоящуюся на сплошном упругом основании. Жесткость такой составной балки равна сумме жесткостей рельса и лежня.

Выражение для просадок в этом случае имеет вид:

$$\frac{y}{P} \cdot \frac{EI}{l^3} = \frac{\Sigma \eta}{8(k_p l)^3 \sqrt{1 + \alpha}} \quad (21)$$

Анализ показывает, что максимальные осадки рельса, полученные при расчете по схеме составной балки, всегда меньше осадок, вычисленных по методу, разработанному в настоящей статье.

В случае действия одиночной силы разница в наибольших осадках составляет

$$\text{при } \alpha = 0,1 \div 0,7 \quad 10 - 5\%$$

$$\text{при } \alpha = 0,7 \div 1,5 \quad 5 - 3\%$$

Более существенно различие в изгибающих моментах рельсов и лежней. Этот вопрос будет специально рассмотрен в другой статье.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ш. Е. Микеладзе. Некоторые задачи строительной механики. М., 1948.  
 [2]. Х. Х. Сюндюков. Временные пути лесовозных узкоколейных железных дорог и механизация их строительства. Изд. ЦНИИМЭ, М., 1959. [3]. Г. С. Шахраманов, И. Е. Цагарейшвили. Расчет элементов верхнего строения лесовозных узкоколейных железных дорог на продольных лежнях. Тбилиси, 1955.

Поступила в редакцию  
9 мая 1959 г.

## ВЕС КРОНЫ ЕЛОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯХ СЕВЕРА

Л. В. КОРОТЯЕВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Наиболее прогрессивным способом транспортировки древесины из лесосек на верхние и нижние склады лесовозных дорог на современном этапе развития лесозаготовительной промышленности считается трелевка и вывозка стволов с кронами. Эффективность этого способа подтверждается практикой работы ряда лесозаготовительных предприятий. Трелевка и вывозка стволов с кронами способствует росту производительности труда по всему комплексу лесозаготовительных работ и, что самое главное, создает благоприятные условия для решения назревших проблем механизации обрубki сучьев и их утилизации.

Однако до настоящего времени преобладающая часть древесных стволов очищается от сучьев в лесу непосредственно у пня или на погрузочных пунктах (преимущественно вручную, с помощью топора) и вывозится на нижние склады в виде хлыстов, а обрубленные сучья и тонкие верхинки обычно сжигаются.

Ежегодно таким образом сжигается до 100 млн. м<sup>3</sup> лесосечных отходов. Между тем использование этих отходов в качестве топлива или технологического сырья для промышленной переработки принесло бы громадную пользу народному хозяйству нашей страны.

Следовательно, механизацию очистки стволов от сучьев и использование лесосечных отходов следует считать очередными и неотложными задачами, которые могут быть успешно решены лишь при широком внедрении трелевки и вывозки стволов с кронами на верхние и нижние склады лесовозных дорог. Концентрация большого количества стволов с кронами на лесных складах или в пунктах переработки позволит максимально механизировать обрубку сучьев, с целью дальнейшего использования их в качестве топлива, сырья для химической переработки и т. п.

Следует отметить, что при перемещении стволов с кронами производительность трелевочных и транспортных средств несколько снижается за счет увеличения коэффициента лобового сопротивления движению при трелевке. Однако это снижение производительности механизмов, как показывает опыт работы, с избытком компенсируется ростом производительности труда на механизированной обрубке сучьев на нижнем складе и экономической выгодностью их утилизации.

Для правильного планирования и нормировки работ на трелевке, погрузке и вывозке стволов с кронами, на обрубке сучьев и других работах, особенно для расчета производительности, конструирования и экс-

эксплуатации комплекса трелевочных, погрузочных и перевозочных средств, складского оборудования, установок для утилизации и т. п., необходимо знать вес кроны. Такие данные в литературе почти не встречаются. В таблицах объемов и сбегов стволов [2] указан лишь объем сучьев без хвои и листьев в процентах от объема ствола с корой. Поэтому до настоящего времени для определения рейсовых нагрузок и производительности трелевочных и транспортных машин при перемещении стволов с кронами в расчет принимается лишь объем сучьев с учетом отпада их на предыдущих операциях [1], а вес хвои и листьев не учитывается, хотя он составляет значительную часть веса ствола с корой.

При расчетах рейсовых нагрузок и выработки механизмов обычно не учитывается также объем коры (составляющий в среднем 15% объема ствола с кроной), что ведет к завышению рейсовых нагрузок и занижению потребного количества трелевочных, транспортных и других технических средств. Без знания веса кроны деревьев не представляется возможным хотя бы ориентировочно оценить общие запасы лесосечных отходов:

Определение веса кроны с помощью теоретических расчетов не представляется возможным, поэтому в нашу задачу входило определение веса кроны экспериментальным путем с применением прямых методов измерений.

Экспериментальные работы по определению размеров и веса кроны проводились в производственных условиях попутно с исследованиями сопротивления движению при трелевке леса лебедками в Емецком ЛПХ комбината «Архангельсклес» (в летние месяцы 1956 и 1957 гг.), в Костылевском ЛПХ комбината «Котласлес» (в зимнее время 1957 и 1958 гг. и летом 1958 г.) и в Удимском ЛПХ комбината «Устюглес» (зимой 1957 г.). Лесосеки, в которых производились опыты, характеризовались лесонасаждениями IV разряда высот с преобладанием ели, имеющей средний диаметр ствола в коре на высоте груди 20 см и средний объем хлыста 0,25—0,28 м<sup>3</sup>.

Для измерений от каждой четырехсантиметровой ступени толщины выбиралось несколько деревьев, преимущественно еловой породы, господствующей на Севере.

Вес кроны стволов определялся путем последовательного взвешивания сначала ствола с кроной, а затем без кроны (хлыста). Разница между весом ствола с кроной и весом хлыста давала вес кроны сваленного ствола\*.

При очистке стволов от сучьев тонкая верхинка отрубалась. Для определения объема хлыста измерялись его длина и диаметр через два метра по длине.

Стволы с кронами и хлысты взвешивались при помощи гидравлического динамометра конструкции ВИСХОМ, ручной лебедки, чокера, блока и козел из жердей (рис. 1). Для измерений хлыстов использовались мерная вилка, рулетка и двухметровая мерка.

Результаты взвешивания и измерений записывались в листы наблюдений. Всего было сделано 101 наблюдение, в том числе 97 для еловых, 3 для березовых и 1 для сосновых стволов с кроной. Из общего числа наблюдений 57 проведено зимой и 44 летом.

Материалы наблюдений обрабатывались методом математической

\* Вес кроны сваленного ствола несколько меньше веса кроны растущего дерева, так как при падении ствола с кроной часть сучьев обламывается и, следовательно, не перемещается при трелевке и вывозке. Однако отпад сучьев в период опытов, которые проводились при температурах воздуха выше —10°C, был незначителен и нами не учитывался.

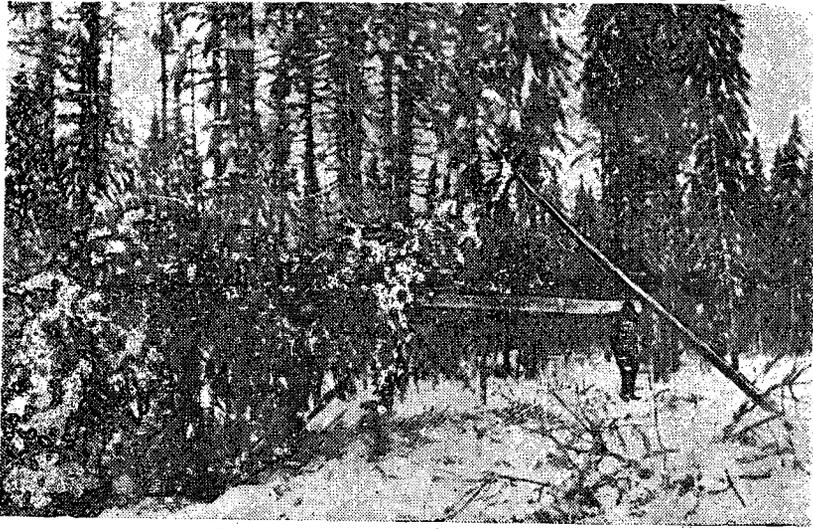


Рис. 1. Взвешивание ствола с кроной.

статистики. При этом были установлены зависимости между весом кроны, диаметром и объемом хлыста для ели, то есть:

$$\begin{aligned} G_{кр} &= f(D) \\ G_{кр} &= f(q_{хл}) \\ p_{кр} &= f(q_{хл}) \end{aligned}$$

где  $G_{кр}$  — вес кроны ствола в кг;  
 $D$  — диаметр хлыста на расстоянии 1,3 м от комля в см;  
 $q_{хл}$  — объем хлыста с корой в м<sup>3</sup>;  
 $p_{кр}$  — отношение веса кроны к весу хлыста с корой в % (в дальнейшем сокращенно именуемое процентом кроны).

Значения статистических показателей, характеризующих исследуемые зависимости, а также вычисленные уравнения связи, приводятся в табл. 1.

Таблица 1.

Вид связи	Среднее квадратическое отклонение $\sigma$	Показатель точности в % $p$	коэффициент корреляции $r$	Корреляционное отношение $\eta$	Ошибка		Достоверности		Уравнение связи
					коэффициента корреляции	корреляционного отношения	коэффициента корреляции	корреляционного отношения	
$G_{кр} = f(D)$	24,0	3,9	0,724	0,943	0,0491	0,0114	15	83	$G_{кр} = 39 - 8,8 D + 0,72 D^2 - 0,01 D^3$ $G_{кр} = 0,156 D^2 + 0,7 D - 8$
$G_{кр} = f(q_{хл})$	22,0	3,7	0,868	0,873	0,0256	0,0246	34	36	$G_{кр} = 6 + 232 q_{хл}$
$p_{кр} = f(q_{хл})$	16,3	4,1	-0,418	0,548	0,0855	0,0725	5	7,6	$p_{кр} = 31 + 0,8 \frac{1}{q_{хл}}$

Графики установленных зависимостей, выражающих закономерности изменения веса кроны  $G_{кр}$  в функции от диаметра  $D$  и объема хлыста  $q_{хл}$ , приводятся на рис. 2, 3 и 4.

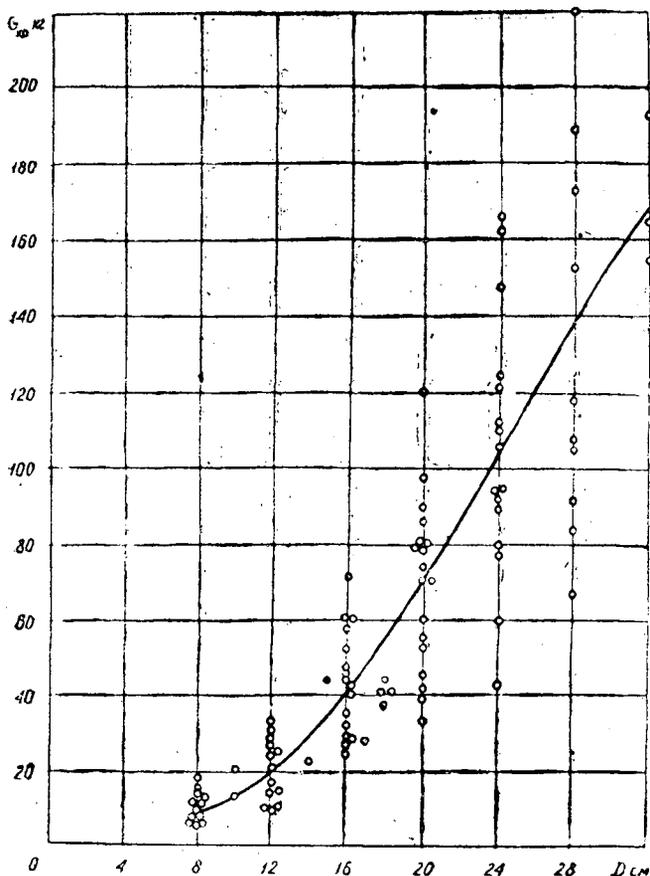


Рис. 2 Зависимость между весом кроны  $G_{кр}$  и диаметром  $D$  ствола на расстоянии 1,3 м от комля.

На графике зависимости  $p_{кр} = f(q_{хл})$  (рис. 4) для сопоставления нанесены кривые зависимости объема, сучьев и объема коры в процентах от объема ствола с корой по данным А. В. Тюриня, И. М. Науменко и П. В. Воропанова [2] для III,8 разряда высот деревьев, как среднеарифметического из всех наблюдений.

Данные табл. 1 и графики указывают на наличие корреляции между исследуемыми параметрами. Так, между весом кроны  $G_{кр}$  и диаметром ствола  $D$  в пределах опыта выявлена довольно тесная положительная корреляционная связь, выражающаяся кубической параболой (рис. 2).

Однако уравнение кубической параболы весьма неудобно для практических расчетов и может быть заменено более простым для пользования уравнением параболы второго порядка (табл. 1), позволяющим определять значения веса кроны почти с такой же точностью.

Между весом кроны  $G_{кр}$  и объемом хлыста в коре  $q_{хл}$  в пределах опыта установлена тесная положительная прямолинейная корреляционная связь (рис. 3), так как коэффициент корреляции почти равен корреляционному отношению (табл. 1).

Данные о весе крон еловых стволов в зависимости от их диаметра приводятся в табл. 2.

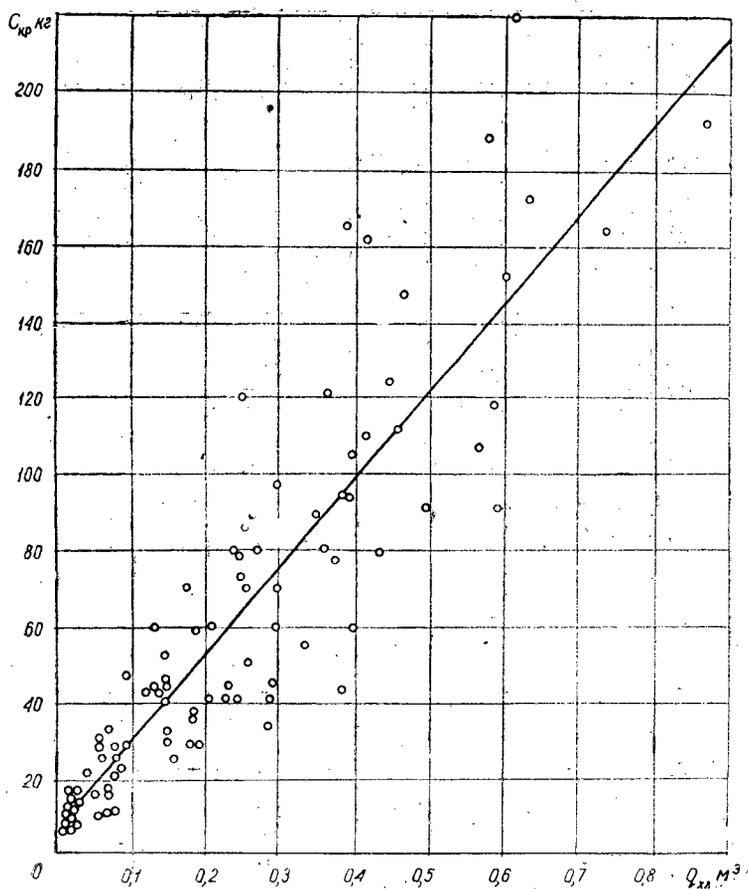


Рис. 3. Зависимость между весом кроны  $G_{кр}$  и объемом хлыста в коре  $q_{хл}$ .

Таблица 2\*

Вес кроны $G_{кр}$ в кг	Диаметр $D$ ствола на расстоянии 1,3 м от комля в см							
	8	12	16	20	24	28	32	
По данным взвешивания	максимальный	17	32	70	120	165	220	192
	минимальный	7	10	25	33	43	66	154
	средний	10	20	43	70	105	130	170
Вычисленный	10	20	42	71	104	139	168	

Из табл. 2 и графиков (рис. 2 и 3) видно, что вес кроны стволов одного и того же диаметра может колебаться в больших пределах и чем больше диаметр или объем хлыста, тем больше пределы этих колебаний. Так, у еловых стволов диаметром 12 см вес кроны колеблется в пределах от 10 до 32 кг (максимальный вес в три раза больше минимального), а у ствола диаметром 20 см — от 33 до 120 кг (максимальный вес почти в четыре раза превышает минимальный).

Такие колебания в весе крон деревьев одного и того же диаметра объясняются различием условий их местопроизрастания, то есть различием бонитетов, полноты и состава лесонасаждений на площади лесорубочного участка и даже пасеки.

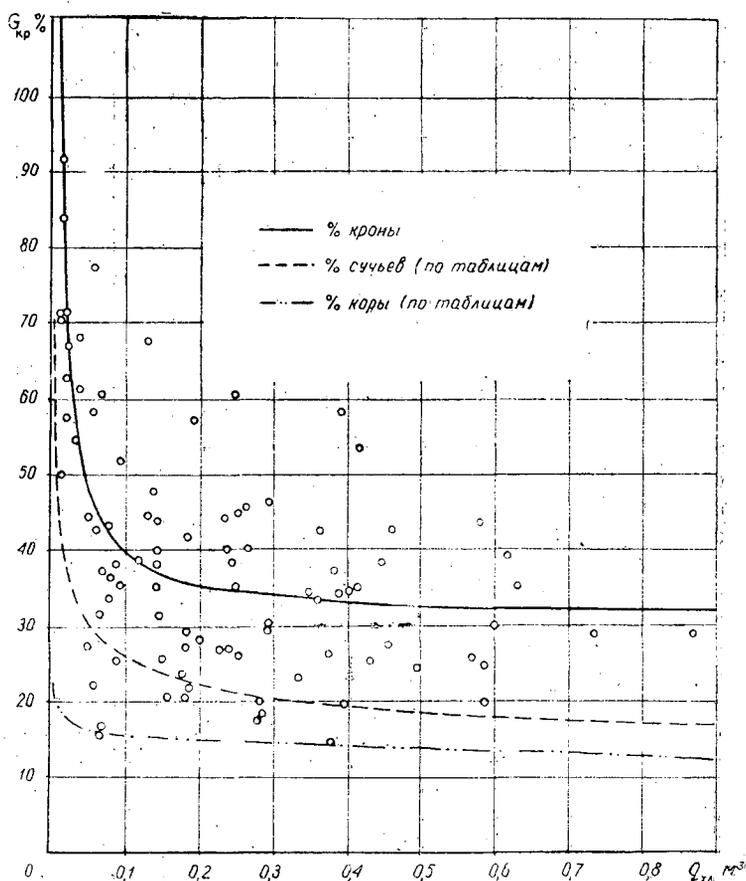


Рис. 4. Зависимость между процентом кроны  $p_{кр}$  и объемом хлыста в коре  $q_{хл}$ .

Между процентом кроны  $p_{кр}$  и объемом хлыста  $q_{хл}$  существует отрицательная корреляционная связь, представляющая собой гиперболу (рис. 4). Так как объем хлыста незначительно отличается от объема ствола (менее чем на 2% при  $D \geq 10-20$  см), то без большой погрешности можно полагать, что уравнение гиперболы (табл. 1) выражает также зависимость веса кроны в процентах от объема ствола, а при объемном весе сучьев и хвои, равном примерно объемному весу древесины, — зависимость между объемом кроны в процентах от объема ствола.

Вес кроны еловых деревьев, вычисленный в зависимости от объема хлыста с корой, приводится в табл. 3.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие практические выводы и предложения:

1. Изменение веса кроны еловых стволов в зависимости от их диаметров выражается кубической параболой.

2. Изменение веса кроны еловых стволов пропорционально изменению объема хлыста (при объемах хлыстов, не превосходящих  $1 \text{ м}^3$ ).

3. Зависимость процента кроны от объема хлыста с корой выражается гиперболой в пределах от 100 до 32%, причем возрастание объема хлыста от 0,01 до 0,2 м³ приводит к резкому снижению процента кроны  $p_{кр}$ , а при дальнейшем увеличении объема хлыста (от 0,2 до 1,0 м³) —

Таблица 3

Объем хлыста с корой $q_{хл}$ в $м^3$	Вес кроны		Объем хлыста с корой $q_{хл}$ в $м^3$	Вес кроны		Объем хлыста с корой $q_{хл}$ в $м^3$	Вес кроны	
	$G_{кр}$ в кг	$P_{кр}$ в % от веса хлыста с корой		$G_{кр}$ в кг	$P_{кр}$ в % от веса хлыста с корой		$G_{кр}$ в кг	$P_{кр}$ в % от веса хлыста с корой
0,012	9	100	0,11	32	39	0,2	53	35
0,02	11	73	0,12	34	38	0,25	64	34
0,03	13	59	0,13	36	37	0,3	76	34
0,04	16	52	0,14	39	37	0,4	99	33
0,05	18	48	0,15	41	37	0,5	122	33
0,06	20	45	0,16	43	36	0,6	145	32
0,07	22	43	0,17	46	36	0,7	169	32
0,08	25	41	0,18	48	36	0,8	192	32
0,09	27	40	0,19	50	35	0,9	215	32
0,10	29	39						

$P_{кр}$  стабилизируется и изменяется лишь в пределах от 35 до 32%, составляя в среднем 1/3 от веса хлыста (ствола).

4. Процент кроны елового ствола, включающей вес сучьев, ветвей, хвои и тонкой верхинки, в 1,5—2 раза больше процента одних сучьев, приведенного в таблицах объемов и сбega стволов [2], если считать объемный вес кроны и объемный вес сучьев одинаковым и равным объемному весу ствольной древесины. Разница между процентом кроны и процентом сучьев составляет процент хвои, вес которой равен почти половине веса кроны.

5. Вес кроны елового ствола вместе с весом коры составляет около 50% веса ствола с корой. Это следует принимать во внимание при технико-эксплуатационных расчетах трелевки, погрузки и вывозки стволов с кронами и при планировании количества и загрузки трелевочных, погрузочных и перевозочных средств.

6. Поскольку объем трелеваемой, погружаемой и вывозимой древесины не учитывает кроны и коры (в ликвиде), то в формулы для расчета рейсовых нагрузок (или объемов пачек) при трелевке, погрузке-выгрузке и транспортировке еловых стволов с кронами надлежит вводить коэффициент  $k = 0,5$ , учитывающий вес или объем кроны и коры. Если учесть еще отпад сучьев, размеры которого установлены Б. И. Бобылевым [1], то поправочный коэффициент может быть выражен формулой

$$k = 0,5 + \frac{\beta P_{кр}}{10000},$$

где  $k$  — доля ликвидной древесины в рейсовой нагрузке (пачке);

$\beta$  — отпад сучьев в ходе выполнения операций, предшествующих расчетной (при повале, трелевке стволов с кронами и т. д.), в процентах от веса кроны.

Для средних объемов хлыста (от 0,15 до 0,5  $м^3$ ) процент кроны можно принимать равным 35, тогда

$$k = 0,5 + 0,35 \frac{\beta}{100}.$$

Например, при перемещении хлыстов  $\beta = 100\%$  и  $k = 0,85$ .

7. Для еловых насаждений Севера вес кроны при расчетах рекомендуется принимать по данным табл. 2 и 3 в соответствии со средним диаметром или средним объемом хлыста (с корой), а точнее — как среднее арифметическое значение с учетом процентного распределения деревьев по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра насаждения.

Например, для лесосеки с еловым насаждением IV разряда высот, имеющим средний диаметр дерева  $D = 20$  см и средний объем хлыста в коре  $q_{хл} = 0,268$  м<sup>3</sup>, средний вес кроны по табл. 2 или 3 составит 71 кг (или 34% веса ствола). Процентное распределение деревьев по группам толщины для лесонасаждения со средним диаметром  $D = 20$  см, по данным проф. А. В. Тюрина и др. [2], составляет:

Ступени толщины в см	8	12	16	20	24	28	32
Число деревьев в %	0,5	8,7	30,1	33,9	18,5	7,1	1,2

Тогда, принимая значения веса кроны по табл. 2 для данных ступеней толщины, находим среднеарифметическое:

$$G_{кр} = \frac{10 \times 0,5 + 20 \times 8,7 + 42 \times 30,1 + 71 \times 33,9 + 104 \times 18,5 + 139 \times 7,1 + 168 \times 1,2}{100} = 70 \text{ кг.}$$

8. Полученные нами данные о весе кроны еловых деревьев могут быть использованы в качестве придержки при исчислении общих запасов лесосечных отходов.

9. Исследования по определению веса кроны еловых деревьев и деревьев других древесных пород надлежит продолжить с целью установления зависимостей веса кроны от диаметров и объемов хлыстов по разрядам высот.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Бобылев. Отпад сучьев при валке и трелевке деревьев с кронами. Журн. «Лесная промышленность», № 10, 1956. [2]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. Лесная вспомогательная книжка. Гослестехиздат, М., 1945.

Поступила в редакцию  
24 апреля 1959 г.

## К ВОПРОСУ О ПАРАМЕТРАХ АГРЕГАТА ДЛЯ РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ НА СОРТИМЕНТЫ

**Г. М. ВАСИЛЬЕВ**

Кандидат технических наук

**Н. В. ЛИВШИЦ**

Ассистент

(Уральский лесотехнический институт)

Применяемая в настоящее время раскряжевка хлыстов электропилами малопроизводительна и требует большой затраты ручного труда. Между тем, концентрация большого объема раскряжевки при значительных сроках эксплуатации нижних складов (15—25 лет) создает благоприятные условия для внедрения на раскряжке леса высокопроизводительных автоматизированных агрегатов, работы по созданию которых ведутся в научных учреждениях страны.

При разработке принципиальных схем стационарных раскряжеочных агрегатов возникает ряд вопросов, не нашедших еще разрешения в печати. Основными из них являются выбор типа и параметров пильного механизма, системы привода надвигания пильного механизма, варианта привода механизма подачи хлыстов и т. д.

Целью настоящей работы является рассмотрение некоторых вопросов, связанных с разработкой агрегатов для разделки хлыстов.

### Механизм пиления

Основой всякого раскряжеочного устройства является пильный механизм, в качестве которого можно применять цепную пилу или круглопильное устройство, состоящее из одной или двух круглых пил.

Выбор типа пильного механизма зависит прежде всего от максимального диаметра реза. Он определяет длину пильной шины цепных и диаметр круглых пил.

Для определения расчетного максимального диаметра реза воспользуемся таксационными таблицами хода роста насаждений, рядами распределения числа стволов и запаса по ступеням толщины, а также таблицей зависимости диаметров хлыстов в комле от диаметров на высоте груди.

По данным Свердловской аэрофотолесоустроительной экспедиции Всесоюзного объединения «Леспроект» (1955 г.) и «Справочника таксатора», в наиболее крупномерных сосновых насаждениях Среднего Урала количество хлыстов, диаметр комля которых превышает 62 см, незначи-

тельно; лишь при среднем запасе на 1 га свыше 500 м<sup>3</sup> и среднем объеме одного хлыста более 1,42 м<sup>3</sup> оно возрастает до 6,7% по числу стволов и до 8,4% — по объему \*. Однако, такие крупномерные насаждения на Урале в лесах III группы практически не встречаются; не встречаются они и в лесозаготовительных районах Карелии, Северо-Запада и Севера Европейской части СССР. В этих районах леса характеризуются значительным преобладанием ели и пихты, низкими бонитетами, малым запасом на 1 га и небольшими средними объемами хлыстов.

Для подтверждения этих данных авторы провели обмер хлыстов, вывезенных по Отрадновской ужд Отрадновского ЛПХ в период с 10 по 19 сентября 1958 г. Сырьевая база Отрадновской ужд характеризуется высокими таксационными показателями и является одной из лучших в Свердловской области. Результаты обмера приведены в табл. 1.

Таблица 1

Общее количество хлыстов	Общий объем м <sup>3</sup>	Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Число хлыстов с диаметром в комле			
			Общий объем			
			до 50 см	50—59 см	60—69 см	70—79 см
3767	5097,53	1,35	3155	526	77	9,0
			3882,93	970	214	30,6

Как видно из табл. 1, хлысты, диаметр комля которых превышает 70 см, встречались в единичном количестве, причем все 9 хлыстов имели дефекты в комлевой части и были раскряжеваны на дрова. Но такие хлысты не нуждаются в оторцовке комля, и поэтому при раскряжевке их на метровые дрова наибольший диаметр реза не превысит 60 см.

Таким образом, можно принять, что максимальный расчетный диаметр пропила для раскряжевочных агрегатов, предназначенных к работе в Европейской части Союза и на Урале, равен 70 см.

Исходя из этого, можно считать, что диаметр круглой пилы для двухпильного устройства должен быть равен 1000 мм, а для однопильного — не менее 1750 мм. Пилы диаметром более 1500 мм нашей промышленностью пока не изготавливаются, однако практика убеждает нас в возможности применения их. Известно, что в лесной промышленности США и Канады с успехом используются круглые пилы диаметром до двух метров. Ценный опыт по внедрению круглых пил большого диаметра накоплен некоторыми предприятиями Урала: На протяжении многих лет на Каквинской и Ново-Колинской дроворазделочных станциях (бывш. трест «Серовлесдревмет») применяются круглые пилы диаметром 1500—1800 мм, изготовленные на местах из листовой стали толщиной 8—9 мм.

По нашему убеждению, изготовление пил диаметром 1750—1800 мм не вызовет особых затруднений и вместе с тем позволит конструировать раскряжевочные агрегаты с однопильным устройством, пригодные для раскряжевки хлыстов, комлевый диаметр которых не превышает 70 см. Для большей поперечной устойчивости и упрощения процесса рихтовки полотна пилы толщина ее должна быть 7—8 мм.

Зубчатый венец пил большого диаметра следует делать комбинированным, состоящим из режущих и скальвающих зубьев, что приведет,

\* Справочник таксатора. Под ред. проф. Н. В. Третьякова. Гослесбумиздат, М., 1952.

как показали исследования, к уменьшению мощности двигателя по сравнению с пилами, у которых зубчатый венец имеет обычную конструкцию.

Некоторой отрицательной особенностью круглой пилы является уменьшение ее первоначального диаметра из-за периодической фуговки и заточки зубьев.

В связи с этим, по мере работы пилы уменьшается диаметр реза, который может быть сделан этой пилой.

