

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ТРЕТИЙ

5

1960

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Проф. **Ф. И. Коперин** (отв. редактор), доц. **П. И. Войчаль** (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. Корогов**, 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 имени Сталина, 17.
Лесотехнический институт, тел. 3-63-27.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ХОД РОСТА И ТОВАРНОСТЬ МОЛОДНЯКОВ СОСНЫ
В ТИПЕ ЛЕСА СОСНЯК-БРУСНИЧНИК**В. К. ЗАХАРОВ**Заслуженный деятель науки,
профессор, доктор сельскохозяйственных наук**О. А. ТРУЛЛЬ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Вопрос о влиянии происхождения насаждений на ход их роста в одинаковых условиях местопроизрастания лесоводственной литературой освещен недостаточно.

В настоящей статье приводятся результаты сравнительного изучения хода роста сосновых насаждений в возрасте от 5 до 40 лет естественного и искусственного происхождения (посадка) в типе леса сосняк-брусничник.

С этой целью были заложены и протаксированы 32 пробные площади, из которых 16 находились в культурах (размещение посадочных мест — $1 \times 1,5$ м) и 16 — в насаждениях естественного происхождения. Все пробы представлены высокополнотными насаждениями, суммы площадей сечений которых выше, чем во всеобщих таблицах хода роста сосны, составленных А. В. Тюриным.

Естественные ряды развития установлены по типу леса, а в пределах его — методом указательных насаждений.

Исследованные древостои произрастают на одинаковых дерново-подзолистых почвах, развивающихся на связном песке, который подстилается рыхлым песком. По механическому и химическому составу почвы характеризуются следующими показателями:

	в %
фракции мелкого и среднего песка	70—87
физической глины	2,5—5,0
гумуса (A ₁)	2,6
pH	5,7
степень насыщенности почв основаниями	55—77

Изучение хода роста молодняка проводилось путем измерений высот мутовок средних модельных деревьев, а также по средним высотам насаждений. Результаты изучения подтвердили принадлежность насаждений на пробных площадях к одному естественному ряду развития (табл. 1), что делает материалы наблюдений сопоставимыми.

Статистические показатели варьирования средних высот исследуемых насаждений показывают, что коэффициент вариации в естественных насаждениях несколько выше, чем в культурах (табл. 2).

Таблица 1
Средние высоты насаждений, м

Возраст насаждений, лет	Происхождение насаждений		Отклонение в % к культурам
	культура (посадка)	естественное	
5	0,73	0,80	+0,07
10	2,80	2,95	+0,15
15	5,26	5,25	-0,01
20	7,56	7,32	-0,24
25	9,54	9,51	-0,03
30	11,28	11,42	+0,14
35	12,55	12,55	—
40	13,67	13,86	+0,19

Таблица 2

Варьирование средних высот насаждений

Возраст, лет	Происхождение	Статистические показатели				
		$M \pm m$	σ	v	P	t
10	Культуры	2,80+0,15	0,51	18,2	5,2	0,62
	Естественное	2,95+0,19	0,72	24,4	6,5	
15	Культуры	5,26+0,22	0,74	14,1	4,3	0,01
	Естественное	5,25+0,28	0,97	18,5	5,4	
20	Культуры	7,56+0,34	1,12	13,4	4,4	0,48
	Естественное	7,32+0,37	1,12	15,3	5,1	

Коэффициент различия t между средними значениями высот в насаждениях разного происхождения меньше трех, и статистически эти величины одинаковы.

Следовательно, можно считать обоснованным вывод, что ход роста по высоте сомкнутых высокополнотных насаждений не зависит от их происхождения и может быть выражен одним общим уравнением следующего вида:

$$H_{cp} = 18,13 (1 - e^{-0,02673 \cdot A}) 2,1090, \quad (1)$$

где e — основание натуральных логарифмов — 2,71828;

A — возраст насаждения.

Справедливость этого вывода подтверждается также графиком хода роста по высоте (рис. 1).

Ниже приводятся средние высоты исследованных насаждений, сглаженные по уравнению (1).

Возраст (лет)	5	10	15	20	25	30	35	40
Средняя высота (м)	0,85	2,8	5,2	7,5	9,5	11,3	12,8	13,9

Средний диаметр насаждений в культурах до 25-летнего возраста больше, чем в насаждениях естественного происхождения, а в более высоком возрасте рост по диаметру идет одинаково (табл. 3). Исследования динамики числа стволов по возрастам в культурах производилось аналитическим способом, причем было получено корреляционное линейное уравнение

$$N = 6651 - 83,41 \cdot A, \quad (2)$$

где N — число стволов на 1 га;

A — возраст насаждения в пределах от 1 до 40 лет.

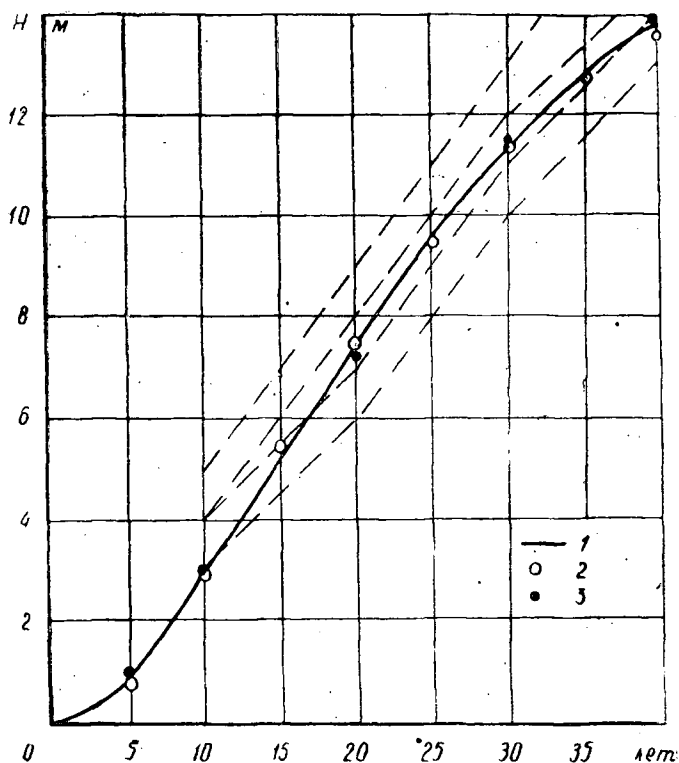


Рис. 1. Ход роста молодняков сосны по высоте в типе леса сосняк-брусничник естественного и искусственного происхождения.

1 — по уравнению; 2 — естественное; 3 — культуры.

Характерной особенностью уравнения (2) является то, что число 6651 является первоначальным количеством посадочных мест на 1 га при размещении $1 \times 1,5$ м.

Таблица 3

Средние диаметры насаждений, см

Возраст насаждений, лет	Происхождение насаждений		Отклонение в % к культурам
	культура (посадка)	естественное	
10	4,5	3,3	-1,2
15	7,4	5,7	-1,6
20	8,6	8,0	-0,6
25	9,5	9,5	—
30	10,2	10,5	+0,3
35	11,1	11,4	+0,3
40	12,0	12,0	—

Изменение числа стволов на 1 га в насаждениях естественного происхождения было выравнено графическим способом и приводится в табл. 4. До 25-летнего возраста число стволов на 1 га в естественных насаждениях значительно выше, чем в культурах. В последующий пери-

Ход роста и товарность молодых сосны в типе леса сосняк-брусничник

Возраст насаждений, лет	Средние		Число деревьев на 1 га	Сумма площадей, м ² /га	Запас, м ³ /га	Прирост, м ³		Распределение запаса по классам крупности сортиментов, %							Выход сортиментов, %					Итого деловой	Дрова	Отходы (кора + жер. щипки)															
	высота, м	диаметр, см				средний	текущий	I (3-5 см)	II (5-7 см)	III (7-9 см)	IV (9-11 см)	V (11-13 см)	VI (13-15 см)	VII (15-17 см)	жерлан	рубка-стойка	подготовленный бревно	пиловочные и строгильные																			
																			сортиментов, %				сортиментов, %														
5	0,9		6234 18500		3 7	0,6 1,4																															
10	2,8	4,5 3,3	5817 14200	10,0 12,0	24 28	2,4 2,8	4,1 4,4																														
15	5,2	7,3 5,7	5400 10000	22,4 25,6	76 87	5,1 5,8	10,5 11,7																														
20	7,5	8,6 8,0	4983 5950	28,6 29,6	126 131	6,3 6,5	10,0 8,7																														
25	9,5	9,5 9,5	4566 4400	31,9 31,8	170 169	6,8 6,8	8,7 7,7																														
30	11,3	10,2 10,5	4149 3900	34,0 33,6	207 205	6,9 6,8	7,5 7,2																														
35	12,8	11,1 11,4	3732 3400	35,8 35,0	242 236	6,9 6,8	6,9 6,3																														
40	13,9	12,0 12,0	3515 3170	37,6 36,2	273 263	6,8 6,7	6,2 5,3																														

Примечание: в числителе данные для культур сосны, в знаменателе — для насаждений естественного происхождения.

Таблица 4

Изменение числа стволов на 1 га в зависимости от происхождения насаждений

Возраст насаждений, лет	Происхождение насаждений		Отклонение в % к культурам
	культуры	естественное	
5	6234	18500	296
10	5817	14200	244
15	5400	10000	185
20	4983	5350	107
25	4566	4400	96
30	4149	3900	94
35	3732	3400	93
40	3315	3170	95

од (25—40 лет) практически число стволов как в культурах, так и в сосняках естественного происхождения почти одинаково. Аналогичный характер изменения с возрастом выявлен и в отношении сумм площадей сечений исследуемых насаждений.

Запас насаждений по возрастам вычислялся по формуле

$$V = G \cdot H \cdot f,$$

где видовое число было получено нами на основе обмеренных 680 учетных стволов сосны. Зависимость между видовым числом и высотами деревьев может быть выражена уравнением

$$f = 0,44 + \frac{1,13}{H}. \quad (3)$$

Товарность исследуемых насаждений устанавливалась методом модельных деревьев, взятых по 1—2-сантиметровым ступеням толщины.

Для изучения распределения запаса сортиментов по толщине было принято семь классов крупности с градацией в 2 см.

Длину всех сортиментов установили равной 6,5 м и, как исключение, — 4,5 м.

Распределение запасов исследуемых насаждений по семи классам крупности приведено в табл. 5. Анализируя данные табл. 5, можно видеть, что с 20—25-летнего возраста выход сортиментов мало зависит от происхождения насаждений.

Выводы

1. Ход роста и товарность сосняков-брусничников в возрасте от 25 лет и выше практически не зависят от происхождения насаждений.
2. Запас молодняков сосны естественного происхождения в возрасте до 20 лет превышает на 14—16% запас культур.
3. Распределение запаса древесины по классам крупности и выход сортиментов показывают, что в исследуемых насаждениях преобладают мелкие сортименты (жерди, рудстойка, подтоварник) и только с 30—35-летнего возраста возможен выход строительных и пиловочных бревен.

МЕТОД ПЕРЕЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТАКСАЦИИ ЛЕСА БЕЗ ОТБИВКИ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

В. М. ИВАНЮТА

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Московский лесотехнический институт)

В настоящее время наиболее распространенным методом перечислительной таксации леса является пересчет деревьев на пробных площадях или на лентах, закладываемых вдоль визиров. Такая таксация дает удовлетворительные результаты, но она сопряжена со значительными затратами труда и времени на отграничение пробных площадей.

Величина пробных площадей и их количество устанавливаются в зависимости от степени варьирования запасов и заданной точности таксации. Например, при размере пробных площадей в 0,25 га коэффициенты вариации запасов колеблются от 3 до 10% и для таксации леса с точностью в 5% закладывают две-три пробные площади. Когда же пересчет деревьев делают с целью товарной оценки древостоя, то в расчет берут не величину пробной площади, а число деревьев на ней, так как чем больше будет деревьев в пересчете, тем полнее отобразится их закономерное распределение по толщине и тем точнее будут конечные результаты перечислительной таксации леса.

Однако и в этом случае необходимо знать величину пробной площади для перевода результатов таксации на 1 га. Эта задача может быть решена более простым способом, чем отграничение пробных площадей с прорубкой и вешением визиров, замерами сторон, углов и т. п.

Разработанный нами новый метод перечислительной таксации леса без отбивки пробных площадей заключается в следующем.

Пересчет производят в пределах насаждения по зигзагообразному ходу (рис. 1) до определенного числа деревьев, обеспечивающего получение результатов таксации с заданной степенью точности. В этом же насаждении у 12—25 деревьев разной толщины (в зависимости от степени варьирования) замеряют высоту для построения графиков и по способу Биттерлиха в трех местах определяют сумму площадей сечения на 1 га.

Если разделить сумму площадей сечения, найденную по способу Биттерлиха для 1 га, на сумму площадей сечения, вычисленную по фактическому количеству деревьев в пересчете, то получим переводный коэффициент, на который следует перемножить результаты перечислительной таксации леса по зигзагообразному ходу, чтобы получить данные в переводе на 1 га.

В насаждениях с густым подростом или подлеском, где невозможно подсчитать сумму площадей сечения по способу Биттерлиха, ее мож-

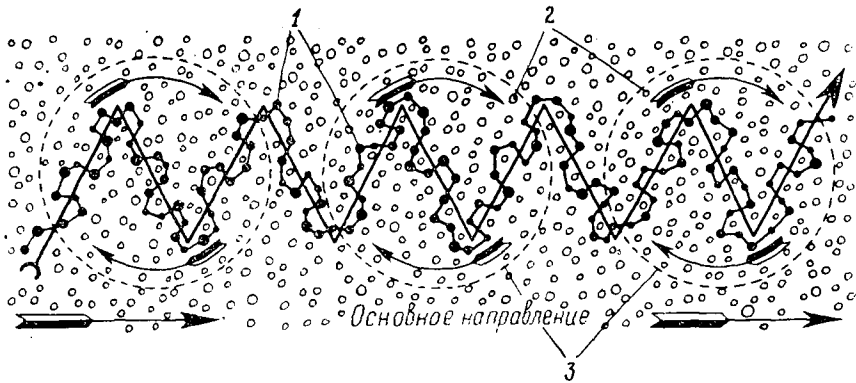


Рис. 1. Схема перечета деревьев.

1 — деревья, вошедшие в пересчет; 2 — деревья, не вошедшие в пересчет; 3 — круговые площадки по Биттерлиху.

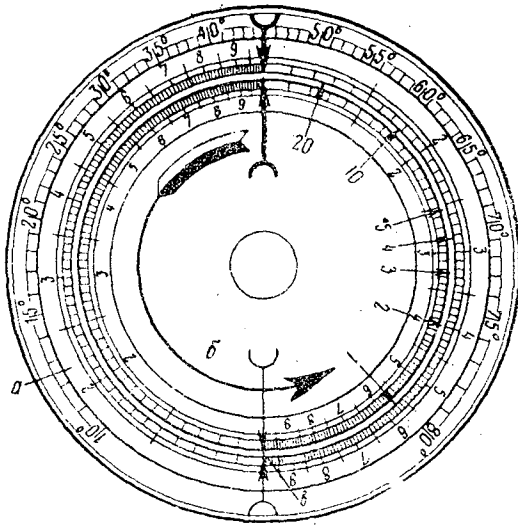


Рис. 2. Счетный круг эклиметра.

a — большой неподвижный круг; *b* — малый подвижный круг; *в* — окружность соприкосновения малого и большого кругов.

но определить с помощью эклиметра, на корпусе которого установлен счетный круг (рис. 2). На неподвижном круге *a* нанесены обыкновенная логарифмическая шкала и шкала тангенсов в градусах. На малом круге *b* проставлены переводные коэффициенты 1, 2, 3, 4, 5, 10 и 20, показывающие, во сколько раз площадь, охватываемая таксатором с помощью эклиметра, меньше 1 га.

Для определения с помощью эклиметра суммы площадей сечения на 1 га необходимо обычным способом измерить среднюю высоту насаждения. При этом малый круг поворачивают (см. большую стрелу на рисунке) с таким расчетом, чтобы под стрелой с отметкой 45° оказалось деление, равное расстоянию от таксатора до измеряемого дерева. Напротив градуса, соответствующего углу визирования, на этом же малом круге находят высоту измеряемого дерева (без роста таксатора).

Переходя к определению суммы площадей сечения, сначала необходимо решить, какой величины пробную площадь надо заложить в таксирваемом насаждении для подсчета числа деревьев на ней. В густых насаждениях целесообразно закладывать пробные площади величиной в $\frac{1}{10}$ и $\frac{1}{20}$ га. В насаждениях средней густоты — $\frac{1}{5}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{3}$ га, а в рединах $\frac{1}{2}$ и 1 га.

Приняв величину пробы, поворачивают малый круг так, чтобы стрелка при соответствующем переводном коэффициенте указала на среднюю высоту древостоя (без роста таксатора). Тогда большая стрелка, направленная от центра к периферии, укажет угол в градусах, под которым необходимо установить эклиметр. Приставив к глазу эклиметр под этим углом и поворачиваясь вокруг своей оси, подсчитывают деревья, пересекающиеся линией визирования, которая при этом очертит на уровне средней высоты древостоя пробную площадь заданных размеров ($\frac{1}{20}$; $\frac{1}{10}$; $\frac{1}{5}$ га и т. д.).

Сумму площадей сечения на одном гектаре находим по формуле:

$$\Sigma g = kng, \quad (1)$$

где Σg — сумма площадей сечения на 1 га;

k — переводный коэффициент (1, 2, 3, 4, 5, 10 или 20);

n — число подсчитанных в круге деревьев;

g — средняя площадь сечения, вычисленная по данным перечета деревьев.

На счетном круге эклиметра, как на логарифмической линейке, можно также выполнять вычисления общего порядка.

Для проведения опытов по описанному методу в Шелковском учебно-опытном лесхозе нами были протаксированы двенадцать насаждений, из которых в пяти преобладала сосна, в четырех — ель и в трех — береза. Во всех двенадцати перечетах, сделанных в указанных насаждениях по способу зигзагообразного хода, оказалось 3107 деревьев, в том числе: сосны 934, ели 1331, березы 783, осины 51, дуба 8, в среднем на каждый перечет по 220—280 деревьев.

Результаты перечислительной таксации леса без отбивки пробных площадей сравнивались с результатами перечислительной таксации леса на постоянных пробных площадях, заложенных в тех же насаждениях и принятых за истинные*. При этом на восьми пробных площадях запасы получились с преувеличением от 1,3 до 12,1% и на четырех пробных площадях с преуменьшением от 2,3 до 5,2%. При совместной обработке фактического материала систематическая ошибка оказалась равной +2,7%, а средняя случайная ошибка $\pm 5,4\%$ и для всех 12 случаев — всего лишь $\pm 1,6\%$. Коэффициент корреляции, характеризующий степень тесноты связи опытных данных с истинными значениями искоемых величин, оказался равным 0,98.

Опыт перечислительной таксации леса без отбивки пробных площадей был проведен нами впервые в более или менее однородных высокополнотных насаждениях учебно-опытного лесхоза.

Было бы интересно предлагаемый метод испытать в других условиях, а именно в неоднородных и низкополнотных насаждениях.

* Пробные площади закладывались кафедрой лесной таксации и лесоустройства Московского лесотехнического института.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОНОШЕНИЯ КЕДРОВНИКОВ НА СЕВЕРЕ И ЗАПАДЕ САЯН

Г. В. МЯКОТИНА

Старший научный сотрудник

(Сибирский научно-исследовательский институт
лесного хозяйства и лесозащиты)

Горные кедровники Красноярского края, занимающие верховья рек Абакана, Енисея, Кана, Маны и их притоков, представлены крупными массивами общей площадью около 1 млн. га.

Сравнительно большая населенность района и наличие транспортных путей, а также высокая урожайность кедровников создают предпосылки для их первоочередного освоения. Однако плодоношение кедровников Саян изучено крайне слабо. Можно назвать лишь работы В. В. Попова [5] и В. А. Поварницына [3].

Вместе с тем изучение плодоношения кедровников имеет большое научное и практическое значение. Особую актуальность оно приобретает в связи с постановлением Совета Министров Российской Федерации об организации специализированных хозяйств на базе кедровых насаждений.

Настоящая статья является результатом полевых работ, проведенных в 1958 году. В сборе материала, кроме автора статьи, принимали участие старший лесничий Даурского лесхоза Б. В. Шеркунов, студент Сибирского технологического института Л. Г. Ронин и лаборантка института Е. У. Кривцова.

Работа по изучению плодоношения кедровников проведена в Ермаковском и Даурском лесхозах Красноярского края.

Методика исследования. Пробные площади заложены в чистых и смешанных кедровых насаждениях с участием кедра от 5 до 9 единиц, при колебании возраста насаждений от 100 до 250 лет и полноты — от 0,5 до 0,9. Всего было заложено 11 пробных площадей: две — в кедровнике долинном, шесть — в кедровнике горных склонов и три — в кедровнике нагорном. Размер пробной площади определялся составом насаждений: в чистых древостоях он принимался равным 0,5 га, в смешанных — 1,0 га. После выбора пробной площади проводилось подробное лесоводственное описание и сплошной пересчет деревьев с указанием породы и диаметра, а для кедра, кроме того, и класса развития. Выбор моделей кедра для последующего определения по ним урожайности был проведен с учетом таксационных показателей дерева (диаметра и высоты) и степени развития кроны.

Для каждой пробной площади было взято шесть моделей кедра. После спиливания моделей проводилось измерение их общей высоты,

длины кроны и длины ее плодоносящей части. Диаметр моделей измерялся у шейки корня, на высоте груди и на половине высоты ствола. Данные по урожайности моделей были переведены на урожайность соответствующего класса развития, в затем на урожайность пробной площади и урожайности с одного гектара. Определение урожайности моделей проводилось по методике, разработанной научными сотрудниками СибНИИЛХЭ Л. А. Шарнас и В. Г. Джебианом (1934). Методика Л. А. Шарнас и В. Г. Джебиана основана на учете следов шишек, остающихся в продолжении 10—12 лет после их отпада. Так как ветви кедра отличаются ясной мутовчатостью, то принятый метод позволяет определить количество бывших шишек за каждый год последнего десятилетия. Обычно такая работа требует многолетних стационарных наблюдений. В литературе биологический метод определения урожайности хвойных опубликован П. Л. Горчаковским [1].

Результаты исследования. Краткая таксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Номер пробной площади	Группа типов кедровников	Размер пробной площади, га	Состав	Бонитет	Возраст	Полнота	Запас на 1 га м ³
1	Нагорный	0,9	9К1Пед.Е	III	180	0,8	310
2	"	1,0	9К1Пед.Е	III	200	0,9	370
3	"	0,7	9К1П	IV	200	1,0	280
4	Горных склонов	1,0	10Кед.ПЕ	III	200	0,7	350
5	"	1,0	9К1Пед.Е	III	250	0,8	400
6	"	1,0	9К1Пед.ЕБ	III	200	0,8	360
7	"	1,0	6К2ПЕ1Ос	III	100	0,8	200
8	"	1,0	7К2ПЕ+Ос	III	250	1,0	490
9	"	1,0	8К2Пед.ЕОс	III	200	0,9	390
10	Долинный	1,0	5К3П ² Ос	I	200	1,0	450
11	"	1,0	7К2ПЕ	II	200	0,5	350

Лесоводственное описание пробных площадей принято по В. А. Поварнищину [3].

В условиях Восточных Саян кедровые насаждения плодоносят в возрасте от 60—80 до 300—350 лет, после чего начинается массовое усыхание крон (рис. 1). Максимальной урожайностью отличаются кедровые насаждения в 250 лет, средняя десятилетняя урожайность была равна 92,8 кг с 1 га (пробная площадь № 5).

Цветение кедров начинается со второй половины июня, семена созревают на второй год в конце сентября — начале октября. С конца октября начинается опадение шишек («паданка»), причем в нижней части склонов они опадают значительно раньше, чем на вершинах хребтов или на водоразделах ключей. С нижней части кроны шишки опадают ранее. На склонах северной экспозиции средняя длина шишки — 7,69 см, ширина — 5,63 см, вес — 46,39 г; на склонах южной экспозиции длина шишек — 6,09 см, ширина — 4,49 см, вес — 38,39 г. и выход орехов — 18,29 г. Орехопродуктивная способность кедровых насаждений тесно связана с составом насаждений. Так, в чистом 200-летнем кедровом насаждении горного склона (пробная площадь № 4) средняя десятилетняя урожайность была определена в 59 кг с одного гектара, в насаждении состава 8К2Пед.Е средняя десятилетняя урожайность была равна 49 кг с 1 га, а при составе насаждения 6К2ПЕ1Ос средняя урожайность снизилась до 30 кг с гектара (пробная площадь № 7). Насаждения, обладающие большей производительностью по запасу древесины; как правило,



Рис. 1. Усыхание крон кедрового насаждения в возрасте 350 лет.