Кроме того, уменьшение первоначального диаметра пилы ведет к некоторому падению скорости резания и возрастанию подачи на зуб, а следовательно, к росту усилия надвигания пилы.

Поэтому первоначальный диаметр пилы принимается на 100—150 мм больше необходимого по расчету. Это позволяет сделать не более 100—120 заточек зубьев при сроке службы пилы в 2,5—3 месяца.

Однако для однопильной установки увеличение первоначального диаметра пилы крайне нежелательно.

По нашему мнению, правильнее всего было бы применять для однопильных установок круглые пилы со вставными зубьями. Это позволило бы уменьшить диаметр пилы на 100—120 мм, во много раз увеличить срок ее службы, значительно упростить процесс заточки зубьев и сократить простои, связанные с заменой режущего инструмента.

В тех районах страны, где преобладают крупномерные насаждения, не исключена возможность применения на раскряжевочных агрегатах цепного пильного устройства.

Рассмотрим несколько подробнее технические возможности некоторых типов пильных устройств. С этой целью сравним производительность пиления и удельный расход мощности на 100 см<sup>2</sup>/сек пропила для однопильной установки с круглой пилой большого диаметра, цепного пильного устройства и штанговой пилы. Техническая характеристика их приведена в табл. 2.

Таблица 2

Показатели пильного устройства	Однопильное устройство *	Цепная пила *	Двухпильная штанговая пила **
Максимальный диаметр распила, см . . . . .	70	90	85
Количество пил . . . . .	1	—	2
Диаметр пилы, мм . . . . .	1750	—	1200
Длина пильной шины, мм . . . . .	—	1280	—
Скорость резания, м/сек . . . . .	60	8	55
Ширина пропила, мм . . . . .	10	16	8
Мощность двигателя пильного устройства, квт . . . . .	14	20	2×105
Привод надвигания и подъема пилы . . . . .		гидравлический	
Скорость надвигания, м/сек . . . . .	0,1—0,5	0,1—0,5	0,15—0,4
Диаметр цилиндра привода надвигания пилы, мм . . . . .	80	80	65
Ход поршня, мм . . . . .	50	250	800
Вес пильного устройства, кг . . . . .	800	500	3900

\* По данным рабочего проекта УЛТИ.

\*\* По данным рабочего проекта ЦНИИМЭ.

Для рассматриваемых пильных устройств необходимо установить величину пути надвигания, среднюю высоту пропила и удельную работу резания.

1. Путь надвигания

В зависимости от типа пильного устройства, путь надвигания определяется различно (рис. 1):

а) однопильное устройство:

$$L = \frac{\pi R_0}{180^\circ} \left[ \arccos \frac{R_0^2 + l_0^2 - (R+r)^2}{2R_0 l_0} - \arccos \frac{R_0^2 + l_0^2 - (R-r)^2}{2R_0 l_0} \right];$$

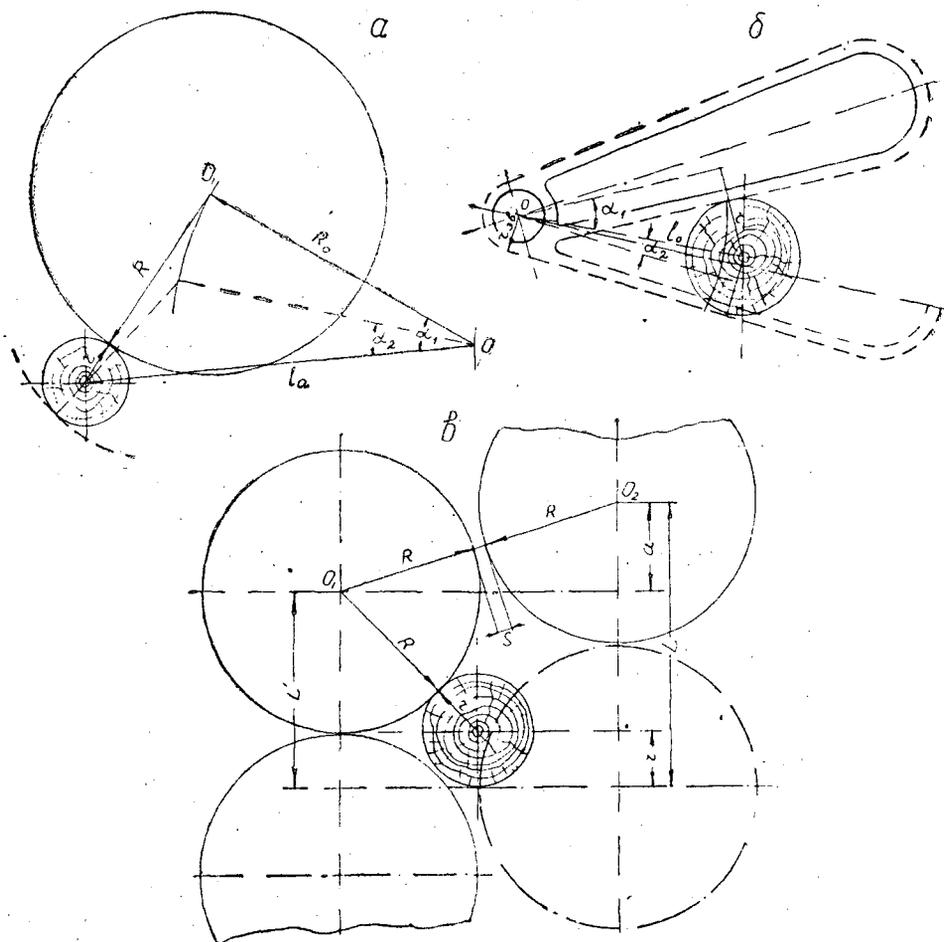


Рис. 1. Расчетные схемы: а — круглая пила; б — цепная пила; в — двухпильное устройство (штанговая пила).

б) цепная пила:

$$L = \frac{\pi \sqrt{l_0^2 - r^2} - 2r r_{зв}}{180^\circ} \left[ \arcsin \frac{r + r_{зв}}{l_0} + \arcsin \frac{r - r_{зв}}{l_0} \right];$$

в) штанговая двухпильная пила: полный путь надвигания

$$L = a + \sqrt{(R+r)^2 - R^2} + r,$$

путь надвигания каждой из пил:

$$L' = \sqrt{(R+r)^2 - R^2} + r;$$

В этих формулах:

$R_0$  — радиус качания пилы ( $R_0 = 1050$  мм);

$l_0$  — расстояние между осью хлыста и осью качания пилы (для однопильной установки  $l_0 = 1185$  мм, для цепной пилы  $l_0 = 754$  мм);

$R$  — радиус пилы (однопильная установка:  $R = 875$  мм, двухпильная установка:  $R = 600$  мм);

$r$  — радиус расчетного сечения пропила 100 мм;

$r'_{зв} = r'_{зв} + h$ , в свою очередь,  $r'_{зв}$  — радиус начальной окружности ведущей звездочки,  $h$  — превышение режущих зубьев над осью шарниров цепи. Для сравниваемой конструкции  $r'_{зв} = 115,2$  мм,  $h = 34,8$  мм;  $r_{зв} = 150$  мм;

$a$  — монтажный размер вертикального сдвига пил, зависящий от величины перекрытия пил и расстояния между пилами по прямой, проходящей через оси пильных дисков.

$$a = \sqrt{(2R + S)^2 - (2R - 2\Delta)^2},$$

где  $S$  — расстояние между пилами в мм,

$\Delta$  — величина перекрытия пил в мм.

Принимая минимально возможные размеры  $S = 10$  мм и  $\Delta = 5$  мм, установим наименьший монтажный размер вертикального сдвига пил:

$$a = \sqrt{(120 + 1)^2 - (120 - 1)^2} = 21,2 \text{ см.}$$

## 2. Средняя высота пропила

Расчетный диаметр пропила принимается равным 20 см. При надвигании с постоянным усилием усилие резания также остается постоянным; переменными являются скорость надвигания и высота пропила. Поэтому расчет ведется по средней высоте пропила

$$H_{\text{ср}} = \frac{F}{L} \text{ мм.}$$

где  $F$  — площадь расчетного пропила в мм<sup>2</sup>;

$L$  — путь надвигания в мм.

При расчете средней высоты пропила для двухпильного штангового устройства необходимо принимать во внимание, что каждая пила распилывает примерно половину расчетного сечения, совершая при этом путь  $L'$ , однако распил всего сечения осуществляется на полном пути надвигания. Следовательно, для штанговой пилы

$$H_{\text{ср}} = \frac{F}{2L'}$$

## 3. Удельная работа резания

Увеличение ширины пропила ведет к снижению удельной работы резания. Это подтверждается многими исследованиями процесса поперечного пиления, в частности, работами ЦНИИМЭ, ЦНИИМОДа и ЛТА им. Кирова.

Расчетная величина удельной работы  $K$  для рассматриваемых установок, испытанных в нормальных условиях затупления, приведена в табл. 3.

Таблица 3

Тип установки	Ширина пропила, мм	Удельная работа $K$ , кг/мм <sup>2</sup>
Однопильная установка . . . . .	10	6,0
Цепная пила . . . . .	16	4,0
Двухпильная установка . . . . .	8	7,5

Остальные величины (максимально возможное усилие резания —  $P$ ; средняя скорость надвигания —  $V_n$ ; средняя подача на зуб —  $C$ ; время пиления расчетного сечения —  $t$ ; производительность пиления —  $H$  и удельный расход мощности —  $N_{уд}$ ) определяются, исходя из установленной мощности двигателя  $N$  (с учетом его способности перегружаться в 1,8 раза), скорости резания, размеров пропила и т. д.

При расчете максимально возможного усилия резания коэффициент полезного действия передачи принят для круглопильных установок равным 0,93, для цепной пилы — 0,7.

Расчет показателей, приведенных в табл. 4, сделан по общеизвестной методике, в основу которой положена формула Денфера и кинематическое соотношение между подачей на зуб при пилении и шагом зубьев пилы. Согласно приведенным данным, расчетная производительность пиления для различных установок остается приблизительно одной и той же. Однако на штанговой пиле такую производительность практически достигнуть трудно, так как она лимитирована скоростью надвигания 0,835 м/сек и подачей на зуб 0,795 мм.

Таблица 4

Показатели	Величина показателей		
	однопильное устройство	цепная пила	двухпильное устройство (штанговая пила)
Максимальное усилие резания, кг . . . . .	39,8	30,8	31,1
Расчетный диаметр пропила, мм . . . . .	200	200	200
Путь надвигания пилы, мм . . . . .	208	196	461(673)
Средняя высота пропила, мм . . . . .	151	160	141
Средняя скорость надвигания, м/сек . . . . .	0,264	0,240	0,835
Средняя подача на зуб, мм . . . . .	0,336	0,12	0,795
Время пиления расчетного сечения, сек . . . . .	0,789	0,817	0,803
Производительность пиления, см <sup>2</sup> /сек . . . . .	395	385	390
Удельный расход мощности, квт на 100 см <sup>2</sup> /сек . . . . .	3,5	5,2	5,13

Примечания: 1) В скобках указана полная длина пути надвигания штанговой пилы. 2) Расчет штанговой пилы произведен при условии полной загрузки одной пилы. Объясняется это тем, что при надвигании с постоянным усилием из-за сдвига пил одновременная загрузка их невозможна и усилие надвигания подбирается по мощности одной пилы. Если бы усилие надвигания было рассчитано на полную загрузку двух пил, то неизбежно возникла бы перегрузка двигателя пилы в период, когда она работает одна.

В действительности скорость надвигания пил принята равной 0,15—0,45 м/сек. Если считать, что средняя скорость надвигания составляет 0,35 м/сек, то производительность пиления при подаче на зуб, равной 0,334 мм, будет всего 193 см<sup>2</sup>/сек, а удельный расход мощности в этом случае составит 12,3 квт на 100 см<sup>2</sup>/сек.

Таким образом, низкие технические показатели, большой вес и сложность конструкции штанговой двухпильной установки делают ее невыгодной по сравнению с другими типами пильных устройств.

У цепного пильного устройства из-за малой скорости резания значительно возрастает усилие резания и надвигания. Это ведет к непроизводительному расходу мощности за счет увеличения трения в шарнирах цепи и на шине. При равной производительности пиления мощность, затрачиваемая цепной пилой, в 1,5 раза выше, чем у однопильной установки. Но по сравнению со штанговой пилой цепная установка оказывается более выгодной. Так, при той же установленной мощности двигателя производительность пиления ее будет почти в два раза выше.

Все сказанное позволяет сделать вывод о выгодности применения в качестве раскряжевочных установок однопильного устройства с пилой диаметром 1750 мм, а в предприятиях с крупномерными насаждениями — агрегатов с цепной пилой.

### Привод надвигания пильного механизма

В настоящее время применяются различные варианты приводов надвигания пил при поперечной разделке хлыстов и бревен. С точки зрения внешней характеристики привода надвигания можно различать следующие категории этих устройств:

1. Надвигание пилы с постоянной скоростью  $V_n = \text{const}$ . Скорость надвигания выбирается из условия максимальной загрузки двигателя при наибольшей высоте пропила.

2. Надвигание с постоянным усилием  $P_n = \text{const}$ ; при этом скорость надвигания переменна в зависимости от высоты пропила, коэффициента сопротивления резания и других факторов.

3. Надвигание пилы с усилием, зависящим от мощности электродвигателя таким образом, что все время поддерживается постоянной оптимальная мощность двигателя, то есть  $N = \text{const}$ . В этих условиях усилие надвигания возрастает по мере затупления пилы, а скорость надвигания зависит от тех же факторов, что и в предыдущем случае.

4. Надвигание пилы со скоростью, величина которой в каждом случае устанавливается по диаметру пропила, то есть  $V_n = f(d)$ . При этом скорость надвигания автоматически устанавливается из условия максимальной загрузки двигателя.

Первый тип привода надвигания применен, например, в лабораторной установке кафедры механизации лесоразработок УЛТИ, второй — в автоматической пиле для разделки рудстойки (ЛТА им. С. М. Кирова), третий использован в автоматической балансирной пиле, описанной инж. И. А. Батиным (Львовский лесотехнический институт) четвертый — в установке А. П. Лося для разделки рудстойки (ЦНИИМЭ).

Для сравнения приведенных выше четырех принципиальных схем привода надвигания сделаем расчет времени пиления бревна диаметром 20 см для всех вариантов привода. В качестве пильного устройства примем круглую пилу.

При расчете исходим из следующих данных:

1. Порода древесины — сосна,  $d_{max} = 60 \text{ см}$ ;
2. Заточка пилы — через 4 часа.
3. Скорость подъема пилы  $V_n = 1 \text{ м/сек}$ .
4. Скорость опускания пилы для второго и третьего вариантов до встречи со стволом  $V_p = 1 \text{ м/сек}$ .

Коэффициент удельного сопротивления резанию для острой пилы —  $K_1 = 5 \text{ кг/мм}^2$ .

6. Коэффициент удельного сопротивления резанию для тупой пилы —  $K_2 = 1,5$ ,  $K_1 = 7,5 \text{ кг/мм}^2$ .

7. Мощность электродвигателя  $N = 14 \text{ квт} = 19 \text{ л. с.}$

8. Скорость резания  $V = 60 \text{ м/сек.}$

9. Ширина пропила  $b = 10 \text{ мм.}$

10. Полный путь перемещения пилы  $L_0 = 850 \text{ мм.}$

11. Время разгона и замедления надвигания пилы не учитывается.

В первом случае скорость надвигания определяется из условия распиловки тупой пилой леса диаметром 60 см, так как ориентация при расчете на раскряжевку острой пилой приведет при  $V_n = \text{const}$  к перегрузке двигателя. Время пиления рассчитывается по среднему диаметру ( $d_{\text{ср}} = 20 \text{ см}$ ) при сохранении той же скорости надвигания.

При надвигании пилы с  $P_n = \text{const}$  усилие надвигания определяется по максимально возможной нагрузке двигателя при пиление острой пилой. Если максимальную нагрузку двигателя установить по усилию надвигания тупой пилы, то будет иметь место перегрузка его при работе с острой пилой, так как усилие надвигания тупой пилы больше, чем острой. Скорость надвигания подсчитывается для различных степеней затупления пилы при условии  $P_n = \text{const}$ .

В том случае, когда надвигание осуществляется при  $N = \text{const}$ , усилие надвигания определяется для разных степеней затупления пилы по максимальной мощности двигателя, а скорость надвигания определяется в зависимости от величины  $P_n$ .

Для последнего способа скорость надвигания определяется по условию максимальной нагрузки двигателя при распиловке леса расчетного диаметра.

Расчет времени чистого и полного пиления сделан по принятой методике с учетом особенностей каждого способа надвигания.

Результаты расчетов представлены в табл. 5.

Таблица 5.

Способ надвигания пилы	Время чистого пиления бревна диаметром 20 см, сек	Полное время пиления, сек	Время пиления 500 хлыстов (по 4 реза), мин
Надвигание с постоянной скоростью . . .	3,7	16,4	550
Надвигание с постоянным усилием . . .	0,81	2,30	76,8
Надвигание с постоянной мощностью пиления . . .	0,74	2,23	74,5
Надвигание со скоростью, зависящей от диаметра реза . . . . .	1,0	5,59	186

Как и следовало ожидать, лучшие показатели дает третий способ и несколько худшие — второй, однако надвигание с постоянным усилием конструктивно может быть осуществлено более просто и применение этого способа в большинстве случаев будет наиболее целесообразным.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

## НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

*А. Н. ПЕСОЦКИЙ*

Профессор, доктор технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Современное прогрессивно развивающееся лесопиление должно быть высокоиндустриальной отраслью промышленности, всемерно использующей достижения науки, новой техники, новой технологии, механизации и автоматизации. В связи с этим в области лесопиления выявляются четыре основные проблемы, по которым и должна вестись основная научно-исследовательская работа: 1) полное и комплексное использование древесины; 2) улучшение работы существующего и создание нового оборудования и инструмента; 3) улучшение и разработка новых технологических процессов, основанных на новом оборудовании и 4) механизация и автоматизация как отдельных узлов, так и всего производственного процесса в целом.

Исходная позиция при решении первой проблемы: выход продукции при распиловке бревен должен определяться не объемом и качеством одних только пиломатериалов, а полным комплексом всей продукции, состоящей из пиломатериалов, заготовок, строганых материалов, мелкой пилопродукции, технологической щепы определенного качества и целевого назначения, стружки как полуфабриката для плит и, наконец, опилок как кондиционного гидролизного или другого сырья. Каждому из этих видов продукции должны быть сопоставлены соответствующие ценностные коэффициенты. В качестве «отходов» должны остаться лишь припуски на усушку и распыл. В сумме они составят 8—10% объема сырья. Если на заводы бревна поступают в коре, то и кору, при ее использовании, следует включать в выход продукции лесопиления.

При таком подходе к понятию «выхода» необходимо пересмотреть вопрос о рациональном и экономически эффективном соотношении указанных видов продукции при первичной обработке в зависимости от размеров и качества сырья, масштаба производства, кооперативных связей, комбинирования, вида транспорта и т. д. Стремление к безоговорочному максимальному повышению количественного выхода только одних пиломатериалов должно уступить место экономически целесообразному распределению перерабатываемой древесины на все или некоторые из вышеупомянутых видов полуфабрикатов и на повышение их качества.

В числе первоочередных необходимо разработать вопрос о наиболее выгоднейшем полном раскросе древесины, начиная от хлыста и кончая готовыми, обработанными деталями. Сейчас уже нельзя локализовать процесс раскроса только одним этапом, как, например, максимальными

поставками, то есть ходом от бревна к доске, или двумя этапами, то есть раскромом бревна на доски и раскромом досок на заготовки.

Нужно детально исследовать возможность и целесообразность перенесения раскряжевки хлыстов на лесопильные заводы при более свободном оперировании длинами бревен и, следовательно, длинами пиломатериалов. Ведь в конечном итоге лишь небольшой процент пиломатериалов используется в полной и одномерной длине, а подавляющее большинство их подвергается раскрою на заготовки различной длины. Одновременно нужно изучать и критически подходить к заявляемым потребителем размерам и качеству пиломатериалов. Нужно также критически пересмотреть существующую сетку размеров толщины и ширины пиломатериалов по ГОСТу с целью возможного и целесообразного сокращения числа размеров.

Далее встает ряд вопросов о рациональном, с экономической точки зрения, использовании и о технологии переработки других компонентов полного выхода древесины, как-то: обрезков, опилок, реек и т. д. В частности, весьма важным является использование опилок, масса которых составляет 11—12% объема сырья, то есть примерно 40—45 тыс. м<sup>3</sup> в год на восьмиарном заводе. Более подробно следует изучить пути использования опилок как сырья для химической переработки (например, при гидролизе), как наполнителя для древесно-опилочных плит и готовых пресованных деталей и т. д. Вопрос этот должен изучаться и решаться на технико-экономической основе, с учетом масштаба и характера производства, а также других сопутствующих условий и показателей.

Необходимо исследовать способы изготовления не только плит, но и деталей фигурного профиля (например, подоконных досок, паркета и т. п.) пресованием измельченной древесины. В этих исследованиях нужно прежде всего установить номенклатуру и вид тех основных деталей, которые могут быть изготовлены непосредственно в процессе пресования, без механической обработки, затем следует определить степень измельчения древесины, необходимую для изготовления тех или иных деталей, состав связующих веществ, режимы пресования, физико-механические свойства спрессованного материала и, наконец, должно быть создано оборудование и разработана полная технология для пресования деталей. Свойства пресованных деталей должны отвечать условиям эксплуатации, соответственно которым должны быть разработаны и методы испытаний.

Весьма остро стоит вопрос о необходимости всестороннего изучения использования коры, которая, по мере внедрения сплошной окорки бревен, становится балластом, значительно отягощающим лесопиление. Напомним, что масса коры составляет 10—12% объема древесины.

Очень важным для практики является склеивание (поперечное и продольное) мелких, но сформированных отрезков. Изучение этого должно в конечном итоге дать разработку полного технологического процесса поточной линии.

Огромную важность представляет изучение методов использования крупных и мелких частей древесины в производстве древесно-стружечных плит. В этом сравнительно новом производстве еще имеется много неясных и неразрешенных вопросов как в части измельчения древесины и оптимальных размеров частиц, так и в отношении оборудования и самого технологического процесса. Огромное значение имеет также разработка вопросов, связанных с производством недефицитных видов связующих материалов. В изучении производства древесно-стружечных плит большое внимание должно быть уделено экономическим исследованиям,

без которых степень выгодности применения, а следовательно, и производства древесно-стружечных плит, остается невыясненной. Производство древесно-стружечных плит — это процесс в основном механического характера, в котором предусматривается использование отходов лесопиления и отчасти фанерного производства; поэтому изучение его следует включить в цикл научных работ по лесопилению.

Вторая проблема — улучшение оборудования и инструмента — ставит перед научными работниками ряд задач, которые по тематике можно разделить на три основных группы, а именно: 1) интенсификация работы и улучшение эксплуатации существующего оборудования; 2) создание новых рациональных типов и конструкций оборудования и изучение их работы и 3) улучшение конструкции и качества инструмента. Необходимы не только экспериментальные наблюдения и конструирование, но и глубокая теоретическая проработка. Без этого новые искания будут идти ощупью, а в этом случае всегда возможны значительные отклонения от правильного пути.

Решая проблему интенсификации работы существующего лесопильного оборудования, нужно в первую очередь изучить вопросы интенсификации работы лесопильных рам, обрезных и торцовочных станков в связи с транспортными и вспомогательными приспособлениями и синхронизацией работы всего потока.

Одним из основных вопросов является установление оптимальной величины посылки на лесопильных рамах в связи с внедрением пил с плющеными зубьями, упрочнением зубьев пил, качеством распила, скольжением на вальцах бревна, точностью распиловки и допускаемыми отклонениями, толщиной применяемых пил и разным профилем зубьев, натяжением пил, распиловкой окоренных бревен и т. п. Посылка — основной фактор производительности и в значительной степени фактор чистоты и точности распиловки. Нельзя рассматривать эти факторы изолированно, а нужно изучать их в совокупности, устанавливая оптимальное значение всего комплекса явлений.

Исследование видов механических устройств, расположенных перед рамами и позади них, в комплексе с работой лесопильной рамы (при разных режимах ее работы) должно дать конструкторам правильную ориентацию в отношении выбора и проектирования системы механизмов. С этим же связано и изучение коэффициента использования машинного времени лесопильной рамы, иначе говоря, вопрос борьбы со скрытыми простоями при разных условиях распиловки.

Не следует удивляться тому, что, казалось бы, изученным и достаточно освещенным вопросам о посылках и коэффициентах использования машинного времени рамы снова уделяется внимание. Улучшение конструкций станков и инструмента (а таковое непрерывно идет) открывает новые возможности в улучшении эксплуатации оборудования. Это и вызывает необходимость снова возвращаться к изучению тех факторов, которые уже ранее подвергались исследованиям, но при других условиях, по иной методике и с иных исходных позиций.

Аналогичное изучение оптимальных условий эксплуатации должно проводиться в отношении обрезных и торцовочных станков с механизированными и автоматизированными приспособлениями и новыми видами инструмента. В частности, необходимо дать исчерпывающее исследование сравнения проходного и позиционного метода торцовки пиломатериалов с учетом построения потска, точности и качества торцовки, трудозатрат, техники безопасности, автоматизации и т. п.

Следует также изучать организацию рабочих мест и систему исчисления заработной платы на потоках, в частности, проанализировать

вопрос об оплате не за объем распиленного сырья, а за количество и качество выпущенной продукции. Существующие первые попытки введения вышеуказанной системы оплаты труда в лесопилении чрезмерно упрощены и не учитывают целого ряда факторов, влияющих на количество и качество продукции.

Решая проблему создания новых видов лесопильного оборудования, необходимо прежде всего провести большие исследовательские работы по изучению тех новых типов, которые должны широко внедряться в нашу промышленность. В первую очередь следует изучить конструктивные и технологические показатели ленточнопильных и круглопильных станков для распиловки бревен, со всеми сопутствующими механизмами. Одновременно с изучением этих станков необходимо изучить и исследовать технологию раскроя древесины на этих станках. Нужно также детально исследовать работу делительных ленточных станков, увязав ее с полным технологическим процессом лесопиления и сушки. Делительная распиловка, сушка, коробление и строгание должны быть изучены комплексно, так как каждый из этих факторов в отдельности оказывает то или иное влияние на выход и качество пилопродукции, а на конечный выход оказывает влияние их совокупное действие.

Представляет несомненный интерес изучение работы горизонтальных ленточнопильных станков для распиловки толстых горбылей на доски параллельно пласти горбыля. Внедрение таких станков в технологический процесс лесопиления должно повлиять на построение всего технологического процесса и на принципы и методы раскроя бревен на пиломатериалы.

Изучая вопросы улучшения качества лесопильного инструмента, большое внимание следует обратить на упрочнение режущего инструмента, особенно рамных, круглых и ленточных пил. Эти исследования идут параллельно с работами по интенсификации работы основного лесопильного оборудования, так как затупление пил на станках, производящих первичную обработку, особенно сильно сказывается как на работе всего потока, так и на качестве распиловки. Известные методы электроупрочнения зубьев, несмотря на благоприятные результаты, полученные в процессе исследований, почти не внедряются в производство, равно как необычайно медленно внедряется горячее плющение зубьев рамных пил. Выбор способа плющения должен быть исследован всесторонне, с полной объективностью, чтобы широкое внедрение плющильных станков и автоматов базировалось на проверенных данных и результатах.

Необходимо провести техническое и экономическое исследование оптимальной толщины рамных пил в разных условиях распиловки. Нужно заметить, что уменьшение толщины пил на 0,2 и даже на 0,4 мм дает весьма небольшой (не превышающий 0,3—0,5%) выигрыш в выходе кубатуры пиломатериалов, в то же время уменьшение толщины пил ухудшает точность распиловки и чистоту поверхности.

Но уточнение пил дает ряд других преимуществ, которые следует учитывать. Комплексное и полное решение вопросов о рациональной толщине пил, о профиле зуба, чистоте поверхности распиловки, выходе пиломатериалов, точности размеров и правильности формы и, наконец, экономии металла при изготовлении пил — это одна из важных задач правильной эксплуатации лесопильной рамы, связанная с повышением ее производительности.

Проблему улучшения технологических процессов лесопиления нельзя считать окончательно решенной ни в отношении самого лесопильного потока, ни в отношении отдельных узлов лесопильного производства. Это

и понятно, так как, несмотря на кажущуюся простоту процесса лесопиления, построение технологического процесса имеет много различных вариантов, отвечающих тем или иным условиям, связанным с вторичной обработкой древесины или ее потреблением, а также с качеством и размерами сырья, полуфабриката и продукции. Широкие исследования по изучению технологических процессов должны быть основаны на теоретических изысканиях, классификации технологических процессов по важнейшим признакам и методике расчета потоков различного типа. Схемы технологических процессов изменяются по мере изменения условий распиловки, внедрения новых типов оборудования, автоматизации процесса и т. д. Разработка технологических процессов с применением нового оборудования, особенно ленточных и круглопильных станков и анализ этих процессов почти не производился, а между тем эти виды оборудования предстоит внедрять в первую очередь. Однако до тех пор, пока не будет разработана теория или, во всяком случае, серьезные теоретические основы построения технологических процессов лесопиления, все поиски лучших решений могут не достигнуть цели, а результаты могут оказаться случайными, не оптимальными и не отвечающими требованиям, предъявляемым производством. Теория построения технологического процесса лесопиления должна охватывать не только отдельные участки этого процесса, как, например, поток в лесопильном цехе, но и дать теоретические обоснования для построения полного технологического процесса, начиная с разделки хлыста или бревна и кончая производством заготовок или других видов конечной продукции лесопиления. Еще недостаточно ясны место и время торцовки пиломатериалов в ходе технологического процесса (в лесопильном ли цехе или перед отгрузкой пиломатериалов), а также время окорки бревен (до оттаивания, после оттаивания или с специальным поверхностным оттаиванием перед окоркой). Выбор окорочных станков разных типов и марок, место окорки, использование коры и т. п. — это значительный комплекс вопросов, которые должны быть решены во взаимной связи факторов и с учетом разновидностей, масштабов и особенностей производства.