обладают и лучшей орехопроизводительной способностью (табл. 2). Исключением из правила являются кедровые насаждения, произрастающие на почвах избыточного увлажнения, плодоношение которых обычно значительно ниже кедровых насаждений равного или даже более низкого бонитета, занимающих почвы оптимального увлажнения [5].

Таблица 2

Годы	Урожай в кг на 1 га в кедровниках		
	нагорном	горных склонов	долинном
1949	38,6	48,5	89,0
1950	60,0	95,0	154,0
1951	27,0	49,0	72,0
1952	28,6	54,0	68,0
1953	32,0	56,8	72,0
1954	27,0	43,0	80,0
1955	72,0	112,0	184,0
1956	24,0	44,0	81,0
1957	31,0	47,0	92,0
1958	51,0	67,0	94,0
Средний за 10 лет.	39,2	61,6	98,6

Орехопродуктивная способность отдельных деревьев в пределах одного насаждения зависит от индивидуальных условий их произрастания.

С увеличением диаметров и высот деревьев увеличивается и их урожайность (табл. 3).

Однако не исключена возможность, что деревья в насаждении с лучшими таксационными показателями плодоносят хуже, чем деревья с более низкими показателями.

Таблица 3

Диаметр на 1,3 м, см	Высота, м	Число шишек на одном дереве
20	21,5	5
32	26,0	12
36	25,0	22
36	26,0	36
42	27,5	17
44	26,0	35

Наблюдения за урожайностью кедровников показывают, что основным показателем плодоносящей способности дерева является длина плодоносящей части кроны (табл. 4) и степень ее развития в ширину. Количество шишек на одно дерево возрастает вместе с этими показателями.

Таблица 4

№ модельного деревя	Характеристика модельных деревьев кедря				Урожай, кг
	общая высота, м	диаметр на 1,3 м, см	длина кроны, м	длина плодоносящей части кроны, м	
1	27,0	40,5	19,2	5,5	1,0
2	26,8	36,0	14,8	5,0	0,7
3	24,3	34,5	12,0	4,0	0,5
4	25,0	38,0	14,0	3,5	0,4
5	23,0	32,0	15,6	2,0	0,2

Преобладающая часть плодоносящих деревьев кедря в насаждении обладает плодоносящей кроной длиной от 2 до 5 м.

Деревья кедря с длиной плодоносящей части кроны выше 5,0—5,5 м в насаждении встречаются редко. Обычно они принадлежат к I классу развития и чаще встречаются не в насаждении, а на опушке. Деревья кедря с длиной плодоносящей части кроны до 2 м принадлежат к IV классу развития, урожайность их крайне мала и практического значения для орехосбора не имеет. Нередки случаи, когда эти деревья не плодоносят вовсе.

В кедровых насаждениях даже в годы повышенных урожаев плодоносят не все деревья. Обильный урожай в 1958 г. наблюдался примерно на 10% деревьев, хороший на 30, удовлетворительный на 35, плохой на 20 и у 5% общего числа деревьев урожай отсутствовал. Не плодоносящие деревья, как правило, имели либо усохшие вершины, либо были угнетены верхним ярусом.

Не менее важное влияние на характер плодоношения оказывает расположение кроны по отношению к странам света. Этот вопрос изучался путем учета шишек на моделях, при этом учет шишек производился только с южной и северной стороны. Полученные материалы указывают на значительно лучшие условия плодоношения северной части кроны над южной. Развитие шишек с южной стороны наблюдается преимущественно только в самой верхней части кроны, значительно ниже опускаются шишки с северной стороны. В отдельных случаях северная часть кроны плодоносит в 4—6 раз обильнее южной. Развитие кроны также сильнее направлено в северную сторону, причем, чем ниже полнота насаждений, тем сильнее выражено одностороннее развитие кроны. Наблюдения показывают, что с увеличением общей длины кроны увеличивается и длина ее плодоносящей части (табл. 5).

Таблица 5

№ модели	Длина, м	
	всей кроны	плодоносящей части кроны
1	21,5	5,2
2	20,8	5,0
3	20,5	4,0
4	19,7	3,2
5	19,2	3,0
6	19,0	2,8
7	17,8	2,5
8	17,0	2,0
9	14,5	2,0
10	8,5	1,5

Приведенные материалы показывают на перспективность проведения рубок ухода в кедровниках с целью формирования их крон для повышения орехопроизводительности. Методом прореживания молодых насаждений были созданы знаменитые Княсьенские и Махневские кедровники на Урале и припоселковые вблизи г. Томска, дающие среднегодовые урожаи с 1 га до 500 кг [2].

Результаты исследования плодоношения кедровников позволили установить, что за время наблюдения (1948—1958 гг.) все кедровые насаждения плодоносили каждый год; величина плодоношения, однако, в разные годы была различной. Годы максимальной урожайности чередовались с годами плохой урожайности; между годами обильных и плохих урожаев наблюдались годы средних урожаев (рис. 2). Неравномерность урожая в кедровых насаждениях отмечалась также В. В. Поповым [5] и В. А. Поварницыным [4]. Последняя обусловлена, как известно, не только биологическими особенностями породы и конкретными почвенно-климатическими условиями, но также и метеорологическими

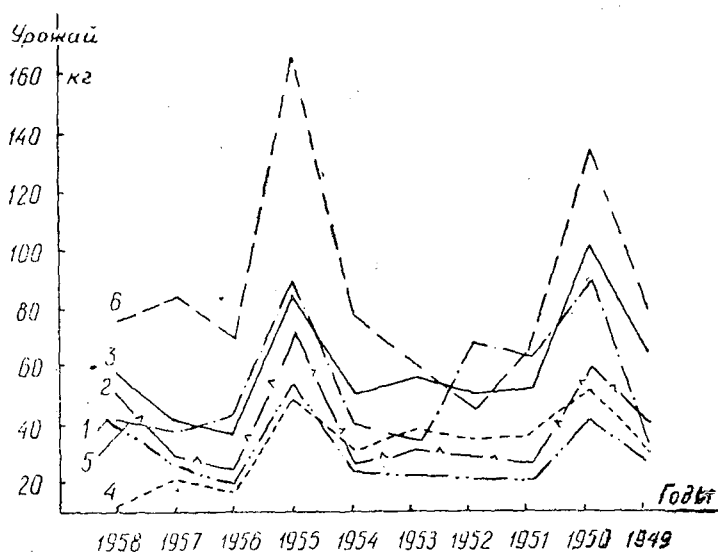


Рис. 2. Периодичность плодоношения кедровников на пробных площадях: 1 — № 2; 2 — № 3; 3 — № 4; 4 — № 7; 5 — № 9; 6 — № 11.

условиями года. Нередки случаи, когда обильная озимь из-за повреждения ее туманами, ожеледью и сильными ветрами почти полностью уничтожается, и ожидаемый хороший урожай снижается до очень слабого или даже до полного неурожая.

Периодичность плодоношения кедровников убедительно показывает, что организация специализированных хозяйств исключительно на орех нецелесообразна. Работа таких хозяйств будет по крайней мере неритмичной. В отдельные годы с возможно полным неурожаем ореха существование таких хозяйств не оправдывается вовсе. Следовательно, организация специализированных кедровых хозяйств должна быть проведена с учетом использования всех природных богатств кедровников, а именно: кедрового ореха, пушнины, ягод, грибов, древесины от рубок ухода, технического сырья и других полезностей.

На основании проведенной работы можно прийти к следующим основным хозяйственно-важным выводам.

1. Наибольшей урожайностью обладают кедровники группы долинных типов леса. Значительно меньшей урожайностью отличаются кедровники горных склонов. Урожайность нагорных кедровников незначительна. Различная урожайность кедровых насаждений предопределяет очередность их освоения промхозами.

2. Характер плодоношения отдельных деревьев в насаждениях показывает на возможность увеличения их плодоношения путем формирования кроны рубками ухода.

3. Организация работы промхозов должна проводиться на основе использования всех природных богатств кедровников.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. Л. Горчаковский. Новое в методике исследования динамики семенения хвойных. «Ботанический журнал» № 10, 1958. [2]. М. Ф. Петров. Опыт организации припоселковых кедровников. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1956. [3]. В. А. Поварницын. Леса и лесовозобновление в бассейне реки Б. Белой в Восточных Саянах. Л., 1934. [4]. В. А. Поварницын. Кедровые леса СССР. Красноярск, 1944. [5]. В. В. Попов. Орехопроизводительность кедровников Сибири. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1937.

Поступила в редакцию
7 октября 1959 г.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДОХОДНОСТИ РУБОК УХОДА ЗА ЛЕСОМ

В. Л. ДЖИКОВИЧ

Доцент, кандидат экономических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Е. В. ПОЛЯНСКИЙ

Доцент, кандидат экономических наук

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

Экономическое значение рубок ухода за лесом состоит в том, что они позволяют направленно влиять на естественные процессы роста и развития насаждений и получать древесину. Эффективность промежуточных рубок выявляется путем сравнения количественных и качественных показателей насаждений, пройденных и не затронутых рубками. Этот эффект можно реализовать не сразу, а лишь по прошествии определенного периода времени — после рубки главного пользования. Указанное обстоятельство затрудняет экономическую оценку эффективности промежуточных рубок как меры ухода за лесом.

Значение рубок ухода двояко: с одной стороны, промежуточное пользование повышает степень использования древесного запаса, сокращает естественный отпад и повышает интенсивность хозяйства, а с другой стороны, оно может привести к существенному улучшению баланса производства и потребления древесины в данном районе.

Размер денежного дохода от реализации древесины, полученной в порядке ухода, определяется по действующим отпускным ценам наготавливаемую при рубках промежуточного пользования лесопroduкцию в зависимости от пояса и разряда цен, породы, сортиментного состава и качества.

При проведении рубок ухода за лесом главной задачей, определяющей характер проводимых рубок, является получение эффекта от целенаправленного влияния на рост и развитие насаждений. Однако получение этого эффекта определяет лишь общую лесоводственную необходимость рубок. Практически объемы и размещение рубок ухода за лесом в значительной степени лимитируются их самоокупаемостью, доходностью.

Размеры приложения труда и средств производства в социалистическом лесном хозяйстве определяются общей народнохозяйственной целесообразностью, а не задачей немедленного получения дохода. Поэтому социалистическому лесному хозяйству свойственны немыслимые для капитализма темпы и масштабы развития. Но так как выращивание леса отвлекает на длительный срок затраты на рабочую силу и

средства производства, размеры вложений в лесное хозяйство должны ограничиваться экономическими возможностями и темпами расширенного воспроизводства всего общественного продукта, с учетом фактора времени при обороте расходов на лесное хозяйство, то есть с учетом сроков возвращения затраченных средств обществу.

Поэтому, как правило, рубки ухода проводятся в том случае, если обеспечен сбыт заготавливаемой древесины. Это положение не является решающим в отношении осветлений и прочисток, проведение которых обеспечивает желательный состав насаждений.

Авторы данной статьи ставили своей задачей рассмотреть некоторые вопросы доходности рубок ухода, в частности — выявить действительную рентабельность различных видов рубок на примере десяти характерных лесхозов Ленинградской, Новгородской и Псковской областей.

Прежде чем перейти к изложению вопроса по существу, необходимо кратко остановиться на определении понятия рентабельности рубок ухода. В лесоэкономической литературе часто пишут о рентабельности лесхозов, лесохозяйственного производства и даже о рентабельности лесных культур, противопожарных мероприятий и др. Но денежным выражением рентабельности является прибыль, представляющая разницу между отпускной ценой и полной себестоимостью. Следовательно, о рентабельности можно говорить лишь применительно к тем производствам в лесхозах, в которых вырабатывается товарная продукция (рубки ухода за лесом, заготовка семян и выращивание посадочного материала при реализации их на сторону и др.), при отсутствии же товарной продукции можно говорить не о рентабельности, а о других показателях экономической эффективности, — народнохозяйственной целесообразности, стоимости единицы данного вида работ и т. п. Но и применительно к этим производствам нельзя употреблять понятия рентабельности безоговорочно, так как в планах и отчетах лесхозов пока что определение себестоимости заменяется определением «стоимости единицы работ», которая включает лишь тарифный фонд заработной платы и прогрессивную надбавку.

Таким образом, доходность рубок ухода приходится пока определять как разность между выручкой от реализации древесины и расходами на основную зарплату рабочим при ее заготовке. Выручка от реализации подсчитывается по прейскуранту цен (франко-лес). Расходы на заготовку древесины включают тарифную зарплату и прогрессивную надбавку лесорубам и тарифную зарплату рабочим на отводе лесосек. Разница между выручкой и расходами представляет собой доход, а отношение дохода к затратам, взятое в процентах, представляет показатель доходности рубок ухода за лесом.

$$K_p = \frac{D}{Z} \cdot 100\%.$$

В действительности чистый доход будет меньше, так как (согласно принятой в лесхозах калькуляции) в затраты, относимые на 1 м³ заготавливаемой при рубках ухода древесины, не включаются: дополнительная зарплата, отчисления на социальное страхование, стоимость материалов и износа инструментов, зарплата инженерно-технического персонала за руководство и контроль при отводе лесосек и проведении рубок*, а также корневая цена вырубаемой древесины.

* По нашим примерным подсчетам, затраты, не включаемые в настоящее время в «стоимость единицы» ручной заготовки 1 м³ древесины на рубках ухода, составляют не более четвертой части тарифного и прогрессивного фонда зарплаты.

Во всех последующих расчетах мы вынуждены опираться на действующую в настоящее время в лесхозах систему и практику учета и отчетности, несмотря на ее существенные недостатки, так как в настоящее время практически невозможно определить прочие производственные расходы на рубках ухода, не говоря уже о доле административно-управленческих затрат, распределение которых по отдельным видам работ в лесхозах даже и теоретически представить себе нельзя.

Остановимся сначала на анализе расходов на заготовку древесины при рубках ухода за лесом в отдельных лесхозах трех областей.

Расходы на заготовку 1 м³ по элементам затрат и отдельным видам рубок ухода, на примере Тихвинского и Приозерского лесхозов Ленинградской области, характеризуются данными табл. 1.

Таблица 1

Виды рубок	Тихвинский лесхоз				Приозерский лесхоз			
	выборка с 1 га, м ³	затраты на 1 м ³ , руб.			выборка с 1 га, м ³	затраты на 1 м ³ , руб.		
		отвод лесосек	заготовка	итого		отвод лесосек	заготовка	итого
Осветление	2,0	1—30	25—60	26—90	3,0	1—73	30—88	32—61
Прочистка	7,0	0—47	19—40	19—87	7,0	0—40	23—20	23—60
Прореживание	24,0	0—53	15—90	16—43	12,0	0—28	21—00	21—28
Проходная	32,0	0—29	9—60	9—89	18,0	0—51	14—80	15—31
Санитарная	10,0	0—44	9—00	9—44	17,0	0—24	9—65	9—89

Как видно, затраты на заготовку 1 м³ древесины при осветлениях примерно в 2—2,5 раза выше затрат на проходные рубки. Удельный вес расходов на отвод лесосек составляет всего 2—5% общего размера затрат и зависит от вида рубок. Стоимость отвода лесосек и проведения рубки в расчете на 1 м³ тем выше, чем меньше количество древесины вырубается с 1 га. В расчете на 1 га наиболее дорогостоящими оказываются прореживания и проходные рубки.

Сопоставляя затраты на проведение рубок ухода за лесом по девяти лесхозам Ленинградской административного экономического района, можно видеть, что они находятся примерно на одном и том же уровне (табл. 2).

Таблица 2

Наименование лесхозов	Затраты на заготовку 1 м ³ (руб. и коп.) при				
	осветлениях	прочистках	прореживаниях	проходных рубках	санитарных рубках
Тихвинский	26—90	19—87	16—43	9—89	8—44
Тосненский	29—74	17—63	8—75	6—23	5—82
Приозерский	32—61	23—60	21—28	15—31	9—89
Псковский	22—64	16—93	11—81	7—57	6—03
Великолукский	26—28	16—64	10—69	7—40	6—39
Струго-Красненский	24—97	14—92	12—62	8—60	8—56
Хвойненский	25—07	16—13	9—19	7—00	8—10
Дрегельский	13—09	11—02	9—73	6—99	7—41
Солецкий	20—63	13—56	10—76	5—87	5—62

Затраты на заготовку леса при рубках ухода («стоимость единицы») зависят от способа (ручная, механизированная), вида рубок (осветление, прочистка и т. п.), сезона проведения рубки (летом, зимой), технологии (с сжиганием или без сжигания сучьев), сортиментного состава (деловое долготье или коротье, дрова), среднего объема

хлыста и породы. Так как вышеуказанные условия во всех областях более или менее одинаковы, то, как и следовало ожидать, затраты близки. Решающее влияние на рентабельность ухода за лесом в целом оказывает удельный вес тех видов рубок, которые дают ликвидную древесину, и процент ликвидной древесины*. Неликвидная древесина получается в основном при осветлениях и прочистках. Значителен процент неликвидной древесины и при прореживаниях. Например, в 1957 г. по лесхозам Ленинградского управления выход ликвидной древесины составил от общего объема вырубленной массы: при осветлениях — 17% (в том числе 3% деловой и 97% дров), при прочистках — 12% (34% деловой и 66% дров), при прореживаниях — 78% (33% деловой и 67% дров), при проходных рубках — 98% (33% деловой и 67% дров) и при санитарных рубках — 99% (45% деловой и 55% дров).

По отдельным лесхозам Ленинградской, Новгородской и Псковской областей выход ликвидной древесины при различных видах рубок колеблется в довольно значительных пределах (табл. 3).

Таблица 3

Виды рубок	Выход ликвидной древесины (в %) в лесхозах							
	Тихвинском	Приозерском	Тосненском	Хвойненском	Дрегельском	Солецком	Псковском	Великолукском
Осветление	—	—	6,4	—	—	—	—	—
Прочистка	1,6	20,5	40,3	—	—	—	3,1	2,2
Прореживание	64,0	56,0	99,3	93,0	28,3	96,2	83,5	86,4
Проходная	94,3	90,4	100,0	99,0	55,3	95,2	100,0	100,0
Санитарная	98,0	90,7	100,0	99,0	55,1	91,1	100,0	100,0

Удельный вес неликвидной древесины, как видно, резко колеблется по областям и лесхозам и находится в прямой зависимости от плотности населения, дефицитности баланса производства и потребления древесины, лесистости и других лесоэкономических показателей, определяющих объем и характер спроса на лесопroduкцию.

Таблица 4

Показатели	Единицы измерения	Виды рубок					Всего
		осветления	прочистки	прореживания	проходные	санитарные	
Объем заготовок	м ³	78	691	1034	4201	2121	—
Затраты на 1 м ³ :							
на отвод лесосек	руб. коп.	1—84	0—43	0—65	0—18	0—07	—
и заготовки	"	27—90	17—20	8—10	6—05	5—75	—
итого	"	29—74	17—63	8—75	6—23	5—82	—
Затраты на весь объем	тыс. руб.	2,3	12,2	9,1	26,1	12,5	62,2
Средняя цена 1 м ³ (по прейскуранту)	руб. коп.	6—00	11—40	13—10	13—50	15—10	—
Объем ликвидной древесины	м ³	5	278	1027	4199	2121	—
	%	6,4	40,3	99,9	100	100	—
Выручка от реализации	тыс. руб.	0,03	3,2	13,4	56,6	32,0	105,2
Доход	"	—	—	4,3	30,5	19,5	43,0
Убыток	"	2,3	9,0	—	—	—	—
Показатель рентабельности	%	—	—	47,3	117	156	69,1
Затраты на заготовку 1 м ³ ликвидной древесины	руб. коп.	460—00	53—24	8—86	6—21	5—82	—

* К неликвидной древесине, согласно принятой в практике отчетности лесхозов, относятся порубочные остатки (отходы лесозаготовок: вершины, сучья, корье).

Рентабельность (доходность) рубок ухода за лесом нами подсчитана по схеме, приведенной в табл. 4 (данные по Тосненскому лесхозу):

Доходность рубок промежуточного пользования колеблется по лесхозам в значительных границах, о чем наглядно свидетельствуют данные табл. 5:

Таблица 5

Виды рубок	Показатель доходности (в %) в лесхозах					
	Тосненском	Приозерском	Тихвинском	Псковском	Великолукском	Струго-Красненском
Осветления	—	—	—	—	—	—
Прочистки	—	—	—	—	—	—
Прореживания	47,3	—	—	15,8	30,8	47,0
Проходные	117	108	82,2	197	82,9	119
Санитарные	156	122	74,2	272	112	89,6
В целом по всем видам	62,3	53,3	—	128	6,2	50,0

Примечание: тире обозначает убыточность рубок ухода.

Осветления и прочистки, при которых получается весьма незначительный выход ликвидной древесины, являются во всех лесхозах убыточными. Прореживания по большинству лесхозов самокупаются, а проходные и санитарные рубки повсеместно являются высокодоходными. Во всех лесхозах, кроме Тихвинского, рубки ухода за лесом в общем представляют доходное мероприятие. В Тихвинском лесхозе общая убыточность рубок ухода обусловлена, во-первых, относительно высоким удельным весом осветлений и прочисток в общем объеме рубок и, во-вторых, отсутствием возможности сбыта лесоматериалов, получаемых при проведении этих рубок.

Таблица 6

Виды рубок	Наименование лесхозов					
	Тосненский	Приозерский	Тихвинский	Струго-Красненский	Великолукский	Псковский
Осветления	$\frac{460-00}{6-00}$	—	—	—	—	—
Прочистки	$\frac{43-82}{11-40}$	$\frac{114-88}{23-80}$	$\frac{1265-50}{10-00}$	$\frac{725-60}{11-00}$	$\frac{762-50}{10-00}$	$\frac{571-07}{11-00}$
Прореживания	$\frac{8-86}{13-10}$	$\frac{37-83}{28-10}$	$\frac{25-73}{21-20}$	$\frac{14-84}{21-80}$	$\frac{12-47}{16-32}$	$\frac{13-93}{16-12}$
Проходные	$\frac{6-21}{13-50}$	$\frac{10-95}{22-80}$	$\frac{10-54}{19-20}$	$\frac{8-60}{18-80}$	$\frac{7-40}{13-50}$	$\frac{7-92}{22-50}$
Санитарные	$\frac{5-82}{15-10}$	$\frac{10-94}{24-20}$	$\frac{8-56}{14-90}$	$\frac{8-56}{16-20}$	$\frac{6-39}{13-50}$	$\frac{6-03}{22-50}$

Примечание: в числителе показаны затраты на заготовку 1 м³ ликвидной древесины, в знаменателе — отпускная цена 1 м³ ликвида по преysкуранту в руб.

Интересно сопоставить затраты на заготовку 1 м³ ликвидной древесины при разных видах рубок ухода со средней преysкурантной ценой, подсчитанной в зависимости от сортиментного состава заготавливаемой

древесины. Сопоставление это по шести лесхозам Ленинградской и Псковской областей приведено в табл. 6.

Цена 1 м³, полученного при проходных и санитарных рубках, в среднем в 1,5—2 раза выше, чем при прочистках. Но средняя стоимость заготовки 1 м³ ликвидной древесины при проходных и санитарных рубках ниже, чем при прореживаниях, так как при последних ликвидной является, как правило, только деловая древесина и поэтому от 15 до 40% всей вырубаемой древесины попадает в неликвидную.

В заключение анализа доходности рубок ухода за лесом остановимся на выявлении ее динамики. В целом по Ленинградскому областному управлению доходность рубок ухода очень высока. Уровень ее за последние годы характеризуется табл. 7.

Таблица 7

Годы	Мобилизация собственных средств за счет реализации древесины от рубок ухода	Расходы на отвод лесосек и заготовку	Чистый доход	Рентабель- ность, %
1955	4068	989	3079	310
1956	3994	1353	2641	190*
1957	4148	1417	2731	190
1958	4110	1586	2524	160

* С 1956 г. были введены повышенные, примерно в два раза, тарифные ставки на лесозаготовительные работы в лесхозах.

Произведенный нами анализ финансовой стороны работы лесхозов по уходу за лесом дает возможность выявить следующие основные пути повышения рентабельности рубок ухода за лесом в условиях Северо-Запада Европейской части СССР:

1) увеличение удельного веса ликвидной древесины за счет трелевки, вывозки и переработки в цехах ширпотреба лесхозов той части древесины, которая не находит сбыта в местах заготовки;

2) организация силами лесхозов трелевки и вывозки заготовленной древесины для реализации ее франко-лесная дорога и франко-склад лесхоза и лесничеств. Осуществлению этой меры значительно способствует проведенная реорганизация лесного хозяйства;

3) снижение затрат на проведение рубок ухода за лесом путем механизации и рационализации заготовки и трелевки, рационализации разделки древесины и т. п. В этой части объединение лесовыращивания и лесозэксплуатации в одном предприятии также должно сыграть положительную роль;

4) пересмотр действующего прейскуранта отпускных цен на лесоматериалы франко-лес в сторону большей их дифференциации по рядам и породам, что благоприятно повлияет на увеличение спроса со стороны населения и местных организаций (снижение цен на древесину лиственных пород, особенно осины, и др.).

По нашему мнению в случаях, когда осветления и прочистки являются убыточными, следует рассматривать рубки ухода за лесом не в целом, а разделяя их на рубки, не дающие денежного дохода, и рентабельные рубки. Такое разграничение необходимо в связи с тем, что хозяйственный подход и экономические критерии при планировании, проектировании и проведении бездоходных и доходных рубок бу-

дут совершенно различными: в первом случае затраты на проведение рубок носят характер долгосрочных вложений, а во втором — характер оборотных средств.

Дифференцированный подход к различным видам мер ухода за лесом в зависимости от их финансовых показателей не должен, однако, заслонять ведущие — лесоводственные показатели целесообразности и качества проводимых рубок ухода. Показатели доходности рубок ухода играют второстепенную роль. Но при выборе среди одинаковых по лесоводственной эффективности вариантов мер ухода за лесом, при установлении их объемов, вида, очередности и размещения необходимо руководствоваться показателями доходности.

Поступила в редакцию
24 марта 1959 г.

СМОЛОНОСНАЯ СИСТЕМА ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*Picea obovata* Ldb.)

Э. И. АДАМОВИЧ

Профессор, доктор биологических наук

(Пермский сельскохозяйственный институт)

Ограниченность площадей сосняков требует более широкого использования ельников как источника получения естественных смолистых веществ.

За последние три десятилетия в СССР опубликован ряд работ, описывающих результаты многих опытов по изысканию наиболее выгодного способа подсочки ели европейской (*Picea excelsa* Link.). Что касается изучения смолоносной системы и смолывыделительных процессов, то есть научной, биологической основы подсочки ели, то по этому вопросу у нас была опубликована всего лишь одна работа [6]. В этой работе А. Н. Шатерникова подробно осветила результаты своих исследований смолоносной системы ели европейской, уделив при этом главное внимание смоляным ходам, находящимся в древесине и в коре ствола, а также в наплывах, образующихся на стволе ели в результате нанесения подсочных ранений.

На Урале, в частности в Пермской области, где проводились настоящие исследования, чаще встречается ель сибирская, реже — ель европейская и форма, переходная между ними. Объектом изучения являлась ель сибирская, то есть вид ели, у которого за исключением односторонних, узких исследований [3], посвященных в основном определению количества смоляных ходов в древесине ствола, смолоносная система никем не изучалась.

Мы стремились изучить все смоляные вместилища во всех основных органах и тканях дерева.

Оказалось, что смолистые вещества у ели сибирской содержатся в хвое, коре и древесине, накапливаясь в особых полостях — смолывместилищах, различных по форме и размерам.

В хвое, в каждой отдельной игле, имеется, как правило, два смоляных хода (рис. 1), но встречаются иглы с одним смоляным ходом и совершенно не имеющие их. При этом, чем сильнее затенение, тем чаще встречались иглы с одним смоляным ходом или вовсе без них.

Полость (канал) смоляных ходов хвои выстилается одним-двумя рядами эпителиальных клеток, в которых образуются смолистые вещества [2].

Каждый такой смоляной ход проходит изолированно через всю длину хвои. Постепенно суживаясь от середины длины хвои вверх и вниз, смоляной ход вверху заканчивается слепо вблизи заострения вершины хвои, а нижним концом, не обрываясь, проникает через ос-

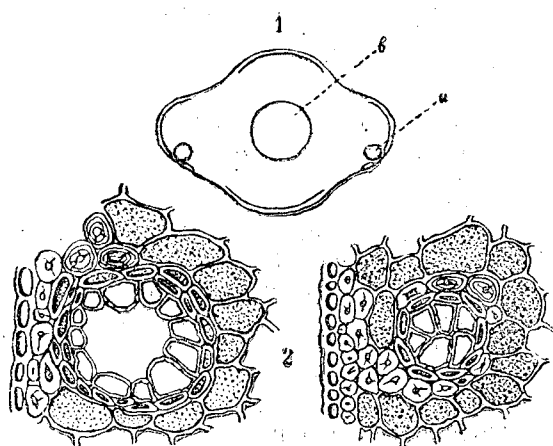


Рис. 1. Смоляные ходы в хвое ели сибирской.

1 — расположение смоляных ходов на поперечном срезе хвои; а — смоляные ходы (два хода); б — проводящий пучок; 2 — закрытие канала смоляных ходов в хвое разрастающимися клетками эпителия (рисунок слева — срез взят на средние длины хвои; рисунок справа — вблизи основания хвои).

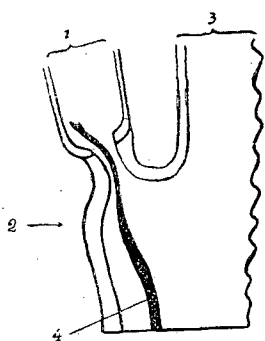


Рис. 2. Схематическое изображение соединения смоляного хода хвои 1 со смоляным ходом 4 первичной коры побега 3 на продольном (радиальном) разрезе основания хвои 1 листовой подушки 2 и первичной коры побега.

нование хвои в листовую подушку побега, в первичную кору его (рис. 2).

Однако продолжение смоляного хода из хвои в первичную кору побега можно наблюдать только на молодых, однолетних побегах в первой половине лета, когда выстилающие канал смоляного хода эпителиальные клетки, обычно сплюснутые и прижатые к стенкам канала, имеют тонкостенные нежные эластичные оболочки. Но со второй половины лета отдельные клетки внутреннего ряда эпителия начинают увеличиваться в объеме и, как бы набухая, выпячиваются в канал смоляного хода, тем самым постепенно заполняя собой просвет канала. Вскоре стенки этих клеток утолщаются, грубеют, и закупорка смоляного хода становится прочной (рис. 1).

Полное зарастание смоляного хода происходит обычно вблизи основания хвои, в самом узком месте его. Выше же оснований, где ход более широк, полное закрытие хода наблюдается очень редко. Таким образом, начиная со второй половины лета, иногда позже — на второй год — возможность сообщения смоляных ходов хвои со смоляными ходами первичной коры побега теряется полностью.

На рис. 3 представлена часть (сектор) поперечного среза молодого побега, взятого с вершины десятилетнего дерева. Сравнительно крупные смоляные ходы располагаются здесь почти правильно по кругу в основной паренхиме первичной коры. Более мелкие смоляные ходы располагаются попарно в выступах побега — в листовых подушках — и представляют собой продолжение смоляных ходов хвои. Проникнув через листовую подушку в кору побега, они, постепенно сближаясь, сливаются с основными смоляными ходами первичной коры. Количество основных смоляных ходов первичной коры, то есть ходов, расположенных в коре побега по кругу, у однолетнего побега находится в пределах 20—30 и не увеличивается с возрастом. Диаметр их в первичной коре однолетнего побега обычно находится в пределах 0,5—0,8 мм, с возрастом же может увеличиваться до 1—2 мм. Длина их соответствует длине каждого годичного прироста дерева в высоту, так как они идут непрерывно от верхней части междоузлия до нижней, где заканчивают-

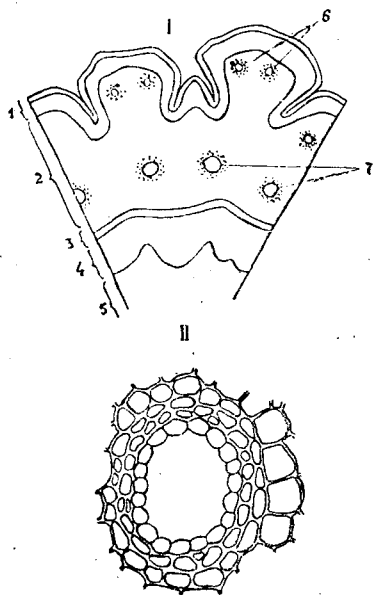


Рис. 3. I. Расположение смоляных ходов в первичной коре на поперечном срезе молодого побега, в древесине которого смоляные ходы еще не образовались.

1 — кожа и гиподерма; 2 — основная паренхима первичной коры; 3 — луб и камбий; 4 — древесина; 5 — сердцевина; 6 — смоляные ходы в листовых подушках; 7 — основные смоляные ходы первичной коры.

II. Анатомическое строение смоляного хода первичной коры (поперечный срез).

ляные вместилища, заключенные в первичной коре, для целей добывания смолистых веществ путем подсочки не представляют интереса. Более перспективными в этом отношении являются смоляные вместилища, находящиеся в древесине дерева. Последние, в связи с их особенностями и значимостью для подсочки, мы считаем необходимым разделить на два типа: 1) смоляные вместилища нормальные и 2) смоляные вместилища ненормальные, иначе говоря, патологические или раневые.

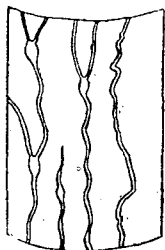


Рис. 4. Смоляные ходы в первичной коре побега на продольном срезе, то есть после удаления наружных покровов с тангентальной поверхности участка коры.

ся слепо. На пути от верхней части междоузлия к нижней смоляные ходы идут большей частью извилисто, местами соединяются между собой, образуя в точках соединений сравнительно широкие полости, диаметр которых может достигать с увеличением возраста 3—4 мм (рис. 4).

Однако полости никогда не образуют заметных снаружи выпуклостей коры — желваков, как это имеет место в первичной коре пихты, остаются всегда плоскими и при прокалывании смолистых веществ наружу не выделяют.

Первичная кора у ели сибирской живет недолго. Уже через несколько лет она начинает постепенно отделяться пробкой от внутренних тканей коры в результате развития здесь коркообразовательных процессов и отшелушивается от ствола вместе со своими смоляными ходами. Правда, у некоторых деревьев можно найти на отдельных местах ствола еще не отпавшую полувывсохшую первичную кору в возрасте 20—30 лет.

Однако в таких участках первичной коры смоляные ходы во многих местах закупорены разросшимися эпителиальными клетками, не функционируют и при поранении коры смолистых веществ наружу не выделяют. Таким образом, смо-

ляные вместилища представлены вертикальными и горизонтальными смоляными ходами.

Формирование продольных или вертикальных смоляных ходов начинается обычно в середине лета в камбиальном слое и происходит схизогенным путем: сначала возникает широкий межклеточник — будущий канал хода, затем по мере выхода его из зоны камбия формируются остальные элементы смоляного хода (рис. 5).

Полностью сформировавшийся вертикальный смоляной ход состоит из канала, одного ряда окружающих канал эпителиальных клеток и иногда нескольких клеток сопровождающей паренхимы.

Определить длину этих смоляных ходов при помощи имеющихся в нашем распоряжении средств не удалось.

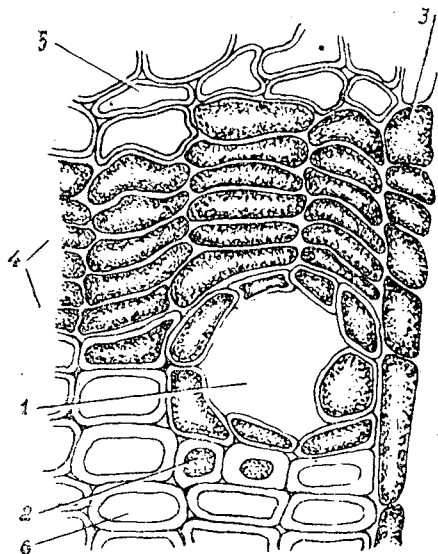


Рис. 5. Анатомическое строение молодого, еще не полностью вышедшего из зоны камбия, вертикального смоляного хода в древесине ствола ели (поперечный срез).

1 — канал смоляного хода; 2 — две клетки сопровождающей паренхимы; 3 — сердцевинный луч; 4 — камбиальный слой; 5 — ранние трахеиды; 6 — поздние трахеиды.

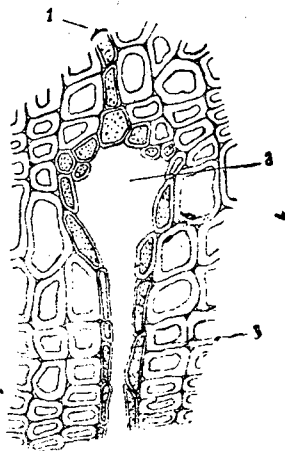


Рис. 6. Встреча сердцевинного луча 1 с вертикальным смоляным ходом 2, в результате которой образовался горизонтальный смоляной ход 3 в виде ответвления от вертикального хода (поперечный срез древесины корня).

Диаметр вертикальных смоляных ходов у ели сибирской в среднем составляет около 0,08 мм [3]. Число этих смоляных ходов на 1 см² поперечного среза ствола — около 59. У горизонтальных смоляных ходов диаметр меньше — в среднем около 0,05 мм, число их на 1 см² цилиндрической поверхности ствола составляет в среднем 123.

Количество же сердцевинных лучей на 1 см² цилиндрической поверхности ствола может достигать у ели (в среднем) нескольких сотен, а иногда трех-четырех тысяч [1], [4], [5]. Это показывает, что горизонтальные смоляные ходы содержатся сравнительно в небольшом числе сердцевинных лучей, а именно только в более широких, обычно в двухрядных лучах. Что касается длины горизонтальных смоляных ходов, то по этому вопросу можно сообщить следующее.

Заложение горизонтальных смоляных ходов в сердцевинных лучах происходит одновременно с заложением вертикальных в зоне камбия, причем горизонтальные смоляные ходы возникают только в тех сердцевинных лучах, которые в зоне камбия встречаются с вертикальными смоляными ходами и взаимно пересекаются с ними. В таких местах пересечений и формируются горизонтальные смоляные ходы, представляя собой как бы ответвления вертикальных ходов, проникшие в сердцевинные лучи (рис. 6).

Дополнительно к этому следует отметить, что если до встречи с вертикальным

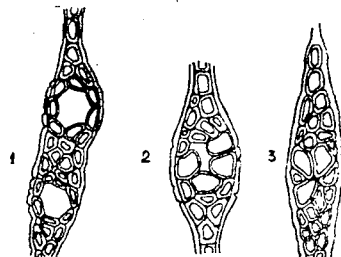


Рис. 7. Смоляные ходы в сердцевинных лучах (горизонтальные смоляные ходы).

1 — два смоляных хода в одном сердцевинном луче; 2 — растущий смоляной ход (один ход в сердцевинном луче); 3 — полностью заросший смоляной ход (тангентальные срезы).

смоляным ходом сердцевинный луч был узким, однорядным, то после встречи становится более широким, двухрядным. Интересно, что после повторных встреч, то есть после встречи сердцевинного луча, уже имеющего смоляной ход, с новым вертикальным смоляным ходом, можно иногда наблюдать присутствие двух горизонтальных смоляных ходов в одном сердцевинном луче (рис. 7).

Раз образовавшись в сердцевинном луче, горизонтальный смоляной ход никогда не прерывается в нем, увеличивая свою длину вместе с сердцевинным лучом ежегодно на величину годичного прироста ствола по радиусу.

Таким образом, длина каждого отдельного горизонтального смоляного хода зависит от времени его заложения. В лубе горизонтальные смоляные ходы становятся более широкими в связи с расширением лучей луба и слепо заканчиваются здесь булавовидными расширениями, диаметр которых достигает 0,3 мм (рис. 10 и рис. 13).

Необходимо указать, что в первичной древесине у ели вертикальные смоляные ходы не образуются. А так как горизонтальные ходы представляются в виде ответвлений вертикальных, то и первичные сердцевинные лучи не должны содержать смоляных ходов.

Действительно, в первичных сердцевинных лучах, которые мы исследовали в первых (от сердцевины) трех годичных слоях древесины, смоляных ходов не оказалось.

По размерам и числу смоляных ходов у ели сибирской и сосны обыкновенной нет существенного различия, а между тем в выходах живицы при подсочке этих двух пород наблюдается большая разница. Например, если из сосны обыкновенной за один подсочный сезон можно добыть путем подсочки в определенных условиях один килограмм живицы, то из ели сибирской при равных условиях добывается в лучшем случае только несколько десятков граммов живицы, а очень часто ель выделяет такое малое количество живицы, что подсочные раны даже не могут полностью засмолиться. Открытые же, не засмоленные у ели раны, как известно, способствуют заболеванию дерева (трещины, загнивание).

Указанное резкое различие в выходе живицы объясняется в первую очередь следующими двумя обстоятельствами. Во-первых, у смоляных ходов, находящихся в древесине ствола сосны, всегда присутствует так называемая сопровождающая паренхима, клетки которой содержат большое количество питательных веществ, потребляемых в процессах смолообразования. На поперечном срезе количество таких клеток вокруг вертикального смоляного хода колеблется от 8 до 15. Что касается ели, то здесь у одних вертикальных смоляных ходов совершенно не удается обнаружить сопровождающей паренхимы, у других она присутствует в очень небольшом количестве — от одной до трех клеток (на поперечном срезе).

Во-вторых, у сосны смоляные ходы функционируют, продуцируя живицу, в течение ряда лет после своего образования. В результате этого они способны выделять живицу наружу даже из глубоких, близких к ядру годичных слоев древесины. И лишь в ядре ствола или вблизи ядра смоляные ходы отмирают, а каналы их закупориваются разросшимися и потерявшими эластичность эпителиальными клетками. У смоляных ходов ели сибирской жизнедеятельность начинает ослабевать, в сравнении с сосной, очень рано в связи с развивающимися здесь ускоренными процессами одревеснения и закупорки каналов. Так, утолщение и одревеснение оболочек клеток сопровождающей паренхимы можно наблюдать у вертикальных смоляных ходов даже в непосредствен-

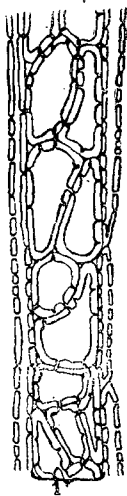


Рис. 8. Полная закупорка канала 1 вертикального смоляного хода эпителиальными клетками.

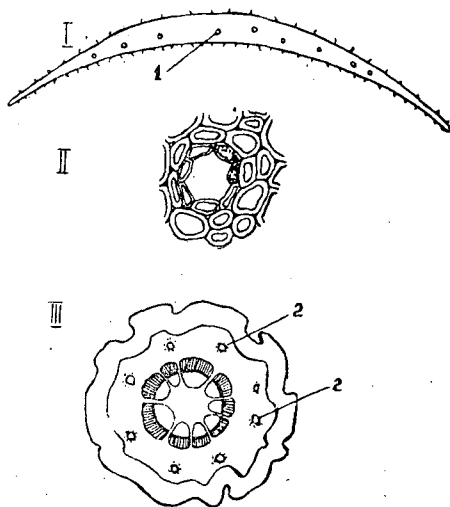


Рис. 9. Смоляные ходы в шишке. I. Расположение смоляных ходов 1 на поперечном срезе семенной чешуи. II. Анатомическое строение смоляного хода чешуи (поперечный срез). III. Расположение смоляных ходов в ножке шишки (поперечный срез). Смоляные ходы 2 присутствуют лишь в основной паренхиме первичной коры.

ном соседстве с зоной камбия. Одревеснение же клеток эпителия встречается у отдельных смоляных ходов в первом-втором от камбия годичных слоях, а разрастание их с последующей закупоркой канала смоляного хода встречается в третьем или четвертом годичном слое древесины, и чем дальше, тем чаще встречаются закупоренные смоляные ходы (рис. 8).

Подобные явления наблюдались и у ели европейской [6].

Но у горизонтальных смоляных ходов ели сибирской одревеснение эпителия и закупорка канала происходит на много лет позже, чем у вертикальных [3]. Поэтому при подсочке ели сибирской следует уделять больше внимания количеству вскрытых раной горизонтальных смоляных ходов, чем количеству вертикальных.

В завершение приведенных сведений о нормальных смоляных вместилищах ели сибирской следует сообщить еще о смоляных ходах, расположенных в шишках и корнях.

Шишки ели сибирской имеют смоляные ходы лишь в семенных чешуях и в первичной коре стержня и ножки (рис. 9).

Смоляные ходы в первичной коре ножки шишек располагаются в основной паренхиме, как в побегах, по кругу и имеют свое продолжение в коре стержня. В последнем они, образуя боковые ответвления, заходят в основания чешуй, где, снова разветвляясь, поднимаются вверх по чешуе. Ходы эти очень узкие, а количество их на поперечном срезе, взятом на середине длины чешуи, не превышает десяти.

В древесине ножки и стержня шишек нет никаких смоляных вместилищ, что объясняется следующим. У ели шишки появляются и созревают на дереве в один вегетационный период. Рост же их заканчивается уже в августе. За это время образуются в основном лишь первичная древесина и первичные сердцевинные лучи, в которых у ели, как уже сообщалось выше, смоляные ходы не возникают.

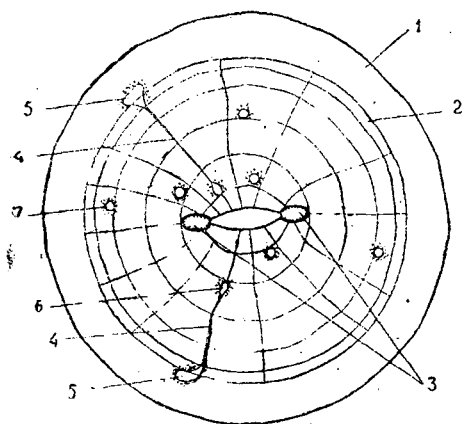


Рис. 10. Смоляные ходы на поперечном срезе трехлетнего корня.

1 — первичная кора; 2 — луб и камбий; 3 — центральные первичные смоляные ходы (два); 4 — горизонтальные смоляные ходы; 5 — булавовидные окончания горизонтальных смоляных ходов; 6 — вертикальный смоляной ход с отходящим от него горизонтальным 5 смоляным ходом; 7 — нормальные вертикальные смоляные ходы.

К патологическим смоляным вместилищам относятся раневые смоляные ходы и смоляные карманы. Уже давно было замечено, что через некоторое время, обычно через три — четыре недели после нанесения стволу подсочной раны, выделение живицы увеличивается. Усиленное выделение живицы происходит не из всей раны, а только из ее краев, где под старой корой начинает появляться наплыв, надвигающийся в сторону раны. Наблюдения показали, что основное количество живицы выделяется из самого наплыва, причем одни наплывы выделяют живицу равномерно в течение нескольких лет (пока не зарастет рана), другие с течением времени значительно увеличивают выход ее.

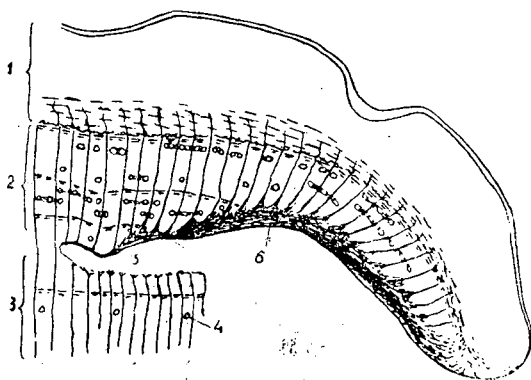


Рис. 11. Поперечный срез трехлетнего наплыва на стволе ели, образовавшегося на боковой стороне подсочной раны.

1 — кора наплыва; 2 — древесина наплыва с многочисленными раневыми смоляными ходами; 3 — древесина ствола с нормальными смоляными ходами 4, образовавшаяся до нанесения подсочной раны; 5 — рана; 6 — раневая смолоносная паренхима наплыва.

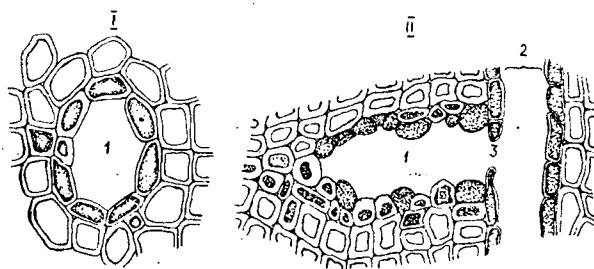


Рис. 12. Анатомическое строение смоляных ходов на поперечных срезах. I — вертикальный смоляной ход в нормальной древесине ствола. II — раневые смоляные ходы в древесине наплыва.

I — вертикальный смоляной ход; 2 — горизонтальный смоляной ход; 3 — соединение между ними.

Анатомическое исследование наплывов показало, что в их древесине присутствует очень большое количество вертикальных смоляных ходов, превышающее количество смоляных ходов нормальной древесины в 10—20 раз.