Нужно глубоко изучить прогрессивный пакетный способ сушки, позволяющий вести операции с единым пакетом от сортировочной площадки до отгрузки пиломатериалов потребителю.

Большой интерес представляет технико-экономическое изучение выбора подъемных, транспортных и укладочных механизмов на складах сырья и пиломатериалов для предприятий разного масштаба.

Последняя проблема — механизации и автоматизации лесопильного производства — огромна по своей значимости и по необходимости научной разработки большого ряда важнейших вопросов.

В первую очередь должны быть автоматизированы тяжелые и трудоемкие процессы, которых в лесопильном производстве имеется еще очень много. К таковым нужно отнести работы на складах сырья и пиломатериалов, сортировочные работы, торцовку, браковку и маркировку пиломатериалов, сортировку и комплектование заготовок и т. д. Всякая автоматизация должна быть подкреплена технико-экономическими обоснованиями эффективности и целесообразности. Научная работа по автоматизации и механизации лесопильного производства должна начаться с общего плана автоматизации, то есть с изучения под определенным углом зрения всех звеньев производственного процесса, установления очередности работ по автоматизации и механизации и тех заданий, принципов и направлений, которые должны быть заложены в основу разработки комплекса автоматизированных и механизированных узлов лесопильного производства. Естественно, что в этот комплекс

должны войти не только лесопильные цехи, но также строгальные, раскройные, сушильные и прочие цехи и склады лесопильных предприятий. Необходимо серьезно изучить работу первых промышленных автоматических образцов (автоматических сортировочных площадок, пакетоукладочных машин и других механизмов) и накопить опыт работы на них с тем, чтобы серийные выпуски не имели бы дефектов, обычно свойственных всякому новому прототипу. Приходится отметить чрезвычайно медленное внедрение новых механизмов в производство, даже в виде первых опытных или промышленных образцов. Это сильно тормозит рационализацию процессов лесопиления и затрудняет выбор механизмов для серийного изготовления. Вопросам ускорения изготовления, испытания и изучения работы опытных образцов следует уделять серьезное внимание.

При решении проблем автоматизации следует изучить возможность применения элементов новой техники, как-то: дефектоскопии с помощью ионизирующих излучений, фотоэлектронной аппаратуры, специальных счетных приборов, различных электрических, гидравлических, пневматических и механических средств автоматизации и т. д.

Необходимо заниматься и проблемами более отдаленного будущего, как, например, вопросами скоростного безопилочного продольного резания бревен на пиломатериалы при помощи специальных инструментов, нужно изучить процесс предварительной сушки древесины перед ее распиловкой, ибо это сулит значительные выгоды в отношении точности получения пиломатериалов, позволит избежать коробления и т. п.

Можно утверждать, что научно-исследовательская работа в области лесопиления должна решить задачи полного комплексного и оптимального использования древесины, создания нового оборудования, новых типов комбинированных и кооперированных производств, введения экономически эффективной механизации и автоматизации. Нужно полагать, что лесопильные предприятия будущего, организованные на основе научных исследований, будут отличаться от существующих предприятий технологией, оборудованием, трудозатратами и использованием древесины. На улучшение этих показателей и должна быть направлена научно-исследовательская работа в области лесопиления.

Последнее, на что следует обратить большое внимание, это координация научно-исследовательских работ в области лесопиления. Лесопиление — это достаточно узкая область, позволяющая легко проводить систематическую координацию работ и исследований и направлять тематику на решение наиболее актуальных проблем и даже по определенным методическим установкам.

По нашему мнению, координацию научных работ в области лесопиления мог бы успешно осуществлять ГНТК при Совете Министров СССР или РСФСР путем организации специальной, постоянно действующей комиссии, которая бы рассматривала не только проблематику и тематику научных работ, но и основные методические положения наиболее крупных и принципиальных проблем и тем.

## РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

А. Э. ГРУБЕ

Профессор, доктор технических наук

В. И. САНЕВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

При комплексной автоматизации производственных процессов в деревообработке в значительной степени возрастают требования к надежности оборудования как к одной из определяющих предпосылок эффективности применения оборудования и автоматических систем. Надежность должна определяться расчетом задолго до пуска оборудования в эксплуатацию, то есть в стадии его проектирования.

Для того, чтобы иметь возможность рассчитывать надежность оборудования и автоматических систем, необходимо располагать объективным определением понятия «надежность» и ее количественным представлением. Количественная мера надежности необходима, в первую очередь, как основа для принятия объективных решений. Данный раздел работы посвящен теоретическому изучению вопросов надежности оборудования и автоматических линий.

а) Основные определения понятия «надежность» оборудования.

Термин «надежность» оборудования можно рассматривать с различных по своей природе точек зрения. Иногда надежность определяют по среднему времени работы оборудования между двумя неисправностями:

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n} Qt,$$

где  $Q$  — количество испытываемых единиц оборудования одного типа;  
 $t$  — длительность испытания;  
 $n$  — число отказов за время испытаний.

Такое определение весьма удобно для выявления соответствия между надежностью оборудования и продолжительностью выполняемых им задач в практических условиях эксплуатации.

Часто, определяя «надежность», имеют в виду общее число неисправностей, случившихся в данном количестве единиц оборудования за определенный период времени, то есть частоту отказов. Последняя может быть определена выражением

$$\varepsilon = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n N_i.$$

где  $\Sigma N$  — общее количество отказов;  
 $T$  — отрезок времени (час, сутки и пр.).

В ряде случаев «надежность» определяют по числу часов профилактики и ремонта, необходимому для обеспечения одного часа нормальной работы оборудования, то есть

$$\rho = \frac{1}{\Theta} \Sigma t_{\text{пр}},$$

где  $\rho$  — критерий надежности;  
 $\Sigma t_{\text{пр}}$  — суммарное время профилактики и ремонта;  
 $\Theta$  — время обеспеченной работы оборудования.

Последнее определение характеризует и частоту отказов системы и время, затрачиваемое на обнаружение и устранение неисправностей, и, до некоторой степени, организацию профилактических работ; оно весьма полезно для оперативной работы, так как позволяет определить необходимое количество человеко-часов для обеспечения профилактических мероприятий.

Из представленных определений видно, что независимо от различия во внешних признаках все они характеризуют способность оборудования выполнять требуемые функции в необходимый интервал времени, а практическое использование их предполагает наличие статистических данных о сроках службы и выходе из строя оборудования, узлов и деталей.

В реальных условиях производства при исследовании вопросов надежности может возникнуть необходимость в применении нескольких критериев надежности одновременно. Нам представляется, что вопросы надежности оборудования не могут рассматриваться в отрыве от практики эксплуатации оборудования. В силу статистического характера вынужденных простоев оборудования, задачи, связанные с надежностью, целесообразно решать на основе вероятностных закономерностей. С точки зрения статистического характера проблемы наиболее подходящими критериями надежности будут те, которые основаны на статистических или вероятностных соотношениях между нормальной работой оборудования и его выходами из строя.

Опираясь на теоретический фундамент теории вероятностей, можно сформулировать следующее общее определение понятия «надежность оборудования».

«Под надежностью оборудования можно понимать вероятность того, что составной элемент, единица оборудования или система оборудования в целом будут удовлетворительно выполнять требуемые функции в заданных условиях».

Это понятие надежности, являясь общим, может иметь большую область практического применения и в этой связи его можно считать основным при количественном определении надежности оборудования.

Если обозначить через  $H$  — надежность оборудования в работе, а через  $P$  — ненадежность, то в силу основного определения вероятности и противоположности событий ( $H$ ) и ( $P$ ), можно составить простую цепь явлений, а именно:

$$H + P = 1. \quad (1)$$

Отсюда видно, что надежность выражается в долях единицы и в общем случае меняется в пределах  $0 \leq H \leq 1$ .

При  $H = 1$  оборудование обладает абсолютной надежностью, а при  $H = 0$  — абсолютной ненадежностью.

Пользуясь понятием вероятности и основным определением надежности, покажем возможность проведения сравнительных расчетов по надежности на стадии проектирования нового оборудования.

б) Общие соотношения между надежностью работы оборудования и выходом его из строя зависят от конкретных условий решаемой задачи. Разберем наиболее характерные случаи компоновки автоматических линий, а именно:

1. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и с жесткой межстаночной связью.
2. Автоматическая линия с последовательно-параллельным агрегатированием и с жесткой межстаночной связью.
3. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и с гибкой межстаночной связью.
4. Автоматическая линия с последовательно-параллельным агрегатированием с гибкой межстаночной связью.
5. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и со смешанной межстаночной связью.
6. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и с дублированием линий в целом.

*1. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и с жесткой межстаночной связью*

Структурная схема линии:

$$(1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - \dots - n).$$

Данный тип компоновки автоматических линий характеризуется тем, что при повреждении одного из участков нарушается работа всей системы в целом. В силу того, что собственные простои автоматической линии зависят от единичных собственных простоев отдельных участков, простои отдельных участков можно считать независимыми событиями. В этом случае при расчете надежности автоматической линии необходимо пользоваться теоремой об умножении вероятностей.

Представим себе линию, состоящую из  $n$  последовательных единиц оборудования, являющихся отдельными технологическими операционными участками и обладающих вполне определенной вероятностью выхода из строя ( $P_i$ ). Вероятность выхода из строя каждой единицы оборудования является функцией времени работы линии ( $T$ ) то есть

$$P_i = f(T).$$

Событие, заключающееся в том, что какая-то единица оборудования ( $A_i$ ) линии будет работать нормально в течение времени ( $T$ ), является противоположным по отношению к событию, состоящему в том, что та же единица оборудования выйдет из строя за тот же промежуток времени ( $T$ ). Поэтому вероятность нормальной работы единицы оборудования ( $A_i$ ) равна

$$H_i = 1 - P_i. \quad (2)$$

По теореме умножения вероятностей вероятность того, что все  $n$  единиц оборудования автоматической линии будут работать надежно и нормально равна:

$$H_{\text{общ}} = H_1 \cdot H_2 \cdot \dots \cdot H_n = (1 - P_1)(1 - P_2) \cdot \dots \cdot (1 - P_n). \quad (3)$$

Вероятность повреждений всей автоматической линии или, по крайней мере, одной единицы оборудования, выражается

$$P_{\text{общ}} = 1 - H_{\text{общ}} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \cdots (1 - P_n). \quad (4)$$

Формула (4) связывает вероятность повреждения автоматической линии с жесткой связью и вероятностями повреждения отдельных единиц оборудования.

В частном случае, когда все единицы оборудования обладают одинаковой вероятностью выхода из строя, формулы (3) и (4) приобретают вид:

$$H_{\text{общ}} = (1 - P_i)^n \quad (5)$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - H_{\text{общ}} = 1 - (1 - P_i)^n. \quad (6)$$

Из формул (5) и (6) видно, что с увеличением числа участков в линии ее надежность снижается.

При весьма малых значениях вероятности выхода из строя отдельных единиц оборудования формулы (3) и (4) упрощаются:

$$H_{\text{общ}} \cong 1 - (P_1 + P_2 + \cdots + P_n) \quad (7)$$

$$P_{\text{общ}} \cong P_1 + P_2 + \cdots + P_n, \quad (8)$$

то есть при весьма малых вероятностях повреждения оборудования вероятность повреждения всей линии с жесткой связью примерно равна сумме вероятностей повреждения ее оборудования.

В частном случае, когда вероятности повреждения оборудования равны, формулы для приближенного вычисления (7) и (8) приобретают вид:

$$H_{\text{общ}} \cong 1 - nP_i \quad (9)$$

$$P_{\text{общ}} \cong nP_i \quad (10)$$

*Пример расчета:* Допустим, что линия состоит из пяти участков ( $n = 5$ ), каждый из которых имеет вероятности выхода из строя равные:  $P_1 = 0,01$ ;  $P_2 = 0,02$ ;  $P_3 = 0,04$ ;  $P_4 = 0,03$ ;  $P_5 = 0,05$ .

Определим надежность линии в работе. Согласно выражению (3), после подстановки данных получим:

$$H_{\text{общ}} = (1 - 0,01)(1 - 0,02)(1 - 0,04)(1 - 0,03)(1 - 0,05) = 0,85.$$

Соответствующее значение вероятности выхода линии из строя будет по формуле (4) равно:

$$P_{\text{общ}} = 1 - H_{\text{общ}} = 1 - 0,85 = 0,15,$$

то есть при работе линии следует ожидать 15% простоев по причине выхода оборудования из строя.

Пользуясь при расчете приближенными формулами (7) и (8), получим:

$$H_{\text{общ}} = 1 - (0,01 + 0,02 + 0,04 + 0,03 + 0,05) = 0,85.$$

$$P_{\text{общ}} = (0,01 + 0,02 + 0,04 + 0,03 + 0,05) = 0,15.$$

Если отдельные единицы оборудования обладают одинаковой надежностью в работе, то есть  $P_i = 0,05$ , то из уравнений (5) и (6) получим (при  $n = 3$ ):

$$H_{\text{общ}} = (1 - 0,05)^3 = 0,85;$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - H_{\text{общ}} = 1 - 0,85 = 0,15,$$

а по приближенным формулам (9) и (10) будем иметь

$$H_{\text{общ}} = (1 - 3 \cdot 0,05) = 0,85;$$

$$P_{\text{общ}} = 3 \cdot 0,05 = 0,15.$$

Таким образом, при известных вероятностных характеристиках работы оборудования надежность может быть подсчитана на стадии проектирования автоматических линий.

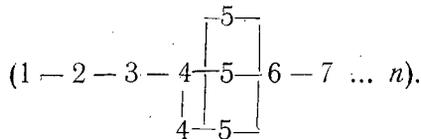
При расчете надежности могут встретиться случаи (при  $n \gg 1$  и  $P$  — значительной), когда величина общей вероятности, подсчитанная по формулам (8) и (10) будет больше или равна единице; то есть

$$P_{\text{общ}} \gg 1.$$

Это означает, что в автоматической линии одновременно вызывают обший простой не один, а несколько участков.

### II. Автоматическая линия с последовательно-параллельным агрегатированием и с жесткой межстаночной связью

Структурная схема линии:



Данный случай компоновки линии может быть представлен двумя самостоятельными вариантами, а именно:

а) При работе линии все единицы оборудования производят продукцию.

Дополнительные единицы оборудования (на любых участках и в любых количествах) установлены в целях обеспечения синхронизма в работе линии, то есть для нивелирования производительности смежных участков.

Общая надежность линии в данном варианте исполнения может быть определена по ранее приведенным зависимостям, так как выход из строя любой единицы работающего оборудования опять-таки приводит к остановке всей системы.

б) При работе линии участки с дополнительно установленным параллельным оборудованием работают не в полную мощность. Дополнительная единица оборудования является дублером и включается в работу в момент отказа основной единицы оборудования. Дублеры устанавливаются на наиболее ненадежных участках с целью увеличения надежности в работе всей линии в целом.

Для определения надежности автоматической линии с дублерами на некоторых участках выясним предварительно связь надежности участка с дублерами с надежностью каждого дублера, то есть определим общую надежность в работе одного параллельного блока оборудования.

В случае двух дублирующих единиц надежность участка будет обеспечена, если будет работоспособен хотя бы один из дублеров. Вероятность того, что хотя бы одна из дублирующих единиц будет функционировать, то есть будет обеспечена работоспособность участка, складывается из суммы вероятностей трех возможных состояний, а именно:

а) Ни единица оборудования  $(A)_1$ , ни единица  $(A)_2$  не выходят из строя.

б) Выйдет из строя единица оборудования  $(A)_1$ , но единица  $(A)_2$  будет работать.

в) Выйдет из строя единица оборудования  $(A)_2$ , но единица  $(A)_1$  будет работать.

Аналитически вероятность надежной системы блока выразится следующим образом:

$$H_0 = H_1 \cdot H_2 + H_2 (1 - H_1) + H_1 (1 - H_2). \quad (11)$$

Преобразуя формулу (11), получим выражение, которым определяется одно неблагоприятное для линии состояние (выйдут из строя оба дублера и линия остановится):

$$H_0 = 1 - (1 - H_1)(1 - H_2). \quad (12)$$

Заменив вероятности  $(1 - H_i)$  через вероятности  $P_i$ , получим:

$$H_0 = 1 - P_1 P_2. \quad (13)$$

Обобщая данное выражение на случай любого числа дублеров на участке, имеем:

$$H_0 = 1 - P_1 P_2 \dots P_m. \quad (14)$$

В частном случае, когда вероятность выхода из строя для дублеров одинакова, выражение для надежности параллельного блока имеет вид:

$$H_0 = 1 - P_i^m. \quad (15)$$

В силу условий (3) и (4) для надежной и ненадежной работы линии в целом получим следующие выражения вероятностей:

$$H_{\text{общ}} = (1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3)(1 - P_4^2)(1 - P_5^3) \dots (1 - P_n). \quad (16)$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3)(1 - P_4^2)(1 - P_5^3) \dots (1 - P_n). \quad (17)$$

Обобщая данные выражения и распространяя их на большинство общих случаев, приходим к выражениям:

$$H_{\text{общ}} = (1 - P_1) \dots (1 - P_k^m) \dots (1 - P_x^z) \dots (1 - P_n). \quad (18)$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - (1 - P_1) \dots (1 - P_k^m) \dots (1 - P_x^z) \dots (1 - P_n), \quad (19)$$

где  $P_1, P_k, P_n$  — вероятности выхода из строя отдельных единиц оборудования;

$k, x$  — индексы участков, на которых установлены дублеры;

$m, z$  — количество дублеров на участках;

$n$  — число последовательных участков.

В частном случае, когда вероятности выхода из строя оборудования равны и дублеры установлены на  $k$ -том и  $i$ -том участках, получим:

$$H_{\text{общ}} = (1 - P)^{(n-a)} [(1 - P^m)_k (1 - P^z)_i], \quad (20)$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - (1 - P)^{(n-a)} [(1 - P^m)_k (1 - P^z)_i], \quad (21)$$

где  $a$  — число участков с дублерами оборудования.

*Пример расчета.* Допустим, что линия состоит из пяти участков ( $n = 5$ ), дублеры оборудования установлены на втором и пятом участках, следовательно,  $a = 2$ . На втором участке установлены 2 и на пятом — 3 дублера. Вероятности выхода из строя оборудования равны:

$$\begin{array}{lll} P_1 = 0,01; & P_2 = 0,06 & P_3 = 0,05; \\ P_4 = 0,08; & P_5 = 0,1. & \end{array}$$

Определим при данных условиях величины  $H_{\text{общ}}$  и  $P_{\text{общ}}$ . Для решения воспользуемся выражениями (18) и (19)

$$H_{\text{общ}} = 0,99 \cdot 0,9964 \cdot 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,999 = 0,86;$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - H_{\text{общ}} = 1 - 0,86 = 0,14,$$

то есть при создании линии с данными вероятностными характеристиками следует ожидать 14% вынужденных простоев, из-за неисправности отдельных единиц оборудования. В частном случае, когда вероятности всех единиц оборудования равны, получим при  $P = 0,05$

$$H_{\text{общ}} = 0,95^3 \cdot 0,9975 \cdot 0,999875 = 0,85;$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - H_{\text{общ}} = 1 - 0,85 = 0,15.$$

Надежность линии с дублерами оборудования на участках в  $K$  раз превосходит надежность линий без дублеров, причем

$$K = \frac{(1 - P)^{n-a} (1 - P_x^m) (1 - P_y^z)}{(1 - P)^n}.$$

При  $P = 0,05$ ;  $m = 2$ ;  $z = 2$ ;  $n = 5$ ,  $a = 2$  получим увеличение надежности, равное

$$K = \frac{0,86 \cdot 0,9975 \cdot 0,9975}{0,73} = \frac{0,856}{0,730} = 1,17,$$

то есть при данных значениях увеличение надежности на линии с дублерами составляет 17%. Увеличение надежности может быть подсчитано и по общим зависимостям (3) и (18).

Применение резервного оборудования приводит к существенному увеличению надежности, но при его устройстве возрастают первоначальные расходы на автоматизацию, а потому установка дублеров должна сопровождаться технико-экономическим анализом рациональности мероприятия. С точки зрения надежности это мероприятие вполне оправдано.

### III. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и с гибкой межстаночной связью

Структурная схема линии:

$$(1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6 \neq \dots \neq n).$$

Линия состоит из независимых участков. В качестве элементов гибкой связи на стыках участков устанавливаются бункеры, транзитные магазины, автоматические склады заготовок. Все эти устройства могут принимать, выдавать и накапливать заготовки. При выходе из строя любого из участков линия в целом продолжает работать. В силу специфики и независимости участков в работе, рассчитывая надежность линии, воспользуемся теоремой о полной вероятности события. Анализируя структуру линии, видим, что для ее работы достаточно, чтобы был исправен хотя бы один участок. Следовательно, нарушение работы линии будет только в случае одновременного выхода из строя всех участков. Здесь следует заметить, что при расчете надежности системы необходимо, кроме  $n$  единиц основного технологического оборудования, учитывать ещё  $n - 1$  единиц связующих гибких элементов.

В этих условиях выход из строя каждого элемента автоматической линии с гибкой связью мы можем рассматривать как независимое событие, так как здесь вероятность одного события не зависит от условной вероятности другого. Обозначим выход из строя каждой единицы оборудования линии через  $P_i$ . Вероятность одновременного выхода всех единиц оборудования (полной остановки линии) равна:

$$P_{\text{общ}} = P_1 P_2 P_3 \dots P_N, \quad (22)$$

где  $P_1 \dots P_N$  — вероятности выхода из строя отдельных единиц оборудования, включая и промежуточные бункеры.

В этих условиях надежность линии определяется формулой:

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_1 P_2 \dots P_{N-1} P_N. \quad (23)$$

В частном случае, когда вероятности выхода из строя всех единиц оборудования равны или приблизительно равны, получим:

$$H_{\text{общ}} = 1 - P^N, \quad (23a)$$

$$P_{\text{общ}} = P^N. \quad (22a)$$

Если вероятности выхода из строя основного оборудования равны между собой, но неравны вероятностям выхода из строя бункеров, а последние обладают равной вероятностью выхода из строя, то

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_0^N P_{\delta}^{N-1}, \quad (24)$$

$$P_{\text{общ}} = P_0^N P_{\delta}^{N-1}, \quad (25)$$

где  $P_0$  — вероятность выхода из строя основных единиц оборудования;

$P_{\delta}$  — вероятность выхода из строя вспомогательных бункеров;

$N$  — количество операционных участков в линии.

Увеличение надежности линии с гибкой связью относительно аналогичной же линии с жесткой связью характеризуется отношением:

$$K_0'' = \frac{H_{\text{общ}}''}{H_{\text{общ}}'} = \frac{1 - P_1 \cdot P_2 \dots P_N}{(1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_N)}, \quad (26)$$

где  $H_{\text{общ}}''$  — надежность линии с гибкой межстаночной связью;

$H_{\text{общ}}'$  — надежность линии с жесткой межстаночной связью.

В частном случае, когда вероятности выхода из строя отдельных единиц оборудования в том и другом случаях равны, получим:

$$K_0'' = \frac{1 - P^N}{(1 - P)^N} \quad (27)$$

или иначе, с учетом выражения (26):

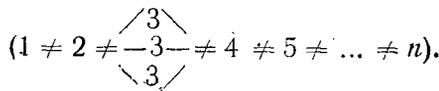
$$K_0 = \frac{1 - P_0^N P_{\delta}^{N-1}}{(1 - P)^N}. \quad (28)$$

*Пример расчета.* Если принять, что  $P_0 = P_{\delta} = 0,1$ , а  $N = 5$ , то из (28) получим значение  $K_0$ , равное

$$K_0 = \frac{1 - 10^{-9}}{0,53} = 1,9 \text{ раза.}$$

#### IV. Автоматическая линия с последовательно-параллельным агрегатированием и с гибкой межстаночной связью

Структурная схема линии



В данном случае компоновки, как и в случае автоматической линии с последовательно-параллельным агрегатированием и с гибкой межстаночной связью, могут быть два самостоятельных варианта, а именно:

а) параллельно установленное оборудование, введенное с целью nivelирования производительности участков, работает полностью и выдает продукцию.

Надежность каждого параллельного блока в данном варианте определяется формулой

$$H_i = (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_m), \quad (29)$$

где  $m$  — число параллельно установленных работающих единиц оборудования.

Практически в линиях устанавливают не более двух параллельных единиц, а потому выражение надежности для одного узла имеет вид:

$$H_i = (1 - P_1)(1 - P_2). \quad (30)$$

При установке в параллель оборудования с равными вероятностями простоя, получим

$$H_i = (1 - P_i)^2. \quad (31)$$

Соответствующее значение вероятности выхода из строя одного параллельного узла будет равно

$$P_i = 1 - H_i = 1 - (1 - P_i)^2. \quad (32)$$

Значение вероятности выхода из строя всех параллельных блоков выражается следующим образом:

$$P_{\text{пар}} = P_i^z = [1 - (1 - P_i)^2]^z. \quad (33)$$

Таким образом, общая надежность автоматической линии с последовательно-параллельными агрегатированием и с гибкой связью дается выражением

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_1 \cdot P_2 \dots [1 - (1 - P_i)^2]^z \dots P_n, \quad (34)$$

где  $P_1 \dots P_n$  — вероятности выхода из строя оборудования в последовательной цепи;

$P_i$  — вероятность выхода из строя оборудования в параллельных цепях.

При числе участков в линии ( $N$ ) и при вероятностях выхода из строя

$$P_1 = P_2 = \dots = P_n = P_0$$

получим следующую общую формулу для расчета надежности:

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_0^N - z [1 - (1 - P_0)^2]^z. \quad (35)$$

*Пример расчета.* Допустим, что  $P_0 = 0,1$ ,  $N = 4$ ,  $z = 1$ , тогда

$$H_{\text{общ}} = 1 - 0,001 \cdot 0,19 = 0,99981.$$

При  $P_0 = 0,1$ ;  $N = 4$ ;  $z = 3$ ;  $H_{\text{общ}} = 1 - 0,1 \cdot 0,0069 = 0,99931$ .

С увеличением числа параллельных звеньев общая надежность в работе линии снижается, так как при расчете надежности следует учитывать вероятность выхода из строя бункеров, то

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_0^N - z [1 - (1 - P_0)^2]^z P_0^N - 1. \quad (36)$$

б) Параллельно установленное оборудование загружено не полностью. Дополнительными единицами оборудования являются дублиры на случай выхода из строя основных единиц оборудования.

Если в блоке две единицы оборудования, то в этом варианте надежность блока равна

$$H_{\text{пар}} = 1 - P_1 \cdot P_2, \quad (37)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — вероятности выхода из строя отдельных единиц оборудования параллельного блока.

Соответствующее значение вероятности простоя параллельного блока при двух дублерах равно

$$P_{\text{пар}} = P_1 \cdot P_2. \quad (38)$$

Так как вероятности простоев по участкам независимы, то общая вероятность параллельных блоков представляется произведением

$$P_{0 \text{ пар}} = (P_{\text{пар}})_1 \cdot (P_{\text{пар}})_2 \cdot \dots \cdot (P_{\text{пар}})_m, \quad (39)$$

где  $m$  — количество участков с дублирующим оборудованием.

При известной вероятности выхода из строя параллельных блоков общая надежность линии будет равна:

$$H_{\text{общ}} = 1 - (P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_k) \cdot (P_{\text{пар}})_1 \cdot (P_{\text{пар}})_2 \cdot \dots \cdot (P_{\text{пар}})_m. \quad (40)$$

В силу равенства (39) получим

$$H_{\text{общ}} = 1 - (P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_k) (P_A \cdot P_B)_{n1} (P_A \cdot P_B)_{n2} \cdot \dots \cdot (P_A \cdot P_B)_{nm}, \quad (41)$$

где  $P_1 \cdot P_k$  — вероятности выхода из строя последовательных участков;  
 $k$  — число последовательно соединенных участков,

$P_A \cdot P_B$  — вероятности выхода из строя единиц оборудования в параллельных блоках;

$k + m$  — число участков в автоматической линии ( $k + m = N$ ).

В частном случае, когда вероятности выхода отдельных единиц оборудования равны  $P_0 = P_i = P$ , получим

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_0^k P_i^{2m} = 1 - P^{2km}. \quad (42)$$

Как в том, так и в другом вариантах данного случая компоновки линии следует учитывать вероятность выхода из строя промежуточных бункеров. Если всего участков в линии  $N = k + m$ , то количество промежуточных бункеров будет равно

$$z = N - 1 = (k + m) - 1.$$

Если обозначить вероятность выхода бункера из строя через  $(P_b)$ , то выражение общей вероятности надежной работы линии принимает вид:

$$H_{\text{общ}} = 1 - P^{2km} P_b^{k+m-1}. \quad (43)$$

В частном случае увеличение надежности автоматической линии с дублерами оборудования можно представить отношением

$$K_0 = \frac{H''_{0 \text{ см}}}{H_{0 \text{ общ}}} = \frac{1 - (P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_k) (P_A \cdot P_B)_{n1} \cdot \dots \cdot (P_A \cdot P_B)_{nm}}{1 - P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_{k+m}}. \quad (44)$$

где  $H''_{\text{общ}}$  — надежность автоматической линии с гибкой межстаночной связью с дублерами на некоторых участках;

$H'_{\text{общ}}$  — надежность автоматической линии с гибкой связью без дублеров на участках.

В частных случаях при равновероятных простоях оборудования получаем:

$$K_0' = \frac{1 - P^{2km} F_{\delta}^{\kappa + m - 1}}{1 - P_0^{\kappa + m} P_{\delta}^{\kappa + m - 1}} \quad (45)$$

Без учета вероятности простоя бункеров, то есть при малом  $P_{\delta}$ , получим:

$$K_0'' = \frac{1 - P^{2km}}{1 - P_0^{\kappa + m}} \quad (46)$$

*Пример расчета.* Допустим, что  $P_0 = P = 0,1$ ,  $K = 2$ ,  $m = 2$ , тогда увеличение надежности будет равно:

$$K_0'' = \frac{1 - 1 \cdot 10^8}{1 - 1 \cdot 10^8} = 1,0001 \text{ раза.}$$

При  $P_0 = P = 0,4$ ,  $K = 2$ ,  $m = 2$ , увеличения надежности соответственно равно:

$$K_0'' = \frac{1 - 0,00065536}{1 - 0,0256} = 1,03.$$

Увеличение вероятности выхода оборудования из строя приводит к увеличению  $K_0''$ , то есть надежность линии с дублерами при всех прочих равных условиях больше, чем линии без дублеров в случае гибкого связывания оборудования.