Кроме того, как было установлено, эти раневые смоляные ходы отличаются от нормальных как расположением (цепочками), так и анатомическим строением (рис. 12).

Установлено также, что вертикальные смоляные ходы во многих местах соединяются между собой, анастомозируют, образуя тем самым в наплыве общую сеть смоляных каналов. Поэтому при вскрытии лишь одного крайнего раневого хода в наплыве живица может выделяться в рану из многих глубже находящихся смоляных ходов. Этот факт имеет большое значение для практики подсочки.

У наплывов, дающих живицу равномерно в течение ряда лет и в сравнительно малом количестве, выделение ее происходит из раневой паренхимной ткани, находящейся на внутренней, обращенной к стволу стороне наплыва (рис. 11) и иногда, дополнительно к этому, из крайних смоляных ходов, вскрытых случайным мелким поранением наплыва или же из ходов, прорванных наружу силой давления живицы.

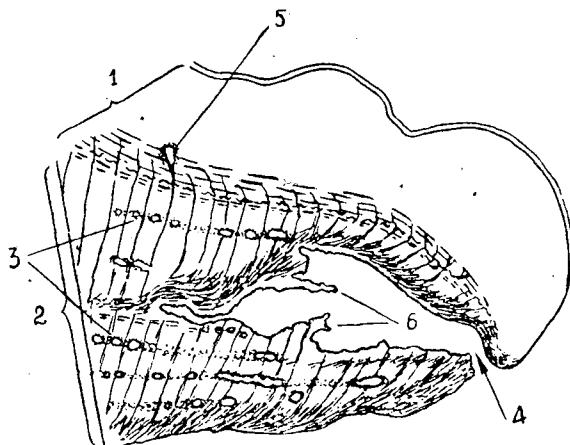


Рис. 13. Поперечный срез разрушающегося наплыва.

1 — кора наплыва; 2 — древесина наплыва; 3 — вертикальные смоляные ходы в древесине наплыва; 4 — щель в наплыве; 5 — булавовидное окончание горизонтального смоляного хода в коре наплыва; 6 — разрушающаяся древесина наплыва.

У наплывов, которые с течением времени увеличивают выделение живицы и выделяют ее при этом сравнительно обильно, обнаруживается разрушение тканей наплыва, происходящее в результате их ослизнения (превращение в камедообразные вещества); при этом вскрываются смоляные ходы и усиливается выделение живицы (рис. 13).

Для практики подсочки это представляет большой интерес. По-видимому, искусственные повторяющиеся поранения наплывов могут увеличивать смолопродуктивность ели сибирской.

Второй тип патологических смоляных вместилищ представляют собой крупные смоляные полости карманообразной формы. У ели сибирской смоляные карманы наиболее часто встречаются в древесине ствола, где они располагаются изолированно в отдельных годичных слоях, обычно между поздней и ранней древесиной. Смоляная полость кармана почти всегда имеет на тангентальном срезе форму эллипса, длинная ось которого располагается вдоль ствола, а короткая — в тангентальном направлении, по годичному слою древесины. Размеры карманов, как показали наши исследования, могут колебаться у ели сибирской от нескольких миллиметров до 10—15 см.

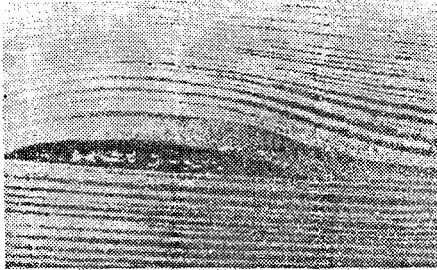


Рис. 14. Смоляной карман (радиальный разрез древесины ствола).

На рис. 14 показан смоляной карман средней величины в радиальном разрезе. Длина смоляной полости его — 5,5 см, ширина — 4,8 см, высота (расстояние между выпуклой и плоской стенками) — 0,6 см, объем полости (объем живицы) — 12 см³.

При анатомическом исследовании смоляных карманов, находящихся в первых от камбия годичных слоях, было установлено, что полость кармана окружена угловатыми клетками типа раневой паренхимы. На выпуклой стороне кармана, обращенной в сторону коры, слой паренхимы состоит из многих рядов клеток; на плоской стороне, обращенной к центру ствола, он содержит 1—2 ряда клеток, иногда на отдельных участках паренхима отсутствует совершенно.

Ближайший к полости ряд паренхимных клеток имеет более тонкие оболочки, содержащее их более светлое, чем у клеток, расположенных глубже. У старых смоляных карманов, расположенных глубоко в древесине ствола, ближе к его центру, замечаются процессы растворения раневой паренхимы со стороны полости. При сопоставлении результатов анатомического исследования патологических смоляных ходов и смоляных карманов обнаруживается большое сходство: раневая паренхима карманов похожа на раневую сопровождающую паренхиму ходов, а ближайшие к полости кармана клетки имеют сходство с эпителиальными клетками хода. Растворение же паренхимной ткани в старых карманах напоминает процессы растворения, имеющие место в смоляных ходах у старых наплывов.

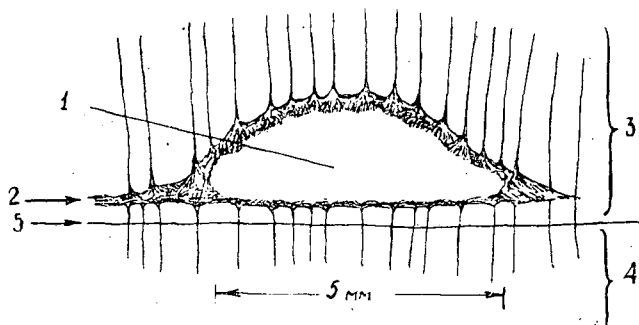


Рис. 15. Смоляной карман (поперечный срез), образовавшийся в результате подкорового повреждения камбиального слоя личинкой насекомого (ход личинки).

1—полость смоляного кармана; 2—раневая паренхима; 3—годичный слой древесины, в котором образовался карман (многие линии, направленные сверху вниз,—серцевинные лучи), 4—граница между годичными слоями древесины.

Таким образом, резкое различие между смоляными карманами и раневыми смоляными ходами мы видим пока только в размерах.

Поскольку присутствие в древесине ствола крупных смоляных карманов может иметь большое значение для практики добывания смолистых веществ из ели, мы сочли необходимым попытаться установить причины их возникновения.

Характер расположения карманов, их форма и анатомическое строение настойчиво наводили на мысль, что они, подобно раневым смоляным ходам, возникают в связи с поранением без повреждения коры, то есть в связи с нанесением подкоровой раны.

Небольшие подкоровые раны шириной до 1 см могут наносить камбию определенные насекомые, прогрызая под корой ходы (рис. 15).

Однако крупные смоляные карманы, ширина которых достигает 10 см, не могут быть объяснены ходами насекомых. Эти карманы всегда опираются своим основанием (плоской стороной) на позднюю древесину предшествующего годичного слоя, а выпуклой стороной направлены в сторону коры и вдаются в раннюю древесину последующего года. Это указывает на то, что крупные подкоровые ранения происходят в то время года, когда камбий находится в покое, то есть в холодное время года, когда имеют место морозы или заморозки. Наряду с этим мы находили смоляные карманы обычно на южной, юго-западной или юго-восточной сторонах ствола. Обнаружить карманы на северной стороне ствола, то есть на «морозной стороне», нам никогда не удавалось. Кроме того, смоляные карманы наиболее часто находили у деревьев, растущих на опушках, у дорог и в изреженных древостоях, то есть в таких условиях, где ствол или отдельные места его были открыты для солнечных лучей.

Приведенные факты дали основание предположить, что одной из причин образования смоляных карманов у ели сибирской является нагревание солнечными лучами отдельных участков ствола в морозный период, в результате чего происходит подкоровое повреждение камбия. Для проверки такого предположения нами был поставлен специальный опыт с искусственным нагреванием отдельных мест ствола в морозный период года. Для нагревания участков ствола применялись обычные медицинские грелки, которые плотно прибинтовывались к стволу ели. Опыт был поставлен 13 февраля, снят 20 октября. Исследование результатов этого опыта показало, что на тех местах ствола, к которым были

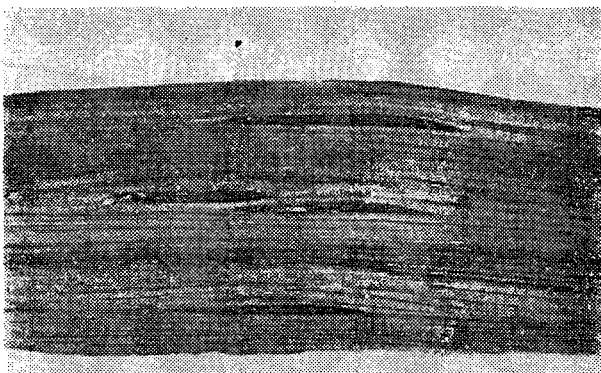


Рис. 16. Групповое расположение смоляных карманов в древесине ствола ели сибирской (четыре кармана).

прикреплены грелки, образовались настоящие смоляные карманы, в полости которых содержалась живица. Каждый карман опирался плоской стороной на позднюю древесину прошлогоднего годичного слоя, а полость и наружная, выпуклая сторона находились в ранней древесине последнего годичного слоя, образовавшегося с наружной стороны кармана после проведения опыта. Отметим еще, что в коре никаких повреждений не оказалось.

Результаты данного опыта приводят к выводу, что наружное нагревание отдельных мест ствола в морозный период года, то есть когда после нагревания данные места промораживаются, вызывает такие подкорковые повреждения, на основе которых могут возникнуть смоляные карманы.

Каким же образом подобные повреждения могут наноситься деревьям в естественных условиях? По нашему мнению, основанному на специальных наблюдениях, ответ на этот вопрос может быть следующим.

Ранней весной, когда еще стоят морозы, но солнце уже начинает хорошо пригревать, безветренные дни в лесу иногда удается наблюдать, как над каким-либо отдельно стоящим деревом поднимается в морозном воздухе струйка пара. При осмотре такого дерева удается обнаружить, что снег, застрявший на сучьях и в трещинах коры ствола, тает на солнечной стороне. Ночью же нагретые солнцем места промерзают. Действительно, А. Микс [7], наблюдая за плодовыми деревьями, установил очень большую разницу в температуре наружного воздуха и под корой деревьев в солнечные, но морозные дни.

Смоляные карманы возникают не у каждого дерева и не каждый год, так как в этих явлениях большую роль играют климатические условия года, условия произрастания дерева и характер строения коры на стволе. Отсутствие солнечных дней в морозный период, расположение дерева в густом древостое, где ствол его защищен от солнечных лучей соседними деревьями, толстая корка, защищающая камбий от перегрева, — таковы условия, при которых смоляные карманы не возникают. Поэтому они встречаются обычно у деревьев, произрастающих на полянах, опушках, и чаще у деревьев с тонкой коркой и под глубокими трещинами коры. На рис. 16 показана планка, выколота из ствола ели, произраставшей на южной опушке леса. На планке видны четыре смоляных кармана, расположенные почти один над другим, но разделенные между собой рядами годичных слоев древесины. Это показывает, что

ствол нагревался солнцем почти в одном и том же месте, однако карманы возникали только в отдельные годы, когда условия для образования карманов, как думается, были наиболее благоприятными.

Посочное хозяйство весьма заинтересовано в разработке такого способа подсочки, при помощи которого можно было бы обогатить ель сибирскую смоляными карманами и тем самым повысить ее смолопродуктивность. Однако мы пришли к убеждению, что способ искусственного нагревания коры не следует рекомендовать, так как он длителен, трудоемок и, надо думать, не всегда дает желаемые результаты. Поэтому в порядке опыта мы испытали на ряде деревьев другой способ искусственного обогащения ели смоляными карманами — способ нанесения подкоровых ран механическим путем. Данный опыт состоял в следующем. Под кору дерева в направлении окружности ствола на длину 10—11 см вводилась гибкая стальная лента толщиной 0,5 мм и шириной 25 мм. Такая лента проникает под кору дерева без особых усилий, если режущий конец ее имеет закругленное и односторонне заточенное лезвие. Сглаженная сторона лезвия должна быть направлена к коре, а заточенная — к древесине. При проталкивании ленты лезвие скользит по лубу и отталкивается от него к древесине, не пробивая коры. В результате можно легко отслоить по камбию кору от древесины до половины окружности ствола. Одни из подготовленных таким образом деревьев были оставлены в покое до осени (опыт был заложен 10 июня), у других деревьев подкоровые раны поочередно вскрывались для наблюдения за процессом формирования карманов.

Осенью (28 октября) при вскрытии подкоровых ран у ели оказалось, что на местах, где кора отслоена от древесины, образовались типичные смоляные карманы, заполненные живицей. Размеры карманов вдоль ствола и по окружности соответствовали размерам раны.

Во втором варианте опыта деревьям наносились подобные раны большего размера (25 × 20 см). И этот опыт закончился благополучно — полости этих крупных карманов были заполнены живицей примерно на одну треть своего объема. Возможно, что на второй год своего существования их полости содержали бы предельное количество живицы.

Развитие смоляных карманов происходило в следующем порядке. Уже через несколько дней после нанесения раны можно было увидеть на внутренней стороне коры, что из концов разорванных раной сердцевинных лучей начали выступать в сторону раны пучки раневой паренхимы. Еще через несколько дней из каждого луча выступали уже гроздьи клеток, которые с течением времени, разрастаясь в стороны, сомкнулись между собой, образовав таким путем на внутренней стороне коры слой раневой паренхимы. Еще через некоторое время между слоем раневой паренхимы и корой был обнаружен камбий и 1—2 ряда клеток новой древесины.

С момента восстановления камбия со стороны коры процесс нарастания новой древесины и коры шел обычным, нормальным путем.

К каким же выводам можно прийти в результате описанных здесь исследований смоляных карманов у ели сибирской?

Во-первых, результаты наших исследований дают основание для проведения опытов в производственных условиях. Применяя специально сконструированный инструмент для нанесения крупных подкоровых ран и пользуясь при этом соответствующими стимуляторами, удастся, по-видимому, создавать карманы, вмещающие до 0,2 л живицы.

Во-вторых, возможно, что подобные карманы могли бы давать живицу не один год, как это имеет место при добывании живицы из трещин-метиков у лиственницы.

Одновременно с этим в производственных опытах подсочки ели следует уделить большое внимание описанному выше явлению — усиленному выделению живицы из наплывов. Возможно, что подобные опыты, проведенные в производственном масштабе, могли бы решить полувековую проблему подсочки ели в ближайшее время.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. Ванин. Древесиноведение. Гослесбумиздат, М.-Л., 1949. [2]. Л. А. Иванов. Биологические основы добывания терпентина в СССР. КОИЗ, Л., 1940. [3]. А. С. Казанский и А. Н. Пономарев. К анатомии смоляных ходов уральской сосны, ели и лиственницы. Труды Уральского научно-исследовательского института, № 2, Свердловск, 1932. [4]. Л. М. Перельгин. Строение древесины. Изд. АН СССР, М., 1954. [5]. Л. М. Перельгин. Древесиноведение. Изд. «Советская наука», М., 1957. [6]. А. Н. Шатерникова. Источники смоловыделения при подсочке ели. «Подсочка сосны и ели». Сборник трудов ЦНИИ лесного хозяйства, ГЛТИ. Л., 1940. [7]. A. J. M i x. Sun-Scald of Fruit Trees a Type of Winter Injury. Cornell University agricultural Experiment Station, Bull. 382, Washington. 1916.

Поступила в редакцию
19 сентября 1959 г.

К ВОПРОСУ О БИОХИМИЧЕСКИХ ВЗАИМОВЛИЯНИЯХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

М. В. КОЛЕСНИЧЕНКО

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Воронежский сельскохозяйственный институт)

Отечественный опыт степного лесоразведения свидетельствует о большей долговечности и биологической устойчивости смешанных насаждений по сравнению с чистыми. Наблюдения за формированием и ростом естественных насаждений вполне согласуются с этим опытом. Вместе с тем имеется также значительный опыт неудачных попыток создания смешанных насаждений. Поэтому при выращивании полезных лесных насаждений особо важное значение принадлежит правильному подбору и сочетанию древесных пород и кустарников.

Подбор пород осуществляется в соответствии с почвенно-климатическими условиями в соответствии с основным законом мичуринской агробиологии — о единстве организмов и среды.

Смещение древесных пород при совместном росте требует учета их взаимоотношений.

При смешении пород пока что учитывают, притом чисто эмпирически, лишь биофизическую сторону взаимовлияний, вызываемую различиями растений в интенсивности роста и потребления влаги и минеральных веществ. Однако некоторые факты из жизни леса и опыта лесоразведения свидетельствуют о наличии существенных взаимовлияний, вызываемых выделениями растений. Например, В. П. Тимофеев [5] и др. указывают, как на общеизвестный лесоводам факт, что корневые системы одних древесных пород при совместном произрастании сближаются (дуб—липа, дуб—клен, сосна—липа, лиственница—липа), а других — не сближаются (дуб—белая акация, сосна—осина).

Эта биохимическая сторона взаимовлияния древесных пород пока еще совершенно не учитывается при их смешении, хотя и имеет большое значение.

Выделения корней и надземных частей растений в твердом, жидком и газообразном состоянии наблюдаются у всех растений. Изучение природы этих выделений и их биологической роли находится в начальной стадии.

Растительные выделения (фитонциды) рассматриваются в настоящее время как проблема экологического порядка [6]. Экспериментальные исследования с древесными породами едва начинают проводиться, причем в весьма несовершенном виде [1], [2]. Важность же таких исследований для познания природы сочетания древесных пород в насаждениях и разработки теории смешения — несомненна. Для их проведения

необходимо разработать и испытать как полевые, так и лабораторные методы.

Предложенный нами новый метод изучения биохимических взаимодействий древесных растений позволяет довольно быстро осуществлять подбор спутников для той или иной главной породы.

Сущность его заключается в учете изменения фотосинтеза одной породы при воздействии на нее выделениями другого растения. Фотосинтез является самым важным процессом в жизни растения, определяющим в конечном итоге все остальные процессы, в том числе и ростовые, особо важные для практики лесоводства.

Процесс фотосинтеза почти на всех его этапах осуществляется посредством ферментов.

Выяснено, что активность ферментов сильно меняется при воздействии на них некоторых химических веществ [3]. Поэтому можно полагать, что растения в процессе жизнедеятельности, выделяя в окружающую среду органические вещества, воздействуют на растущие рядом растения путем изменения активности их ферментных систем, что проявляется в изменении интенсивности разных процессов: фотосинтеза, дыхания и др.

Для проверки выдвинутого предположения нами проведены исследования по учету изменения интенсивности фотосинтеза дуба черешчатого при воздействии на него выделений березы бородавчатой.

Для проведения опыта, весной 1959 г. в глиняные плошки емкостью 2 л, посажены однолетки дуба, выросшего на питомнике (темно-серые лесные суглинки). Опыт проводился в августе — начале сентября, то есть уже с двухлетками дуба. Дубки до опыта находились на открытой площадке, имели, как правило, одну розетку плотных листьев. Фотосинтез определялся радиометрическим способом, без нарушения целостности дубков и их физиологических отправлений. Это дало возможность у каждого подопытного дубка выявить нормальный уровень фотосинтеза, а затем отклонения от нормы при воздействии выделениями березы.

Количество определений фотосинтеза каждого дубка колебалось от 6 до 17 раз.

Влияние радиоактивности на фотосинтез не проявилось видимо потому, что мы работали с малыми активностями (около 3 мккюри в объеме 14,5 л).

Для определения фотосинтеза была смонтирована установка, аналогичная предложенной В. В. Рачинским [4], с некоторыми дополнениями (рис. 1).

В диске металлического треножника была сделана прорезь для прохода столика дуба. Благодаря этому громоздкая плошка оставалась под диском треножника, а крона дубка — над диском. После установки дубка прорезь в диске закрывалась задвижкой и замазывалась пластилином.

На диск устанавливался стеклянный колпак и также обмазывался пластилином. Под колпаком на диске устанавливались торцовый счетчик типа МСТ-17, подключенный к радиометру Б-2, термометр и бюкс с концентрированной серной кислотой.

В отверстие сверху колпака вставлялась резиновая пробка. На ней укреплялись держатель с чашечкой для соды (Na_2CO_3) и делительная воронка с серной кислотой. После герметизации колпака кислота выливалась на соду; происходила реакция и колпак заполнялся CO_2 .

Под колпаком создавалась во всех опытах одинаковая концентрация CO_2 , равная 30 мг в объеме 14,5 л, то есть около 0,1%. Эта кон-

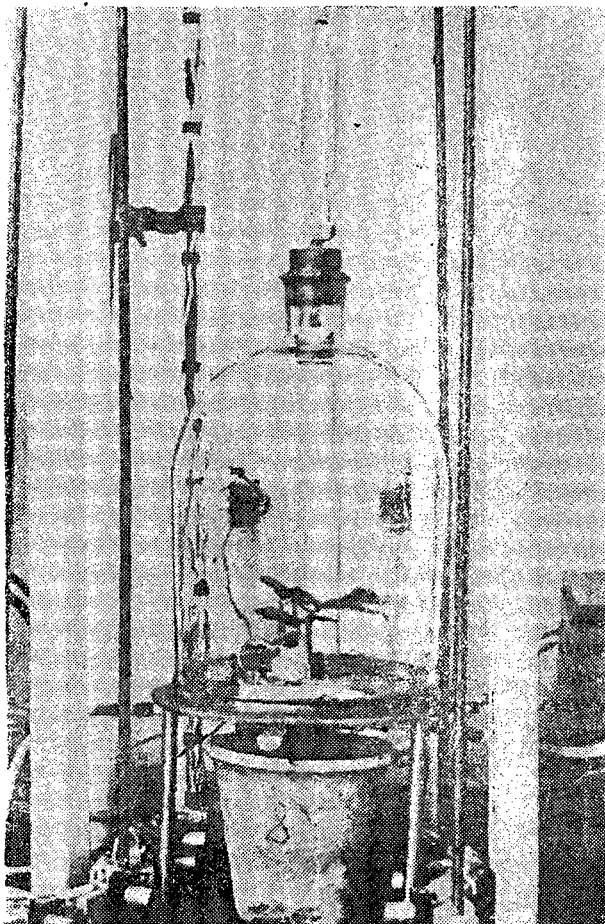


Рис. 1. Установка для определения фотосинтеза.

центрация обеспечивала равномерность фотосинтеза дуба в течение часа, так как усваивались не более 30% CO_2 .

Для учета поглощения CO_2 дубом к обычной соде добавлялось немного водного раствора соды, содержащей радиоактивный углерод C^{14} .

Под колпаком создавалась радиоактивность примерно в 3 мккюри, вполне достаточная для надежного определения уровня концентрации CO_2 .

После реакции включался радиометр и определялась радиоактивность газа под колпаком при начальной концентрации CO_2 . Затем включались лампы дневного света, установленные на подвижной раме вокруг треножника с колпаком. Лампы (10 шт. по 40 вт) создавали освещенность в кроне дубка 3 тыс. лк. Через один час свет выключался и вновь определялась радиоактивность газа. По разнице в уровне радиации, зная начальную концентрацию, определялось количество CO_2 , усвоенное дубком в процессе фотосинтеза.

Для удаления остатков радиоактивной CO_2 воздух из-под колпака выкачивался насосом через трубки, припаянные к диску треножника, и систему поглотителей, наполненных баритовой водой.

Температура под колпаком регулировалась путем нагревания или охлаждения его вентилятором и во всех опытах поддерживалась на уровне 24—26° С. Влажность почвы устанавливалась одинаковая, путем полива площадок водой до постоянного веса перед опытом.

Для создания относительного постоянства физиологического состояния дуба за два часа до опыта площадки ставились в слабо освещенное место и опыт проводился всегда примерно в одни и те же часы суток. Таким образом, фотосинтез определялся у каждого дубка один раз в сутки. Вначале производились контрольные измерения фотосинтеза. Затем дубки подвергались воздействию выделений березы: листовых и корневых. Для воздействия летучими выделениями надземных частей дубок ставился на сутки в остекленную камеру размером $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ м вместе с букетом березовых веток с листьями. Букет помещался в сосуд с водой и заменялся через 3—4 дня, задолго до его увядания. Для лучшего истечения летучих выделений листья слегка повреждались.

После нахождения в насыщенной выделениями атмосфере у дубков вновь определялся фотосинтез.

Для получения корневых выделений в питомнике выкапывались трехлетние березы и ставились обнаженными корнями в полулитровые банки с водой. Березки заменялись через 2—3 дня. Дубки поливались водой из этих банок, в количестве 100 мл за 2 часа до опыта.