#### V. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и со смешанной межстаночной связью

Структурная схема линии

$$(1 - 2 - 3 - 4 \neq 5 \neq 6 \neq 7 \neq 8 - \dots - n).$$

В практике автоматизации часто встречаются линии, у которых  $m$  участков соединены жесткими связями, а  $s$  участков — гибкими. При этом участки связаны в последовательную цепь, то есть  $s + m = n$ . Кроме  $n$  единиц основного оборудования в них имеют место  $s - 1$  промежуточных связующих гибких элементов (бункеры, автоматические склады). В силу специфики структурной схемы автоматической линии при расчете надежности будем исходить из следующих положений:

а) линия выйдет из строя полностью в том случае, если откажет хотя бы одна единица в жестко связанной цепи и откажут все  $s$  гибко связанных единиц оборудования;

б) события выхода из строя жестко связанных единиц оборудования в отношении фактических простоев близки к зависимым;

в) события выхода из строя гибко связанных единиц оборудования являются независимыми.

При таких допущениях общая надежность автоматической линии может быть определена произведением

$$H_{\text{общ}} = H_{\text{ж}} H_{\text{г}} \quad (47)$$

Вероятность того, что все  $m$  единиц оборудования с жесткой связью будут работать нормально, равна

$$H_{ж} = (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_m), \quad (48)$$

Вероятность того, что все  $c$  единиц оборудования с гибкой независимой связью будут работать нормально, равна

$$H_{г} = 1 - P_1 \cdot P_2 \dots P_c. \quad (49)$$

При расчете надежности гибко связанных участков учтем  $c - 1$  промежуточных гибких элементов, тогда имеем:

$$H_{г} = 1 - (P_1 \cdot P_2 \dots P_c) (P_{\delta_1} \cdot P_{\delta_2} \dots P_{\delta_{(c-1)}}). \quad (50)$$

В силу условия (47) получим выражение для общей надежности линии:

$$H_{общ} = [(1 - P_{ж1})(1 - P_{ж2}) \dots (1 - P_{жm})] [1 - (P_{г1} \cdot P_{г2} \dots P_{гc}) \cdot (P_{\delta_1} \cdot P_{\delta_2} \dots P_{\delta_{(c-1)}})]. \quad (51)$$

В частном случае, когда выход из строя основных единиц оборудования и бункеров равновероятны, получим:

$$H_{общ} = (1 - P_{ж})^m [1 - (P_2)^c (P_{\delta})^{c-1}]. \quad (52)$$

Соответствующее значение вероятности поломки автоматической линии будет равно:

$$P_{общ} = 1 - (1 - P_{ж})^m [1 - (P_2)^c (P_{\delta})^{c-1}]. \quad (53)$$

*Пример расчета.* Допустим, что  $F_{ж} = P_2 = 0,1$ ,  $P_{\delta} = 0,05$ ,  $m = 3$ ;  $c = 3$ ; тогда согласно уравнению (52) надежность линии в работе равна:

$$H_{общ} = 0,73 \cdot 0,99 = 0,725.$$

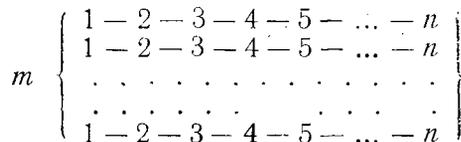
$$P_{общ} = 1 - H_{общ} = 1 - 0,725 = 0,275,$$

то есть следует ожидать около 27% простоев автоматической линии.

Расчет надежности может быть произведен и по общему выражению (51), но для этого необходимо знать значения вероятностей простоя всех входящих в линию единиц оборудования.

### VI. Автоматическая линия с последовательным агрегатированием и с дублированием линии в целом

Структурная схема линии



В зависимости от способа связывания оборудования в единичной последовательной цепи дублирующих линий могут быть два самостоятельных варианта, а именно:

- а) линия выполнена с жесткой межстаночной связью;
- б) линия выполнена с гибкой межстаночной связью.

а) Рассмотрим первый вариант исполнения линии с  $m$  дублерами, содержащими  $n$  связанных единичных участков. В общем случае, для того чтобы линия работала, достаточно одного исправного комплекта оборудования. Следовательно, аварией может считаться только тот слу-

чай, когда одновременно выйдут из строя все дублиеры. Выход из строя каждой линии можно рассматривать как независимое событие. Тогда при расчете надежности может быть использована формула полной вероятности.

Обозначим вероятность выхода из строя одной из  $m$  линий через  $P_i$ . Тогда вероятность выхода всех  $m$  линий из строя определяется формулой

$$P_{\text{общ}} = P_i^m, \quad (54)$$

а надежность работы всей системы соответственно будет равна:

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_i^m. \quad (55)$$

При жесткой межстаночной связи вероятность выхода из строя каждой из  $m$  линий дается выражением

$$P_i = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n). \quad (56)$$

В силу последнего соотношения общая надежность в работе всей системы составит:

$$H_{\text{общ}} = 1 - [(1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)]^m, \quad (57)$$

где  $P_1, P_n$  — вероятность выхода из строя каждой единицы оборудования в автоматических линиях.

Выражение (57) справедливо для случая, когда линии-дублиеры обладают равными вероятностями выхода из строя.

В частном случае, когда все  $m$  единиц оборудования обладают равной надежностью в работе, получим:

$$H_{\text{общ}} = 1 - [1 - (1 - P_0)^n]^m.$$

Увеличение надежности системы с дублиерами по отношению к надежности одиночной автоматической линии определится отношением

$$K_0 = \frac{H'_{\text{общ}}}{H_{\text{общ}}} = \frac{1 - P_i^m}{1 - P_i}, \quad (58)$$

где  $H'_{\text{общ}}$  — общая надежность системы, состоящей из  $m$  дублиеров;  
 $H_{\text{общ}}$  — общая надежность одной линии при  $m = 1$ .

*Пример расчета.* Допустим, что вероятность выхода из строя одной линии равна  $P_i = 0,2$ , а система состоит из двух линий, то есть  $m = 2$ . В этом случае увеличение надежности будет равно:

$$K_0 = \frac{1 - (0,2)^2}{1 - 0,2} = \frac{0,96}{0,80} = 1,2 \text{ раза,}$$

то есть надежность системы, состоящей из двух дублиеров, увеличилась на 20%.

б) Рассмотрим второй вариант исполнения автоматической линии, то есть линию с гибкой межстаночной связью при наличии в системе  $m$  дублиеров оборудования. При вероятности выхода из строя каждого из дублиеров  $P_i$ , как и ранее, получим для вероятности выхода из строя всей системы выражение

$$P_{\text{общ}} = P_i^m. \quad (59)$$

Соответственно, надежность системы из  $m$  дублиеров будет равна

$$H_{\text{общ}} = 1 - P_i^m. \quad (60)$$

При гибкой межстаночной связи общая вероятность выхода из строя выражается произведением (см. предыдущие разделы):

$$P_i = (P_1 \cdot P_2 \cdots P_n)(P_{\delta_1} \cdot P_{\delta_2} \cdots P_{\delta_{(n-1)}}); \quad (61)$$

где  $P_1 \cdots P_n$  — вероятности выхода из строя каждой основной единицы оборудования в линиях дублерах;  
 $P_{\delta_1} \cdots P_{\delta_{(n-1)}}$  — вероятности выхода из строя промежуточных гибких элементов.

Таким образом, общая надежность системы, составленной из  $m$  дублеров будет равна:

$$H_{\text{общ}} = 1 - [(P_1 \cdot P_2 \cdots P_n)(P_{\delta_1} \cdot P_{\delta_2} \cdots P_{\delta_{(n-1)}})]^m. \quad (62)$$

При  $P_1 = P_2 = \dots = P_n = P_0$  и  $P_{\delta_1} = P_{\delta_2} = P_{\delta}$  получим

$$H_{\text{общ}} = 1 - [(P_0)^n \cdot (P_{\delta})^{n-1}]^m. \quad (63)$$

Соответствующее значение вероятности простоя всей системы выражается формулой

$$P_{\text{общ}} = H[(P_0)^n \cdot (P_{\delta})^{n-1}]^m. \quad (64)$$

Увеличение надежности системы, составленной из  $m$  дублеров, по отношению к надежности одной линии, будет равно

$$K_0 = \frac{1 - P_i^m}{1 - P_i}.$$

В частном случае, когда выход из строя элементов равновероятен, получим:

$$K_0' = \frac{1 - [(P_0^n \cdot P_{\delta}^{n-1})]^m}{1 - P_0^n \cdot P_{\delta}^{n-1}}. \quad (66)$$

*Пример расчета.* Допустим, что  $m = 2$ ;  $P_0 = 0,2$ ;  $P_{\delta} = 0,1$ ;  $n = 2$ . При этих значениях увеличение надежности линии равно

$$K_0' = \frac{H''_{\text{общ}}}{H'_{\text{общ}}} = \frac{1 - 0,000016}{1 - 0,004} = 1,005,$$

то есть надежность увеличилась всего лишь на 0,5% по сравнению с надежностью линии без дублера.

При расчете надежности может встретиться (кроме разобранных случаев компоновки автоматических линий) ряд общих задач, а именно:

1. Необходимо определить время выхода из строя линии, в которой имеется  $n$  единиц оборудования. При этом средний срок службы каждой единицы оборудования известен и равен  $\tau$  часов.

*Решение задачи.* Предполагается вероятность выхода из строя участков одинаковой (это вполне допустимо, если при создании линии применены элементы с одинаковой надежностью), то есть  $q(T) = \text{const}$ , определим временную вероятность выхода из строя линии, а именно:

$$P_1(t) = \int_0^t q(T) dt = qt, \quad (67)$$

где  $q(T)$  — временная вероятность выхода из строя участков линии; при вычислении может быть принят любой закон распределения вероятности  $q(T)$ ;

$t$  — время работы линии.

Исходя из определения вероятности, получаем

$$P_1(t) = \frac{t}{\tau}. \quad (68)$$

Вероятность выхода из строя линии может быть определена по формуле вероятности сложного события, то есть

$$P_n(c) = \frac{n \cdot t}{\tau}, \quad (69)$$

где  $t$  — текущее время;  
 $\tau$  — средний срок службы одной единицы оборудования;  
 $n$  — общее число единиц оборудования в линии.

*Пример расчета.* Допустим, что линия состоит из пяти единиц оборудования, то есть  $n = 5$ . Средний срок службы каждой единицы до вынужденной остановки равен 100 час ( $\tau = 100$  час).

Определим вероятность выхода из строя линии, работающей в течение 10 час ( $t = 10$  час).

$$P_n(c) = \frac{5 \cdot 10}{100} = 0,5.$$

2. Необходимо определить экономический эффект применения единиц оборудования с повышенным сроком службы.

*Решение задачи.* Воспользуемся при решении зависимостью (69). Если предположить, что стоимость каждой единицы оборудования зависит от срока ее службы, то есть  $C = C(\tau)$ , то можно констатировать два случая, а именно:

- а) стоимость постоянна:  $C = C_0 = \text{const}$ ;
- б) стоимость переменна:  $C = V \tau + C_0$ .

При известном времени эксплуатации ( $T$ ) определим необходимое число ремонтных операций на участках, то есть

$$N = \frac{T}{t}. \quad (70)$$

Стоимость обслуживания оборудования будет равна

$$\sum_{i=1}^n C_i = n \cdot C \cdot N = n \cdot C \cdot \frac{T}{t}, \quad (70a)$$

Подставляя из (69) значение  $t$ , получим:

$$\sum_{i=1}^n C_i = n \cdot C \cdot \frac{T}{t} = n \cdot C \cdot \frac{T \cdot n}{P_n(C) \cdot \tau}. \quad (71)$$

Если стоимость каждой единицы оборудования постоянна, то стоимость обслуживания определится формулой

$$\sum C_i = \frac{T \cdot C \cdot n^2}{P_n(C) \cdot \tau} = \frac{T}{P_n(C)} \cdot C_0 \frac{n^2}{\tau} = \frac{1}{\tau} \sum C_0', \quad (72)$$

а в случае переменной стоимости — выражением

$$\sum C_i = \frac{T}{P_n(C)} \cdot \frac{n^2}{\tau} (\delta\tau + C_0) = \frac{1}{\tau} C_0' + \frac{T}{P_n(C)} \cdot V \cdot n^2. \quad (73)$$

Следовательно, стоимость обслуживания обратно пропорциональна сроку службы оборудования и прямо пропорциональна квадрату количества единиц оборудования.

В практике расчета могут встретиться и другие задачи, связанные с выявлением надежности. Следует всегда помнить, что объективный расчет надежности определяется наличием фактических данных по функционированию линий и отдельного оборудования в производственных условиях. Сбор и обработка такого материала задача трудная, но в силу необходимости эта задача должна быть разрешена в ближайший же период времени и материал, объективно отражающий простои оборудования, должен быть получен и обработан в виде вероятностных характеристик работы отдельных станков, узлов и деталей. Такие данные могут быть получены в результате практических наблюдений и массовых замеров. Полученные нами теоретические зависимости в полной мере могут быть использованы при производстве сравнительных расчетов надежности оборудования и автоматических линий.

---

Поступила в редакцию  
22 апреля 1959 г.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В МОМЕНТ ПРЕССОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

**А. Н. МИНИН**

Доцент, кандидат технических наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Пластические массы представляют собой сложные композиции из различных органических, а иногда и неорганических веществ. Обычно в состав пластических масс обязательно вводят вяжущие вещества, стоимость которых часто составляет 60—80% стоимости самих изделий из пластмасс. Вяжущие вещества являются, как правило, весьма дефицитными. Все это в значительной степени сдерживает развитие производства пластических масс, хотя потребности в изделиях из пластмасс в нашей стране практически неограничены. Поэтому при решении проблемы широкого развития производства изделий из пластических масс важно найти такие способы, при которых в качестве вяжущих веществ можно было бы использовать дешевые, недефицитные материалы или же обходиться вообще без них, рационально используя вяжущие вещества, находящиеся в самом наполнителе, в продуктах его гидролиза и термоллиза, в продуктах вторичных реакций.

Как показали экспериментальные работы, проводимые автором в Белорусском лесотехническом институте, природа удачно наделила древесину и другие растительные материалы (содержащие лигнин, гемицеллюлозы, целлюлозу и др.) всем необходимым комплексом органических веществ, способных при пьезотермической обработке в замкнутом пространстве давать прочные и водоупорные пластические массы без добавления вяжущих или других химических веществ. Причем при пьезотермической обработке органических веществ (древесины, гидролизного лигнина, костры, горного камыша и др.) в замкнутом пространстве протекают сложные физико-химические процессы. Чем выше давление прессования и температура нагрева прессматериала и чем более длительна выдержка прессматериала под давлением при повышенной температуре, тем более глубоко протекают физико-химические процессы в прессматериале.

По данным Б. Т. Ив и П. А. Иссинского [1] видно, что при нагреве древесины до 150°С химический состав ее изменяется совершенно незначительно. При дальнейшем нагреве (от 150 до 180°С) идет быстрый распад углеводов с образованием большого количества промежуточных продуктов, растворимых в спиртобензоле, в однопроцентном едком натре. Образование высокомолекулярных веществ в этой стадии идет сравни-

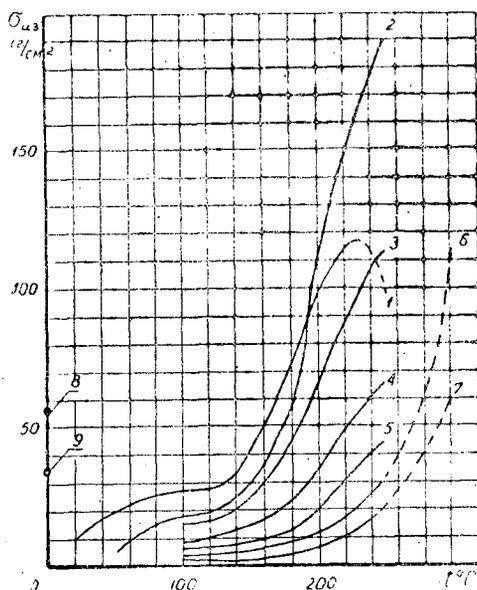


Рис. 1. Зависимость предела прочности изделий при статическом изгибе от температуры материала в момент прессования.

1 — изделий, полученных при влажности опилок 8%, удельном давлении  $1000 \text{ кг/см}^2$  и времени выдержки 30 сек; 2, 3, 4, 5, 6 и 7 — изделий, полученных при влажности опилок 8%, времени выдержки 10 мин и удельных давлениях прессования 300, 150, 100, 75, 50 и  $30 \text{ кг/см}^2$ , соответственно; 8 и 9 — древесины сосны в тангентальном и радиальном направлениях.

тельно медленно. Если нагревать древесину от  $180$  до  $250^\circ \text{C}$ , то часть промежуточных продуктов распада превращается в летучие вещества, что ведет к потере веса, а другая часть конденсируется в высокомолекулярные вещества.

Последнее явление, очевидно, и является решающим фактором в образовании прочных и сравнительно водоупорных изделий, изготовление которых не требует добавления вяжущих веществ. В этом не трудно убедиться, анализируя графики на рис. 1, 2 и 3, построенные по данным наших исследований.

По характеру кривых, приводимых на указанных графиках, видно, что величина прочности изделий при статическом изгибе и сжатии, а также величина их объемного веса в значительной степени зависят от температуры опилок в момент прессования. С повышением температуры прессуемого материала прочность и объемный вес изделий почти во всех случаях увеличиваются, причем наиболее резкое увеличение этих параметров наблюдается при повышении температуры прессования в пределах от  $150$  до  $225^\circ \text{C}$  и особенно в диапазоне от  $180$  до  $225^\circ \text{C}$ .

Если предел прочности изделий при статическом изгибе, полученных при удельном давлении прессования  $1000 \text{ кг/см}^2$ , влажности опилок 8%, времени выдержки 30 сек и температуре опилок в момент прессования  $20^\circ \text{C}$  принять за единицу (кривая 1 на рис. 1), то можно заметить, что за счет повышения температуры нагрева опилок в момент прессования до  $150^\circ \text{C}$  прочность изделий увеличивается в 5,04 раза, а при повышении температуры до  $225^\circ \text{C}$  — в 14,42 раза. Аналогичное явление наблюдается и при испытании указанных изделий на сжатие в наиболее

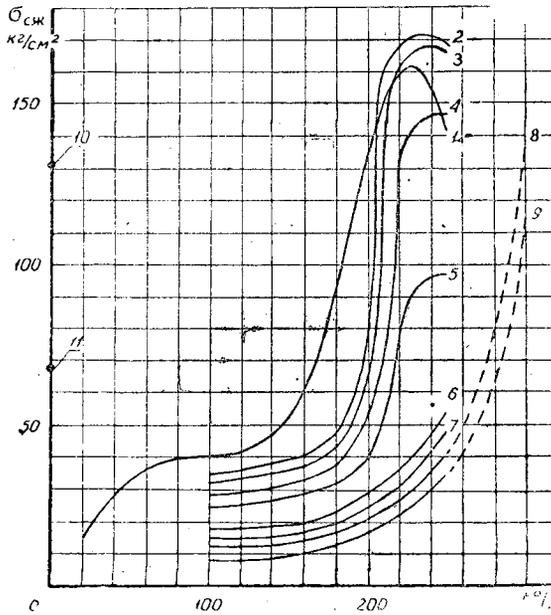


Рис. 2. Зависимость предела прочности изделий при сжатии от температуры материала в момент прессования.

1— изделий, полученных при влажности опилок 8%, удельном давлении прессования  $1000 \text{ кг/см}^2$  и времени выдержки 30 сек; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9— изделий, полученных при влажности опилок 8%, времени выдержки 10 мин и удельных давлениях прессования 300, 250, 200, 150, 100, 75, 50 и  $30 \text{ кг/см}^2$  соответственно; 10 и 11— древесины сосны в тангентальном и радиальном направлениях.

слабом направлении (кривая 1 рис. 2). В этом случае прочность изделий соответственно увеличилась при температуре опилок  $150^\circ \text{C}$  в 3,51 раза, а при  $225^\circ \text{C}$  в 10,83 раза.

Для того чтобы выявить, как влияет температура нагрева опилок в момент прессования на качество изделий при сравнительно низких удельных давлениях прессования, но при более длительной пьезотермической обработке прессматериала, нами были проведены опыты, результаты которых представлены кривыми 2, 3, 4 и т. д. на рис. 1, 2 и 3.

Из анализа указанных кривых следует, что рост температуры нагрева опилок в момент прессования при меньшем удельном давлении прессования не приводит к повышению прочности (исключение составляют области высоких температур ( $250\text{—}300^\circ \text{C}$ ) и сравнительно низких удельных давлений прессования ( $30\text{—}50 \text{ кг/см}^2$ ), где рост прочности изделий довольно значителен). Необходимо отметить, что получить изделия при температуре  $300^\circ \text{C}$  при более высоком давлении и выдержке 10 мин нам не удалось, так как наступала экзотермическая реакция, в результате которой древесина в значительной степени вытекала из прессформы в виде темноватой быстро затвердевающей жидкости, с трудом удаляемой с поверхности прессформы. В момент экзотермической реакции, кроме вытекания указанной жидкости, из прессформы со взрывом выходит большое количество газов. В процессе этих опытов было замечено, что чем выше удельное давление прессования, тем при более низкой температуре наступала экзотермическая реакция. Это явление может быть объяснено тем, что при повышении давления прессования увеличивается деформация молекул, а при деформировании молекул повышается их способность вступать в реакцию.

Понижение прочности изделий, полученных при удельных давлениях прессования 150, 200, 250, 300 и 1000  $\text{кг}/\text{см}^2$  (последнее и при статическом изгибе) и температуре опилок в момент прессования 250° С (рис. 1 и 2), объясняется тем, что с ростом удельного давления прессования экзотермическая реакция разложения древесины наступает при более низкой температуре, и при более высоком удельном давлении затрудняется выход газов из прессматериала. При снятии давления газы быстро выходят, образуя при этом трещины в изделиях, которые и понижают их прочность.

Для предотвращения образования пузырей на прессованных изделиях необходимо после выдержки охладить их до температуры 25—30° С. При достижении температуры 100° С желательно выпустить из спрессованного материала оставшиеся газы через специальные отверстия в прессформах. После охлаждения изделий следует постепенно, плавно снижать давление.

При сравнении кривых 1 на рис. 1 и 2 с кривыми 2 на тех же рисунках видно, что при более длительной выдержке прессуемого материала под действием давления и повышенной температуры можно достигнуть более высокой прочности изделий при меньшем удельном давлении прессования.

Для сравнения прочности изделий, полученных из сосновых опилок без добавления вяжущих или желатинирующих веществ, с прочностью цельной древесины сосны (на рис. 1 указанных точками 8 и 9 и на рис. 2 точками 10 и 11), на оси ординат отмечена прочность последней при статическом изгибе и сжатии в тангентальном и радиальном направлениях.

Сопоставляя предел прочности древесины сосны при статическом изгибе или сжатии с пределом прочности прессованных изделий, мы видим, что прочность последних, при определенных условиях, может быть выше, чем прочность цельной древесины сосны в тангентальном и радиальном направлениях. Так, например, при статическом изгибе предел прочности изделий, полученных из опилок влажностью 8% при удельном давлении 100  $\text{кг}/\text{см}^2$ , температуре опилок 225° и времени выдержки 10 мин, равен пределу прочности цельной древесины сосны в радиальном направлении при действии силы от центра к периферии. Прессованные изделия, полученные при удельном давлении прессования 150  $\text{кг}/\text{см}^2$  и температуре 225° С, прочнее цельной древесины сосны в радиальном направлении в 2,57 раза.

Изделия, полученные из опилок влажностью 8%, при температуре прессматериала в момент прессования 250° С, времени выдержки 10 мин и удельном давлении прессования 300  $\text{кг}/\text{см}^2$ , имели предел прочности при статическом изгибе 190  $\text{кг}/\text{см}^2$  (в 5,4 раза выше, чем предел прочности цельной древесины сосны при статическом изгибе в радиальном направлении).

Из приведенных сопоставлений следует, что при соответствующей пьезотермической обработке измельченных древесных отходов (опилок) даже без добавления вяжущих веществ можно получить более прочный материал, чем цельная древесина сосны.

Повышение температуры опилок в момент прессования в пределах от 20 до 125° С оказывает незначительное влияние на увеличение объемного веса изделий, полученных из опилок влажностью 8% при удельном давлении прессования 1000  $\text{кг}/\text{см}^2$  и времени выдержки 30 сек. Из рис. 3 (кривая 1) видно, что объемный вес изделий, полученных при температуре опилок 125° С, увеличивается всего лишь на 3% по сравнению с объемным весом изделий, полученных при 20° С. Более значительное увеличение объемного веса изделий наблюдается в диапазоне изменения

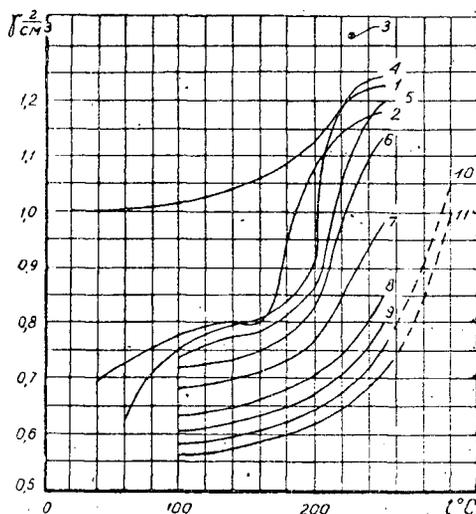


Рис. 3. Зависимость объемного веса изделий от температуры материала в момент прессования.

1 — изделий, полученных при влажности опилок 8%, удельном давлении прессования  $1000 \text{ кг/см}^2$  и времени выдержки 30 сек; 2 — тех же изделий после их хранения в подвальном помещении в продолжении года; 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12 — изделий, полученных при влажности опилок 8%, времени выдержки 10 мин и удельных давлениях прессования  $1000, 300, 250, 200, 150, 100, 75, 50$  и  $30 \text{ кг/см}^2$  соответственно.

температур от  $150$  до  $180^\circ \text{C}$  и особенно значительное на участке от  $180$  до  $225^\circ \text{C}$ . Все изложенное выше относится к объемному весу изделий, находящихся в абсолютно сухом состоянии. Кривой 2 на рис. 3 представлен объемный вес тех же изделий, для которых построена кривая 1. Разница состоит в том, что кривая 2 представляет объемный вес, определенный в абсолютно сухом состоянии изделий после хранения их в течение года в подвальном помещении каменного здания, где относительная влажность воздуха менялась от  $86,2$  до  $98,2\%$  и температура — от  $12$  до  $26,5^\circ \text{C}$ . При сравнении кривых 1 и 2 (рис. 3) видно, что изделия, полученные при температуре опилок во время прессования в пределах от  $20$  до  $150^\circ \text{C}$ , имеют значительное снижение объемного веса при хранении их в подвальном помещении, и наоборот, изделия, полученные при температуре  $180$ — $250^\circ \text{C}$ , совсем незначительно снизили объемный вес при хранении их в тех же условиях. Это имеет большое значение с точки зрения условий эксплуатации прессованных изделий.

Влияние температуры опилок в момент прессования (при различных удельных давлениях прессования, времени выдержки прессматериала под давлением  $10 \text{ мин}$ , влажности опилок  $8\%$ ) на объемный вес изделий видно на рис. 3 (кривые 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 11).

Из указанного графика видно, что температура нагрева опилок в момент прессования оказывает значительное влияние на объемный вес изделий при любом удельном давлении прессования, начиная от  $30 \text{ кг/см}^2$  и выше, особенно значительно это влияние при удельных давлениях в диапазоне  $150$ — $300 \text{ кг/см}^2$ , показанное кривыми 4, 5, 6 и 7. Причем наиболее значительный рост объемного веса изделий наблюдается в диапазоне температур от  $180$  до  $225^\circ \text{C}$ .

Увеличение прочности и объемного веса изделий при повышении температуры опилок в момент прессования вызвано улучшением пласт-

тических свойств измельченной древесины за счет увеличения полной и уменьшения упругой деформации. Увеличение полной деформации при прессовании нагретых опилок объясняется тем, что с повышением температуры опилок до наступления периода наибольшей текучести прессматериала понижаются силы внутреннего трения между прессуемыми частицами. Это приводит к уменьшению сопротивления при их уплотнении. Понижение сил внутреннего трения в прессматериале является следствием физико-химических процессов, протекающих в период предварительного нагрева и в момент прессования опилок в нагретой прессформе. Важнейшими из них являются:

а) ослабление существующих молекулярных связей, возникающее вследствие повышения интенсивности беспорядочного теплового движения молекул, происходящего при нагреве древесины. При повышении температуры прессматериала происходит как бы расшатывание существующих связей между структурными элементами древесины: чем выше температура нагрева, тем интенсивнее молекулярное движение и тем слабее молекулярное сцепление в древесине, тем меньше силы внутреннего трения между элементарными частицами;

б) уменьшение вязкости межмицеллярной влаги, находящейся в древесине, что приводит к увеличению подвижности мицелл при прессовании. При нагревании древесины повышается также температура влаги, находящейся в межмицеллярных пространствах, в связи с чем понижается ее вязкость, что также снижает силы трения между элементарными частицами прессуемого материала. По данным Н. И. Прохорова [3], вязкость воды при температуре  $153^{\circ}\text{C}$  в шесть раз меньше, чем при  $20^{\circ}\text{C}$ ;

в) понижение вязкости смол, выполняющих роль смазки в процессе сжатия прессматериала и затем роль вязкого между прессуемыми частицами (имеется в виду продукт смол — пек);

г) размягчение наполнителя целлюлозного скелета — лигнина, гемицеллюлоз и других аморфных веществ, снижающее сопротивление древесины сжатию;

д) гидролиз древесины (гемицеллюлоз и целлюлозы) и образование моносахаридов, улучшающих пластические свойства древесины. Чем выше температура реакционной среды, тем быстрее протекает гидролиз и сопровождающие его реакции распада моносахаридов. По данным проф. В. И. Шаркова [4], при гидролизе сосновой древесины однопроцентной серной кислотой образование сахара при температуре  $160^{\circ}\text{C}$  не превышает 28%, а при температуре  $200^{\circ}\text{C}$  достигает 42%. Дубильные вещества в условиях гидролиза превращаются в вещества типа флобафенов, нерастворимые в воде и способные давать стойкие коллоидные растворы. Общеизвестно, что продукт гидролиза древесины — глюкоза применяется в качестве клеящего вещества при формовке стержней в литейных цехах, в производстве некоторых соединений хрома для кожевенной промышленности. Ксилоза легко конденсируется с различными органическими веществами, образуя смолообразные продукты, обычно применяемые в производстве лаков и пластмасс;

е) пирогенетическое разложение древесины и происходящие при этом химические процессы, главным образом, вторичные реакции полимеризации и конденсации с образованием синтетических смол и других продуктов, в значительной степени повышающих пластические свойства древесины и т. д.

Увеличение пластической и уменьшение упругой деформации при прессовании опилок, происходящее после окончания периода наибольшей текучести прессматериала, объясняется увеличением сил внутреннего

трения и в какой-то степени — гидролизом целлюлозного скелета и соответствующей потерей им упругих свойств.

Увеличение сил внутреннего трения при прессовании прессматериала за пределом его наибольшей текучести вызвано повышением коэффициента внутреннего трения и увеличением положительной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания (если процесс прессования протекает в первой фазе [2]).

Повышение коэффициента внутреннего трения является следствием физико-химических процессов, протекающих при пьезотермической обработке измельченной древесины в замкнутом пространстве, частичного или полного испарения межмицеллярной влаги, карамелизации продуктов гидролиза, полимеризации и конденсации продуктов пирогенетического разложения древесины и получения при этом твердых веществ и др. При этом следует отметить, что чем выше температура измельченной древесины в момент прессования, тем более глубоко протекают указанные физико-химические процессы. Необходимо заметить, что коэффициент внутреннего трения при охлаждении прессматериала резко повышается, поэтому охлаждение прессматериала после пьезотермической обработки играет большую технологическую роль. При охлаждении упругие деформации прессматериала перерождаются в пластические. Во время охлаждения очень важно выпустить из прессматериала оставшиеся газы, чтобы избежать образования пузырей в изделиях. После охлаждения необходимо плавно снижать давление.

Увеличение положительной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания (при прессовании в первой фазе) является результатом уменьшения толщины слоя межмицеллярной влаги, сближения мицелл древесины между собою и заполнения пустот между прессуемыми частицами — продуктами гидролиза и пирогенетического разложения древесины. Пустоты между частицами, заполненные пластифицирующими продуктами полимеризации и конденсации, затвердевающими не только при охлаждении, но и при высокой температуре, приобретают исключительно большое значение, ибо это приводит к снижению упругой и увеличению пластической деформации. Продукты вторичных реакций, в том числе — пек и др., при прессовании образуют пленки между элементарными частицами прессуемого материала. Стабильность изделий, имеющих неодинаковую структуру, обусловлена не только силами когезии (прочностью вяжущего вещества — пека и др.), но также силами адгезии, действующими между связующим и наполнителем. В начальный период нагревания внутренние связующие вещества под действием температуры и давления переходят из беспорядочного состояния в ориентированное состояние тонких пленок, связывающих прессуемые частицы в одно целое. Чем тоньше будут пленки между частицами, тем прочнее будет изделие. Этого можно достигнуть, применяя более высокое удельное давление прессования или снижая вязкость внутренних вяжущих веществ, либо более сильного нагревания их, либо применяя пластификаторы.

### Выводы

1. По мере повышения температуры прессматериала в момент прессования прочность и объемный вес изделий повышаются, а требуемое удельное давление прессования может быть значительно снижено. Наиболее резкое увеличение прочности и объемного веса изделий наблюдается при нагреве прессуемого материала в пределах от 150 до 225° С и особенно в пределах от 180 до 225° С.

2. При выдержке 2,5 мин на 1 мм толщины готового изделия и удельном давлении прессования  $250 \text{ кг/см}^2$  оптимальными являются температуры нагрева, лежащие в пределах  $185\text{—}200^\circ \text{C}$ .

3. При производстве прочных древесных пластиков перед снятием давления необходимо охладить пластики до температуры  $25\text{—}30^\circ \text{C}$ . Снятие давления следует осуществлять плавно.

4. Процесс пьезотермической обработки прессматериала должен протекать в герметически закрытой прессформе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Т. И в, П. А. Ис синский. Термическая обработка при производстве прессования древесины. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 1—2, 1934. [2]. А. Н. М и н и н. Влияние междучастичных сил на качество прессованных изделий. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 3, 1958. [3]. Е. И. П р о х о р о в. Искусственное обезвоживание торфа. Лениздат, 1944. [4]. В. И. Ш а р к о в. Гидролизное производство, ч. I, Гослестехиздат, 1945.

Поступила в редакцию  
8 апреля 1959 г.

## ПОКАЗАТЕЛИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Н. А. АНТРОПОВ**

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Наряду со специализацией, кооперированием и комбинированием, одной из важных форм организации общественного производства является концентрация производства. Все эти формы тесно связаны между собой: специализация и кооперирование могут дать эффект только при достаточных размерах производства, комбинирование ведет к повышению уровня концентрации и т. д.

XXI съезд КПСС поставил вопрос о концентрации производства однотипной продукции массового применения на небольшом числе предприятий, что должно в значительной мере способствовать специализации и кооперированию отраслей и предприятий в предстоящем семилетии. В связи с этим естественно поставить вопрос о концентрации деревообрабатывающих производств и в том числе — лесопильного производства, продукцию которого следует отнести к продукции массового применения.

Под концентрацией лесопильного производства мы понимаем процесс сосредоточения производства пиломатериалов во все большей степени на крупных предприятиях. Этого можно достигнуть не только путем строительства новых крупных предприятий, но, в основном, за счет расширения и реконструкции действующих средних и мелких — при небольших капитальных затратах.

Следует отметить, что процесс концентрации в лесопилении происходит постоянно. Например, в 1908 г. на территории нынешнего Ленинградского экономического административного района (в границах на 1 января 1958 г.) не было ни одного лесопильного предприятия, на котором работало бы более 500 рабочих, а в 1938 г. число таких предприятий составляло 7,3% общего количества и они выработали 27,8% всех пиломатериалов от общих итогов по отобранной группе предприятий, насчитывающих не менее 16 рабочих.

Однако до настоящего времени уровень концентрации лесопильного производства в СССР довольно низок. Например, в 1955 г. в целом по СССР, из общего числа предприятий, занимающихся лесопилением — 93,8% составляли мелкие (к мелким ЦСУ СССР относит предприятия, насчитывающие: при наличии двигателя — не менее 16 человек всего занятого персонала, при отсутствии двигателя — не менее 30 человек), на которых было произведено 35,5% валовой продукции лесопиления. Средняя годовая производительность одного предприятия в СССР была всего

2,5 тыс. м<sup>3</sup>. Наряду с такими гигантами, как, например, Архангелский лесозавод № 16—17, производящий в год более 600 тыс. м<sup>3</sup> пиломатериалов (1956 г.), у нас имеются и такие предприятия, как, например, Островский райпищекомбинат (Псковская область), промысловая артель «Мщинский лесохимик» (Ленинградская область), производительность которых в 1957 г. не превышала 4 м<sup>3</sup>. Более того, ряд предприятий, имеющих лесопильное оборудование, совершенно не производит пиломатериалы. На мысль о концентрации лесопильного производства наталкивает также наличие в одном промышленном районе нескольких лесопильных предприятий, производительность которых крайне низка. Например, в 1957 г. в г. Ленинграде насчитывалось 154 предприятия со среднегодовым объемом производства в 7,8 тыс. м<sup>3</sup>, в г. Новгороде — 12 предприятий со среднегодовым объемом производства в 5,0 тыс. м<sup>3</sup> и в г. Пскове — 16 предприятий со среднегодовым объемом производства 2,7 тыс. м<sup>3</sup>.

Такое положение создалось в результате необеспечения всех потребителей продукцией лесопиления специализированными предприятиями б. Наркомлеса и б. Минлеспрома, неудовлетворительной системы материально-технического снабжения, в результате стремления за счет эксплуатации небольших предприятий производить пиломатериалы быстрее, особенно в период восстановления разрушенного войной 1941—1945 гг. народного хозяйства, в результате стремления лучше использовать местные небольшие сырьевые лесные ресурсы, и наконец, в результате стремления многих министерств, ведомств, предприятий, учреждений и организаций, производить пиломатериалы самим. Для иллюстрации последнего положения можно привести такой пример. В 1956 г. на территории Ленинградского экономического района лесопилением занималось 56 основных министерств и ведомств. Проведенная по решению партии и правительства в середине 1957 г. перестройка управления промышленностью и строительством привела к резкому сокращению числа основных министерств и ведомств. Создание экономических административных районов, передача в ведение Совнархозов и местных Советов промышленных предприятий, принадлежавших ранее самым различным министерствам и ведомствам, открыло благоприятные возможности для концентрации лесопильного производства.

Целесообразность такой концентрации вытекает из преимуществ крупных предприятий, доказанных классиками марксизма-ленинизма. «Только крупная машинная индустрия вносит радикальную перемену, выбрасывает за борт ручное искусство, преобразует производство на новых, рациональных началах, систематически применяет к производству данные науки» — писал В. И. Ленин\*. Эти слова тесно переплетаются с решениями XXI съезда и Июньского Пленума ЦК КПСС (1959 г.) о быстрейшем внедрении комплексной механизации и автоматизации.

Однако сразу следует вспомнить о решениях XVIII съезда партии, предостерегающих от одностороннего увлечения гигантоманией. Ведь чрезмерная концентрация производства может привести к нарушению социалистических принципов размещения промышленности, к увеличению дальних и нерациональных перевозок сырья и продукции. Кроме того, иногда небольшие и средние предприятия более выгодны для лучшего использования местных сырьевых ресурсов, более быстрого освоения выпуска новых видов продукции и требуют для своего строительства меньше капитальных затрат и времени.

\* В. И. Ленин. Развитие капитализма в России, М., Госполитиздат, 1950, стр. 471.

Чтобы решить вопрос о целесообразности концентрации лесопильного производства, следует провести большую исследовательскую работу в этом направлении, чего до сих пор не было еще сделано. Для этого необходимо будет изучить теоретические положения по данному вопросу, сырьевую базу, состояние лесопильного производства, уровень и степень его концентрации, выявить ее экономическую эффективность и сделать соответствующие теоретические и практические выводы.

Такая работа ведется нами применительно к условиям Ленинградского экономического административного района (в составе т. Ленинграда, Ленинградской, Новгородской и Псковской областей).

Но чтобы изучить состояние, уровень и степень концентрации и выявить экономическую эффективность концентрации лесопильного производства, необходимо выбрать технико-экономические показатели.

Состояние лесопильного производства и, в первую очередь, его распыленность по видам собственности, по самым различным ведомствам и организациям, по назначению лесопильного производства на том или ином предприятии, его размещение на территории района могут быть охарактеризованы следующими данными: полное наименование предприятия (с указанием адреса и подчиненности), источники и способы поступления сырья для лесопильного производства, потребители продукции лесопиления, удельный вес валовой продукции лесопиления в валовой продукции предприятия, количество пиломатериалов, потребляемых внутри предприятия.

Эти данные позволяют сказать, сколько предприятий, находящихся на территории района, составляют государственную собственность, собственность промысловой и потребительской кооперации и собственность колхозов. Они позволяют также сказать, сколько предприятий, расположенных на территории района, находится в подчинении Совета народного хозяйства данного района, сколько — в подчинении местных Советов, и сколько — в подчинении других ведомств, а также указать их удельный вес в выпуске продукции.

Эти же данные позволяют определить, для кого предназначена выпускаемая лесопильным предприятием продукция, и выявить, какой характер носит лесопильное производство (основной, подсобный или побочный).

На основании рассмотренных данных можно составить карту размещения лесопильного производства на территории района, увязать его с сырьевой базой, и по возможности, с потребителями продукции. Одновременно они позволяют судить о степени концентрации лесопильного производства в областных и районных центрах, городах, рабочих поселках и селах, помогают выявить зависимость между объемом производства пиломатериалов и численностью населения.

Уровень концентрации производства обычно определяется удельным весом продукции, произведенной крупными предприятиями, в общем выпуске данной продукции за соответствующий период в целом по отрасли в определенном районе или в целом по стране.

Степень концентрации какого-либо производства определяется путем сравнения ее либо со степенью концентрации других производств, либо со степенью концентрации промышленности района или страны (своей или зарубежной) в целом.

Мы считаем, что эти методы вполне применимы и к лесопильному производству.

Отсюда следует, что для определения уровня концентрации лесопильного производства требуется сначала определить признаки, по которым предприятия можно относить к крупным, средним, мелким и т. д., а

затем, после выявления количества и проведения группировки, определить удельный вес крупных предприятий в производстве пиломатериалов.

Имеющаяся литература показывает, что для определения уровня и степени концентрации раньше (а в ряде случаев и сейчас) пользовались следующими показателями: среднесписочное число рабочих, среднесписочное число всего персонала предприятия, основные средства (по первоначальной стоимости), валовая продукция в сравнимых отпускных ценах, силовой аппарат (общая мощность установленных двигателей), капиталовооруженность, энерговооруженность труда, выпуск продукции на единицу стоимости основных средств.

Возникает вопрос: какой показатель взять за основу при определении уровня концентрации лесопильного производства для деления всех имеющихся лесопильных предприятий и цехов на крупные, средние, мелкие и т. д.?

Рассмотрим подробнее приведенные выше показатели с точки зрения определения размера лесопильного производства.

В СССР для определения уровня концентрации сейчас наиболее распространен показатель «среднесписочное число рабочих». Как известно, среднесписочное число рабочих в том или ином производстве находится в прямой зависимости от уровня производительности труда. Следовательно, число рабочих будет зависеть от степени механизации, автоматизации, электрификации производственных процессов, от производительности оборудования и т. д. И чем больше будет внедряться новое высокопроизводительное оборудование, чем больше будут механизироваться и автоматизироваться производственные процессы, тем для производства одного и того же объема продукции будет требоваться все меньше и меньше рабочих. Например, расчет показывает, что при одинаковом числе лесопильных рам, режиме работы, диаметре сырья и способе его распиловки, объем выпуска пиломатериалов цехами, оборудованными лесорамами Р-65-3 в 2,6 раза больше объема лесопильной продукции, выпускаемой цехами с лесорамами типа Р-65-2, хотя количество производственных рабочих возросло только на 53%. Поэтому и сейчас, а в будущем — тем более, показателем «среднесписочное число рабочих» для определения размера лесопильного производства пользоваться нельзя.

То же самое в полной мере относится к показателю «среднесписочное число всего персонала предприятия», куда, помимо производственных и вспомогательных рабочих, занятых в лесопильном производстве, войдут рабочие и другие категории персонала, занятые в других производствах и обслуживающих все предприятие в целом. Количество всего персонала даже только одного лесопильного цеха и то не позволяет судить о размере производства. А если учесть, что выпуском пиломатериалов часто занимаются отдельные цехи на самых различных предприятиях, тогда будет совершенно ясно, что показатель «среднесписочное число всего персонала предприятия» для определения размера лесопильного производства также непригоден.

Промышленно-производственные основные средства (основные фонды) предприятия в большей степени позволяют судить о размере предприятия и отдельного производства. Но и в этом показателе очень много условностей. Ведь сейчас в промышленности учет основных средств ведется по первоначальной стоимости, то есть по стоимости в момент ввода в эксплуатацию. В СССР в разное время было построено большое количество новых предприятий, в разное время вводились в действие новые основные средства. В то же время оставались «старые» основные сред-

ства, стоимость которых исчислялась ценами 1928 г., а за 30 лет в стране менялся уровень цен, значение советского рубля. Намечаемая в 1960 г. переоценка основных фондов сделает эти показатели более сравнимыми. Кроме того, не всегда основные средства, которые числятся за тем или иным предприятием, участвуют в процессе производства. Таким образом, этот показатель также нельзя положить в основу определения размера концентрации лесопильного производства.

Основной недостаток показателя «валовая продукция лесопильного производства» заключается в том, что в нем находит выражение внутризаводской оборот. Для лесопильного производства это означает, что если все пиломатериалы используются внутри самого предприятия, то валовой продукции лесопиления вообще не будет. То есть о действительном размере лесопильного производства по этому показателю судить нельзя, тем более что условны и сравнимые цены.

Внимательный взгляд на показатель «силовой аппарат», на общую мощность установленных двигателей сразу говорит о том, что этот показатель также неприменим для определения размера производства, в частности, объема производимых пиломатериалов. Ведь в общую мощность установленных двигателей должны включаться как первичные (паровые машины, турбины, двигатели внутреннего сгорания), так и вторичные двигатели (электрогенераторы, электромоторы и т. д.). И кроме того, известно, что не все предприятия сами производят пар и электроэнергию: многие получают и то и другое со стороны.

Соответственно не могут быть приняты за основу для определения объема лесопильного производства и показатели, производные от перечисленных выше: капиталовооруженность и энерговооруженность труда, выпуск валовой продукции на единицу стоимости основных средств и др. Их, как и все перечисленные выше показатели, можно использовать только как подсобные, главным образом, для сравнения уровня концентрации лесопильного производства с уровнем концентрации других производств и всей промышленности. Конечно, они понадобятся также для определения влияния различных факторов на объем производства, на основные качественные показатели.

Следует отметить, что до сих пор очень часто при определении уровня концентрации в лесопилении, о размере лесопильного производства на том или ином предприятии судили по количеству установленных лесопильных рам. Его можно считать одним из важных показателей концентрации лесопильного производства, но не основным, так как, во-первых, имеются лесорамы различных типов и мощности, а во-вторых, для выработки пиломатериалов постоянно внедряется новое оборудование, как, например, круглопильные и ленточнопильные станки. Так, на предприятиях Ленинграда по данным переписи на 1 августа 1958 г. было установлено: 112 двухэтажных лесорам, 267 одно- и полутораэтажных, 9 передвижных, 14 коротышевых, 15 горизонтальных, 135 ленточнопильных станков для бревен (горизонтальных и вертикальных), 118 — продольно-распиловочных круглопильных станков для бревен с тележкой (включая и шпалорезки).

Возникает вопрос: какой же все-таки показатель считать основным при определении размера предприятия и отдельного производства? Учебник «Экономика социалистической промышленности» отвечает на этот вопрос так: «Основным показателем, определяющим размер предприятия, является объем выпуска продукции»\*. Такого же взгляда при-

\* Экономика социалистической промышленности. М.—Л., Госполитиздат, 1957, стр. 197.

держиваются многие советские экономисты, в том числе Л. Я. Берри, Н. Н. Некрасов и др. За рубежом для определения размера предприятия и уровня концентрации лесопильного производства за основу часто берется количество пиломатериалов, вырабатываемых тем или иным предприятием. Например, в США, Швеции, Финляндии основным показателем является количество пиломатериалов, произведенных в год (в стандартах); в Канаде за основу берут стоимость выпущенной валовой продукции (в тыс. долларов в год), но при характеристике отдельных предприятий обычно используется показатель выпуска пиломатериалов в смену.

Ясно, что объем выпуска продукции можно характеризовать выпуском продукции в натуральном или стоимостном выражении. Выше была доказана неприменимость для определения размера лесопильного производства показателя «валовая продукция лесопильного производства».

Следовательно, нам остается рассмотреть натуральные показатели в лесопилении.

Очень часто наши специалисты для характеристики лесопильных предприятий Советского Союза, а также зарубежных стран наряду с показателем «количество установленных лесопильных рам», применяют показатель «количество распиленного сырья» на предприятии в год. Мы считаем, что этот показатель не может дать удовлетворительного решения вопроса в данном случае по той причине, что оперируя им, нельзя определить: сколько же пиломатериалов дает то или иное предприятие народному хозяйству. Конечно, этот показатель необходим для увязки лесопильного предприятия с сырьевой базой и при выяснении вопроса о количестве отходов и их использовании, поэтому он важен при определении, главным образом, экономической эффективности концентрации лесопильного производства, но не уровня и степени концентрации его. Большинство предприятий, занимающихся лесопилением, в статистических годовых отчетах показывают только количество произведенных пиломатериалов, без указания количества распиленного сырья.

Исходя из вышеизложенного, а также из самого определения понятия, основным показателем концентрации лесопильного производства в СССР следует считать общее количество произведенных за год пиломатериалов, включая внутриводской оборот и давальческие, в натуральном выражении (в  $m^3$ ).

На основании изучения имеющихся данных за ряд лет по лесопильному производству на территории Ленинградского экономического района, нами предложена следующая группировка лесопильных предприятий, цехов, участков и установок по годовому объему пиломатериалов: очень мелкие — с объемом производства до 3,4 тыс.  $m^3$  в год, мелкие — с объемом от 3,5 до 15,0 тыс.  $m^3$ , средние — от 15,1 до 50,0 тыс.  $m^3$  и крупные — свыше 50,1 тыс.  $m^3$  пиломатериалов в год; к крупнейшим предприятиям, расположенным на территории данного района, можно отнести предприятия и цеха с объемом производства, превышающим 100,1 тыс.  $m^3$  пиломатериалов в год.

В табл. 1 приведены результаты группировки всех лесопильных предприятий, цехов и установок (включая колхозные) в 1957 г. Данные таблицы позволяют установить уровень концентрации лесопильного производства в Ленинградском экономическом административном районе.

Из таблицы можно сделать вывод, что уровень концентрации лесопильного производства на территории данного района довольно высок: только 3% средних и крупных предприятий и цехов дали более половины (54,5%) всех пиломатериалов; выработанных за 1957 г. на террито-

Таблица 1

Группы предприятий, цехов и установок по общему количеству произведенных пиломатериалов в год	Количество предприятий, цехов и установок в %	Общее количество произведенных пиломатериалов в %
Очень мелкие до 3,4 тыс. м <sup>3</sup> . . . .	88,4	24,0
Мелкие — от 3,5 до 15,0 „ . . . .	8,6	21,5
Средние от —15,1 до 50,0 „ . . . .	1,9	17,7
Крупные от —50,1 и более „ . . . .	1,1	36,8
Итого по району	100,0	100,0

Примечание: Таблица составлена по материалам, собранным в статистических управлениях Ленинграда, Ленинградской, Новгородской и Псковской областей.

рии Ленинградского экономического района. Однако в выпуске пиломатериалов высок удельный вес и очень мелких и мелких предприятий, а их подавляющий удельный вес по числу предприятий заставляет думать о необходимости проведения работы по концентрации. Но, конечно, этого нельзя делать, не определив экономическую эффективность такого мероприятия. Из существующих методов определения экономической эффективности выбираем метод сравнения. Считаем, что для определения экономической эффективности лесопильного производства нужно провести сравнение технико-экономических показателей лесопильных предприятий разного размера, но с одинаковыми условиями поставок и характеристик пиловочного сырья. Понятно, что сравнение будет производиться не по всему количеству имеющихся предприятий, а только по ограниченному числу выбранных. Для сравнения необходимо привлечь также проектные технико-экономические показатели соответствующих типовых лесопильных предприятий.

При определении экономической эффективности концентрации лесопильного производства, конечно, в первую очередь понадобятся такие технико-экономические показатели, которые помогут судить о технической вооруженности предприятия, об использовании имеющихся основных средств, в частности, основного производственного оборудования (лесопильных рам и установок); об использовании оборотных средств, и, отдельно, об использовании сырья и отходов; об использовании труда рабочих и всего промышленно-производственного персонала; об уровне производительности труда и заработной платы, о себестоимости производимых пиломатериалов и рентабельности лесопильного производства, а также о сумме капитальных вложений для строительства лесопильных предприятий и цехов разного размера, с указанием проектных сроков строительства и окупаемости.

Для выявления рациональности перевозок пиловочного сырья и пиломатериалов, помимо общего изучения сырьевой базы, понадобятся (кроме указания месторасположения источников сырья и потребителей пиломатериалов) и такие данные как среднее расстояние перевозок пиловочного сырья и пиломатериалов, с указанием дополнительных расходов по перевозкам. Таким образом, потребуется привлечение технико-экономических показателей, общих для всех производств различных отраслей промышленности, а также специальные, имеющие место только в лесопильном производстве.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

К ВОПРОСУ ОБ ОМЫЛЕНИИ ЭФИРОВ ИЗОБОРНЕОЛА  
ВОДНОЙ ЩЕЛОЧЬЮ

## Сообщение 4

ОМЫЛЕНИЕ ИЗОБОРНИЛ-ФОРМИАТА В ПАРОВОЙ ФАЗЕ  
ПРИ ПЕННОМ РЕЖИМЕ \*

В. А. ВЫРОДОВ

Младший научный сотрудник

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

Предыдущая статья [1] была посвящена омылению изоборнил-формиата в струе пара. Однако такой способ омыления, хотя и помогает выявить ряд закономерностей, не представляет практического интереса ввиду ничтожной производительности. Было показано [1], что процесс омыления изоборнил-формиата происходит в диффузионной области. Диффузионные процессы можно значительно интенсифицировать, если проводить их при пенном режиме [5]. В настоящей статье излагаются результаты опытов по омылению изоборнил-формиата водной щелочью при пенном режиме.

*Методика работы*

Опыты проводились на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 13.

Всего было проведено три серии опытов, в которых использовали пенные реакторы (см. рис. 14). Как видно из рисунка, решетки двух реакторов имели по семь отверстий ( $n = 7$ ), расположенных по правилу шестиугольника, а один из них имел решетку с тринадцатью отверстиями ( $n = 13$ ), расположенными в том же порядке. В двух первых реакторах решетки отличались друг от друга лишь диаметрами отверстий при постоянном шаге их, а решетки третьего отличались от решетки первого только расстоянием между центрами отверстий. Диаметр живого сечения каждого из реакторов в отдельности — 33 мм. Высота цилиндра над решеткой во всех трех случаях равнялась 250 мм, толщина решетки — 2 мм. Свободное сечение  $S$  в этих приборах соответственно равнялось:

а) для решеток с диаметром отверстий 2 мм, при  $n = 7$ ,  $S = 2,6\%$ ;  
при  $n = 13$ ,  $S = 4,85\%$ ;

б) для решетки с диаметром отверстий 4 мм при  $n = 7$ ,  $S = 10,3\%$ .

\* Работа выполнена под руководством проф. С. Я. Коротова:

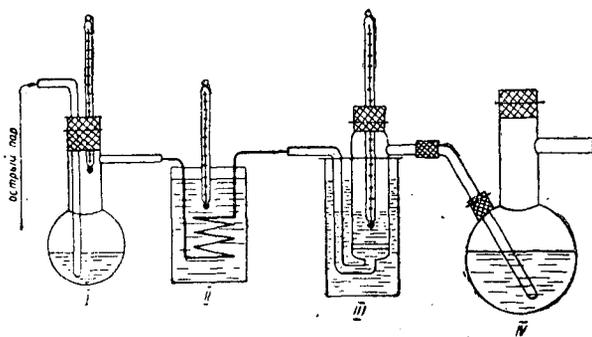


Рис. 13. Схема лабораторной установки.

*I* — колба-испаритель, объем 250 мл; *II* — змеевиковый пароперегреватель; *III* — пенный аппарат; *IV* — колба-приемник, объем 750 мл.

Во всех опытах в качестве сырья использован технический изоборнил-формиат, полученный с Нейво-Рудянского лесохимического завода. Анализ показал следующий его состав: изоборнил-формиата 84,3%, изоборнеола 15,7%. Омыление производили водным раствором NaOH 26,3%-ной концентрации. Анализ сырья и продуктов производился по ранее описанным методикам [2].

Методика постановки опытов во всех случаях была одна и заключалась в следующем. В колбу-испаритель брали навеску технического эфира, в пенный реактор — навеску щелочи определенной концентрации, а в колбу-приемник — навеску толуола. После того, как навески эфира, щелочи и толуола были помещены в соответствующие аппараты и температура нагреваемой щелочи в пенном реакторе приближалась к температуре кипения, начиналась подача острого водяного пара в колбу-испаритель. Из колбы-испарителя пары (в среднем отношении 4 части воды к 1 части эфира) поступали в пароперегреватель, а затем уже направлялись в пенный реактор. Перегрев пара осуществлялся с помощью медного змеевика, помещенного в ванну со сплавом Вуда. Температура реакционного объема измерялась непосредственно. Обогревался реактор с помощью глицериновой ванны. Благодаря тому, что реактор и ванна были изготовлены из стекла, было возможно визуальное наблюдение за гидродинамическим состоянием системы. Из пенного реактора пары воды, изоборнеола и непрореагировавшего эфира поступали в колбу-приемник, где пары воды конденсировались, а пары изоборнеола и изоборнил-формиата улавливались толуолом. Во всех опытах поддерживался одинаковый температурный режим, причем температуру в реакторе стремились держать на 2—3°С выше температуры в колбе-испарителе, что позволяло предупредить возможность конденсации в реакторе паров изоборнеола и непрореагировавшего эфира. Средние значения температур были: в реакционном объеме — 110—113°С, в колбе-испарителе — 108—110°С. Продолжительность опытов колебалась от 3 до 40 мин.

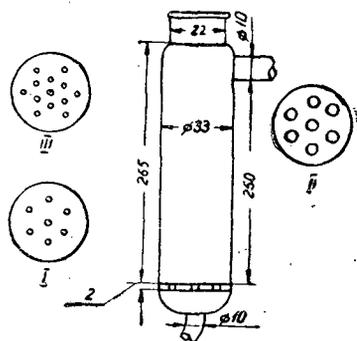


Рис. 14. Пенный аппарат.

*I* — решетка с диаметром барботажных отверстий  $d=2$  мм, при шаге их  $m=6$  мм и  $n=7$  шт.; *II* — решетка с  $d=4$  мм,  $m=6$  мм,  $n=7$  шт.; *III* — решетка с  $d=2$  мм,  $m=3$  мм,  $n=13$  шт.

Составление материальных балансов опытов при пенном режиме омыления изоборнил-формиата, учет уровня щелочи в пенном реакторе и методики анализа продуктов были прежними [1].