Результаты опытов по воздействию на дуб летучими выделениями березы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Дубки двух лет	Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ (Дм ² , час)		Разница в %
	без воздействия	при воздействии	
№ 3	4,88 ± 0,07	5,78 ± 0,15	+18,2
№ 4	5,18 ± 0,08	5,70 ± 0,08	+11,0
№ 8	4,75 ± 0,24	6,81 ± 0,21	+41,7
№ 9	5,70 ± 1,12	8,22 ± 0,37	+44,0

Примечание: дубки № 3 и 4 подвергались воздействию выделений 8-летней березы, а дубки № 8 и 9 — 30-летней.

Материалы, приведенные в табл. 1, совершенно достоверно показывают на положительное влияние летучих листовых выделений березы. Во всех случаях фотосинтез дуба повысился. При этом выяснилось, что эффект воздействия тем сильнее, чем выше возраст березы. Это подчеркивает необходимость учета возрастного состояния растений при изучении их биохимических взаимоотношений.

Результаты опытов по воздействию корневыми выделениями трехлетней березы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Дубки двух лет	Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ (Дм ² , час)		Разница в %
	без воздействия	при воздействии	
№ 2	6,78 ± 0,08	5,40 ± 0,32	-20,0
№ 5	8,00 ± 0,08	6,43 ± 0,07	-21,5
№ 7	7,15 ± 0,20	5,48 ± 0,05	-23,3
№ 10	7,10 ± 0,55	5,52 ± 0,32	-22,5

Материалы табл. 2 со всей определенностью свидетельствуют об отрицательном влиянии корневых выделений березы. Весьма показательно, что все опытные дубки, несмотря на индивидуальные различия, в одинаковой примерно степени снизили фотосинтез.

Сравнение материалов табл. 1 и 2 выявляет двойственность влияния березы на дуб. Листовые выделения повышают фотосинтез, а корневые — подавляют его. Интересно, какой же может быть суммарный эффект влияния березы. Для выяснения этого в другой серии опытов часть дубков, подвергавшихся воздействию летучих листовых выделений, одновременно поливали и корневыми выделениями березы. Методика опытов была прежняя. Результаты их показаны в табл. 3.

Таблица 3

Дубки двух лет	Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ (дм ² , час)		Разница в %
	без воздействия	при воздействии	
№ 3	4,88 ± 0,07	3,60 ± 0,43	-26,5
№ 8	4,75 ± 0,24	5,82 ± 0,10	+22,3

Наблюдения, приведенные в таблице, противоречивы, тем не менее они дают основание для определенных заключений. Противоречивость в эффекте суммарного влияния выделений березы объясняется, по-видимому, ее возрастными различиями. Можно совершенно обоснованно считать, что корневые выделения оказывают более сильное воздействие на дуб и могут полностью снижать положительный эффект летучих выделений. Это находит прямое подтверждение на примере дуба № 3, который подвергался воздействию выделений березок близкого возраста. Косвенно об этом же можно судить по факту резкого (вдвое) снижения эффекта влияния листовых выделений 30-летней березы при одновременном действии корневых выделений от трехлетней березы, на примере дуба № 8 (см. табл. 1 и 3).

Приведенные материалы опытов дают полное основание для суждения о качественной стороне влияния березы на дуб. Количественная сторона, по-видимому, будет зависеть от дозы воздействия и возраста растений.

На основании полученных результатов опытов можно рекомендовать применение березы в дубовых культурах при разделении их одним или двумя рядами буферных пород. В этом случае будет использовано положительное влияние летучих листовых выделений березы.

При внедрении корней березы в ризосферу дуба, что наступит через несколько лет, березу следует вырубать.

Предлагаемый нами метод учета биохимических влияний растений еще далек от совершенства, но даже в таком виде он уже позволяет получить ряд важных сведений для теории сочетания древесных пород, раскрывая сущность их взаимоотношений.

Дальнейшая работа в этом направлении, можно надеяться, позволит в сравнительно короткий срок дать рекомендации о лучших спутниках дуба и других главных пород, а затем и лучших из сочетаний при разном числе компонентов.

Возможно, что при этом удастся найти сочетания более производительные, чем имеются в природе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. И. В и г о р о в. О влиянии корневых выделений травянистых растений на сеянцы древесных растений. Сборник по лесоразведению. М.-Л., Гослесбумиздат, 1950. [2]. Ф. П. Л ю б и ч. Взаимодействие корневых систем разных древесных пород при совместном произрастании. «Лесное хозяйство» № 6, 1954. [3]. Е. И. Р а б и н о в и ч. Фотосинтез, I. Изд. И. Л., 1951. [4]. В. В. Р а ч и н с к и й. Метод определения поглощения и выделения меченой двуокиси углерода растением. Журн. «Физиология растений», т. 2, вып. 2, 1955. [5]. В. П. Т и м о ф е е в. Влияние ярусности лесных насаждений на их продуктивность. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, № 5, 1958. [6]. Б. П. Т о к и н. О роли фитонцидов в природе. Сб. «Фитонциды и их роль в природе». Изд. Ленинградского университета, 1957.

Поступила в редакцию
30 октября 1959 г.

НАЗРЕВШИЕ ВОПРОСЫ ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ СИБИРИ

В. В. ОГИЕВСКИЙ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Сибирский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
и лесозащиты)

Контрольные цифры плана развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. предусматривают покрытие растущих потребностей народного хозяйства в лесных материалах за счет увеличения объема лесозаготовок в многолесных районах Севера, Урала и Сибири. Объем лесозаготовок в Сибири ежегодно возрастает. Увеличение объема лесозаготовок в свою очередь вызывает увеличение площадей необлесившихся вырубок.

Анализируя довольно многочисленные работы по вопросам естественного лесовозобновления ([1], [2], [4], [5], [6], [7], [8], [9] и др.), можно заключить, что вырубки и прочие площади лесокультурного фонда разделяются на две основные группы: а) площади с неудовлетворительным естественным лесовозобновлением основных хвойных пород, вышедшие из-под насаждений группы травяных типов леса; б) площади с удовлетворительным и хорошим возобновлением основных хвойных пород, вышедшие из-под насаждений зеленомошных типов леса (в основном ягодниковых).

В южной части Сибири значительное распространение имеют насаждения группы травяных типов леса. Возобновление основных хвойных пород затруднено, главным образом, буйным развитием травянистой растительности, иногда мощной порослью лиственных пород (осины и березы). Мероприятия по содействию естественному лесовозобновлению в большинстве случаев мало успешны.

Лесокультурные работы в Западной Сибири до настоящего времени проводились в недостаточных объемах, а в Восточной Сибири их размеры ничтожны по сравнению с потребностью. Так, например, в Кемеровской области ежегодно вырубается около 50 тыс. га, необлесившихся вырубок имеется 1 млн. га, а лесные культуры проводятся на площади 4—5 тыс. га в год; в Красноярском крае при ежегодном объеме вырубок в 100—150 тыс. га и наличии 26 млн. га необлесившихся лесных площадей лесокультурными работами охватывается от 0,5 до 1,5 тыс. га в год.

Результаты изучения отдельных участков ранее созданных искусственных насаждений, проведенного сотрудниками* лаборатории лесных

* Кроме автора в работах принимали участие научные сотрудники Е. В. Буровская, В. В. Куклин, Р. И. Лоскутов, Г. В. Мякотина и Е. Г. Харитонова.

культур СибНИИЛХЭ в Кемеровской и Иркутской областях и в Красноярском крае, а также данные о росте лесных культур в лесостепных и степных районах Омской области и Алтайского края, приведенные В. Я. Поляковым [10] и Я. И. Четиным [11], говорят о высокой производительности культур сосны обыкновенной и лиственницы сибирской в южной части Сибири.

Для характеристики производительности искусственных насаждений ниже приведены данные хода роста культур сосны обыкновенной на дерново-слабоподзолистых суглинистых почвах, на темно-серых лесных суглинках, на скелетных суглинистых почвах горных склонов и на оподзоленных черноземах.

Данные о ходе роста получены путем анализа модельных деревьев на пробных площадях. Каждая односантиметровая ступень толщины была представлена одним модельным деревом.

Культуры сосны 46-летнего возраста в Боготольском лесхозе, заложенные на мощных дерново-слабоподзолистых комковато-зернистых легкосуглинистых почвах (мощность горизонта A_1 — 35 см) посадкой двухлетних сеянцев в плужные борозды, с первоначальной густотой посадки 7 тыс. сеянцев на 1 га, характеризуются показателями роста, приведенными в табл. 1 и имеют на 1 га запас (в коре) 376 м³ и выход деловой древесины 313 м³.

Т а б л и ц а 1

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м без коры, см	Объем без коры, м ³	Прирост по объему за 3 года, м ³	На 1 га		
					число стволов	прирост за 3 года, м ³	запас без коры, м ³
3	0,4	—	—	—	—	—	—
6	1,1	—	—	—	—	—	—
9	2,5	2,0	0,0007	—	1020	—	—
12	4,5	5,3	0,0056	0,0049	1020	—	5,0
15	6,4	7,6	0,0127	0,0071	1020	7,2	12,2
18	8,1	9,4	0,0253	0,0126	1020	12,9	25,1
21	9,9	10,8	0,0452	0,0199	1020	20,3	45,4
24	11,6	12,1	0,0603	0,0149	1020	15,2	60,6
27	13,2	13,3	0,0740	0,0137	1020	14,0	74,6
30	14,9	14,6	0,0954	0,0214	1020	21,8	96,4
33	16,4	15,8	0,1389	0,0435	1020	44,4	140,8
36	17,8	16,8	0,1913	0,0524	1020	53,4	194,2
39	19,1	17,7	0,2285	0,0372	1020	37,9	232,1
42	20,3	18,5	0,2787	0,0502	1020	51,2	283,3
45	21,6	19,0	0,3323	0,0536	1020	54,7	338,0
46	22,0	19,4	0,3400	—	1020	—	345,9

Примечание: данные о ходе роста в табл. 1 и последующих таблицах приведены для деревьев, сохранившихся на момент обследования.

Показатели хода роста 27-летних культур сосны, созданных посадкой двухлетних сеянцев в обработанные площадки размером 1 × 1 м (по 5 шт. в площадку) при 1000 площадок на 1 га на темно-серых лесных суглинистых почвах Гурьевского лесхоза Кемеровской области, приведены в табл. 2. Запас на 1 га этих культур составляет в коре 268 м³.

Показатели хода роста 20-летних культур сосны на дерново-подзолистых суглинистых скелетных почвах горных склонов (Гаштагольский лесхоз Кемеровской области), с первоначальной густотой посадки 10 тыс. сеянцев на 1 га, характеризуются показателями, приведенными в табл. 3. Запас на 1 га в этих культурах составляет в коре 195 м³.

Т а б л и ц а 2

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м без коры, см	Объем без коры, м ³	Прирост по объему за 3 года, м ³	На 1 га		
					число деревьев	прирост за 3 года, м ³	запас без коры, м ³
3	0,5	—	—	—	—	—	—
6	1,3	—	—	—	—	—	—
9	3,2	3,1	0,0034	—	1770	—	6,0
12	5,3	7,2	0,0160	0,0116	1770	22,3	28,3
15	7,4	10,1	0,0339	0,0179	1770	31,7	60,0
18	9,3	12,2	0,0579	0,0240	1770	42,5	102,5
21	11,0	13,6	0,0876	0,0297	1770	52,6	155,1
24	12,6	14,6	0,1133	0,0257	1770	45,5	200,6
27	14,4	15,4	0,1403	0,0270	1770	47,8	248,4

Т а б л и ц а 3

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м без коры, см	Объем без коры, м ³	Прирост по объему за 3 года, м ³	На 1 га		
					число деревьев	прирост за 3 года, м ³	запас без коры, м ³
3	0,2	—	—	—	—	—	—
6	1,1	—	—	—	—	—	—
9	2,7	2,9	0,0020	—	3430	—	6,9
12	4,7	6,0	0,0090	0,0070	3430	24,0	30,9
15	6,4	8,0	0,0201	0,0111	3430	38,1	69,0
18	8,0	9,3	0,0314	0,0113	3430	38,1	107,1
20	9,5	10,0	0,0456	0,0142	3430	49,4	156,5

Ход роста культур сосны 20-летнего возраста на оподзоленных суглинистых черноземах в Кемеровском и Сталинском лесхозах Кемеровской области, заложённых посадкой двухлетних сеянцев в плужные борозды с первоначальной густотой посадки 5—7 тыс. сеянцев на 1 га, можно характеризовать данными по ходу роста культур в Кемеровском лесхозе (табл. 4). Эти культуры имеют запасы на 1 га в коре 160—190 м³.

Т а б л и ц а 4

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м без коры, см	Объем без коры, м ³	Прирост по объему за 3 года, м ³	На 1 га		
					число деревьев	прирост за 3 года, м ³	запас без коры, м ³
3	0,6	—	—	—	—	—	—
6	1,9	0,9	0,0010	—	3065	—	3,1
9	3,8	4,1	0,0044	0,0034	3065	10,4	13,5
12	5,8	6,9	0,0113	0,0069	3065	21,1	34,6
15	7,2	8,4	0,0200	0,0087	3065	26,9	61,5
18	9,0	9,7	0,0327	0,0127	3065	38,9	100,4
20	10,0	10,6	0,0472	—	3065	—	144,8

Сравнение этих данных, а также данных, приведенных в работах В. Я. Полякова [10] и Я. И. Четина [11] для более старых культур сосны (35—75-летнего возраста в Омской области), с таблицами хода роста нормальных сосновых насаждений показывает, что производительность искусственных насаждений сосны на перечисленных почвенных разностях в условиях южной Сибири характеризуется I—Ia классами бонитета.

В менее благоприятных условиях (мелкие почвы, комплексные почвы березовых колков, песчаные почвы сосновых боров и т. д.) культуры сосны имеют более низкую производительность. В табл. 5 приводятся наши данные о ходе роста культур сосны на маломощных перегнойно-карбонатных почвах в Гурьевском лесхозе Кемеровской области, а в табл. 6 — данные В. Я. Полякова [10] и Я. И. Четина [11] о ходе роста культур сосны на почвах солонцового комплекса в условиях ленточных боров Красноярского края.

Таблица 5

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м без коры, см	Объем без коры, м ³	Прирост по объему за 3 года, м ³	На 1 га		
					число деревьев	прирост за 3 года, м ³	запас без коры, м ³
3	0,6	—	—	—	—	—	—
6	1,2	—	—	—	—	—	—
9	2,4	1,8	0,0010	—	939	—	0,9
12	3,6	3,6	0,0030	0,0020	939	1,9	2,8
15	5,0	5,4	0,0058	0,0028	939	2,7	5,5
18	6,5	7,3	0,0127	0,0069	939	6,5	12,0
21	7,9	8,7	0,0241	0,0114	939	10,8	22,8
24	9,2	10,2	0,0392	0,0151	939	14,3	37,1
27	10,7	11,6	0,0602	0,0210	939	19,9	57,0
30	12,1	12,9	0,0836	0,0234	939	22,2	79,2
33	13,1	14,0	0,1073	0,0237	939	22,5	101,7
36	14,4	15,0	0,1332	0,0259	939	24,6	126,3
39	15,7	15,8	0,1596	0,0264	939	25,1	151,4
42	16,8	16,6	0,1869	0,0273	939	25,9	177,3
45	18,2	17,0	0,2207	0,0338	939	32,1	209,4

В Гурьевском лесхозе производительность культур сосны характеризуется II классом бонитета. Запас на 1 га составляет в коре 205 м³.

Таблица 6

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м без коры, см	Объем без коры, м ³	Прирост по объему за 3 года, м ³	На 1 га		
					число деревьев	прирост за 3 года, м ³	запас без коры, м ³
6	0,6	—	—	—	—	—	—
9	1,3	—	—	—	—	—	—
12	2,7	3,0	0,0018	—	1108	—	2,0
15	4,0	5,2	0,0038	0,0020	1108	2,2	4,2
18	5,1	6,8	0,0063	0,0025	1108	2,8	7,0
21	6,3	8,8	0,0118	0,0055	1108	6,1	13,1
24	7,8	10,5	0,0269	0,0151	1108	16,7	29,8
27	8,9	11,8	0,0452	0,0183	1108	20,3	50,1
30	10,0	13,0	0,0636	0,0184	1108	20,4	70,5

Производительность культур сосны в ленточных борах характеризуется II—III классами бонитета.

На верхних частях склонов пологих дюнных всхолмлений производительность культур сосны падает и характеризуется III—IV классами бонитета (в возрасте 23 лет средняя высота культур — 5,2 м).

По данным В. Я. Полякова [10], в условиях почв солонцового комплекса на среднестолбчатых структурных солонцах культуры хвойных погибают в первые же годы жизни; на глубокостолбчатых солонцах производительность культур сосны характеризуется III, на обыкновенных черноземах — II, на солодах — I классами бонитета.

Массовый анализ хода роста культур сосны 5—30-летнего возраста, произведенный в 1957—1958 гг. более чем на 90 пробных площадях, показывает, что рост культур в аналогичных почвенно-климатических условиях протекает так же, как и у приведенных для характеристики 20—50-летних культур сосны.

На основании изложенного можно сделать следующее заключение о возможной производительности искусственных насаждений сосны обыкновенной в Южной Сибири.

На глубоких дерново-подзолистых суглинистых почвах (без признаков заболачивания), на серых, темно-серых, коричневых лесных почвах, оподзоленных черноземах, солодах, а также на глубоких скелетных почвах горных склонов — производительность искусственных насаждений сосны характеризуется I—Ia классами бонитета.

На мелких дерново-подзолистых суглинистых почвах, маломощных перегнойно-карбонатных почвах и обыкновенных черноземах производительность искусственных насаждений сосны характеризуется II классом бонитета.

В ленточных борах в котловинах и на нижних частях склонов пологих дюнных всхолмлений производительность культур сосны характеризуется II—III классами бонитета, а в верхней части склона — IV. Такой же производительностью характеризуются культуры в отдельных сохранившихся лесных участках с песчаными разностями почв в лесостепной зоне.

О культурах лиственницы сибирской имеется меньше данных, чем о культурах сосны. Так, в Боготольском лесхозе Красноярского края есть несколько небольших участков лиственницы сибирской в возрастах: 51 года (0,125 га), 19 лет (0,20 га) и 18 лет (0,25 га) на дерново-слабоподзолистых комковато-зернистых легкосуглинистых почвах с мощностью перегнойно-аккумулятивного горизонта A_1 от 20 до 35 см.

В 51 год культуры лиственницы имеют запас на 1 га 817 м³, среднюю высоту 24,6 м, средний диаметр на высоте 1,3 м — 20,5 см. Ход роста более молодых культур лиственницы аналогичен указанному.

Сравнение хода роста культур сосны и лиственницы, произрастающих в одинаковых условиях в Боготольском лесхозе, показывает, что лиственница начинает энергично расти в высоту с 3—4-летнего возраста, тогда как сосна только с 5—6-летнего возраста; прирост в высоту у лиственницы больше и к 45-летнему возрасту разрыв между средними высотами этих двух пород в культурах достигает двух метров.

Подобные данные получены нами также при сравнении хода роста культур лиственницы и сосны на темно-серых лесных почвах (Гурьевский лесхоз Кемеровской области), где лиственница в одиннадцатилетнем возрасте имела среднюю высоту 6,9 м, средний диаметр на высоте 1,3 м — 6,2 см; сосна же, соответственно, 4,8 м и 5,5 см; на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах (Анжеро-Судженский лесхоз Кемеровской области) в смешанных сосново-лиственничных культурах шестилетнего возраста средняя высота лиственницы была на 0,8 м больше средней высоты сосны.

Можно привести еще целый ряд примеров, показывающих, что на плодородных почвах Красноярского края и Кемеровской области лиственница сибирская растет лучше, чем сосна обыкновенная. Производительность искусственных насаждений лиственницы в этих условиях очень высока и вероятно будет характеризоваться I—Ib классами бонитета.

По данным В. Я. Полякова [10] для Омской области (Подгородная лесная дача), культуры лиственницы сибирской в условиях почв солон-

цового комплекса образуют на солодях насаждения I класса бонитета, на обыкновенных черноземах II, на глубокостолбчатых структурных солонцах III класса бонитета. По данным Я. И. Четина [11], лиственница сибирская в чистых искусственных насаждениях на обыкновенном глинистом черноземе (Омская область) относится к I классу бонитета, а на выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе (Славгородский питомник Алтайского края) ко II классу бонитета.

Таким образом (за исключением бедных песчаных почв сосновых боров), культуры лиственницы сибирской имеют большую производительность, чем культуры сосны или равную ей. Поэтому лиственница должна как можно шире внедряться в искусственные насаждения при лесоразведении в Сибири.

По данным К. П. Горшенина [3], в южной части Сибири, под лесами преобладают плодородные суглинистые и глинистые разности почв (дерново-подзолистые, серые и коричневые лесные, оподзоленные черноземы, перегнойно-карбонатные почвы, реже — обыкновенные черноземы). Значительно реже встречаются песчаные и супесчаные почвы сосновых боров. Именно в этой части Сибири, за исключением малодоступных горных лесов, в значительной степени вырублены произрастающие здесь ранее высокопроизводительные насаждения. Небольшая часть освободившихся из-под леса площадей будет передана в сельскохозяйственное пользование и под промышленное и гражданское строительство, но основная территория рубок должна быть возвращена под леса. Общие размеры площадей, нуждающихся в искусственном облесении, установить трудно, но они исчисляются несколькими десятками миллионов гектаров.

Очень часто можно услышать мнение о нецелесообразности искусственного лесоразведения в Сибири, так как Сибирь богата лесами. Но если учесть сибирские расстояния, то это будет также правильно, как начать рубку лесов под Москвой на том основании, что в Коми АССР не используется расчетная лесосека.

Уже в настоящее время некоторые области Сибири (Кемеровская, Омская, Курганская) не могут удовлетворить внутренних потребностей в древесине за счет своих лесов. Так, Кемеровская область возит из других областей до половины потребляемой древесины, причем только транспортные расходы повышают себестоимость каждого кубометра древесины на 50—60 руб. В дальнейшем объем дальних перевозок, как внутри областей, так и межобластных, может возрасти до огромных размеров. В то же время в освоенной части Сибири накапливаются миллионы гектаров непродуцирующих земель, на которых при проведении мероприятий по искусственному лесоразведению можно создать базу для работы лесной промышленности. Высокая производительность искусственных насаждений сосны обыкновенной и лиственницы сибирской позволяет поставить вопрос об организации специализированных хозяйств для выращивания целевых сортиментов древесины. Так, для условий Кемеровской области целесообразно выращивание молодняка для получения рудничной стойки. Для обоснования этого предложения можно привести простой расчет. По данным таксации пробных площадей выход рудничной стойки с гектара 20—25-летних культур сосны составляет 100—150 м³, культур лиственницы — до 200 м³; с увеличением возраста рубки до 40—45 лет выход более крупной рудничной стойки будет составлять в культурах сосны 200—300 м³, в культурах лиственницы — 300—400 м³ на 1 га. Таким образом, только на транспортных расходах каждый гектар специализированных хозяйств в 20—30-летнем возрасте может дать экономию в 5—10 тыс. руб., а в 40—50-летнем

возрасте 10—20 тыс. руб. Расходы на закладку этих хозяйств покроются за счет разности затрат на лесозаготовки в районах вновь осваиваемых и уже освоенных. Возможна также организация специализированных хозяйств для получения других сортиментов деловой древесины.

Мероприятия по искусственному лесовозобновлению и лесоразведению необходимо дифференцировать в зависимости от условий местопроизрастания. В группе зеленомошных (в основном ягодниковых) типов леса лесокультурные мероприятия в большинстве случаев беспредельны. Как пример можно привести хорошее естественное возобновление основных хвойных пород в ягодниковых типах леса на 31 из 34 обследованных нами участках лесных культур в Красноярском крае и Иркутской области, причем состояние самосева было значительно лучше состояния культур. В своем большинстве ягодниковые типы леса приурочены к песчаным и супесчаным почвам. Искусственное лесоразведение в этих условиях может быть целесообразным только в ленточных борах.

Возобновление вырубок, вышедших из-под насаждений группы травяных типов леса, как правило, протекает неудовлетворительно и на них целесообразно искусственное лесовозобновление.

Необходимо попутно отметить, что до настоящего времени также ждет своего решения проблема восстановления вырубаемых кедровых лесов, так как естественным путем кедр возобновляется крайне плохо.