В опытах исследовалось влияние на величину комплекса  $KF$  диаметра барботажных отверстий в решетке пенного реактора, расстояния между центрами отверстий, высоты слоя щелочи над решеткой аппарата и скорости паров.

### Обработка опытных данных

В случае омыления изоборнил-формиата при пенном режиме вычисление величины  $KF$  удобно вести по уравнению (14) [2]:

$$KF = \frac{\Delta G}{C_{\text{м ср}} \Delta \tau V},$$

где  $K$ ,  $G$ ,  $\Delta \tau$ ,  $C_{\text{м ср}}$  и  $F$  имеют прежние размерности и значения, а

$$V = fH.$$

Здесь  $f$  — живое сечение пенного аппарата  $= \frac{\pi D^2}{4} \text{ м}^2$ ,

$H$  — высота слоя щелочи над решеткой пенного аппарата.

Хотя произведение  $fH$  не соответствует действительному реакционному объему, однако, поскольку высота подвижной пены при прочих равных условиях, по имеющимся исследованиям [5], является функцией  $H$ , уравнение (14) [2], представленное в виде

$$KF = \frac{\Delta G}{C_{\text{м ср}} \Delta \tau fH} \quad (14a)$$

вполне применимо для вычисления  $KF$  в данном случае.

Вычисление объема паров, поступающих в пенный реактор, производилось в соответствии с уравнением (23) [1]. Скорость паров высчитывалась на полное сечение реактора.

### Обсуждение результатов

В результате опытов оказалось, что при постоянной высоте слоя щелочи над решеткой, барботажные отверстия которой имеют одинаковый диаметр, величина комплекса  $KF$  не зависит от шага и числа отверстий решетки пенного аппарата, а зависит лишь от скорости паров в полном сечении его. Графическая зависимость (рис. 15) для этого случая показывает, что при достижении скорости паров в полном сечении аппарата  $\omega_a = 0,3 \text{ м/сек}$ , при уровне щелочи над решеткой 3 см величина  $KF$  резко возрастает. Визуальные наблюдения показывают, что при достижении такой скорости паров, высота пены над решеткой составляет  $\sim 150 \div 170 \text{ мм}$ , провала щелочи не наблюдается. Интересно отметить, что резкое возрастание величины  $KF$  во всех случаях происходит в очень узких пределах скоростей  $\omega_a$ . Так, в опытах по определению зависимости  $KF$  от шага отверстий, этот интервал составляет  $0,3 \div 0,4 \text{ м/сек}$ . Дальнейшая турбулизация системы к повышению значения комплекса  $KF$  не приводит. Максимальное значение  $KF$  составляет

$$1000 - 1100 \frac{\text{кг-моль м}^2}{\text{м}^2 \text{ час единица концентрации м}^3},$$

и увеличение  $\omega_a$  до  $1 \text{ м/сек}$  к практическому изменению величины  $KF$  не привело. Следовательно, закономерность, установленная этими опытами, подтверждает наше положение [4] о том, что величина  $KF$  при

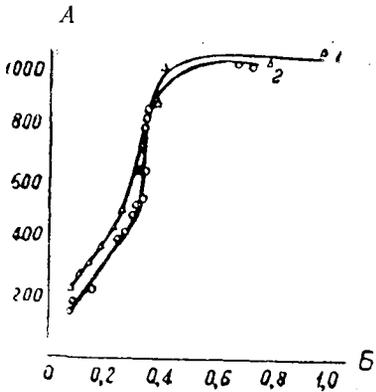


Рис. 15. Зависимость величины  $KF$  от шага ( $t$ ) барботажных отверстий в решетке аппарата.

А —  $KF$  в  $\frac{\text{кг-моль}}{\text{м}^3 \text{ час единица концентрации}}$   
 Б —  $\omega_a \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ; 1 —  $t = 3 \text{ мм}$ ,  $n = 13$  шт.; 2 —  
 $t = 6 \text{ мм}$ ,  $n = 7$  шт.,  $d = 2 \text{ мм}$ ,  $H = 3 \text{ см}$ ,  
 $t_0 = 112,5^\circ \text{С}$ .

для малых и больших размеров барботажных отверстий одна. Как видно из рис. 16, значения  $KF$  в данных условиях для обоих диаметров имеют практически один предел

$$1000 - 1025 \frac{\text{кг-моль м}^3}{\text{м}^3 \text{ час единица концентрации м}^3}$$

при достижении которого, несмотря на рост  $\omega_a$ , величина  $KF$  остается неизменной.

Для выявления влияния высоты слоя щелочи  $H$  на  $KF$  было поставлено три серии опытов при  $H_1 = 1,5 \text{ см}$ ,  $H_2 = 3 \text{ см}$  и  $H_3 = 6 \text{ см}$ ; использовался реактор с 13-ю отверстиями  $d = 2 \text{ мм}$ ,  $S = 4,85\%$ . Для меньших высот слоя щелочи пенный режим начинается раньше, то есть при более

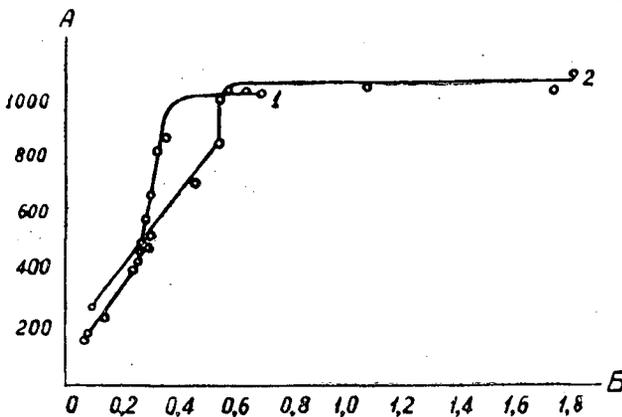


Рис. 16. Зависимость величины  $KF$  от диаметра ( $d$ ) барботажных отверстий в решетке аппарата.

А —  $KF$  в  $\frac{\text{кг-моль}}{\text{м}^3 \text{ час единица концентрации}}$ ; Б —  $\omega_a \frac{\text{м}}{\text{сек}}$  — скорость паров в полном сечении аппарата; 1 —  $d_1 = 2 \text{ мм}$ ; 2 —  $d_2 = 4 \text{ мм}$ ,  $H = 3 \text{ см}$ ,  
 $t = 6 \text{ мм}$ ,  $t_0 = 112,5^\circ \text{С}$ ,  $n = 7$  шт.

высоко развитой гидродинамике системы, может быть лимитирована скоростью химической реакции, то есть процесс из диффузионной области переходит в кинетическую.

При определении зависимости  $KF$  от диаметра барботажных отверстий (рис. 16) оказалось, что для реактора, имеющего решетку с диаметром барботажных отверстий  $d = 2 \text{ мм}$ , резкое возрастание  $KF$  начинается при  $\omega_a = 0,3 \text{ м/сек}$ , тогда как для реактора с  $d = 4 \text{ мм}$  рост начинается только при  $\omega_a = 0,53 \text{ м/сек}$ . Такую закономерность, вероятно, можно объяснить тем, что в случае большого диаметра барботажных отверстий структура образующейся пены имеет ячейки более крупных размеров и удельную поверхность раздела фаз меньшую. При увеличении скорости паров в полном сечении аппарата ( $\omega_a$ ) закономерность роста  $KF$

для малых и больших размеров барботажных отверстий одна. Как видно из рис. 16, значения  $KF$  в данных условиях для обоих диаметров имеют практически один предел

низких значениях  $\omega_a$ . Очевидно, при больших слоях щелочи требуется большая энергия (большие значения  $\omega_a$ ) струй пара для создания слоя динамичной пены. Если для слоя щелочи  $H_1 = 1,5$  см критическая скорость составляет  $\omega_a = 0,23$  м/сек, а для  $H_2 = 3$  см, резкое возрастание  $KF$  начинается уже при  $\omega_a = 0,32$ , то для  $H_3 = 6$  см перелом наступает лишь при достижении  $\omega_a = 0,37$  м/сек.

То, что кривая зависимости  $KF = f(\omega_a)$  при слое щелочи  $H_1 = 1,5$  см, в промежутке скоростей  $\omega_a = 0,048 \div 0,23$  м/сек имеет максимум и минимум, можно, очевидно, объяснить тем, что при этих скоростях малая высота слоя щелочи не обеспечивает достаточного времени контакта для протекания реакции омыления изоборнил-формиата. Кривые рис. 17 хорошо согласуются с кривыми, полученными В. В. Кафаровым [3]. Это лишний раз подтверждает диффузионный характер процесса омыления изоборнил-формиата.

Как в случае зависимостей  $KF$  от шага и диаметра отверстий, так и в случае зависимости  $KF$  от высоты слоя щелочи на решетке при развитой турбулентности системы, величина  $KF$  выше

$$1000 \div 1100 \frac{\text{кг-моль м}^2}{\text{м}^2 \text{ час единица концентрации м}^3}$$

не поднимается, то есть при этом значении  $KF$  процесс омыления изоборнил-формиата из диффузионной области переходит в кинетическую.

### Расчет пенного аппарата

Используя опытные данные, можно произвести расчет аппарата для омыления изоборнил-формиата в паровой фазе водным раствором щелочи. Для конкретности расчета зададимся следующими условиями:

1. Производительность аппарата по техническому эфиру составляет 100 кг/час;

2. Начальная концентрация технического эфира по изоборнил-формиату  $C_n = 95\%$ , а содержание его в продуктах омыления  $C_k = 0,1\%$ .

Как отмечалось выше, при испарении эфира из испарителя расходуется  $\sim 4$  части острого пара на одну часть эфира; общий вес паров в данном случае будет составлять  $100 + 400 = 500$  кг; суммарный объем их

$$\left[ \frac{400}{18} + \frac{95}{182} + \frac{5}{136} \right] \cdot 22,4 \cdot \frac{760}{800} \cdot \frac{273 + 106}{273} = 675 \frac{\text{м}^3}{\text{час}},$$

где 18, 182, 136 — молекулярные веса воды, изоборнил-формиата и терпенов соответственно.

800 мм рт. ст. — давление в аппарате;

106° С — температура кипения 30,0% NaOH.

Отсюда начальная и конечная концентрация паров изоборнил-формиата в моль-долях:

10\*

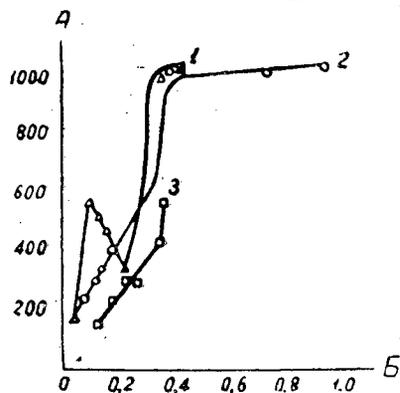


Рис. 17. Зависимость величины  $KF$  от высоты слоя щелочи над решеткой.

А —  $KF$  в  $\frac{\text{кг-моль}}{\text{м}^2 \text{ час единица концентрации}}$   
 Б —  $\omega_a$   $\frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ; 1 —  $H_1 = 1,5$  см; 2 —  $H_2 = 3$  см;  
 3 —  $H_3 = 6,0$  см,  $m = 3$  мм,  $d = 2$  мм,  
 $n = 13$  шт.,  $t^\circ = 112,5^\circ$  С.

$$C_n = \frac{\frac{95}{182}}{\frac{95}{182} + \frac{5}{136} + \frac{400}{18}} = 0,023 \frac{\text{кг-моль изоборнил-формната}}{\text{кг-моль всех паров}}$$

$$C_k = \frac{\frac{0,1}{182}}{\frac{0,1}{182} + \frac{5}{136} + \frac{400}{18} + \frac{80}{154}} = 0,000024 \frac{\text{кг-моль изоборнил-формната}}{\text{кг-моль всех паров}}$$

где 80 — вес полученного изоборнеола.

Средняя концентрация

$$C_{\text{м ср}} = \frac{C_n - C_k}{2,3 \lg \frac{C_n}{C_k}} = \frac{0,023 - 0,000024}{2,3 \cdot \frac{0,023}{0,000024}} = 0,0033 \frac{\text{кг-моль изоборнил-формната}}{\text{кг-моль всех паров}}$$

При скорости паров в полном сечении аппарата  $w_a = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ , живое сечение его составит:

$$f = \frac{V}{w_a} = \frac{675}{0,4 \cdot 3600} = 0,47 \text{ м}^2.$$

Диаметр аппарата:  $D = \sqrt{\frac{0,47}{0,785}} = 0,775 \text{ м}$ ; величина  $KF$  для этого случая равна 1025, тогда при  $H = 0,03 \text{ м}$  число полок  $z$  будет:

$$z = \frac{G}{KFC_{\text{м ср}}Hf} = \frac{94,9}{182} = \frac{94,9}{1025 \cdot 0,0033 \cdot 0,03 \cdot 0,47} = 11 \text{ шт.}$$

Расстояние между полками принимаем 0,2 м (в данном случае унос капель с тарелки на тарелку большой роли не играет).

Общая высота аппарата равна:

$$H_a = 0,2(z - 1) + h_v + h_n,$$

$h_v$  — расстояние от верхней полки до крышки;

$h_n$  — расстояние от нижней полки до дна;

$h_v$  и  $h_n$  принимаем по 0,5 м.

$$H_a = 0,2(11 - 1) + 0,5 + 0,5 = 3,0 \text{ м.}$$

Объем аппарата:  $V_a = f H_a = 0,47 \cdot 3,0 = 1,41 \text{ м}^3$ .

Гидростатическое сопротивление аппарата:

$$\frac{11 \cdot 30,0}{1,27 \cdot 1,36} = 30,8 \text{ мм рт. ст.,}$$

где 1,27 — удельный вес 30%-ной щелочи при 106° С.

### Выводы

1. Процесс массообмена при омылении изоборнил-формната в паровой фазе пенным способом не зависит от расстояния между центрами барботажных отверстий, а зависит, при постоянных  $d$  и  $H$ , только от скорости паров в полном сечении аппарата.

2. Высота слоя щелочи на решетке оказывает заметное влияние на гидродинамику процесса, увеличение слоя щелочи тормозит пенообразо-

вание. Наблюдаемая закономерность аналогична другим диффузионным паро-жидкостным процессам (ректификация).

3. Увеличение диаметра барботажных отверстий задерживает переход к пенному режиму. Так, при  $d = 2$  мм пенный режим начинается при  $w_a = 0,3$  м/сек (при  $H = 3$  см), а при  $d = 4$  мм пенный режим начинается при  $w_a = 0,53$  м/сек (при  $H = 3$  см).

4. При омылении изоборнил-формиата в паровой фазе комплекс  $KF$  достигает максимальной величины в

$$1000 \div 1100 \frac{\text{кг-моль м}^2}{\text{м}^2 \text{ час единица концентрации м}^3}$$

при скорости паров  $0,4 \div 0,6$  м/сек (в зависимости от диаметра отверстий) и с увеличением турбулентности больше не растет. Очевидно, при данной температуре ( $\sim 110^\circ \text{C}$ ) общая скорость процесса в этот момент начинает лимитироваться скоростью химической реакции.

5. Омыление изоборнил-формиата в паровой фазе пенным способом вполне возможно. Аппаратурное оформление не представляет сложности. Несколько хуже будет обстоять дело с эксплуатационными расходами (расход острого пара и его конденсация).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Выродов, С. Я. Коротов. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 4, 1959. [2]. В. А. Выродов, С. Я. Коротов. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 3, 1959. [3]. В. В. Кафаров. Вопросы массопердачи. Госхимиздат, 1957. [4]. С. Я. Коротов, В. А. Выродов. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 2, 1959. [5]. М. Е. Позин, М. П. Мухленов, Е. С. Тумаркина, Э. Я. Тарат. Пенный способ обработки газов и жидкостей. Госхимиздат, 1955.

Поступила в редакцию  
23 декабря 1958 г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЩЕЛОЧНОГО СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В КАЧЕСТВЕ УСИЛИВАЮЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ

**Б. Д. БОГОМОЛОВ**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

**Э. Г. ЛАЗАРЯНЦ, Н. В. ЩЕРБАКОВА, З. М. РУМЯНЦЕВА,  
Д. П. ЕМЕЛЬЯНОВ**

(Научно-исследовательский институт мономеров Государственного Комитета  
Совета Министров СССР по химии)

Технические свойства резин и резиновых изделий зависят не только от типа применяемого каучука, но и от свойств разнообразных веществ, добавляемых к каучуку при изготовлении резины (вулканизирующих веществ, наполнителей, пластификаторов, красителей). Важнейшим ингредиентом резин являются наполнители; главное место среди них занимает сажа [2], введение которой повышает прочность резины, ее жесткость и сопротивление истиранию.

За последние годы увеличивается применение ряда органических наполнителей — полимеров стирола, этилена и искусственных смол, а в зарубежной практике также и лигнина. В США в качестве активного наполнителя каучуков используется щелочной лигнин, выделяемый углекислым газом из черных щелоков при натронной варке целлюлозы из древесины лиственных пород [3], [4], [5]. Получаемый товарный продукт носит название «меадола» и содержит углерода 64,35%, водорода 5,9% и метоксидов 21,5%. Меадол хорошо растворяется в щелочк и в виде щелочного раствора (при тщательном перемешивании) вводится в латекс бутадиев-стирольных каучуков. При последующем соосаждении таких смесей кислотами получается лигнинонаполненный каучук, в котором лигнин выступает как активный наполнитель-усилитель.

В результате испытаний установлено, что шины, изготовленные из таких каучуков без применения сажи, имеют более высокую (на 15%) прочность, чем стандартные шины грузовых машин.

Применение наполнителей, не содержащих сажи, приводит к упрощению технологического процесса и дает возможность получать изделия светлых тонов и с новыми ценными свойствами.

Исследования по использованию щелочного сульфатного лигнина в качестве активного наполнителя синтетических каучуков проводились в 1949—1951 гг. Е. П. Херасковой, И. А. Скубой, К. Ф. Калужениной в институте резиновой промышленности и Б. Д. Богомоловым в Архангельском лесотехническом институте и дали положительные результаты [1].

Было показано, что каучук, наполненный лигнином, имеет высокое сопротивление разрыву, высокую эластичность и хорошее сопротивление старению. Однако технология получения лигнинонаполненного каучука не была отработана; не был получен материал, полностью соответствующий техническим условиям.

Технология выделения лигнинонаполненного каучука существенно отличается от технологии выделения ненаполненных каучуков. Основная трудность при соосаждении состоит в получении хорошо отделяющейся от серума крошки каучука.

Технологические свойства каучука, главным образом, поведение его при обработке, в значительной степени зависят от пластичности (или твердости по Дефо).

Лигнинонаполненный каучук, полученный на основе стандартного каучука СКС-30А, мало пластичен (при наполнении 30 в. ч. лигнина твердость по Дефо составляет 8000—10 000 г) и с трудом обрабатывается на оборудовании резино-технических заводов. В Архангельском лесотехническом институте и научно-исследовательском институте мономеров с 1957 г. проводится разработка технологии получения достаточно пластичных лигнинонаполненных каучуков с удовлетворительными техническими свойствами, выпускаются опытные партии лигниновых каучуков для широких испытаний в шинных смесях и резинотехнических изделиях.

При проведении работы использовался сульфатный щелочной лигнин из черных щелоков, полученный на опытной установке Архангельского лесотехнического института на Соломбальском БДК\*. В табл. 1 приведена характеристика его.

Таблица 1

Физико-химические показатели лигнинов	Единицы измерения	Образцы лигнина			
		Р-57-1	Р-57-2	ИК-2-58	ИК-3-58
Влажность . . . . .	%	5,5	6,1	10,2	7,0
Зольность . . . . .	„	0,88	0,87	1,38	1,43
Водорастворимые . . . . .	„	6,0	6,0	7,73	9,09
Смолистые . . . . .	„	—	—	1,86	0,95
Лигнин в лигнине . . . . .	„	—	—	87,0	87,1
Метоксильные группы . . . . .	„	12,35	12,41	10,37	13,53
Карбоксильные группы . . . . .	$\frac{M2-ЭКв}{2}$	1,16	1,08	0,91	0,92
Суммарное содержание карбоксильных групп и фенольных гидроксидов	„	5,18	4,69	5,86	4,93
Фенольные, энольные группы . . . . .	„	4,02	3,61	4,95	4,01

Метод получения лигнинонаполненных каучуков состоит в следующем. Порошкообразный лигнин растворяется в водной щелочи и раствор смешивается с латексом. Лигнинолатексная смесь коагулируется растворами уксусной (или другой) кислоты и хлористого кальция. Полученная пульпа разводится водой и фильтруется. Выделенная крошка наполненного каучука сушится горячим воздухом.

Существенное влияние оказывает температура и время созревания пульпы, условия перемешивания и концентрация коагулянта. Для обес-

\* По утвержденному Архангельским совнархозом проекту опытной промышленной установки для производства щелочного сульфатного лигнина мощностью 1000 т лигнина в год, которая строится на Соломбальском комбинате, стоимость 1 т щелочного лигнина определена в 589 руб.

При выработке 10—12 тыс. т лигнина в год стоимость его не будет превышать 350—400 руб. за тонну товарного продукта.

печения условий созревания крошки температура компонентов, поступающих на коагуляцию, должна быть 85—90° С. Положительное влияние на характер образующейся крошки оказывает время выдержки пульпы при повышенной температуре после введения хлористого кальция; выдержка при температуре 85—90° С в течение 3—5 мин обеспечивает получение достаточно крупной крошки. Перемешивание при соосаждении лигнинолатексной смеси должно быть умеренным. Сильное размешивание, особенно в момент приливания хлористого кальция к лигнинолатексной смеси, приводит к разбиванию крошки на более мелкие частицы. Желательно применять хлористый кальций концентрацией 1—0,5%. При более низкой концентрации крошка становится мельче. Применение растворов с высокой концентрацией приводит к образованию комков.

Улучшение качества каучука замечается уже при малых дозах лигнина: так, при добавке 5 в.ч. лигнина на 100 в.ч. каучука, сопротивление разрыву вулканизатов повышается в 3—4 раза.

Зависимость физико-механических показателей вулканизатов лигнинонаполненного каучука от содержания лигнина приведена в табл. 2, из которой видно, что с увеличением количества лигнина повышается модуль, сопротивление разрыву и раздиру. Относительное удлинение и пластичность хотя и падают, но все же остаются довольно высокими.

Таблица 2

Физико-механические показатели лигнинонаполненного каучука	Единицы измерения	Количество лигнина в ч. 100 в ч. каучука			
		20*	30*	40**	60* и более
Твердость по Дефо***:					
каучука . . . . .	г	6000	8500	14000	20000
резиновой смеси . . . . .	„	3120	3870	5250	6500
Модуль . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	27	50	68	94
Сопротивление разрыву . . . . .	„	251	271	297	315
„    раздиру . . . . .	кг/см	33	40	68	94
„    истиранию . . . . .	см <sup>3</sup> /квтч	540	633	644	635
Относительное удлинение . . . . .	%	810	700	680	590
Остаточное „ . . . . .	„	24	20	32	47
Эластичность (по отскоку) . . . . .	„	57	54	44	38
Коэффициент старения:					
по сопротивлению разрыву . . . . .		0,36	0,56	0,87	0,85
по относительному удлинению . . . . .		0,48	0,57	0,77	0,63
по остаточному удлинению . . . . .		0,35	0,60	0,25	0,88

\* Продолжительность вулканизации 60 мин.

\*\* „ „ „ „ „ 40 „

\*\*\* Исходного каучука 3200—3700 г.

Для сравнения свойств лигнинонаполненного каучука с сажевыми резинами по одному и тому же рецепту были получены вулканизаты с одинаковым весовым и одинаковым объемным наполнением. Физико-механические свойства лигнинонаполненного каучука в сравнении со стандартным каучуком СКС-30А Воронежским приведены в табл. 3.

Таблица 3:

Физико-механические свойства лигнинонаполненного каучука	Единицы измерения	Количество наполнителя в каучуке в. ч./100 в. ч. каучука в объемных %		
		лигнина 50	лигнина 40	активной сажи 50
		38	30	30
Твердость по Дефо: каучука . . . . .	%	17000	14000	2710
резиновой смеси . . . . .	"	6000	5250	1090
Модуль . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	82	68	63
Сопротивление разрыву . . . . .	"	286	297	346
" раздиру . . . . .	кг/см	61	68	92
" истиранию . . . . .	см <sup>3</sup> /квтч	641	644	612
Относительное удлинение . . . . .	%	630	680	700
Остаточное . . . . .	"	28	32	28
Эластичность . . . . .	"	45	44	40
Твердость по Шору . . . . .	"	78	74	68
Коэффициент старения:				
по сопротивлению разрыву . . . . .		0,66	0,87	0,67
по относительному удлинению . . . . .		0,66	0,77	0,44
по остаточному удлинению . . . . .		0,71	0,25	0,25

Из табл. 3 видно, что вулканизаты лигнинонаполненного каучука по ряду свойств уступают вулканизатам с газовой канальной сажей, в частности, имеют меньшее сопротивление разрыву и раздиру. По сопротивлению старению такой каучук не уступает каучуку с газовой канальной сажей. Характерной особенностью вулканизатов лигнинонаполненных каучуков является их высокая эластичность и низкая пластичность.

С целью повышения пластичности каучука были предприняты попытки механической и термоокислительной пластикации его. Опыты показали, что лигнинонаполненный каучук не поддается термоокислительной пластикации, а механическая пластикация на вальцах требует длительного времени и большой затраты энергии.

Повышение пластичности лигнинонаполненного каучука нами проводилось путем регулирования процесса полимеризации каучука и введения на стадии латекса мягчителей (например, канифоли или сосновой смолы). Результаты испытаний пластичных лигнинонаполненных каучуков приведены в табл. 4.

Таблица 4

Физико-механические показатели	Единицы измерения	Образцы каучуков					
		1	2	3	4	5	6
Твердость по Дефо:							
исходного каучука . . . . .	г	3700	600	600	600	900	1600
наполненного каучука . . . . .	"	6000	970	1600	—	1300	1000
Модуль . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	32	23	25	21	36	20
Сопротивление разрыву . . . . .	"	243	120	172	25	189	180
" раздиру . . . . .	кг/см	33	42	52	8	35	26
Относительное удлинение . . . . .	%	770	800	870	320	730	880
Остаточное . . . . .	"	20	28	46	8	26	30
Усадка невулканизованной смеси . . . . .	"	—	20	19	26	—	—
Эластичность . . . . .	"	57	46	40	56	38	47
Твердость по Шору . . . . .	"	62	61	70	45	80	58
Старение за 48 часов при 100° С							
по сопротивлению разрыву . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	—	135	127	11	—	—
по относительному удлин. . . . .	%	—	700	600	260	—	—
по остаточному . . . . .	"	—	21	20	2	—	—

Продолжение табл. 4

Физико-механические показатели	Единицы измерения	Образцы каучуков					
		1	2	3	4	5	6
Теплообразование на торце за 20 мин.	°С	—	42	49,5	37	—	—
внутри образца	"	—	86	104	64	—	—
Скорчинг в глицерине при 110°С	"	—	—	—	—	—	—
продолжительность кипячения	мин	—	0 20 60	0 20 60	0 20 60	—	—
пластичность по Карреру	"	—	0,39 0,35 0,33	0,39 0,31 0,29	0,5 0,13	—	—
Количество лигнина	в. ч. 100 в. ч. каучука	20	20	30	не добавлялся	30	20
Количество канифоли	"	—	не добавлялась			15	15

Из табл. 4 видно, что применение пластичного исходного полимера несколько снижает физико-механические показатели наполненного каучука, но они остаются вполне удовлетворительными; обработка каучука значительно облегчается. Введение в каучук канифоли в виде резината натрия на стадии латекса повышает пластичность каучука, не ухудшая физико-механических свойств вулканизатов.

Значительный интерес представляют пластичные лигниновые каучуки с небольшим наполнением в комбинации с сажей или другим наполнителем.

В табл. 5 представлены результаты испытания\* лигнинонаполненного каучука в жаркасных и протекторных смесях. Твердость по Дефо такого каучука 1180 г; наполнение лигнином 20 в. ч. на 100 в. ч. каучука.

Таблица 5

Физико-механические показатели	Единицы измерения	Протекторная смесь		Каркасная смесь			
		наполнители					
		газовая канальная сажа		форсуночная сажа		мел	
Твердость по Дефо резиновой смеси	г	1940	2125	2040	1020	690	775
Пластичность резиновой смеси	"	0,27	0,27	0,25	0,41	0,47	0,47
Модуль	кг/см <sup>2</sup>	83	89	85	65	33	39
Сопротивление разрыву	"	224	250	243	175	156	113
" раздиру	кг/см	82	68	65	46	29	27
" истиранию	см <sup>3</sup>	720	908	652	—	—	—
Относительное удлинение	квтч	610	610	630	680	730	620
Остаточное	%	38	40	39	28	29	28
Эластичность	"	31	29	29	44	48	44
Твердость по Шору	"	80	82	83	70	64	68
Количество наполнителя	в. ч. 100 в. ч. каучука	40	40	40	20	30	50
Оптимальный режим вулканизации	"	143° 60'	143° 40'	143° 40'	138° 50'	138° 50'	138° 60'

\* Испытаниями лигнинонаполненного каучука в шинных смесях руководил заведующий кафедрой химии и технологии резины Ярославского Технологического института В. Г. Эпштейн.

Из таблицы видно, что вулканизаты резиновых смесей лигнинонаполненного каучука с сажей и мелом имеют высокие модули, высокое сопротивление разрыву и удовлетворительное сопротивление истиранию и раздиру.

На основании лабораторных исследований на полупроизводственном оборудовании изготовлены две партии (в количестве 900 кг) лигнинонаполненного каучука с 20 и 30 в. ч. лигнина.

Полученные результаты дают основание ставить вопрос об использовании лигнинонаполненных каучуков в шинной промышленности, промышленности резино-технических изделий и в производстве искусственной кожи.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. «Известия высших учебных заведений», «Лесной журнал» № 2, 1958. [2]. Ф. Ф. Кошелёв, Н. С. Климов. Общая технология резины. Госхимиздат, 1958. [3]. Л. Уайз и Джан. «Химия древесины» (перевод со II американского издания. Под редакцией Б. Д. Богомолова). Гослесбумиздат, 1959. [4]. I. Reiten, A. Pollak. Ind. Eng. chem. 39, 1947. [5]. Saganjilo. *Rubb, chem. Techn.* 30, 2, 1957.

Поступила в редакцию  
24 апреля 1959 г.

## К ВОПРОСУ О ПЕРЕРАБОТКЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ КОНДЕНСАТОВ НА ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ ЗАВОДАХ

**В. А. ЛЯМИН**

Доцент, кандидат технических наук

**Т. И. ПРОХОРЧУК**

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

В газогенераторных конденсатах содержится уксусная кислота и ее гомологи, метиловый спирт, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, водорастворимые и отстойные смолы и ряд других продуктов. Эти же органические вещества являются основными составляющими сухоперегонных конденсатов (жижки) — сырья химических цехов заводов сухой перегонки дерева, использующих в качестве технологической древесины березовые дрова и дрова мягколиственных пород.

По данным б. Главлесхима, на сухоперегонных предприятиях в балансе выпускаемой продукции уксусная кислота занимает основное место:

	В %
Уксусная кислота . . . . .	66
Спиртопродукты . . . . .	13
Смолы . . . . .	8
Древесный уголь . . . . .	13

Существующие на большинстве сухоперегонных предприятий технологические схемы переработки жижки предусматривают обессмоливание ее путем перегонки.

Мы считаем, что газогенераторную жижку таким образом перерабатывать нецелесообразно, так как она содержит относительно большое количество растворимой смолы (20—30%), которая при кипячении жижки частично выпадает из раствора и оседает на греющих поверхностях в виде плотного пека и кокса; это приводит к резкому падению теплопередачи, а затем к выходу из строя самого выпарного аппарата.

На Амзинском лесохимическом заводе уксусную кислоту получают экстракцией этилацетатом из жижки без предварительной ее перегонки, что значительно упрощает условия производства.

С целью установления возможности получения уксусной кислоты путем экстракции ее этилацетатом из смеси газогенераторной и сухоперегонной жижки нами были проведены соответствующие лабораторные опыты, описание и результаты которых приводятся ниже.

Сырьем для получения жижки явились заготовленные в мае 1958 г. березовые дрова, доставленные из учебно-опытного, Лисинского лес-

промхоза. После измельчения этих дров полученная щепа подсушивалась на открытом воздухе под навесом. Конечная относительная влажность ее была 17,3%.

Газификация сухой березовой щепы осуществлялась на полужаводской установке, описание которой неоднократно приводилось в наших работах [1], [2].

В результате были достигнуты следующие выходы продуктов в пересчете на абс. сухую древесину.

Газа в м <sup>3</sup> /кг . . . . .	1,41
Летучих кислот в % . . . . .	8,83
Суммарных смол в % . . . . .	24,6
В том числе:	
а) отстойной в % . . . . .	9,4
б) водорастворимой в % . . . . .	15,2
Метилового спирта в % . . . . .	1,36
Эфиров в % . . . . .	0,98
Реакционный воды в % . . . . .	23,4

Полученная газогенераторная жижка использовалась нами для проведения лабораторных опытов по экстракции. В качестве сырья, кроме указанной газогенераторной жижки, употреблялась производственная сухоперегонная жижка Амзинского завода, в ретортном цехе которого перерабатывалась березовая древесина.

Эта жижка была обесспиртована в лабораторных условиях и затем смешана с газогенераторной в весовом отношении 1:1.

Характеристика сырья приведена в табл. 1.

Таблица 1

Наименование образцов жижки	Летучих кислот в %	Растворимой смолы в %	Метилового спирта в %	Удельный вес при 20°
Сухоперегонная Амзинская производственная . . . . .	8,9	6,8	1,62	1,033
Сухоперегонная Амзинская, обесспиртованная в лабораторных условиях . . . . .	9,4	6,9	0,33	1,039
Газогенераторная с установки ЛТА . . . . .	14,6	30,0	0,91	1,126
Смесь 1:1 . . . . .	12,2	19,0	0,69	1,087

Экстракция уксусной кислоты производилась в лабораторной непрерывнодействующей установке. В качестве экстрактора применялась стеклянная трубка ( $l = 1800$  мм,  $d = 28$  мм), набитая мелким стеклом, просеянным через сито: частицы крупнее 3 мм и менее 1 мм отброшены. Высота слоя жижки в экстракторе во время опытов в среднем была 1200 мм.

Этилацетат имел уд. вес 0,895 и кислотность 0,047%. На 1 мл жижки в минуту подавалось в экстрактор 3 мл эфира.

Для выяснения эффективности работы экстрактора первоначально был проделан холостой опыт с водным раствором чистой уксусной кислоты концентрации 13,1%.

Он показал, что процесс экстракции устанавливается через 8 часов, при этом конечная кислотность отбросной воды равна 0,35%. Основываясь на этом, мы считали, что постоянство процесса экстракции образцов жижки устанавливалось за 8 часов непрерывной работы установки.

Для опытов было взято: сухоперегонной обесспиртованной жижки 500 г, газогенераторной и смеси по 1000 г. Как показал расчет, сделан-

ный на основе полученных данных, во всех трех случаях летучие кислоты извлекались из жижки на 95%.

В табл. 2 наглядно показано влияние происхождения жижки на степень растворимости в эфире ее составных частей. Газогенераторная жижка растворялась в этилацетате на 61%, а сухоперегонная почти в два раза меньше — на 34%.

Растворимость смеси занимает практически среднее положение.

Таблица 2

Показатели	№ опыта и наименование образца жижки		
	I. Сухоперегонная Амзинская (обеспирированная)	II. Газогенераторная с установки ЛТА	III. Смесь 1:1
Исследовано жижки			
в г . . . . .	500	1000	1000
в % . . . . .	100	100	100
Получено обработанной жижки			
в г . . . . .	332	390	500
в % . . . . .	66	39	50
Количество летучих кислот в г			
в жижке, поступающей в экстрактор	47,0	146,0	122,0
в отработанной жижке после экстракции	2,42	7,50	6,0
Степень извлечения кислоты при экстракции в %	95	95	95
Количество воды в г			
в жижке, поступающей в экстрактор	415	545	680
в отработанной жижке после экстракции	314	277	422
Степень извлечения воды при экстракции в %	24	49	38
Количество растворимой смолы в г			
в жижке, поступающей в экстрактор	34,5	300	190
в отработанной жижке после экстракции	15,3	105	72
Степень извлечения растворимой смолы при экстракции в %	54,6	65,0	62,0

Содержание в эфирокислоте основных составляющих жижки, согласно расчетам для указанных опытов, приведено в табл. 3.

Таблица 3

Наименование продуктов, содержащихся в эфирокислоте	Количество (в %) продуктов, получаемых из		
	сухоперегонной жижки	газогенераторной жижки	смеси 1:1
Летучих кислот . . . . .	3,4	5,2	4,4
Смолы . . . . .	1,4	7,4	4,4
Воды . . . . .	7,5	9,9	9,6

В сравнении с данными производственных анализов для сухоперегонной смолы Амзинского завода, приведены характеристики отбросной воды и черной кислоты (табл. 4).

Таблица 4

№ опыта	Наименование образца жижки	Отбросная вода			Черная кислота		
		летучие кислоты " %	растворимая смола в %	удельный вес	летучие кислоты в %	влажность в %	растворимая смола в %
I	Сухоперегонная Амзинская производственная	0,40	2,48	1,009	43,0	1,3	55,7
	Сухоперегонная Амзинская обесспиртованная	0,73	4,70	1,019	40,0	3,7	56,3
II	Газогенераторная с установки ЛТА	1,92	27,0	1,103	30,0	9,7	60,3
III	Смесь 1:1	1,20	14,4	1,056	30,2	9,6	60,2

В наших опытах остаточная кислотность получилась выше, чем в производственных. Очевидно, повышенное содержание растворимой смолы не способствует переходу кислоты в эфир, хотя относительная степень извлечения во всех опытах равнялась 95% (см. табл. 2).

Черная кислота, получаемая в химическом цехе Амзинского завода, по составу довольно близка к той, которая была получена нами на лабораторной установке. В последнем случае заметно увеличено содержание влаги — 3,7% против 1,3% для производственной черной кислоты, что можно объяснить известным несовершенством лабораторных опытов. Относительное понижение кислотности объясняется, главным образом, тем, что газогенераторная растворимая смола в значительно большем количестве переходит в эфирокислоту. Так, из опыта с газогенераторной жижкой видно, что на одну часть летучих кислот, содержащихся в черной кислоте, приходится две части смолы. В черной кислоте, полученной из сухоперегонной жижки, на одну часть летучих кислот приходится смолы значительно меньше — 1,4 части.

Согласно данным о результатах экстракции жижки, приводим в табл. 5 расчетный состав растворенной в эфире части жижки.

Таблица 5

Наименование продуктов, растворимых в этилацетате	Количество (в %) продуктов, полученных из		
	сухоперегонной жижки	газогенераторной жижки	смеси 1:1
Летучих кислот . . . . .	26,2	22,7	23,4
Смолы . . . . .	11,1	31,2	23,6
Воды . . . . .	62,7	46,1	53,0
Всего . . . . .	100	100	100

Приведенные цифры указывают на то, что при экстракции газогенераторной жижки и смеси ее с сухоперегонной в соотношении 1:1, происходит значительное обогащение экстракта смолой вследствие того, что исходный экстрагируемый материал содержит значительное количество растворимой смолы (19 и 30%). Повышенное содержание смолы в экстракте очевидно является одной из причин, затрудняющих отгонку летучих кислот от черной кислоты.

Черная кислота во всех трех случаях разгонялась в вакууме (600—620 мм рт. ст.) на фракции: кислоту-сырец и масла. Результаты вакуум-разгонки представлены в табл. 6.

Таблица 6

№ опыта	Наименование образца жижки	Кислота-сырец в %	Масла в %	Пек в %	Кислотность кислоты-сырца в %
I	Сухоперегонная Амзинская производственная . . . . .	29,0	26,0	35,0	87,8
	Сухоперегонная Амзинская обесспиртованная . . . . .	34,0	26,0	33,8	70,4
II	Газогенераторная с установки ЛТА . . . . .	23,6	35,3	33,7	68,5
III	Смесь 1:1 . . . . .	35,3	28,3	33,0	62,0

В заключение можно сказать, что переработка газогенераторной жижки принципиально возможна; возможна одновременная переработка сухоперегонной и газогенераторной жижки по схеме Амзинского завода.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. А. Лямин и др. Новое сырье для лесохимической промышленности из отходов лесозаготовок и деревопереработки. Труды Ленинградской ордена Ленина лесотехнической Академии им. С. М. Кирова, № 72, 1955, стр. 85. [2]. В. А. Лямин. Смолокурение в газогенераторе. Труды Института лесохозяйственных проблем Латвийской СССР, XII, Рига, 1958, стр. 47.

Поступила в редакцию  
24 марта 1959 г.

## О ФИЗИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ РАЗНЫХ КАНИФОЛЕЙ

**Ф. А. МЕДНИКОВ**

Доцент, кандидат технических наук

**М. В. ЯНИШЕВСКАЯ**

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

Канифоль широко применяется в электротехнической промышленности в качестве изоляционного материала в виде компаунда, состоящего из минерального масла и канифоли.

В электротехнике имеют большое значение такие свойства канифоли как электропроводность и склонность к кристаллизации. Утечка тока во многом зависит от электропроводности отдельных компонентов, входящих в компаунд, то есть от электропроводности канифоли и минерального масла. Электропроводность масла при сравнении с электропроводностью канифоли является очень незначительной. Поэтому диэлектрические потери зависят, в основном, от канифоли. Диэлектрическими потерями называют энергию, рассеиваемую в единицу времени в диэлектрике при воздействии на него электрического поля и вызывающую нагрев диэлектрика. Часто для характеристики способности диэлектрика (канифоли) рассеивать энергию в электрическом поле пользуются углом диэлектрических потерь, а также тангенсом этого угла ( $\operatorname{tg} \delta$ ). Углом диэлектрических потерь называют угол, дополняющий до  $90^\circ$  угол сдвига фаз ( $Q$ ) между током и напряжением емкостной цепи. В случае идеального диэлектрика вектор тока в такой цепи будет опережать вектор напряжения на угол в  $90^\circ$ . При этом угол  $\delta$  будет равен 0. Чем больше рассеиваемая в диэлектрике мощность, переходящая в тепло, тем меньше угол сдвига фаз  $Q$  и тем больше угол диэлектрических потерь  $\delta$ .

В настоящей работе устанавливается качественная характеристика для разных видов канифоли применительно к требованиям электротехнической промышленности. Исследования проводились, главным образом, с живичной сосновой канифолью, но, кроме этого, обследованы на пригодность для электротехники еловая канифоль, абиетиновая смола, сульфатная канифоль, талловое масло, канифоль из свежего осмола и экстракционная канифоль.

Измерение диэлектрических потерь у образцов канифоли производилось на мосту МД-16. К наружной обкладке конденсатора присоединялся высоковольтный вывод трансформатора и одна обкладка эталонного конденсатора. Охранное кольцо конденсатора заземлялось, а внутренняя обкладка его соединялась со схемой моста переменного тока типа МД-16.

Результаты измерений  $\tan \delta$  давались в процентах, которые указаны на шкале моста. Измерение диэлектрических потерь производилось при напряжении тока 5 кВ (градиент 2 кВ/мм) и при частоте 50 Гц при различных температурах.

Испытание канифольных масс на пробой производилось в стандартном разряднике, внутри которого были помещены латунные цилиндрические электроды диаметром 25 мм на расстоянии 2,5 мм друг от друга.

Канифольные составы заливались в разрядники и прогревались до полного прекращения выделения пузырей и пены. После этого разрядник охлаждался до температуры окружающей среды. Электрическая прочность канифольных масс испытывалась путем приложения напряжения к электродам разрядника. Напряжение постепенно доводили до 35 кВ и выдерживали в течение 1 мин. Если при этом не происходило пробоя, то его плавно повышали до 50 кВ и снова выдерживали 1 мин.

Температура размягчения канифоли определялась по методу Метцгер—Уббеллоде. Прибор состоит из металлической этажерки, латунных колец с внутренним диаметром 15,88 мм и стальных шариков с диаметром 4,52 мм и весом 0,44 г. Этажерка имеет четыре полочки и четыре ножки. Ножки изготовлены из латунных прутков с винтовой нарезкой по всей длине. Две средних полочки путем поворачивания гаек на ножках могут быть установлены на любой необходимой высоте.

В центре верхней и второй полочек имеются отверстия для термометра, а в центре третьей — углубление для ртутного шарика термометра и четыре отверстия для установки латунных колец. Разогретая канифоль заливается в эти кольца. Через 12 час после заливки кольца с составом устанавливаются в свои гнезда в этажерке. При этом положение полочки регулируется таким образом, чтобы расстояние от нижнего края колец до верхней плоскости нижней полочки этажерки было равно 2,54 мм. После этого этажерка погружается в стакан с водой или глицерином. По истечении 10 мин стальные шарики укладываются пинцетом на поверхность состава в центре кольца; затем вставляется термометр. Стакан с прибором нагревается на электроплитке таким образом, чтобы температура повышалась на 5° в мин. Нагревание ведут до температуры, при которой стальные шарики продавливают канифоль и падают на нижнюю полку этажерки. Эта температура и будет температурой размягчения канифоли. Склонность к кристаллизации канифоли и кабельных масс, приготовленных из канифоли и минерального масла, определялась по методу ОРГРЭС, который состоит в следующем: 10 г канифоли (массы), разогретой до 130—140°, заливается в сухую стеклянную пробирку и охлаждается до комнатной температуры. Затем пробирка с массой (канифолью) помещается в термостат и выдерживается при температуре 70—80° в течение 72 час, после чего проба осматривается. В ней не должно наблюдаться заметных невооруженным глазом кристаллов.

Ряд проб канифоли испытывался на кристаллизацию по ацетоновому способу. Для установления пригодности разных сортов канифоли в качестве изоляционного материала в электротехнической промышленности была испытана серия образцов этого продукта и кабельных канифольных масс. Результаты этих испытаний приводятся ниже.

*Еловая канифоль.* Еловая канифоль получена из еловой живицы при опытной подсочке еловых насаждений в Тихвинском химлесхозе тюрингским способом. Температура размягчения ее 67°; канифоль полностью не растворяется в бензине, бензоле, трансформаторном масле и автале; не выкристаллизовывается в течение двух часов (по ацетоновому методу); водная вытяжка — нейтральная; пробивное напряжение выдержи-

вает в течение 1 мин при 35 и 50 кв. Хорошо растворяется в касторовом масле при весовом соотношении 1 : 1.

**Абиетиновая смола.** Образец абиетиновой смолы получен с Тихвинского лесохимического завода. Сырьем для производства ее служит еловая серка, собираемая со случайных поранений еловых деревьев. Температура размягчения абиетиновой смолы 106°; водная вытяжка нейтральна; смола не растворяется в бензине, бензоле, трансформаторном масле и автоле как при температуре 100° так и 160°.

**Сульфатная канифоль.** Сульфатная канифоль получена при сплавлении и прогреве до 170° кристаллов смоляных кислот, которые выделялись из фракций при вакуумной разгонке таллового масла Светогорского целлюлозно-бумажного комбината. Эта канифоль имела цветность, соответствующую желтому эталону, температуру размягчения 54°, полностью растворялась в названных выше растворителях; водная вытяжка — нейтральная; появление кристаллов не обнаружено через 6 час по ацетонному методу; пробивное напряжение выдерживает в течение 1 мин при 35 и 50 кв.

**Талловое масло.** Образец таллового масла получен с Марийского целлюлозно-бумажного комбината и представляет собой желтого цвета жидкость с выделившимися кристаллами, которые при отстаивании оседают вниз. Полного растворения в бензине, бензоле и трансформаторном масле не наблюдалось: оставался серый, липкий осадок. Водная вытяжка нейтральна; вязкость при 130° С равна 1,4° Энглера. Пробивное напряжение в 35 кв выдерживает в течение 1 мин; при 40 кв пробивается на 10-й секунде.

**Канифоль из свежего осмола.** Исследовано два образца канифоли из свежего осмола: № 1 — получен из осмола, заготовленного в Брянской области, а № 2 — в Горьковской. Водная вытяжка нейтральна, цвет образцов темный, соответствующий марке Д. Растворимость в бензине, бензоле и трансформаторном масле полная. Температура размягчения 57° (№ 1) и 59° (№ 2). Выявлена склонность к кристаллизации по термическому и ацетонному методам как у первого, так и у второго образцов.

Из первого образца канифоли приготовлена масса марки МК-45. Варки проводились по рецепту № 1: канифоли — 95% и автола 5% и рецепту № 2: канифоли — 92% и автола 8%. Массы имели хорошую растворимость в общепринятых растворителях, нейтральную водную вытяжку, усадку в 7,0—7,1% при температурах 130—123°; выдержали испытания на хрупкость, однородность; не пробивались электротоком при 35 и 50 кв в течение 1 мин. Диэлектрические потери составляли 9,2% tgδ при 50°. Температура размягчения образца № 1 — 53° и № 2 — 46°. Появление кристаллов по ацетонному способу соответственно обнаружено через 56 и 60 час.

Кристаллизация канифоли замедляется, если произвести частичную нейтрализацию смоляных кислот щелочью.

В массу МК-45, приготовленную из живичной сосновой канифоли, добавлялось от 0,5 до 2,0% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Определение склонности к кристаллизации этих масс производилось по методу ОРГРЭС. С добавкой 0,5% соды было поставлено 6 опытов; появления кристаллов в массе не наблюдалось в течение 2000 час. Отдельные пробы выдерживались до 3250 час и кристаллов в них не было обнаружено. С 1%-ным содержанием соды в массе проведено 7 опытов. Появление кристаллов не наблюдалось при выдерживании, в среднем, в течение 3000 час.

В электротехнической промышленности канифоль применяется в качестве одного из основных компонентов изоляционных материалов и со-

прикасается с металлами, чаще всего с медью и свинцом. Эти металлы могут являться катализаторами в процессе кристаллизации смоляных кислот. С целью изучения влияния меди и свинца на кристаллизацию канифоли была проведена серия опытов. В пробирки с массой погружались пластинки металла; параллельно ставились контрольные опыты с той же массой. Установлено, что присутствие меди и свинца увеличивает склонность канифоли в массах МК-45 к кристаллизации. Так, например, в опыте № 1 появление кристаллов наблюдалось: в присутствии свинца через 1600 час, меди — 1660 час, а в контрольном опыте кристаллов не обнаружено через 3200 час (добавка соды — 1%); в опыте № 2 соответственно — через 1392, 832 и 3200 час; в опыте № 3 — через 2156, 1356 и 3200 час; в опыте № 4 — через 1512, 1404 и 2200 час; в опыте № 5 — через 1620, 1600 и 2200 час.

В другой серии этих опытов кристаллы обнаружены через более короткие промежутки времени (табл. 1).

Таблица 1

№ опыта	Количество соды, добавляемой в массу МК-45 в %	Время в час от начала опыта, через которое появились кристаллы в присутствии	
		меди	свинца
1	1	968	410
2	1	832	832
3	1,5	975	854
4	1,5	860	860
5	1,5	768	755
6	1,5	808	760
7	2	612	598
8	2	442	442

Масса МК-45 без добавки соды кристаллизуется значительно быстрее: в контрольном опыте № 1 — через 96 час, № 2 — 56 час, № 3 — 138 час, № 4 — 56 час, № 5 — 72 час, и № 6 — 80 час. Следовательно, сода, добавленная в массу для частичной нейтрализации смоляных кислот, значительно замедляет кристаллизацию. Медь и свинец способствуют появлению кристаллов за более короткие промежутки времени как в кабельных массах, так и в канифоли.

Одним из основных показателей изоляционного материала в электротехнической промышленности является тангенс угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg} \delta$ ).

Величина этого угла, как известно, непостоянна и зависит от ряда факторов, таких как температура, частота приложенного напряжения, влажность испытуемого материала и др. Исследуемые образцы канифолей рассматривались в качестве изоляционного материала для кабельной техники, поэтому исследование ограничилось определениями  $\operatorname{tg} \delta$  как функции изменения температуры.

Исследованию подвергнуты следующие разновидности канифоли:

1. Живичная канифоль сосновая.
2. Экстракционная канифоль сосновая.
3. Сульфатная канифоль, полученная из смешанной древесины (сосна, ель (1 : 1)).
4. Живичная канифоль еловая.

На рис. 1 приводится сравнительный график кривых  $\operatorname{tg} \delta = f(t)$  для перечисленных выше канифолей. Как видно из рисунка, все виды канифолей имеют кривые, характерные для дипольных диэлектриков. Если принять за основу кривую живичной сосновой канифоли, то можно ска-

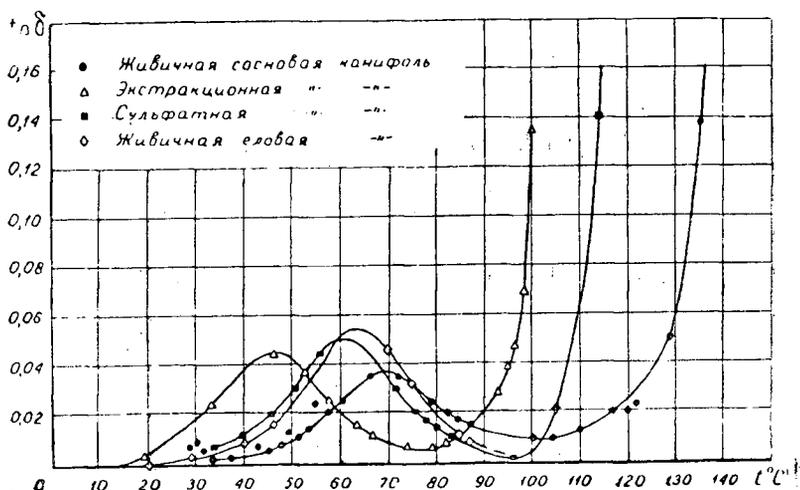


Рис. 1. Тангенс угла диэлектрических потерь у разных видов канифоли.

зять, что у других видов канифолей максимум диэлектрических потерь приблизительно в полтора раза больше и возникает при меньшей температуре ( $Q_k$ ), чем у сосновой живичной канифоли.

Наиболее значительно это проявляется у экстракционной канифоли, для которой  $Q_k = 45^\circ \text{C}$ .

Последнее, вероятно, можно объяснить более низкой температурой плавления этой канифоли.

Кривые также показывают, что рост  $\text{tg } \delta$ , вызванный увеличением тока сквозной проводимости  $i = v \cdot g$  у канифолей сульфатной и экстракционной возникает при значительно более низких температурах. Например, у экстракционной канифоли увеличение  $\text{tg } \delta$  уже заметно при  $80-90^\circ$ .

Необходимо также отметить, что сульфатная и еловая канифоли имеют очень малую сквозную проводимость в пределах до  $100^\circ \text{C}$ .

К сожалению, не удалось при опытах с еловой канифолью проследить кривую до конца. Еловая канифоль в меньшей степени подвержена кристаллизации и полный анализ электрических свойств ее представляет практический интерес для электротехнической промышленности.

### Выводы

1. Установлена качественная характеристика разных сортов канифоли применительно к требованиям электротехнической промышленности.

2. Определен тангенс угла диэлектрических потерь для живичной, экстракционной, сульфатной и еловой канифоли  $\text{tg } \delta = f(t)$ .

3. Показано, что кристаллизация канифоли происходит быстрее в присутствии меди и свинца. Добавка углекислого натрия в количестве 0,5—2% от веса канифоли полностью не устраняет склонности канифоли к кристаллизации, но в значительной степени замедляет ее.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О СМЕШАННЫХ СОСНОВО-ЕЛОВО-ДУБОВЫХ  
КУЛЬТУРАХ

Н. Т. КОЧКАРЬ

Инженер

В Белоруссии нередко встречаются сложные ельники, которые наиболее характерны для северных областей республики (Молодечненская и Витебская). Сложные ельники произрастают на суглинистых и легких глинистых почвах.

Эти условия являются наиболее благоприятными для произрастания смешанных сосново-елово-дубовых культур. Поэтому выходящие из-под сложных ельников площади должны преимущественно восстанавливаться смешанными хвойно-лиственными культурами.

Безусловно, что процентное соотношение сосны, ели и дуба должно в каждом отдельном случае увязываться с конкретными условиями местопроизрастания. Однако, общим во всех случаях является участие ели, которая должна вводиться как буферная порода между сосной и дубом.

Практика показывает, что смешанные сосново-дубовые культуры без ели отличаются замедленным ростом дуба, за счет более интенсивного прироста сосны.

Однако, даже при введении ели в сосново-дубовые культуры необходимо учитывать количественное участие каждой породы и соблюдать определенный принцип смешения пород. Обычно создание культур сосны, ели и дуба путем смешения чистыми рядами не дает надлежащего успеха.

Что это так, могут свидетельствовать нижеследующие данные 14-летних сосново-елово-дубовых культур, созданных весной 1938 г. на площади 1 га в 92 квартале Озерского лесничества Толочинского лесхоза, исследованные нами летом 1951 г.

Эти посадки произведены по схеме С-С-Е-Д-Е-С-С-Е-Д, то есть имели состав 4С4Е2Д. Однолетние сеянцы сосны обыкновенной и двухлетние сеянцы ели обыкновенной, выращенные из семян местной заготовки, высаживались под меч Колесова, через один метр по дну плужных борозд, интервал между срединами которых тоже равен одному метру. Желуди дуба черешчатого (местного происхождения) высевались под мотыгу в продольные (длиной 25 см) лунки, устраиваемые по дну конных борозд с тем же размещением.

Площадь до закультивирования представляла собой свежую лесосеку, вышедшую из-под двухгодичного сельскохозяйственного пользования. Почва суглинистая, сильно-оподзоленная на лёссовидных суглинках, подосланных моренным песком. Тип условий местопроизрастания — свежая субурь.

Для изучения роста этих смешанных культур и взаимоотношения между породами нами была заложена пробная площадь прерывисто-кулисного характера. Каждая учетная кулиса состояла из ряда дуба, двух рядов ели и двух рядов сосны (С-Е-Д-Е-С). За учетную кулису бралась каждая пятая комбинация смешения. Таким образом, учетные кулисы составляли 20% как площади культур, так и количества рядов. По рядам производились измерения общей высоты дерева, прироста за последние три года и диаметра на высоте груди, причем в ряду обмерялся каждый третий экземпляр.

На основании этих обмеров были получены средние, наибольшие значения таксационных показателей, которые приведены в табл. 1.

Как видно, наибольшую высоту и диаметр в 14 лет имеет сосна, которая превышает дуб более чем в два раза по высоте и более чем в шесть раз по диаметру. Ель по данным роста — средней высоте и диаметру — занимает промежуточное положение. Однако, если проанализировать изменение прироста за последние три года, то можно прийти к заключению, что ель по годичному приросту начинает догонять сосну, а в некоторых случаях даже обгонять. О последнем может говорить максимальный прирост за 1949 г., а также относительный прирост за последние три года к общей высоте.

Таблица 1

Таксационные показатели	Сосна			Ель			Дуб		
	средн.	наиб.	наим.	средн.	наиб.	наим.	средн.	наиб.	наим.
Высота в м . . . . .	5,2	7,0	3,5	3,9	6,0	1,8	2,5	4,1	1,3
Диаметр на 1,3 м в см . . . . .	7,0	10,0	2,0	3,0	8,0	1,0	1,1	2,0	0,5
Прирост в см:									
за 1948 г. . . . .	60	120	40	62	100	25	38	85	10
" 1949 г. . . . .	63	100	30	61	150	25	35	90	5
" 1950 г. . . . .	53	160	20	45	100	10	25	80	5

О том, что дуб значительно отстает в росте от ели, могут свидетельствовать данные зависимости среднего прироста по высоте от толщины, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Ступени толщины в см	Сосна обыкновенная			Ель обыкновенная			Ступени толщины в см	Дуб черешчатый		
	прирост			прирост				прирост		
	1948 г.	1949 г.	1950 г.	1948 г.	1949 г.	1950 г.		1948 г.	1949 г.	1950 г.
До 2	40	55	30	48	50	34	до 0,5	21	26	17
2—4	52	50	58	67	62	45	0,5—1	34	38	21
4—6	60	62	52	81	90	70	1—1,5	43	37	32
6—8	64	73	70	100	100	80	1,5—2	52	48	37
8—10	58	58	49							

Данные таблицы говорят сами за себя. И в самом деле, если ступени толщины для 15-летних (учитывая и возраст семян) деревьев сосны обыкновенной имеют пределы от 2 до 10 см, то для дуба 14 лет ступени толщины находятся лишь в пределах от 0,5 до 2 см. Если для сосны и ели мы ступени толщины установили через 2 см, то для дуба их пришлось установить через 0,5 см.