Приведенные данные показывают, что для южной части Сибири с каждым годом увеличивается необходимость в проведении лесовосстановительных работ в больших объемах. Между тем, для условий Сибири еще не разработаны районирование лесокультурных мероприятий, агротехника подготовки почвы и типы лесных культур для различных лесорастительных районов и эффективные механизированные способы создания лесных культур. Все эти вопросы нуждаются в скорейшем разрешении.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Я. Я. Васильев. Леса и лесовозобновление в районе Братска, Илимска и Усть-Кута. Труды Совета по изучению производительных сил, 1931. [2]. Г. О. Голято. Рубки леса и лесовосстановление в Иркутской области. Труды по лесному хозяйству, вып. 2, Новосибирск, 1955. [3]. К. П. Горшенин. Почвы южной части Сибири. Изд-во АН СССР, М., 1955. [4]. А. И. Квицинский. Лесовозобновление в связи с рубками на склонах различной экспозиции в горнолесных условиях Красноярского края. Труды СибЛТИ, сб. VIII, вып. 1, Красноярск, 1954. [5]. Н. Ф. Кожеватова. Естественное возобновление в сосновых борах Приобья. Труды по лесному хозяйству, вып. 2, Новосибирск, 1955. [6]. Г. И. Конев. Естественное возобновление кедровых вырубков. Труды по лесному хозяйству, вып. 2, Новосибирск, 1955. [7]. Г. И. Конев. Естественное возобновление на концентрированных вырубках в Тайшетском и Пойменском лесхозах. Бюллетень научно-технической информации Сибирского научно-исследовательского института лесного хозяйства № 1—2, 1958. [8]. И. Ю. Коропачинский. Естественное лесовозобновление вырубков в сосновых лесах Иркутской области. Труды СибЛТИ, сб. VIII, вып. V, Красноярск, 1954. [9]. Н. Н. Лащинский. Возобновление лиственницы сибирской в горных лесах Алтая. Труды по лесному хозяйству, вып. 4, Новосибирск, 1958. [10]. В. Я. Поляков. Хвойные деревья в условиях солонцового комплекса. Тезисы докладов научной конференции по итогам научно-исследовательских работ СибЛТИ за 1956 год. Красноярск, 1957. [11]. Я. И. Четин. Особенности роста и засухоустойчивости лиственницы, сосны, ели и березы в культурах агролесомелиоративной зоны Западной Сибири и Северного Казахстана. Труды по лесному хозяйству, вып. 4, Новосибирск, 1958.

Поступила в редакцию
24 декабря 1959 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПИЛЕНИЯ МЕРЗЛОЙ И ТАЛОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЦЕПЯМИ ПЦ-15М

М. М. ЛУКАШИН

Старший преподаватель

(Сибирский технологический институт)

Влияние температурных условий на процесс пиления цепями не изучено и поэтому, параметры заточки режущих элементов пильных цепей для работы зимой принимаются ориентировочно. Известно, что высокая производительность моторных переносных пил, при наименьшем расходе электроэнергии или бензина, обеспечивается соблюдением наиболее выгоднейших параметров режущих элементов цепи, соответствующих конкретным условиям работы. Основными из них являются углы режущих элементов и снижение подрезающих и скальвающих зубьев относительно режущих.

В нашем экспериментальном исследовании приняты углы режущих элементов цепей по абсолютным значениям близкие к углам, рекомендуемым техническими условиями на пильные цепи ПЦ-15м. Снижение подрезающих и скальвающих зубьев относительно режущих у опытных пильных цепей принято разное. Параметры заточки пил приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зубья	Углы в градусах					Снижение зубьев по высоте, в мм	
	резания	заострения	задний	передний	заточки передней и задней граней	опытная цепь	
						первая	вторая
Режущий	80	70	10	10	60	—	—
Подрезающий . . .	75	65	10	15	65	0,2	0,4
Скальвающий . . .	80	70	10	10	—	0,2	0,6

Древесину заготавливали в январе непосредственно перед проведением опытов и хранили на воздухе. Производилось пиление кряжей четырех пород: лиственницы, сосны, ели и березы, имеющих температуры +16°; -10°; -20°; -25°; -30° С. Распиливаемые опытные кряжи имели диаметры 24—26 см, что соответствовало средней высоте пропила 21—23 см.

Измерение температуры древесины производилось при помощи ртутных термометров, установленных в гнездах, высверленных в нескольких точках ядра и заболони на различном расстоянии от торца

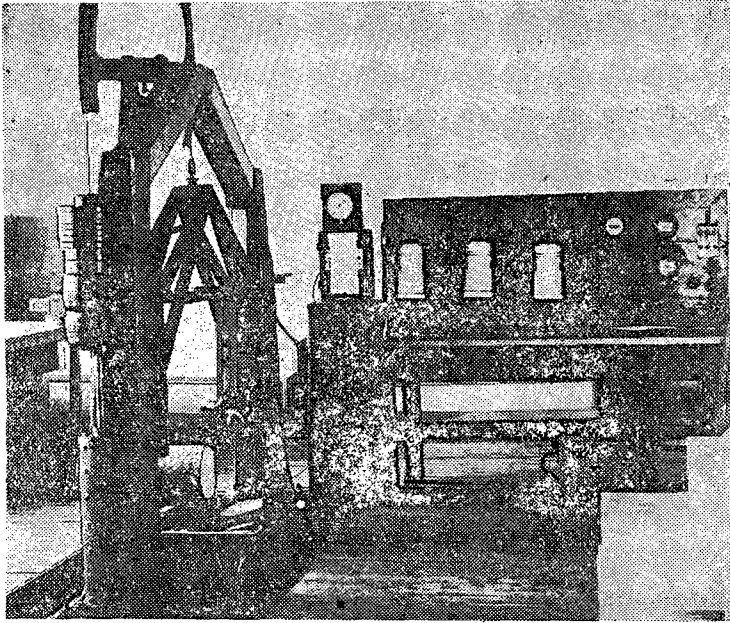


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки.

кряжа. Гнезда заделывались термоизоляционным материалом. Средняя температура определялась по показаниям не менее чем трех термометров. Разница в температуре между окружающей средой и древесиной устранялась путем выдерживания опытных кряжей в течение двух суток при температуре среды с одинаковыми суточными колебаниями. Опытное пиление проводилось в лаборатории.

Распиливался кряж каждой породы в мерзлом виде при различных отрицательных температурах и после оттаивания при температуре $+16^{\circ}\text{C}$. Мерзлая древесина, отрезками не более 1 м, вносилась в лабораторию и подвергалась пилению, которое длилось 5—7 мин, после чего древесина снова выносилась.

Для проведения экспериментальной части был реконструирован стенд ЦНИИМЭ [1] (рис. 1). На отрезке каждой породы древесины производилось 5—7 пропилов. По каждой группе опытных резов, фиксирующих одно условие пиления, определялись средние значения показателей пиления. Показатели пиления по каждому опытному резу определялись следующими способами:

1. Время резания — по трем лентам самопишущих приборов

$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \text{ сек};$$

$$T_1 = \frac{S_1}{v_1}; \quad T_2 = \frac{S_2}{v_2}; \quad T_3 = \frac{S_3}{v_3},$$

где T_1, T_2, T_3 — время пиления, определенное по диаграммным лентам самопишущего гидравлического прибора; ваттметра и амперметра, сек;

S_1, S_2, S_3 — основания диаграмм на лентах соответствующих самопишущих приборов, которые измерялись при помощи линейки Дробышева с точностью до 0,05 мм;

V_1, V_2, V_3 — скорость продвижения диаграммной бумаги приборов, мм/сек.

Данные контрольных проверок, число которых составило 54, обработаны методом вариационной статистики и получены следующие показатели:

среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \pm 0,45,$$

вариационный коэффициент

$$V = \pm 0,75\%,$$

средняя ошибка

$$m = \pm 0,26\%,$$

показатели точности

$$p = \pm 0,43\%,$$

2. Производительность пиления определялась по формуле

$$F_t = \frac{F}{T} \text{ см}^2/\text{сек},$$

где $F = \frac{\pi d_{\text{ср}}^2}{4}$ — площадь среза, см^2 ;

$d_{\text{ср}} = \frac{d_1 + d_2}{2}$ — средний диаметр среза, см ;

d_1 и d_2 — взаимно-перпендикулярные диаметры площади среза, см .

3. Полный расход электроэнергии на проведение реза определялся двумя однофазными счетчиками и вычислялся по формуле

$$Q_p (n_1 \pm n_2) C \text{ вт-сек}.$$

Здесь n_1, n_2 — количество оборотов дисков, сделанных счетчиками № 1 и № 2 за один рез;

C — количество электроэнергии, которое регистрируется счетчиком за один оборот его диска, вт-сек .

Контрольные замеры проводились периодически в течение экспериментирования. По данным контрольных замеров определялась относительная погрешность

$$\gamma_{Q_p} = \frac{\Delta Q_0}{Q_0} 100\%; \quad \gamma_{Q_p} = 1,61\%.$$

Здесь Q_0 — среднее арифметическое значение ряда контрольных измерений, вт-сек ;

ΔQ_0 — абсолютная вероятная погрешность

$$\Delta Q_0 = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{(\Delta Q_1)^2 + (\Delta Q_2)^2 + \dots + (\Delta Q_k)^2}{k(k-1)}},$$

где $\Delta Q_1 = Q_1 - Q_0$; $\Delta Q_2 = Q_2 - Q_0$ и т. д. — остаточные погрешности отдельных измерений.

Расход электроэнергии только на пиление за один рез находим по формуле

$$Q = Q_p - Q_t \text{ вт-сек};$$

Q_t — часть электроэнергии, израсходованной на преодоление трения в пильном аппарате, редукторе, электромоторе, вт-сек .

4. Удельный расход электроэнергии определялся из уравнения:

$$q = \frac{Q_p - Q_t}{F}, \text{ вт-сек}/\text{см}^2$$

5. Сопротивление резанию вычислялось как средняя ордината диаграммы

$$\bar{Y} = \frac{F_R}{l} \text{ мм};$$

Здесь F_R — площадь диаграммы сопротивления резания, мм^2 ;
 l — основание диаграммы, мм .

Из уравнения тарировочной кривой гидравлического регистрирующего прибора находим сопротивление резанию:

$$R = \frac{3,04 - \bar{Y}}{1,648} \text{ кг};$$

\bar{Y} — средняя ордината на ленте самописца месдозы, мм .
 Для данного уравнения вычислен коэффициент корреляции

$$r = 0,991.$$

Ошибка коэффициента корреляции

$$m_r = \pm 0,0064.$$

Достоверность полученной зависимости

$$\frac{r}{m_r} = 154 > 4.$$

Вычисленное отношение подтверждает достоверность принятого уравнения и строгую линейность полученной опытным путем зависимости.

6. Удельное сопротивление резанию вычислялось по формуле

$$k = \frac{R \cdot v_{\text{рез}}}{b \cdot l \cdot v_n} \text{ кг/мм}^2,$$

где $v_{\text{рез}}$ — скорость резания ПЦ-15м, м/сек ;

$$v_{\text{рез}} = \frac{2t \cdot z \cdot n_0}{60 \cdot 1000},$$

где t — шаг зубьев звездочки пильной цепи, мм ;

z — число зубьев звездочки;

n_0 — число оборотов вала звездочки в минуту;

b — ширина пропила, мм ;

l — средняя высота пропила, мм ;

v_n — скорость надвигания, м/сек .

$v_n = \frac{d_{\text{ср}}}{T}$; $d_{\text{ср}}$ — средний диаметр площади среза, м ;

T — время резания, сек .

Чтобы опеределить влияние одного исследуемого фактора на процесс пиления, нужно на четырех породах провести 20—28 опытных резов, что составит площадь пропила около 1 м^2 , пильная цепь при этом несколько затупится.

Для определения влияния степени затупления режущих элементов ПЦ-15м на показатели пиления, в зависимости от площади пропила, автором проведено специальное исследование [1]. Способом наименьших квадратов найдены уравнения, устанавливающие характер зависимости показателей пиления от площади пропила.

Погрешности всех ранее перечисленных показателей пиления от затупления режущих элементов в пределах распиливания кражей одной породы не превышали 1%; погрешности показателей при пилении кражей разных пород были не более 2 ÷ 4,1%.

В настоящей статье приводится небольшая часть материалов нашего исследования, которые сведены в две таблицы (2,3). В табл. 2 даются некоторые показатели пиления опытными цепями при усилии надвигания 15 кг.

Таблица 2

Наименование пильной цепи	Порода	Прои:водительность пиления, см ² /сек				Удельное сопротивление резанию, кг/мм ²				Удельный расход электроэнергии, вт-сек/см ²			
		-10°C	-20°C	-25°C	-30°C	-10°C	-20°C	-25°C	-30°C	-10°C	-20°C	-25°C	-30°C
Первая	Лиственница	46,0	88,7	—	124,0	160,0	90,8	—	88,7	137,2	99,3	—	104,5
	Береза	64,1	123,0	—	129,4	158,4	126,0	—	114,2	149,1	116,0	—	137,9
	Ель	71,0	92,1	—	130,8	161,0	111,0	—	101,8	134,8	112,5	—	130,3
	Сосна	46,3	110,1	—	120,1	203,0	112,1	—	92,5	240,4	116,5	—	127,9
Вторая	Лиственница	74,6	—	163,5	—	96,6	—	68,1	—	116,0	—	104,8	—
	Береза	98,1	—	137,7	—	137,2	—	100,0	—	151,8	—	147,0	—
	Ель	90,1	—	111,8	—	147,9	—	131,2	—	140,5	—	138,8	—
	Сосна	75,5	—	181,7	—	114,6	—	115,8	—	180,8	—	108,8	—

Примечание: показатели при температуре +16°C приняты за 100%.

Как видно из этой таблицы, показатели пиления изменяются в значительных пределах в зависимости от температуры.

При температуре -10°C производительность пиления понижается; в то же время почти для всех пород возрастают удельное сопротивление резанию и удельный расход электроэнергии.

При температуре -20°C производительность пиления оказалась близкой, а при -25°C -30°C — большей, в сравнении с производительностью при +16°C.

Максимальные колебания производительности пиления в зависимости от температуры древесины составляют: при распиловках лиственницы — 270%, березы — 202%, ели — 184,5%, сосны — 258,8%.

В табл. 3 приводятся показатели пиления отрезков древесины лиственницы и ели первой опытной цепью при различном усилии надвигания.

Таблица 3

Порода	Усилие надвигания, кг	Производительность пиления, см ² /сек			Сопротивление резанию, кг			Удельное сопротивление резанию, кг/мм ²			Удельный расход электроэнергии, вт-сек/см ²		
		+16°C	-10°C	-30°C	+16°C	-10°C	-30°C	+16°C	-10°C	-30°C	+16°C	-10°C	-30°C
Лиственница	7	19,3	—	36,8	14,3	—	20,5	2,54	—	2,86	43,7	—	35,9
	10	37,4	—	21,9	17,7	—	21,9	2,46	—	2,47	37,0	—	36,2
	12	—	—	48,8	—	—	24,5	—	—	2,40	—	—	40,5
	15	45,2	20,8	56,1	21,4	15,2	25,2	2,37	3,80	2,10	36,7	48,0	41,5
	20	51,1	26,2	—	22,9	17,2	—	2,12	3,40	—	35,2	51,5	—
	22	—	39,3	—	—	23,2	—	—	3,02	—	—	44,8	—
Ель	7	—	—	17,5	—	—	12,3	—	—	3,75	—	—	46,5
	10	21,3	21,1	22,6	11,9	14,2	15,5	2,98	3,56	3,60	31,0	35,9	49,0
	12	—	—	38,2	—	—	18,0	—	—	2,48	—	—	38,1
	15	35,4	25,1	46,3	14,6	16,9	20,2	2,20	3,55	2,24	28,3	38,1	36,9
	20	42,1	37,4	—	19,5	23,1	—	2,10	3,16	—	38,2	41,1	—
	22	—	41,2	—	—	23,4	—	—	2,97	—	—	39,3	—

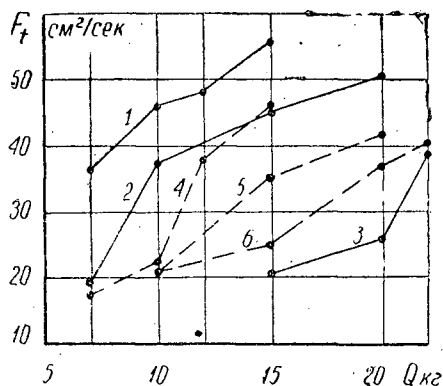


Рис. 2. Зависимость производительности пиления F_t от усилия надвигания Q для лиственницы (сплошная линия) и ели (пунктир) при температурах: 30°C (1 и 4); 16°C (2 и 5); 10°C (3 и 6).

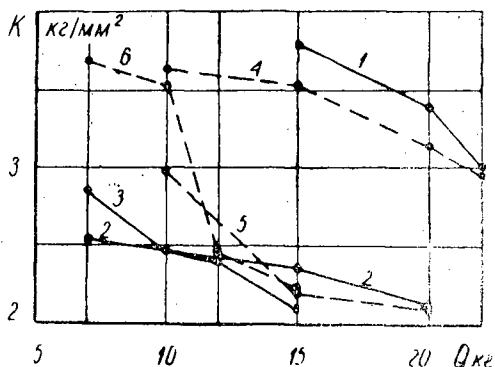


Рис. 3. Зависимость удельного сопротивления резанию K от усилия надвигания (обозначения кривых те же, что и на рис. 2).

Рис. 2 и 3 показывают изменение производительности пиления и удельного сопротивления резанию.

Анализ результатов наблюдений показывает, что с увеличением усилия надвигания производительность пиления и сопротивления резанию возрастают, а удельное сопротивление резанию уменьшается.

С изменением температуры распиливаемой древесины одна и та же величина усилия надвигания по-разному сказывается на производительности пиления. Более резкое увеличение производительности пиления происходит при температурах древесины +16°C и -30°C.

Исследований, объясняющих это явление, в литературе нет и можно высказать лишь некоторые предположения. По-видимому, изменение показателей пиления в связи с температурой древесины зависит от двух обстоятельств.

Во-первых, как объясняет акад. Н. А. Максимов [3], с понижением температуры в древесине происходят количественные изменения сахаров и глюкозидов. В результате этих превращений древесина приобретает новые качества, которые в какой-то степени определяют ее механические свойства.

Во-вторых, как рассматривает основы теории прочности древесины П. Н. Хухрянский [4], вязкость межмицеллярной воды и коэффициент внутреннего трения древесины с понижением температуры повышается. На основании этого теоретического положения можно объяснить изменение показателей пиления древесины с температурой -10°C. Связанная вода, находящаяся в древесине, начинает замерзать только при температуре -14—15°C. При температуре древесины -10°C увеличивается вязкость межмицеллярной воды, возрастает коэффициент внутреннего трения древесины, появляются дополнительные сопротивления надвиганию — падает производительность пиления, растет удельное сопротивление резанию.

Понижение температуры древесины до -30°C приводит к образованию льда, заполняющего полости древесины. П. Н. Хухрянский и другие исследователи установили, что прочность древесины в замороженном состоянии при статических нагрузках возрастает, а при ударном изгибе падает (то есть падает работа деформации). В процессе пиления волокна древесины при проходе зубьев испытывают изгиб. Ра-

бота на изгиб волокон древесины связана с работой деформации и, следовательно, удельное сопротивление резанию уменьшается. В значительной степени резанию благоприятствует подпор со стороны впередилежащих волокон древесины, который возрастает при температурах ниже -14 , -15°C . Снижение работы деформации и увеличение подпора волокон и обуславливают рост производительности пиления.

Анализируя результаты опытного пиления, проведенного на испытательном стенде, можно сделать следующие основные выводы.

Температура древесины существенно влияет на показатели пиления цепями ПЦ-15м. При установлении норм выработки необходимо считаться с этим обстоятельством. При нормировании следует учитывать также и то, что на раскряжевке стволов древесины, производительность пиления березы ниже в среднем на 30%, чем лиственницы, сосны и ели.

Так как производительность пиления свежесрубленной древесины лиственницы близка к производительности пиления сосны, то при выборе норм выработки на раскряжевке ее следует приравнять к прочим хвойным и мягколиственным породам.

По действующим нормам выработки, расценкам и оплате труда на лесозаготовках лиственница относится к твердолиственным породам, при валке и раскряжевке которых нормы выработки применяются на 20% ниже установленных для хвойных и мягколиственных пород, с соответствующим повышением сдельных расценок.

В настоящей работе приведена только часть опытных данных. Полный материал исследования, характеризующий влияние температуры на процесс пиления цепями ПЦ-15м, позволил выработать некоторые рекомендации по подготовке пильных цепей для работы в условиях Сибири [2].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. М. Лукашин. К вопросу исследования износа режущих элементов пильных цепей ПЦ-15. «Сборник Сибирского лесотехнического института», XIII, 1956. [2]. М. М. Лукашин. Некоторые рекомендации по заточке пильных цепей моторных пил. Техническая информация, Сибирский лесотехнический институт, 1957. [3]. Н. А. Максимов. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений, т. II, 1952. [4]. П. Н. Хухрянский. Прочность древесины. Гослесбумиздат, 1955.

Поступила в редакцию
9 февраля 1960 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НА БУКСОВАНИЕ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТИРУЕМЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Л. А. ГОБЕРМАН

Доцент, кандидат технических наук

(Московский лесотехнический институт)

Одним из элементов тяговых характеристик тракторов является коэффициент буксования δ , который характеризует механические потери, связанные с проскальзыванием движителей относительно поверхности перекатывания. Буксование тракторов на легко деформируемых основаниях, например, на грунтовых дорогах или снежной целине, является результатом касательных сдвигов частиц грунта или снежного покрова под его движителями.

При исследовании тяговых свойств тракторов работа, затрачиваемая на буксование, учитывается обычно отдельно. Это важно и для определения энергетического баланса машины и для суждения о ее проходимости по основаниям, имеющим малое сопротивление касательным сдвигам.

Являясь результатом взаимодействия двух тел-двигателей и поверхности перекатывания, буксование зависит от конструкции одного тела и физико-механических свойств другого. Эти последние чрезвычайно разнообразны и не постоянны для различных поверхностей; в соответствии с этим и процесс буксования может протекать по-разному. В одних случаях, например, при движении по мягким пластичным грунтам, буксование движителей с увеличением тягового усилия трактора возрастает непрерывно; в других случаях, например, при движении по снежным волокам, буксование чаще изменяется скачкообразно. С другой стороны, на более плотных основаниях потери на буксование возрастают пропорционально тяговому усилию в весьма широких пределах изменения последнего, тогда как на мягких основаниях прямая пропорциональность вскоре нарушается и буксование начинает резко увеличиваться при незначительном повышении тягового усилия.

Не меньшее влияние на процесс буксования оказывает и конструкция трактора. При прочих равных условиях потери на буксование у колесного трактора на пневматических шинах обычного типа втрое, вчетверо больше, чем у гусеничных тракторов. Для трелевочных тракторов эти потери несколько ниже, чем для тракторов сельскохозяйственного типа примерно такой же мощности и веса.

Мы не останавливаемся здесь на целом ряде других факторов, влияющих на буксование тракторных движителей; перечисленного уже

достаточно для того, чтобы убедиться в сложности получения более или менее стабильных данных при определении потерь на буксование как экспериментальным, так и аналитическим путем. Ясно одно, что для проектируемых тракторов аналитические методы расчета буксования должны по возможности учитывать все основные факторы, влияющие на этот процесс, и дать понятное физическое и математическое объяснение некоторым из тех явлений, о которых говорилось выше.

Для характеристики физико-механических качеств грунтовых и снежных оснований используются различные показатели, однако не все они в одинаковой степени объективны при оценке сопротивления перекаtywания машины и не все удобны для экспериментального определения. На наш взгляд, коэффициент объемного смятия q является наиболее удачным показателем, характеризующим сопротивление грунта сложным линейным и объемным деформациям под колесами или гусеницами движущейся машины. Этот коэффициент, определяемый с помощью приборов, получивших название плотномеров, показывает, какое усилие в кг нужно приложить к специальной штанге прибора, для того, чтобы вытеснить ею 1 см^3 грунта (или снега). Построенные по опытным данным плотномерные диаграммы иллюстрируют зависимость коэффициента q (в кг/см^3) от вертикальной y или горизонтальной деформации грунта (в см). Одна из таких диаграмм показана на рис. 1; на этой же диаграмме штрих-пунктирной линией нанесена кривая нормальных напряжений σ (кг/см^2).

Для большинства грунтовых оснований кривые $q = f(y)$ весьма точно описываются уравнениями типа:

$$q = \frac{a}{c + y^n},$$

где a , c и n — физические константы; для суглинистого грунта с наибольшим значением коэффициента объемного смятия $15\text{--}17 \text{ кг/см}^3$ можно принять: $a = 67,5 \div 68,5$; $c = 3,5 \div 3,7$; $n = 2$.

За расчетное значение коэффициента объемного смятия принимается обычно величина q_1 , соответствующая участку прямой пропорциональности между напряжениями и деформациями $0 - y_1$. Однако этот участок для многих оснований весьма невелик, и принятие закона прямой пропорциональности между давлением на грунт и его деформацией в ряде случаев приводит к значительному отклонению расчетных данных от опытных. Исключение в этом отношении могут составлять некоторые снежные и очень неплотные грунтовые основания, для которых разница между наибольшими и наименьшими значениями коэффициента объемного смятия мала и кривая $q = f(y)$ имеет пологий характер.