В то же время, рассматривая изменение прироста за последние три года по ступеням толщины, нужно отметить, что сосна обыкновенная до 8 см в диаметре на высоте груди увеличивает прирост, но дальше с увеличением толщины прирост по высоте становится меньше. Это, по нашему мнению, объясняется началом плодоношений деревьев такой толщины. И действительно, многие из самых толстых деревьев, толщиной от 8 до 10 см уже плодоносили. Ель с увеличением толщины увеличивает прирост по высоте, причем и это увеличение особенно заметно выражено после 10-летнего возраста.

У деревьев дуба черешчатого также можно отметить тенденцию к увеличению прироста по высоте с нарастанием толщины, однако она выражена слабее, чем у ели. А если сравнить абсолютные данные прироста за последние три года у дуба и ели, то видно, что у ели по всем ступеням толщины он вдвое больше, чем у дуба, не говоря уже о том, что сами размеры ступеней толщины у ели в четыре раза выше, чем у деревьев дуба. Все это говорит о том, что при смешении сосны, дуба и ели чистыми рядами мы не достигаем цели, ибо сама ель из буферной породы между светлюбивыми сосной и дубом позднее превращается в породу, угнетающую дуб.

Рядом исследователей было установлено, что дуб может успешно расти и без подгона. Поэтому при создании смешанных сосново-дубовых культур мы дуб должны вводить кулисами. Каждая кулиса будет представлять собой как бы небольшую площадь чистых культур дуба, который, произрастая группой, сам себе создает подгон. Для отделения крайних рядов кулис дуба от рядов кулис сосны безусловно рациональным будет введение одного ряда ели, как буферной породы. В этом случае ель не сможет угнетать его. Кулиса сосны наиболее приемлема трех- или пятирядная.

Таким образом, смешение сосны с дубом при кулисно-буферном сочетании должно производиться по следующей схеме: С-С-С-Е-Д-Д-Д-С-С и т. д. Расстояние между серединами рядов может быть принято в 1—1,5 м. В последнем случае интервал между посадочными местами по ряду может быть уменьшен до 0,8—0,6 м, с расчетом посадки на 1 га 8—10 тыс. растений.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНО- СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

**Г. Я. ТРАЙТЕЛЬМАН**

Доцент, кандидат технических наук

**Ю. Н. ВИНОГРАДОВ, О. В. ДЕНИСОВ**

Инженеры

(Сибирский технологический институт)

Чтобы найти заменитель сравнительно дорогих и дефицитных синтетических смол, применяющихся в качестве связующих при проклеивании стружечных плит, лаборатория древесно-стружечных плит Сибирского технологического института в 1958 г. занималась исследованиями применимости для этих целей отходов гидролизного и сульфитно-спиртового производства.

Исследования показали, что в качестве такого связующего вполне может быть использован кубовый остаток вакуум разгонки фурфурола. Известно также, что стружечные плиты, проклеенные на бардяном концентрате, обладают хорошей механической прочностью. Однако стружечные плиты, проклеенные кубовым остатком фурфурола и бардяным концентратом, при увлажнении теряют прочность, а в ряде случаев и форму. Было намечено провести исследования с целью устранения этих недостатков путем 1) внесения в связующее различных добавок, понижающих водопоглощение стружечной плиты, и 2) проклеивания плит указанными связующими при повышенных температурах.

Для экспериментальной проверки последнего в лаборатории была смонтирована специальная установка, позволяющая производить горячее прессование стружечных плит при повышенных температурах (180—250° С).

В качестве сырья использовалась некаленифицированная стружка, последовательно отсеянная на двух ситах, имевших ячейки 10 × 10 мм и 3 × 3 мм, и высушенная до + 6% влажности. При подготовке стружечного ковра использовалось соответствующее оборудование (вибросито, смеситель, подпрессовочные рамки), изготовленное в лаборатории по чертежам ЦНИИМОДа. Холодная подпрессовка и горячее прессование ковра проводилось на гидравлическом прессе ПК-136 Калининградского машиностроительного завода, имевшем следующие характеристики:

Размеры плит в мм . . . . .	850 × 850
Удельное давление в кг/см <sup>2</sup> . . . . .	18,9
Ход поршня в мм . . . . .	840
Количество промежутков шт. . . . .	12
Расстояние между плитами в мм . . . . .	75
Давление пара в системе разогрева <i>ати</i> . . . . .	6
Максимальная температура нагрева плит °С . . . . .	150

В процессе монтажа для удобства холодной подпрессовки часть плит была снята и таким образом получен пролет между плитами, равный 205 мм.

Конструкция плит пресса была изменена с учетом применения электрообогрева до 250° С. Нагревательные элементы (спирали) удельной мощностью 6,7 квт на 1 м<sup>2</sup> плиты пресса обеспечивали их нагрев до указанной выше температуры.

Регулировка температурного режима плит пресса проводилась с помощью схемы, изображенной на рис. 1. В качестве датчиков были использованы вмонтированные в контрольные алюминиевые прокладки хромелькопелевые термопары, а регулирующим и исполнительным органом сужили электронные потенциометры ЭПД-12. Перепад температур на поверхности плиты от центра к краям контролировался шеститочечным электронным потенциометром-самописцем ЭПП-09.

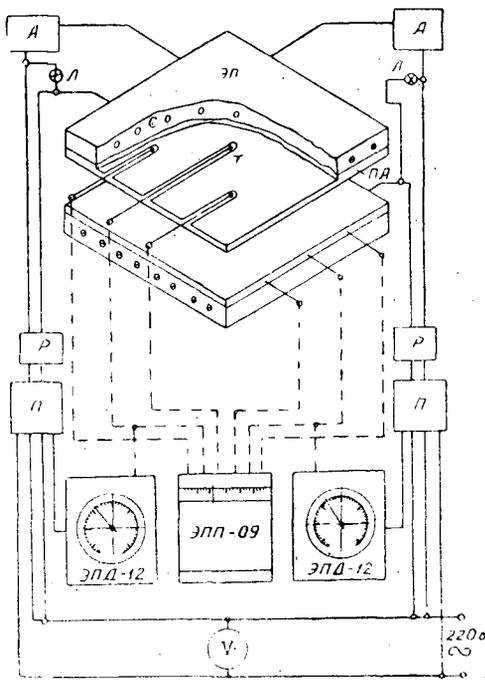


Рис. 1. Схема теплового контроля поверхности нагревательных плит пресса.

ЭП — электронагревательные плиты пресса; А — амперметр; V — вольтметр; Л — контрольные электролампы; Р — контрольный рубильник; П — магнитный пускатель; Т — термомпара; С — спираль электронагревательная; ЭПД-12 — электронный потенциометр регулирующий и записывающий; ЭПП-09 — электронный потенциометр записывающий, шестипозиционный; ~ — электросеть переменного тока напряжением 220 вольт; — — — измерительные провода; ПА — прокладки алюминиевые.

Для контроля за изменением температуры в стружечной плите в процессе горячего прессования в кромоочную зону плиты вводилась хромелькопелевая термомпара ТХК-УХУ, компенсационные провода которой присоединялись к потенциометру ЭПП-09, имеющему измерительную шкалу от 0 до 300° С. Изменения температуры регистрировались этим же прибором на диаграммной ленте.

В результате проведенных исследований по запрессовке древесно-стружечных плит было установлено, что гигроскопичность и водопоглощение образцов, проклеенных на бардяном концентрате и кубовом остатке вакуум разгонки фурфурола, при повышенных температурах (200 ÷ 240° С) резко снижаются.

Большое значение при этом имела продолжительность выдержки под давлением. Так, например, плиты толщиной 10 мм при объемном весе 0,7 г/см<sup>3</sup> и выдержке, равной 20 мин, имели следующие показатели водопоглощения:

за 2 часа пребывания образцов плит в воде	— 10—30%
за 24 часа	» — 30—90%

Повышение температуры прессования от 140° до 196° С не дает заметного улучшения показателей водопоглощения (при выдержках 10—30 мин), и только при температуре, превышающей 200° С, водопоглощение плит заметно снижается.

Механическая прочность плит, запрессованных при температурах 280 ÷ 230° С и выдержке 10 ÷ 30 мин, снижалась, но весьма незначительно.

При введении гидрофобных добавок петролатума и парафиновой эмульсии водопоглощение древесно-стружечных плит на бардяном концентрате (температура прессования 200° С) за 1 сутки было не больше, чем у плит, запрессованных на такой кондиционной смоле как МФ-17 (температура прессования 140° С).

Опыт эксплуатации экспериментальной лабораторной установки для исследования режимов прессования плит на различных смолах при повышенных температурах (в интервале 100 ÷ 250° С) показал ее высокие качества (надежность работы, точность регулировки, разогрев плит до желаемых температур). Указанная установка может быть рекомендована для использования ее как при исследованиях, так и в учебном процессе при проведении лабораторных занятий по курсу «Технология клееных материалов».

## К ВОПРОСУ О СРОКАХ ПОСЕВА СЕМЯН СОСНЫ

Л. А. ЕРШОВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Северная ЛОС)

Еще Г. Ф. Морозов указывал на вредные последствия как слишком ранних, так и слишком поздних посевов. Вполне понятно, что северные лесоводы с самого начала широкого внедрения лесокультурных работ в практику лесного хозяйства Архангельской области были заинтересованы в изучении влияния сроков высева на успешность культур. Однако решение этой задачи затрудняется необходимостью постановки многократных опытов и сравнительно длительных наблюдений. К сожалению, производственные опыты такого рода, хотя и ставились (например в Плесецком лесхозе в 1953 г.), но за посевами не велось наблюдений, иногда о таких участках вообще забывали при частой смене кадров в лесничествах или, в лучшем случае, полученные данные становились достоянием лишь узкого круга лиц. Поэтому до настоящего времени у части работников лесного хозяйства области нет ясного представления о том, как влияет срок высева на успешность культур.

Некоторые сведения по этому вопросу могут дать участки лесных культур, заложенные в 1957 г. в Левашском (лесничий А. В. Попов) и Озерском (лесничий В. Ф. Горбов) лесничествах Обозерского лесхоза Архангельской области при участии автора статьи.

Участок в Озерском лесничестве (квартал № 99) заложен на сплошной вырубке 1953 г. из-под ельника чернично-кисличного III класса бонитета. Местоположение слабо возвышенное, рельеф ровный, микрорельеф заметно выражен. В живом напочвенном покрове преобладают широколиственные травы. Почвы свежие, дренированные, легко суглинистые, слабоподзолненные. На глубине 40 см подстилаются известняками.

Участок в Левашском лесничестве (квартал № 158) заложен на сплошной вырубке 1955 г. из-под ельника-черничника IV класса бонитета. Рельеф вырубки холмистый, местоположение участка возвышенное. Микрорельеф заметно выражен. Живой напочвенный покров развит слабо: до 50% поверхности почвы покрыто мертвыми растительными остатками. Почвы свежие, дренированные (поверхностный сток) суглинистые среднеоподзолненные. На глубине 40—50 см подстилаются тяжелыми глинами.

Площадь каждого участка культур 1 га. В Левашском лесничестве для посева были использованы семена сосны III сорта местного сбора. В Озерском лесничестве высевались семена сосны III сорта, полученные из Новгородской области. Почва для посева подготавливалась мотыгой, площадками  $0,7 \times 0,7$  м, путем сдирания подстилки и дернины до гумусного слоя, без рыхления нижележащих горизонтов. Всего на гектаре таких площадок готовилось 1800—2000 шт. Подготовку почвы производилась непосредственно перед посевом. Посев в площадках производился вручную, вразброс при помощи мерки по 50 шт. семян в одну площадку. Заделка семян ручная, на глубину около 1 см. Оба эти участка были засеяны в период с 20 по 25 мая 1957 г. Кроме того, возле каждого было отграничено по 9 клеток площадью 0,04 га каждая, и в этих клетках, с интервалами в 15 дней, высевались семена сосны. При этом агротехника посева и подготовки почвы в клетках срочных посевов были аналогичны агротехнике, примененной на описанных выше участках. В Озерском лесничестве последний посев был произведен уже 9 августа 1957 г., так как участки опытных посевов располагались не далее 25 км от станции Обозерская, мы сочли возможным для характеристики погодных условий воспользоваться данными метеопункта Северной ЛОС, приводимыми в табл. 1.

В конце сентября 1957 г. посевы были обследованы, а в конце июня 1958 г. обследование было повторено. В обоих случаях обследовались все посевные площадки в клетках срочных посевов, а на участках посева 20—25 мая было обследовано по 200 посевных площадок подряд. При этом в каждой площадке подсчитывалось количество живых всходов.

Таблица 1

Периоды 1957 г.	Температура воздуха в 13.00	Сумма осадков в мм
1—15 мая	15,5	0,3
16—31 „	9,7	13,9
1—15 июня	14,9	27,3
16—30 „	14,4	18,2
1—15 июля	16,4	25,7
16—31 „	27,6	9,3
1—15 августа	17,7	11,2
16—31 „	19,8	2,2
1—15 сентября	15,2	12,7
16—30 „	5,1	6,8
1—15 октября	3,1	29,5
16—31 „	3,5	38,8

В табл. 2 приводятся выравненные по способу скользящей, средней данные о среднем количестве растений в площадках по каждому сроку посева.

Таблица 2

Дата посева	Озерское лесничество		Дата посева	Левашское лесничество	
	среднее количество всходов в одной площадке, шт.			среднее количество всходов в одной площадке, шт.	
	1-е обследование	2-е обследование		1-е обследование	2-е обследование
25/V	7,1	6,4	25/V	5,3	3,8
9/VI	7,1	6,4	7/VI	7,6	5,3
24/VI	7,6	6,4	23/VI	8,1	5,6
9/VII	8,6	5,5	7/VII	9,4	5,1
24/VII	9,3	3,9	23/VII	10,7	4,7
9/VIII	0	2,7	7/VIII	0	3,4
			23/VIII	0	1,9
			7/IX	0	1,7
			23/IX	0	2,4
			7/X	0	2,5

При рассмотрении результатов первого обследования создается впечатление, что наиболее благоприятным сроком посева является конец июля (несмотря на то, что именно в это время температура воздуха была максимальной, а осадки минимальными), так как количество растений в площадках возрастает по срокам посева от мая к июлю. Однако второе обследование, произведенное в июне 1958 г., показывает обратное. Из табл. 2 видно также, что семена, посеянные в августе и в более поздние сроки, взошли только на второй год, причем взошло их меньше, чем на посевах весенних и летних. В то же время осмотр всходов показал, что в площадках июльских посевов всходы, как правило, искривлены и желты, в то время как всходы августовских и более поздних посевов, появившиеся лишь на второй год, выглядят вполне нормальными.

Хотя результаты этого опыта в какой-то мере неизбежно связаны с условиями погоды 1957—1958 г. и эта связь не может быть выявлена однократной постановкой опыта, все же на основании приведенных данных можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее подходящим временем для посева семян сосны в подготовленную почву является период с момента таяния снега до 15—20 июня.
2. Июль является самым неблагоприятным для посева вследствие большого отпада и сильной повреждаемости всходов.
3. Августовские и более поздние посевы можно считать осенними, так как всходы появляются лишь на второй год.

## ЖИЗНЬ ВУЗОВ

ОБ ОДНОЙ ИЗ ФОРМ СВЯЗИ КАФЕДРЫ  
С ПРОИЗВОДСТВОМ

На кафедре лесоводства и дендрологии Белорусского лесотехнического института им. С. М. Кирова с 1952 г. установилась традиция: через каждые два года отчитываться в научно-исследовательской и опытной работе, проводимой коллективом кафедры в Негорельском учебно-опытном лесхозе. Этот отчет проводится в форме осмотра в натуре и обсуждения результатов опытов и исследований широким кругом работников лесохозяйственного производства.

Впервые такая форма связи кафедры с производством появилась в 1952 г., когда съехавшиеся в Минск для пропра-

ботки в порядке семинарских занятий статьи проф. Б. Д. Жилкина «О рационализации лесоводства в Минской области», лесничие из лесхозов Минской области потребовали показать в натуре объекты опытных работ автора. Семинар, проведенный в Негорельском учебно-опытном лесхозе, прошел успешно. Участники семинара одобрили опытные работы, проведенные специальными кафедрами института. Было решено и впредь проводить подобные занятия в лесхозе.

Следующие семинары проходили по 16-часовой программе с нарастающим



Участники семинара в Негорельском учебно-опытном лесхозе Белорусского лесотехнического института слушают лекцию проф. Б. Д. Жилкина о разновидности сосны обыкновенной.

*Фото В. П. Григорьева.*

количеством участников. Число опытных объектов кафедры лесоводства и дендрологии к настоящему времени значительно возросло, и исследования углубились. Многие из них нанесены на план типов леса и кратко охарактеризованы в брошюре проф. Б. Д. Жилкина «Опыт изучения типов леса БССР», служащей своеобразным путеводителем по опытным объектам кафедры.

Если семинары 1952 и 1954 гг. проводились главным образом с лесничими ближайших лесхозов, то в семинаре 1956 г. уже участвовали инженерно-технические работники из всех 15 лесхозов Минской области, а на участие в семинаре 1958 г. поступили заявки из всех семи областей БССР и даже из Смоленской и Московской областей.

8 и 9 сентября 1958 г. в Негорельском учебно-опытном лесхозе Главным Управлением лесного хозяйства при Совете Министров БССР совместно с Белорусским республиканским правлением НТО лесной промышленности и Белорусским лесотехническим институтом им. С.М. Кирова был проведен семинар по вопросам повышения продуктивности лесных площадей. В семинаре приняли участие 52 специалиста. В процессе проведения семинара были осмотрены в натуре 11 стационаров кафедры лесоводства и дендрологии, заложенных для изучения разных лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности лесов и улучшению водоохранных свойств леса. На каждом стационаре после выступления научного руководителя проф. Б. Д. Жилкина с сообщением цели постановки опытов и исследований, методики и полученных результатов, участники семинара детально осматривали объекты, за-

давали вопросы и делали свои критические замечания; после окончания осмотра опытных объектов обсуждались итоги. При этом была отмечена большая работа, проведенная коллективом кафедры лесоводства и дендрологии по закладке разнообразных опытов и исследований в Негорельском учебно-опытном лесхозе. Участники семинара высказывались за более широкое внедрение в производство результатов опытов по повышению продуктивности леса путем а) междурядной культуры многолетнего люпина, б) создания оптимальной густоты культуры сосны, в) своевременного проведения рациональных способов рубок ухода в сосняках и дубравах и обрезки сучьев в сосняках.

Для успешного внедрения в производство результатов работ коллектива кафедры лесоводства и дендрологии было высказано пожелание о быстрейшем их опубликовании. Участники семинара высказались также за расширение опытов по рубкам ухода в смешанных древостоях и за проведение семинаров по другим вопросам лесоводства и лесных культур.

В заключение участники семинара вынесли благодарность его организаторам и научному руководителю.

В официальном отзыве о семинаре заместитель начальника Главного управления лесного хозяйства при Совете Министров БССР тов. Ф. Б. Трибушецкий отметил, что «По своей направленности и результатам проведенный семинар является положительным примером творческого сотрудничества науки с производством».

Б. Д. Жилкин.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬ КАВКАЗА Л. Ф. МЛОКОСЕВИЧ

(К 50-летию со дня смерти)

В истории науки есть много примеров того, как рядовые люди становятся подлинными и неутомимыми исследователями, первооткрывателями тайн природы, прокладывающими пути ученым и вносящими неоценимый вклад в вечно пополняющуюся сокровищницу человеческих знаний.

Именно таким исследователем природы Закавказья был Людвиг Францевич Млокосевич, умерший 22 июля (по ст. стилю) 1909 г. в возрасте 78 лет.

Получив военное образование, он двадцатилетним юношей приехал на Кавказ, где принимал участие в походах против горцев. Однако его влекли совсем другие интересы. Поселившись в грузинском городке Лагодехи, Л. Ф. Млокосевич поступает на казенную службу лесничим в Лагодехское лесничество и развивает бурную деятельность натуралиста, снискавшую ему заслуженную славу в ученом мире.

Не будучи дипломированным ученым лесоводом, Л. Ф. Млокосевич сумел стать передовым лесничим; этому способствовали его оригинальный ум, огромная эрудиция и постоянная переписка со многими учеными.

Выполняя обязанности лесничего, он сделался также пионером разведения

леса, создав парк в Лагодехи и небольшой ботанический сад при своей усадьбе, из которого снабжал местное население саженцами плодовых и технических растений.

Но основная заслуга Лагодехского лесничего состояла в том, что во время своих многочисленных экскурсий он пытливым изучал малоизвестный в то время растительный и животный мир Кавказа. Это позволило ему открыть более 60 новых видов, среди которых наиболее известны эльдарская сосна (*Pinus eldarica*), описанная затем Я. С. Медведевым, и кавказский тетерев, получивший имя своего открывателя (*Lyrurus Mlokosiewiczii*).

Заслуги Л. Ф. Млокосевича были оценены Российской Академией наук и некоторыми заграничными научными учреждениями, которые избрали его своим членом-корреспондентом.

Научные труды Людвиг Францевич Млокосевича являются ценным вкладом в биологическую науку; и сам он стоит перед нами как пример, достойный подражания, пример, которому могут и должны следовать молодые лесничие в своей опытно-исследовательской работе.

П. И. Войчалъ.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. И. Переход, Д. С. Голод. Основные фонды лесохозяйственного производства БССР . . . . .	3
В. К. Захаров, В. Е. Ермаков. Строение и ход роста кедровых древостоев Забайкалья . . . . .	7
В. Н. Овсянкин, Т. Н. Канинская. Влияние сосредоточения в почве органических остатков на рост сосновых насаждений . . . . .	15
И. В. Семечкин. Ход роста наиболее распространенных елово-лиственных древостоев Ленинградской области . . . . .	24
Н. В. Корнильев. Нижне-Тунгусские лесные пожары и особенности борьбы с ними . . . . .	30
И. И. Гушин. Некоторые данные о возникновении и отпаде порослевых растений осины . . . . .	35
С. И. Назаренко. К вопросу об ускорении стратификации семян и улучшении качества семян на юге УССР . . . . .	38
А. С. Козобродов. О плодоношении семенников лиственницы на концентрированных вырубках . . . . .	41
И. В. Логвинов. К вопросу о рационализации возрастов рубки . . . . .	47
В. Л. Драгавцев. Возрастная изменчивость черного саксаула . . . . .	51
В. Н. Рыжкова. Естественное возобновление под пологом леса в дубравах лесостепи . . . . .	58

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. И. Рахманов. К вопросу о расчете трелевочных мачт . . . . .	52
С. И. Морозов. О принципах расчета удерживающей силы противоугонов	70
Т. А. Гурьев, В. В. Щелкунов. Расчет узкоколейного пути на продольных лежнях . . . . .	76
Л. В. Коротяев. Вес кроны еловых деревьев в лесонасаждениях Севера . . . . .	90
Г. М. Васильев, Н. В. Лившиц. К вопросу о параметрах агрегата для раскряжевки хлыстов на сортименты . . . . .	98

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. Н. Песочкий. Направления научно-исследовательской работы в области лесопиления . . . . .	106
А. Э. Грубе, В. И. Санев. Расчет надежности автоматических линий и оборудования в деревообработке . . . . .	112
А. Н. Минин. Влияние температуры измельченной древесины в момент прессования на свойства древесных пластиков . . . . .	128
Н. А. Антропов. Показатели концентрации лесопильного производства . . . . .	136

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. А. Выродов. К вопросу об омылении эфиров изоборнеола водной щелочью. Сообщение 4 . . . . .	143
Б. Д. Богомолов, Э. Г. Лазарянц, Н. В. Щербакова, З. М. Румянцева, Д. П. Емельянов. Использование щелочного сульфатного лигнина в качестве усиливающего наполнителя для синтетических каучуков . . . . .	150.

В. А. Лямин, Г. И. Прохорчук. К вопросу о переработке газогенераторных конденсатов на лесохимических заводах . . . . .	156
Ф. А. Медников, М. В. Янишевская. О физических и электротехнических свойствах разных канифолей . . . . .	161

*КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ*

Н. Т. Кочкарь. О смешанных сосново-елово-дубовых культурах . . . . .	166
Г. Я. Трайтельман, Ю. Н. Виноградов, О. В. Денисов. Экспериментальная лабораторная установка для горячего прессования древесностружечных плит при повышенных температурах . . . . .	168
Л. А. Ершов. К вопросу о сроках посева семян сосны . . . . .	170

*ЖИЗНЬ ВУЗОВ*

Б. Д. Жилкин. Об одной из форм связи кафедры с производством . . . . .	172
--	-----

*ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ*

П. И. Войчалъ. Исследователь Кавказа Л. Ф. Млокосевич . . . . .	174
---	-----

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ.  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5  
(Год издания второй)

---

Сдано в набор 10/VIII-59 г. Подписано к печати 17/XI-59 г. Форм. бум. 70×108/16.  
Физич. печ. л. 11, Услови. печ. л. 15,07+1 вклейка. Уч.-изд. 13,8.  
Тираж 1300. л. 03971. Заказ 1416. Цена 10 руб.

Типография им. Скляпина, г. Архангельск, Набережная им. Сталина, 86.

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, как правило, не должны превышать 12 страниц машинописного текста. Некоторые, наиболее ценные статьи, могут быть опубликованы по решению редакционной коллегии и при большем объеме — до 24 страниц. Статьи библиографического характера не должны быть более 6 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *I* и *J*, *z* и *ξ*.

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть подчеркнуты красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и матема-

тических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовый адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка простым карандашом должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректурa статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 20 отскоков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

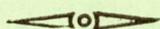
Таблица 1

№	место закладки	Пробная площадь характеристика насаждения *	Общее количество подраста на 1 га в тыс. шт. %	В том числе по породам тыс. шт. %				
				дуб	ясень	клен остролистный	липа	ильм
1	Алексеевский лесхоз	Свежая кленово-липовая дубрава на черноземовидном суглинке. Состав: I ярус—9Д1Яс; III ярус (редкий) — липа, клен остролистный; возраст 90 лет, бонитет II, полнота 0,7, подлесок средней густоты.	$\frac{28,5}{100}$	$\frac{1,8}{6}$	$\frac{8,9}{32}$	$\frac{17,5}{61}$	$\frac{0,3}{1}$	—
2	"	Сухая кленово-липовая дубрава на темно-сером суглинке. Состав: I ярус — 8Д2Яс; II ярус (редкий) — клен остролистный, липа, ильм; возраст 85 лет, бонитет III, полнота 0,7, подлесок средней густоты.	$\frac{35,1}{100}$	$\frac{0,9}{3}$	$\frac{16,1}{46}$	$\frac{15,6}{44}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{2,2}{6}$
3	"	Очень сухая дубрава на перегнойно-карбонатной почве. Состав: 9Д1Яс; возраст 70 лет, бонитет IV, полнота 0,7; подлесок — клен полевой, лещина, бересклет бородавчатый.	$\frac{15,1}{100}$	$\frac{0,6}{4}$	$\frac{8,2}{54}$	$\frac{5,8}{38}$	$\frac{0,2}{2}$	$\frac{0,3}{2}$
4	Усманский бор (Воронежский государственный заповедник)	Влажная дубрава на темно-серой песчаной почве, подстилаемой глиной. Состав: I ярус 10Д; II ярус (редкий) — клен остролистный, ильм, липа; возраст 80 лет, бонитет II, полнота 0,9; подлесок довольно густой.	$\frac{26,6}{100}$	$\frac{16,2}{61}$	—	$\frac{3,2}{12}$	$\frac{0,9}{3}$	$\frac{6,3}{24}$
5	"	Свежая дубрава на темно-серой песчаной почве, подстилаемой глиной. Состав 10Д; возраст 90 лет; бонитет II, полнота 0,8; подлесок средней густоты.	$\frac{10,4}{100}$	$\frac{5,9}{57}$	$\frac{2,1}{20}$	$\frac{0,9}{9}$	—	$\frac{1,5}{14}$
6	Шипов лес	Снытьевый дубняк ( $D_2$ ) на темно-сером суглинке. Состав: I ярус—8Д2Яс; II ярус — клен остролистный, липа, ильм. Возраст 130 лет, бонитет I, полнота 0,8; подлесок довольно густой.	$\frac{52,7}{100}$	$\frac{6,0}{11}$	$\frac{40,7}{77}$	$\frac{5,9}{11}$	—	$\frac{0,1}{1}$
7	"	Снытьево-осоковый дубняк ( $D_{2-1}$ ) на сером лесном суглинке. Состав: I ярус—9Д1Яс. II ярус (редкий) — клен остролистный, ильм. Возраст 130 лет, бонитет II, полнота 0,8; подлесок средней густоты.	$\frac{35,5}{100}$	$\frac{2,7}{8}$	$\frac{23,7}{67}$	$\frac{7,6}{21}$	—	$\frac{1,5}{4}$
8	Тульские засеки	Свежая кленово-липовая дубрава на темно-сером суглинке. Состав: 6Д4Лп. Возраст 95 лет, бонитет II, полнота 0,6, подлесок средней густоты.	$\frac{23,3}{100}$	$\frac{3,2}{14}$	—	$\frac{7,9}{34}$	$\frac{11,1}{47}$	$\frac{1,1}{5}$
9	"	Свежая ясенево-липовая дубрава на сером лесном суглинке. Состав: 6Д4Лп. Возраст 90 лет, бонитет II, полнота 0,7; подлесок средней густоты.	$\frac{13,3}{100}$	$\frac{1,0}{8}$	$\frac{0,9}{6}$	$\frac{9,4}{70}$	$\frac{2,0}{16}$	—

\* Рельеф на всех пробных площадях ровный.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА

Цена 10 руб.

**Принимается подписка  
на журнал на 1960 год**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 60 рублей. Цена отдельного номера — 10 рублей.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплект журналов за 1958 г. и отдельные номера за 1958 и 1959 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная им. Сталина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».