Мы предлагаем за расчетную величину коэффициента объемного смятия принимать так называемое приведенное значение q этого коэффициента, определяемое по формуле:

$$q = \frac{q_1 \cdot q_2}{q_1 + q_2}, \quad (1)$$

где q_1 и q_2 — наибольшее и наименьшее значения коэффициента объемного смятия основания по кривой (рис. 1).

К выражению (1) можно придти из следующих соображений. Общая вертикальная деформация y основания равняется:

$$y = \frac{\sigma}{q} = y_1 + y_2 = \frac{\sigma_1}{q_1} + \frac{\sigma_2}{q_2},$$

но так как значения σ_1 и σ_2 обычно весьма близки друг к другу, то принимая $\sigma_1 = \sigma_2$, находим:

$$\frac{\sigma}{q} = \frac{q_1 + q_2}{q_1 \cdot q_2} \sigma,$$

отсюда приходим к уравнению (1).

Сравнение опытных данных, имеющих-ся в литературе, с расчетными показывает, что определение потерь на буксование транспортных машин через приведенное значение q коэффициента объемного смятия, а не через его максимальное значение q_1 , дает более надежные результаты. Объясняется это, вероятно, кинематическими особенностями процесса буксования, характеризующегося тем, что за один оборот движителей машины глубина их внедрения в грунт все время изменяется: в начальный момент сдвигаются наружные слои грунта, а затем — слои, расположенные на большей глубине, имеющие значительно меньшие значения коэффициента объемного смятия по сравнению с верхними слоями и касательные сдвиги которых, в основном, лимитируют величину буксования.

Мы рассмотрим здесь два случая, когда величина касательной реакции основания на движители трактора обуславливается главным образом сопротивлением τ грунта или снежного покрова, касательным сдвигам и когда в величине этой реакции участвует и сила трения между гусеницами движителей и основанием.

Можно сразу отметить, что этот второй случай, как по нашим данным, так и при расчетах потерь на буксование по формулам других авторов, приводимых в литературе, имеет значение лишь для оснований с ничтожно малым сопротивлением касательным сдвигам и с небольшим коэффициентом трения скольжения между движителями и поверхностью перекатывания.

Наиболее общим и характерным для условий работы трелевочных тракторов является первый из указанных случаев, когда горизонтальная реакция

$$X_k = S = \tau \cdot \Omega_b = q \cdot l_b \cdot \Omega_b, \quad (2)$$

где Ω_b — суммарная площадь вертикальных проекций грунтозацепов гусеницы, погруженных в поверхность перекатывания, $см^2$;
 l_b — длина пути буксования (горизонтальной деформации грунта), $см$;
 τ — сопротивление поверхности перекатывания касательным сдвигам, $кг/см^2$.

Работа A_b , затраченная на буксование гусеничных движителей, будет равна:

$$A_b = X_k l_b = q \cdot \Omega_b \cdot l_b^2 \quad (3)$$

или

$$A_b = q \cdot \Omega_b \cdot L^2 \delta^2, \quad (3a)$$

(так как $l_b = L \cdot \delta$),

где L — длина опорной поверхности гусениц движителей, $см$;
 δ — коэффициент буксования.

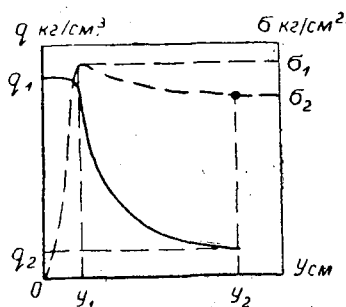


Рис. 1. Зависимость коэффициента объемного смятия от вертикальной деформации основания.

Общая работа $A_{\text{общ}}$, затраченная на перекачивание трактора, складывается из работы A_x силы X_k на пути L и работы буксования:

$$A_{\text{общ}} = A_x + A_6 = q\Omega_b \cdot \frac{l_6^2}{\delta} + q\Omega_b l_6^2$$

или после преобразований:

$$A_{\text{общ}} = q\Omega_b l_6^2 \frac{1 + \delta}{\delta}. \quad (4)$$

Отношение работы буксования к общим энергетическим затратам при перекачивании движителей характеризует относительную долю механических затрат на горизонтальную деформацию основания в общем энергетическом балансе процесса перекачивания гусеничных движителей (без учета потерь в их механизме):

$$\eta_6 = \frac{A_6}{A_{\text{общ}}} = \frac{\delta}{1 + \delta}. \quad (5)$$

Это отношение может быть заменено через отношение удельных затрат энергии, приходящихся на единицу пути; величина удельных затрат численно равна соответствующим сопротивлениям, выраженным в кг.

Сопротивление буксования

$$P_6 = \frac{A_6}{L} = q\Omega_b L \delta^2. \quad (6)$$

Тогда, заменяя в выражении

$$\eta_6 = \frac{P_6}{X_k + P_6} = \frac{\delta}{1 + \delta}, \quad (5a)$$

величину P_6 через ее значение по уравнению (6) и решая полученную зависимость относительно δ , находим:

$$\delta = \frac{X_k}{q\Omega_b L} = \frac{P_T + P_k}{q\Omega_b L}, \quad (7)$$

где P_T — тяговое усилие трактора, идущее на преодоление сопротивления перемещаемого груза (или прицепа с грузом);

P_k — сопротивление перекачивания трактора.

Если горизонтальная реакция поверхности перекачивания обусловливается сопротивлением S основания касательным сдвигам и трением F гусениц о поверхность перекачивания, то

$$X_k = S + F = \tau\Omega_b + N\mu, \quad (8)$$

где N — нормальная нагрузка, передаваемая от трактора на поверхность перекачивания;

μ — коэффициент трения скольжения гусениц о поверхность перекачивания.

На рис. 2 показана схема действия сил на грунтозацеп движущегося трактора. На этой схеме N_r — нормальное давление на грунтозацеп, $N_r\mu$ — сила трения на его лобовой плоскости.

Условие равновесия грунтозацепа может быть выражено следующими уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} Y &= N_r \sin \delta + N_r \mu \cos \delta; \\ S &= N_r \cos \delta - N_r \mu \sin \delta. \end{aligned} \right\}$$

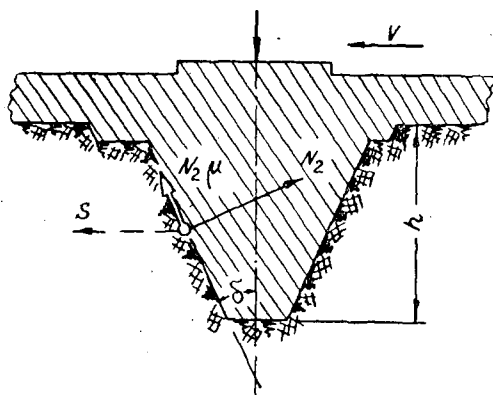


Рис. 2. Схема действия сил на погруженный в основание грунтозацеп движущейся гусеницы.

Из второго уравнения находим величину N_r :

$$N_r = S \frac{1}{\cos \delta - \mu \sin \delta};$$

тогда

$$Y = S \frac{\sin \delta + \mu \cos \delta}{\cos \delta - \mu \sin \delta} = S \frac{\operatorname{tg} \delta + \mu}{1 - \mu \operatorname{tg} \delta} = S \operatorname{tg} (\delta + \rho),$$

или

$$Y = S \cdot \gamma. \tag{9}$$

Здесь ρ — угол трения; $\operatorname{tg} \rho = \mu$.
 δ — угол наклона боковых сторон грунтозацепа.

Последний множитель γ в уравнении (9) зависит от формы грунтозацепа и может быть назван коэффициентом его формы.

Для грунтозацепов прямоугольной формы (например для гусениц трактора ТДТ-60) угол $\delta = 0$ и коэффициент γ численно равняется тангенсу угла трения ρ гусениц о поверхность перекатывания.

Таким образом, общая вертикальная нагрузка трактора на поверхность перекатывания определяется как разность между общим весом машины $G_{\text{общ}}$ и реакцией Y :

$$N = G_{\text{общ}} - Y,$$

и соответственно сила трения между гусеницами и основанием будет равна:

$$F = \mu N = \mu (G_{\text{общ}} - Y) = \mu (G_{\text{общ}} - S\gamma).$$

Для рассматриваемого случая работа буксования складывается из работы силы S и работы силы F на пути l_6 :

$$A_6 = S \cdot l_6 + F \cdot l_6 = (S + F) l_6 \tag{10}$$

или после преобразований:

$$A_6 = q \Omega_b L^2 \delta^2 (1 - \gamma \mu) + \mu G_{\text{общ}} L \delta. \tag{10a}$$

Работа силы X_k на пути перекатывания L равна

$$A_x = X_k \cdot L = (S + F) \cdot \frac{l_6}{\delta}. \tag{11}$$

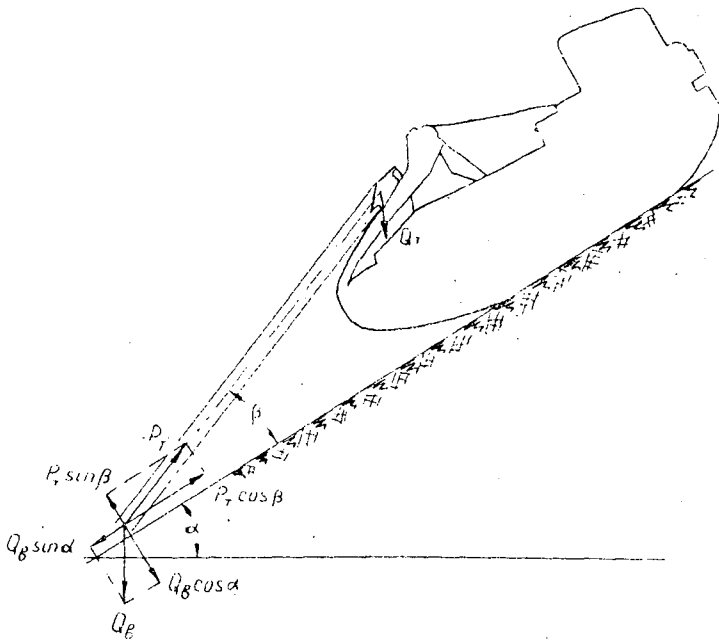


Рис. 3. Расчетная схема для определения тягового усилия трелевочного трактора.

Составляя отношение работы буксования к общей работе, затраченной на буксование, приходим, как и для предыдущего случая, к уравнению (5).

Сопротивление буксования для последнего случая

$$P_6 = \frac{A_6}{L} = q\Omega_b L \delta^2 \cdot (1 - \gamma\mu) + \mu G_{\text{общ}} \delta. \quad (12)$$

Подставляя это значение P_6 в уравнение (5а) и решая полученное выражение относительно δ , находим:

$$\delta = \frac{X_k - \mu G_{\text{общ}}}{q\Omega_b L (1 - \gamma\mu)}. \quad (13)$$

Мы уже отмечали, что для большинства случаев расчеты следует вести по формуле (7), которая дает результаты, значительно более близкие к опытным данным. Поэтому все дальнейшие преобразования будут относиться к зависимости (7).

Для трелевочных тракторов величина тягового усилия P_t , а следовательно, и величина потерь на буксование, зависит от способов трелевки или вывозки древесины (волоком, в полупопруженном положении или с применением полуприцепов), от породы, от характера вывозимой древесины (в хлыстах или с кроной), от веса перемещаемого воза.

На рис. 3 показана схема перемещения трелевочным трактором древесины в полупогруженном положении; на этой же схеме отмечены и действующие нагрузки: Q_b — вес воза, приходящийся на волок, Q_t — вес воза, воспринимаемый трактором.

Распределение веса трелеваемой древесины между трактором и волоком может характеризоваться коэффициентом ξ , представляющим собой отношение веса Q_b к общему весу Q воза:

$$\xi = \frac{Q_n}{Q}; \tag{14}$$

при перемещении хлыстов вершиной вперед $\xi = 0,68 = 0,73$;
 при перемещении хлыстов комлем вперед $\xi = 0,28 - 0,33$;
 при перемещении деревьев комлем вперед $\xi = 0,40 - 0,47$.

Условие равновесия системы, показанной на рис. 3, при установившемся движении трактора запишется следующим образом:

$$P_T \cdot \cos \beta = Q_n \cdot \sin \alpha + f_d (Q_n \cos \alpha - P_T \sin \beta),$$

отсюда

$$P_T = Q_n \frac{\sin \alpha + f_d \cdot \cos \alpha}{\cos \beta + f_d \sin \beta} = \xi Q \frac{\sin \alpha + f_d \cos \alpha}{\cos \beta + f_d \sin \beta}, \tag{15}$$

где α — угол наклона поверхности перекаtywания;

β — угол подъема перемещаемой древесины;

f_d — коэффициент трения скольжения древесины о волок.

Если трактор работает на горизонтальной плоскости ($\alpha = 0$), то тяговое усилие

$$P_T = \xi Q \frac{f_d}{\cos \beta + f_d \sin \beta},$$

или

$$P_T = \xi Q f'_d, \tag{16}$$

где

$$f'_d = \frac{f_d}{\cos \beta + f_d \sin \beta}. \tag{17}$$

Величина f'_d может быть названа условным коэффициентом сопротивления перемещению древесины в полупогруженном положении. Нетрудно видеть, что значение f'_d будет всегда меньше, чем значение f_d . В табл. 1 приведены средние значения коэффициентов f_d и f'_d сопротивления перемещению древесины и коэффициента f_k сопротивления перекаtywанию гусеничного трактора.

Таблица 1

Коэффициенты сопротивления перекаtywанию трактора и перемещению хлыстов

Характер пути		f_d	f'_d при		f_k
			$\beta = 6^\circ$	$\beta = 15^\circ$	
Магистральный волок	Зимой . .	0,23—0,30	0,225—0,29	0,22—0,28	0,08—0,15
	Летом . .	0,45—0,55	0,43—0,525	0,41—0,50	0,10—0,25
Пасечный волок	Зимой . .	0,35—0,47	0,34—0,45	0,33—0,43	0,12—0,20
	Летом . .	0,60—0,80	0,56—0,74	0,53—0,69	0,17—0,30

Заменяя теперь в уравнении (7) величину P_k через произведение нагрузки $[G + Q(1 - \xi)]$, передающей через гусеницы трактора, на коэффициент сопротивления его перекаtywанию f_k , а величину P_T — через ее значение по уравнению (16), получим следующую

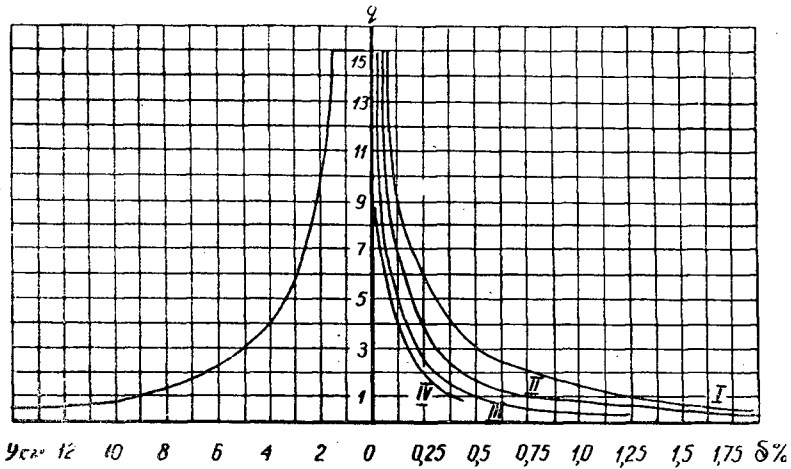


Рис. 4. Номограмма для определения коэффициента буксования по глубине колеи, образованной трактором при движении на первой — I, второй — II, третьей — III и IV передачах.

формулу для определения коэффициента буксования трелевочного трактора:

$$\delta = \frac{[G + Q(1 - \xi)]f_k + Q(f'_d - f_k)\xi}{q\Omega_b L} \quad (18)$$

Как видно из полученной зависимости, величина коэффициента буксования увеличивается с повышением значения коэффициента ξ , то есть с увеличением нагрузки на волок за счет снижения веса трельюемой древесины, передающегося на трактор. Следовательно, для снижения потерь на буксование целесообразно увеличивать нагрузку на коник трелевочного трактора. Однако при этом нужно учитывать и изменяющееся значение коэффициента сопротивления перекатывания трактора f_k , который будет увеличиваться по мере повышения нагрузки на трактор (примерно по закону, выражаемому уравнением параболы второй степени). И если значение коэффициента f_k станет больше значения коэффициента f'_d , то дальнейшее повышение нагрузки на трактор будет уже связано и с повышением сопротивления перекатывания трактора и с повышением потерь на буксование. В этом смысле можно говорить о некоторой оптимальной нагрузке на коник трактора.

На рис. 4 показана построенная по формуле (7) номограмма для определения коэффициента буксования на различных передачах в зависимости от глубины колеи y образованной трактором, по заданному коэффициенту объемного смятия поверхности перекатывания. Данная характеристика соответствует суглинистому грунту (залежь), по которому движется трактор С-80 с коэффициентом сопротивления $f = 0,12$.

Из номограммы также видно, что определяя потери на буксование по наибольшему значению коэффициента объемного смятия, нельзя получить правильного представления о действительных значениях этих потерь, если при движении трактора образуется колея глубиной от 5—6 см и выше.

Приведем два числовых примера. Найдем для трактора С-80 значение коэффициента буксования по часто приводимой в литературе формуле*.

$$\delta = \frac{P_T}{q\Omega_B L}$$

и по формуле (7) при следующих значениях параметров: вес трактора $G = 11,4$ т; ширина гусеницы $B = 50$ см; $L = 237,5$ см; шаг гусеничной цепи $t = 20,3$ см; высота грунтозацепа $h = 6,1$ см. Согласно рис. 4, наибольшее значение коэффициента объемного смятия $q_1 = 15$ кг/см³, наименьшее $q_2 = 0,9$ кг/см³.

Площадь Ω_B вертикальных проекций грунтозацепов вычисляем по формуле:

$$\Omega_B = bh \frac{L}{t}. \quad (19)$$

Для трактора С-80

$$\Omega_B = 50 \cdot 6,1 \cdot \frac{237,5}{20,3} = 3550 \text{ см}^2.$$

Приведенное значение коэффициента объемного смятия находим по формуле (1)

$$q = \frac{15 \cdot 0,9}{15 + 0,9} = 0,85.$$

Остальные результаты расчетов даны в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента буксования δ

Значение тягового условия P_T , кг	По Е. Д. Львову, вычисленное		По формуле (7), %	По опытной тяговой характеристике трактора, %
	по q_1 , %	по q , %		
5850	0,046	0,80	1,03	1,3
3700	0,029	0,52	0,73	0,8

Воспользуемся теперь уравнением (18) и найдем коэффициент буксования для трактора ТДТ-60, трелеющего воз древесины общим весом $Q = 16$ т, при $\beta = 15^\circ$; $f_d = 0,5$; $\xi = 0,43$; $f_k = 0,15$; $q = 0,5$ кг/см³. Вес трактора — 10,8 т, $B = 48$ см, $L = 287$ см; $t = 15$ см; $h = 5,3$ см.

По формуле (19) находим Ω :

$$\Omega_B = 46 \cdot 5,3 \frac{287}{15} = 4650 \text{ см}^2.$$

По формуле (17) определяем f'_d :

$$f'_d = \frac{0,5}{\cos 15^\circ + 0,5 \sin 15^\circ} = 0,455.$$

тогда по формуле (18):

$$\delta = \frac{[10800 + 16000(1 - 0,45)] \cdot 0,15 + 16000(0,455 - 0,15) \cdot 0,43}{0,5 \cdot 4650 \cdot 287} = 0,0077 = 0,77\%.$$

К графику, изображенному на рис. 4, могут быть добавлены шкалы тяговых усилий X_k и скоростей движения трактора V км/час. При этом зависимость между глубиной колеи y и усилием X_k устанавливается из уравнения (2) путем замены касательного напряжения τ через произведение нормального напряжения σ основания на коэффициент f внутреннего трения грунта:

$$X_k = f\sigma\Omega_B = fqu\Omega_B,$$

отсюда

$$y = \frac{X_k}{fq\Omega_B}. \quad (20)$$

При графическом построении зависимости (20) можно пользоваться приведенным значением коэффициента q .

* См. книгу Е. Д. Львова. Теория трактора, 1952.

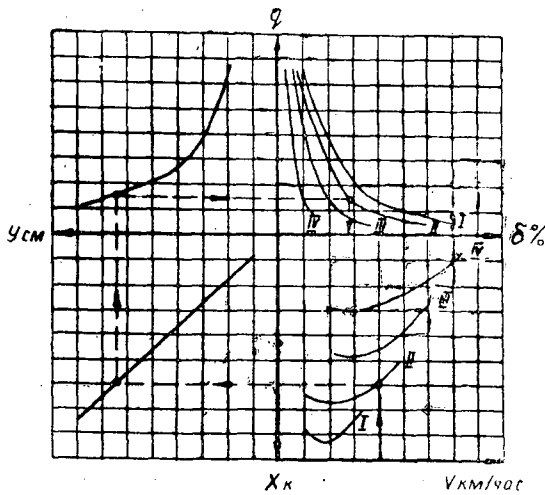


Рис. 5. Примерная номограмма для определения коэффициента буксования по тяговой характеристике трелевочного трактора и характеристика поверхности перекатывания.

I — первая передача; II — вторая передача;
 III — третья передача; IV — четвертая передача.

На рис. 5 показана примерная номограмма для определения потерь на буксование, совмещенная с тяговой характеристикой трелевочного трактора. По этой совмещенной номограмме можно легко найти потери на буксование в зависимости от скорости движения, тягового усилия и передачи трактора.

Поступила в редакцию
 23 марта 1960 г.

О НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРАХ И МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

И. Н. БАБУШКИН

Доцент, кандидат технических наук

(Московский лесотехнический институт)

Сравнение существующих типов трелевочных тракторов отечественного и заграничного производства по мощности, технико-эксплуатационным и другим показателям дало некоторые теоретические основы для расчета потребной мощности этих тракторов в зависимости от конкретных производственных условий, определяемых лесотаксационной характеристикой эксплуатируемого массива.

Мощность двигателя трелевочного трактора при трелевке деревьев в полуподвешенном состоянии может быть определена по формуле

$$N_e = \frac{Q [k w'_0 + (1 - k) w''_0 + i] v}{270 \cdot \eta_{\text{пер}} - q (w'_0 + i) v} \text{ л.с.}, \quad (1)$$

где Q — нагрузка на рейс (вес пачки хлыстов), т;
 k — коэффициент, учитывающий часть труза, приходящегося на трактор;
 q — вес трактора, приходящийся на 1 э.л.с. (так называемый удельный вес трактора), т;
 v — скорость трактора, км/час;
 w'_0 — дорожное сопротивление движению трактора, кг/т;
 w''_0 — дорожное сопротивление перемещению хлыстов, кг/т;
 $\eta_{\text{пер}}$ — к.п.д., учитывающий потери в силовой передаче и цепи.

Анализ этой формулы показывает, что чем совершеннее машина, то есть, чем меньше q , тем больше полезное использование мощности (выше нагрузка на рейс).

Зависимость удельного веса трактора от некоторых технико-эксплуатационных параметров может быть выражена следующим уравнением:

$$q = \frac{270}{\varphi \cdot v} \eta_{\text{пер}} \cdot 10^{-3} - \frac{kQ}{N_e} \text{ т/э.л.с.}, \quad (2)$$

где φ — коэффициент сцепления.

Формула (2) выведена в предположении равенства касательной силы тяги и силы тяги, возможной по условиям сцепления.

Второй член уравнения представляет собой долю рейсовой нагрузки, приходящейся на щит или коник трактора. Он может быть выражен через удельный вес трактора и коэффициент использования его веса.

Под коэффициентом использования веса трактора понимается отношение полезной нагрузки, приходящейся на трактор, к его весу, то есть

$$\delta = \frac{kQ}{G_{\text{тр}}} = \frac{Q^1}{G_{\text{тр}}},$$

где $G_{\text{тр}}$ — вес трактора, т;
 Q^1 — вес полезной нагрузки, приходящейся на трактор, т;

Для существующих типов трелевочных тракторов, на основании имеющихся фактических данных о нагрузке на рейс (табл. 1), указанный коэффициент находится в пределах от 0,345 (трактор КТ-12) до 0,937 (трактор С-140Л).

Таблица 1

Леспромхоз	Марка трактора	Характеристика лесосеки		Нагрузка на рейс, м ³		
		запас на 1 га, м ³	объем хлыста, м ³	фактическая	расчетная при k равном	
					1	2
Бизарский	КТ-12	180	0,26	2,6	4,1	8,2
"	С-80	180	0,26	8,5	—	—
Вахтанский	КТ-12	210	0,22—0,29	4,33	4,0—4,57	8,0—9,14
Крестецкий	ТДТ-60	200—280	0,5—0,8	8,8	—	—
"	"	"	"	6,6	6,0—9,0	12,0—18,0
Тимирязевский	КТ-12	"	"	3,57	—	—
"	"	"	"	2,54	—	—
Озерский	"	180—250	0,4—0,75	5,35	5,4—8,2	10,8—16,4
Новолялинский	С-140Л	360	1,69	30	14,8	29,6

Коэффициент использования веса является очень важным показателем, характеризующим конструкцию трактора. Этот коэффициент по мере создания новых образцов тракторов постепенно повышается. Так, например, у трактора ТДТ-60 он равен 0,48, у трактора С-140Л он уже достиг 0,937. Однако у трактора С-140Л этот коэффициент получен за счет весьма высоких рейсовых нагрузок; воздействие их на срок службы ходовой части и других узлов трактора еще не проверено в длительной эксплуатации.

На основании сказанного, коэффициент использования веса для трелевочных тракторов может быть пока принят равным 0,8. Достижение такого показателя можно считать реальным, однако, для этого потребуются большие усилия конструкторов, чтобы снизить вес трактора.

Принимая δ равным 0,8, получим

$$\frac{kQ}{N_e} = 0,8q.$$

После подстановки и преобразований, окончательно получим

$$q = \frac{150}{\varphi \cdot v} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot 10^{-3}.$$

Анализ весовых показателей гусеничных тракторов как отечественных, так и зарубежных, показывает, что они имеют удельный вес 90—100 кг/э.л.с. Эти цифры относятся к тракторам общего назначения и сельскохозяйственного типа. Существующие трелевочные тракторы имеют несколько больший удельный вес из-за дополнительного веса технологического оборудования (щит, лебедка и т. п.). Так, у трактора ТДТ-60 он достиг 163 кг/э.л.с.

Учитывая возможность некоторого снижения веса трактора и облегчения технологического оборудования, следует считать, что при правильно подобранных параметрах удельный вес трелевочного трактора должен находиться в пределах 110–120 кг/л.с.

Низшая скорость трелевочных тракторов находится в пределах от 2,00 (трактор КТ-12) до 2,5 км/час (трактор С-80).

Одним из основных параметров, позволяющих определить необходимую мощность двигателя трелевочного трактора, является полезная нагрузка, приходящаяся на 1 л.с.

Из выражения (1) получим

$$Q_1 = \frac{\frac{270N_e}{v} \eta_{\text{пер}} - qNe(\omega'_0 + i)}{k\omega'_0 + (1-k)\omega''_0 + i} \cdot \frac{1}{\gamma}, \text{ м}^3 \quad (4)$$

с другой стороны

$$Q_1 = Q_{\text{уд}} \cdot N_e, \text{ м}^3. \quad (5)$$

После соответствующих подстановок и преобразований выражение (4) примет вид

$$Q_{\text{уд}} = \frac{\frac{270}{v} \eta_{\text{пер}} - q(\omega'_0 + i)}{k\omega'_0 + (1-k)\omega''_0 + i} \cdot \frac{1}{\gamma}, \frac{\text{м}^3}{\text{э.л.с.}} \quad (6)$$

Заменяя знаменатель $k\omega'_0 + (1-k)\omega''_0 + i$ через W , получим

$$Q_{\text{уд}} = \left(\frac{270\eta_{\text{пер}}}{v \cdot W} - q \frac{\omega'_0 + i}{W} \right) \frac{1}{\gamma}. \quad (7)$$

Из этого следует, что удельная нагрузка зависит только от состояния волока, то есть от общего сопротивления движению.

Можно принять $\eta_{\text{пер}} = 0,85$, $q = 0,11$ т/э.л.с., $v = 3$ км/час (средняя скорость трактора на трелевке).

По формуле (7) построена кривая, показывающая изменение $Q_{\text{уд}}$ в зависимости от W (рис. 1).

Полученная кривая представляет собой гиперболу, уравнение которой имеет вид:

$$Q_{\text{уд}} = 285 W^{-1,2}, \text{ м}^3/\text{э.л.с.} \quad (8)$$

где W — общее дорожное сопротивление, определяемое по формуле

$$W = [k\omega'_0 + (1-k)\omega''_0 + i] \text{ кг т.}$$

Фактические данные, приведенные в табл. 1, показывают, что $Q_{\text{уд}}$ изменяется в пределах от 0,09 до 0,22 м³/л.с.

Теоретические исследования с учетом фактических данных показали, что для расчетов удельная нагрузка на рейс при трелевке комлями вперед может быть принята равной от 0,15 до 0,17 м³/л.с.

В настоящее время нагрузка на рейс и производительность определяются, исходя из тягового усилия, то есть мощности трактора и сопротивления движению при средней скорости трактора на трелевке.

Однако этот метод определения мощности трактора не учитывает влияния технологических операций, возможностей трелевочного устройства и характеристики лесосеки.

Поясним сказанное технологической схемой сбора пачки хлыстов или деревьев трелевочным трактором (см. рис. 2).

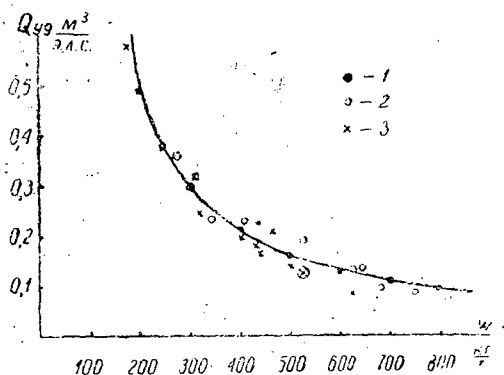


Рис. 1. График изменения $Q_{уд}$ в зависимости от W : 1—точки рассчитанные по формуле $Q_{уд} = 285w^{-1,2}$; 2 и 3—точки, рассчитанные по формуле $Q_{уд} = \left(\frac{230}{w} - 0.1 \frac{W'_{n+i}}{w}\right)^{\frac{1}{2}}$ соответственно при трелевке вершинами или комлями вперед.

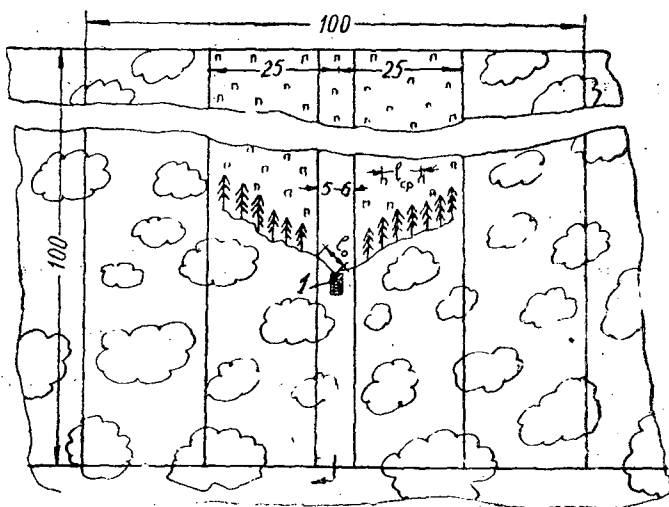


Рис. 2. Технологическая схема сбора пачки хлыстов или деревьев трелевочным трактором. 1—трактор.

При площади лесосеки 1 га, запасе $Q_{га}$ и объеме хлыста q_x количество деревьев на этой площади.

$$n_1 = \frac{Q_{га}}{q_x}.$$

При равномерном распределении деревьев по площади число деревьев, растущих вдоль одной стороны квадрата, равного 1 га,

$$n_2 = \sqrt{\frac{Q_{га}}{q_x}}.$$

Следовательно, среднее расстояние между отдельными деревьями, подлежащими повалу

$$l_{сп} = \frac{100}{n_2}.$$

Исследования условий сбора хлыстов или деревьев (см. рис. 2) позволили установить, что для определения оптимального объема пачки, формируемой за один прием, может быть рекомендована следующая формула

$$Q_1 = q_1 n k_1, \quad (9)$$

здесь n — возможное оптимальное число хлыстов или деревьев в пачке, формируемой за один прием, при данной характеристике лесосеки;

k_1 — число трелевочных лебедок или барабанов лебедки, действующих одновременно.

Исходя из расчетной длины тягово-собирающего каната и среднего расстояния между отдельными хлыстами или деревьями, число их в пачке определим по формуле

$$n = \frac{l - l_0}{l_{\text{ср}}} \alpha,$$

где

l — длина тягово-собирающего каната, м;
 l_0 — длина неиспользуемой части тягово-собирающего каната, м;
 $l_{\text{ср}}$ — расстояние между отдельными поваленными хлыстами или деревьями, м;
 α — коэффициент, учитывающий перегибы и деформации тягово-собирающего каната при растягивании, равный 0,95.

После проведения соответствующих замен и подстановок уравнение (9) примет вид

$$Q_1 = \alpha k_1 \frac{l - l_0}{100} \sqrt{Q_{2a} \cdot q_x}.$$

Принимая полезно используемую длину тягово-собирающего каната равной 60 м, окончательно получим

$$Q_1 = 0,7 k_1 \sqrt{Q_{2a} \cdot q_x}. \quad (10)$$

Формула (10) показывает, что оптимальный объем пачки, соответствующий нагрузке на рейс, определяется не только мощностью трактора, как это видно из уравнения (4), но и характеристикой лесосеки (Q_{2a} и q_x) и возможностями трелевочного устройства.

Из приведенного доказательства очевидно, что при определении мощности двигателя трактора необходимо исходить не только из его тяговых возможностей, как это принято сейчас, а следует обязательно учитывать технические возможности трелевочного устройства и характеристику лесосеки.

В табл. 1 в качестве примера приведены фактические и расчетные (по предлагаемому методу) нагрузки на рейс для лесосек некоторых леспромхозов.

Мощность трелевочного трактора, исходя из оптимальной нагрузки на рейс, возможной удельной нагрузки и средней степени загрузки двигателя будет определяться уравнением

$$N_e = \frac{0,6 k_1 \cdot \sqrt{Q_{2a} q_x}}{q_{\text{уд}} \cdot \eta_{\text{загр}}}. \quad (11)$$

При расчете коэффициент загрузки ($\eta_{\text{загр}}$) двигателя принят равным 0,65. Практически для трелевочных тракторов он находится в пределах от 0,5 до 0,85.

В табл. 2 приведены данные расчета мощности трелевочного трактора для нескольких лесосек, имеющих различные параметры:

Таблица 2

Характеристика лесосеки		Объем пачки, формируемой за один прием однобарабанной лебедкой, м ³	Расчетная мощность трактора (л. с.) при трелевочном устройстве		Класс
средний запас на 1 га, м ³	средний объем хлыста, м ³		однобарабанном	двухбарабанном	
до 200	0,2	4,0	37	74	1
	0,4	5,4	50	100	
до 250	0,4	6,0	56	112	2
	0,75	8,2	76	152	
до 300	0,75	9,0	84	168	3
	1,5	12,7	118	236	
300 и выше	1,5 и выше	12,7	118	236	4
			150	300	

Рекомендуемая методика может быть использована при подборе потребной мощности двигателя трелевочного трактора.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Д. Горшков, А. Фаллер. Мощные трелевочные тракторы. «Лесная промышленность» № 12, 1957. [2]. К. Корякин. Трелевка леса тракторами С-80 на предприятиях Урала. «Лесная промышленность» № 7, 1955. [3]. Л. И. Цехановский, А. В. Решетов. Подвозка леса в Тимирязевском ЛПХ. «Лесная промышленность» № 10, 1954.

Поступила в редакцию
25 февраля 1960 г.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА БЕССТЫКОВОГО ПУТИ С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

П. П. ЧЕБОТА

Старший научный сотрудник

(Северный научно-исследовательский институт промышленности)

Исследованиями и опытами уже давно доказано, что одним из эффективных средств снижения затрат на текущее содержание пути и увеличения сроков службы рельсов является сварка их в длинные плети, то есть создание бесстыкового пути. Международный конгресс железных дорог, проходивший в 1958 г., установил, что годовая экономия на текущем содержании составляет 15%, а срок службы рельсов повышается на 25%. В СССР проводятся большие исследования в этом направлении и на ряде дорог уже приступили к укладке температурно-напряженного бесстыкового пути.

Для центральной зоны СССР наибольшее изменение температуры рельса за год составляет приблизительно 100°. В жаркий летний день температура рельса может быть на 20° выше температуры воздуха. Если в качестве нейтральной температуры взять среднюю годовую и учесть запас (7°) на возможные колебания температуры при укладке плетей, то в этом случае температурные напряжения составят:

$$\sigma_t = \left(\frac{100}{2} + 7 \right) \cdot 25 = 1425 \text{ кг/см}^2.$$

В момент прохождения поезда по участку пути к температурным напряжениям, которые имеют в рельсе, добавляются еще напряжения от временной нагрузки. Для того чтобы рельс не получил остаточной деформации и не сломался, необходимо, чтобы сумма этих напряжений не превысила допустимой величины. Однако для решения вопроса о возможности применения температурно-напряженного пути в данных конкретных условиях приведенных рассуждений еще недостаточно. Летом, когда в рельсах возникают сжимающие напряжения, решающим является устойчивость пути. Известно, что в это время года бывают выбросы пути вверх или вбок. Ниже нами рассматривается решение вопроса об устойчивости железнодорожного пути с учетом динамических воздействий.

В отличие от задач статики, в которых величина действующей силы полностью и однозначно определяет величину вызываемого ею воздействия, эффект динамической периодической нагрузки зависит в первую очередь от соотношения частот свободных и вынужденных колебаний бесстыкового пути.

Если обе частоты окажутся близкими одна к другой, то это будет свидетельствовать о значительном динамическом эффекте нагрузки, то

есть нерациональности или даже полной непригодности исследуемого пути. Тогда нашей задачей будет изменить конструкцию пути, но не для увеличения его статической прочности, а для изменения его свободной частоты.

Заметим, что свободная частота пути, уложенного длинными рельсами, должна быть всегда выше частоты нагрузки, так как частота возмущающей силы непрерывно меняется, возрастая при разгоне поезда от нуля до некоторого максимального значения и убывая до нуля при его остановке. Чтобы избежать резонанса, необходимо иметь в виду поставленное выше условие. Предельно допустимое сближение обеих частот установлено практикой. Считается, что свободная частота должна превосходить частоту нагрузки, по крайней мере, на 30% *.

Итак, задачей динамических расчетов железнодорожного пути, уложенного длинными рельсами, работающего в условиях воздействия периодической нагрузки, является:

а) вычисленные частоты свободных колебаний (или частоты основного тона) пути, уложенного длинными рельсами;

б) установление форм этих колебаний — эта операция является вспомогательной при определении частот;

в) сравнение полученных частот с частотами возмущающих сил.

Расчет устойчивости бесстыкового железнодорожного пути, уложенного длинными рельсами, следует произвести, имея в виду действие силы

$$Q = P \pm Z_{Ж} \pm Z_0 \pm Z_c \pm Z_n \pm Z_{II}. \quad (1)$$

В нашей работе мы ограничились учетом вертикальных пульсирующих сил $\pm Z_0$ — вертикальная составляющая центробежной силы избыточного противовеса, $\pm Z_c$ — вертикальная составляющая сил инерций возвратно движущихся масс и $\pm Z_n$ — сила, определяемая давлением пара в котле.

Мы приняли, что сжимающие усилия вызываются температурными силами, возникающими в рельсовой плети, согласно закону Гука

$$\sigma = \epsilon E; \quad \sigma = \alpha t E; \quad S = \epsilon t F. \quad (2)$$

Выберем расчетную схему согласно фиг. 1 для участка DE , сжатого температурными силами S [3].

Напишем уравнение равновесия элемента колеблющегося рельса, воспользовавшись уравнениями динамики вида:

$$\left. \begin{aligned} x - \Sigma m x'' &= 0 \\ y - \Sigma m y'' &= 0 \\ z - \Sigma m z'' &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение колеблющейся сжатой рельсовой плети:

$$EI \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + S \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \rho F \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = 0 \quad (4)$$

Уравнение (4) является линейным дифференциальным уравнением четвертого порядка в частных производных.

Общий интеграл этого уравнения может быть выражен линейной комбинацией частных интегралов (прием А. Н. Крылова).

* См. например, книгу К. С. Завриева. Динамика сооружений.

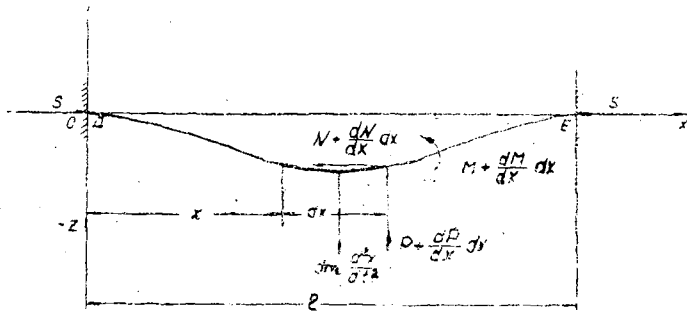


Рис. 1.

Представим частное решение уравнения (4) в таком виде:

$$z = X(x) T(t). \quad (5)$$

Такое представление о характере упругой линии сжатого колеблющегося стержня допустимо, так как ординаты прогибов изогнутой оси при колебаниях являются функцией абсциссы и времени. После преобразования получаем два дифференциальных уравнения для определения упругой линии:

$$EIX^{IV}(x) + SX''(x) - K^2X(x) = 0. \quad (6)$$

$$\rho FT''(t) + K^2T(t) = 0. \quad (7)$$

Общий интеграл уравнения (7) равен

$$T(t) = N \sin(pt + y), \quad (8)$$

где N и y — произвольные постоянные, определяемые из начальных условий, а p — частота колебаний, определяемая по формуле

$$p = \frac{K}{\sqrt{\rho F}} = \frac{2\pi}{T},$$

где T — период колебаний.

Из последнего уравнения $K^2 = p^2 \rho F$.

Переходя к интегрированию уравнения (6) и заменяя в нем K^2 через $p^2 \rho F$, получим дифференциальное уравнение:

$$X^{IV}(x) + AX''(x) - M^2X(x) = 0,$$

характеристическое уравнение которого имеет вид

$$\alpha^4 + A\alpha^2 - M^2 = 0,$$

а корни последнего уравнения равны:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= + \sqrt{\frac{-A + \sqrt{A^2 + 4M^2}}{2}} = + \sqrt{-\frac{A}{2} + M_1} \\ \alpha_2 &= - \sqrt{\frac{-A + \sqrt{A^2 + 4M^2}}{2}} = - \sqrt{-\frac{A}{2} + M_1} \\ \alpha_3 &= + \sqrt{\frac{-A - \sqrt{A^2 + 4M^2}}{2}} = + i \sqrt{\frac{A}{2} + M_1} \\ \alpha_4 &= - \sqrt{\frac{-A - \sqrt{A^2 + 4M^2}}{2}} = - i \sqrt{\frac{A}{2} + M_1} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где

$$M_1 = \frac{+ \sqrt{A^2 + 4M^4}}{2}.$$

Решение дифференциального уравнения тогда может быть представлено в виде

$$X(x) = C_1 \operatorname{ch} \alpha x + C_2 \operatorname{sh} \alpha x + C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x, \quad (10)$$

где

$$\alpha = + \sqrt{M_1 - \frac{A}{2}};$$

$$\beta = + \sqrt{M_1 + \frac{A}{2}};$$

$$\beta^2 - \alpha^2 = A;$$

$$\alpha\beta = iM_1^2.$$

После преобразования получим общий интеграл, представленный бесконечным рядом

$$\begin{aligned} Z_i(x, t) = \sum_i N \sin pt \left[(\operatorname{sh} \alpha i l - \frac{\alpha i}{\beta i} \sin \beta i l) (\operatorname{ch} \alpha i x - \cos \beta i x) - \right. \\ \left. - (\operatorname{ch} \alpha i l - \cos \beta i l) (\operatorname{sh} \alpha i x - \frac{\alpha i}{\beta i} \sin \beta i x) \right], \quad (11) \end{aligned}$$

где l — длина волны.

1. Решение однородного линейного дифференциального уравнения с учетом упругости основания. Общее решение уравнения имеет вид

$$EI \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + S \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \rho F \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} + nz = 0 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} Z_i(x, t) = \sum_i N \sin pt \left[(\operatorname{sh} \alpha_1 i l - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 i l) (\operatorname{sh} \alpha_1 i x - \cos \beta_1 i x) - (\operatorname{ch} \alpha_1 i l - \right. \\ \left. - \cos \beta_1 i l) (\operatorname{sh} \alpha_1 i x - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 i x) \right]. \quad (13) \end{aligned}$$

2. Решение неоднородных линейных дифференциальных уравнений четвертого порядка с учетом упругости основания.

Общее решение неоднородного линейного дифференциального уравнения вида

$$EI \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + S \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \rho F \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} + nz = m\omega^2 r (\sin \omega t - \cos \omega t - A \cos 2\omega t) \quad (14)$$

равно

$$\begin{aligned} Z_i(x, t) = \sum_i N \sin pt \left[i (\operatorname{sh} \alpha_1 i l - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 i l) (\operatorname{sh} \alpha_1 i x - \cos \beta_1 i x) - \right. \\ \left. - (\operatorname{ch} \alpha_1 i l - \cos \beta_1 i l) (\operatorname{sh} \alpha_1 i x - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 i x) \right] + \frac{m\omega^2 r}{n - \rho F \omega^2} (\sin \omega t - \cos \omega t) - \\ - \frac{m\omega^2 r}{n - 4\rho F \omega^2} A \cos 2\omega t. \quad (15) \end{aligned}$$

Решение неоднородного линейного дифференциального уравнения

$$EI \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + S \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \rho F \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} + nz = n_1 p \sin \omega t + n_1 p \operatorname{tg} \Theta \quad (16)$$

будет иметь вид

$$Z_i(x, t) = \sum_i N \sin KiBt \left[\left(\operatorname{sh} \alpha_1 il - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 il \right) (\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \cos \beta_1 ix) - \right. \\ \left. - (\operatorname{ch} \alpha_1 il - \cos \beta_1 il) \left(\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 ix \right) \right] + \frac{n_1 p}{n - \omega^2 \rho F} \sin \omega t + \frac{n_1 p}{n} \operatorname{tg} \Theta \quad (17)$$

Решение неоднородного линейного дифференциального уравнения

$$EI \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + S \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \rho F \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} + nz = m \omega^2 r \sin \omega t \quad (18)$$

равно

$$Z_i(x, t) = \sum_i N \sin pt \left[\left(\operatorname{sh} \alpha_1 il - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 il \right) (\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \cos \beta_1 ix) - \right. \\ \left. - (\operatorname{ch} \alpha_1 il - \cos \beta_1 il) \left(\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 ix \right) \right] - \frac{mr}{\rho F} \sin \omega t. \quad (19)$$

Решение неоднородного линейного дифференциального уравнения вида

$$EI \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + S \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \rho F \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} + nz = \omega^2 r [-c_1 \cos 2\omega t - d_1 \sin \omega t + \\ + l_1 \sin \omega t \cdot \cos 2\omega t - f_1 \sin^2 \omega t] \quad (20)$$

представляется выражением

$$Z_i(x, t) = \sum_i N \sin pt \left[\left(\operatorname{sh} \alpha_1 il - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 il \right) (\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \cos \beta_1 ix) - \right. \\ \left. - (\operatorname{ch} \alpha_1 il - \cos \beta_1 il) \left(\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 ix \right) \right] - \frac{f_1}{2} \omega^2 r - \\ - \frac{l_1 \omega^2 r}{2(n - \rho F \omega^2)} \sin \omega t - \frac{d_1 \omega^2 r}{n - 4\rho F \omega^2} \sin 2\omega t + \frac{l_1 \omega^2 r}{2(n - \rho F \omega^2)} \sin 3\omega t + \\ + \frac{2c_1 \omega^2 r + f_1}{2(n - 4\rho F \omega^2)} \cos 2\omega t. \quad (21)$$

Общее решение неоднородного линейного дифференциального уравнения с учетом совместного действия сил Z_c ; Z_o ; Z_n , имеет вид:

$$Z_i(x, t) = \sum_i N \sin pt \left[i \left(\operatorname{sh} \alpha_1 il - \frac{\alpha_1 i}{\beta_1 i} \sin \beta_1 il \right) (\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \cos \beta_1 ix) - (\operatorname{ch} \alpha_1 il - \right. \\ \left. - \cos \beta_1 il) \left(\operatorname{sh} \alpha_1 ix - \frac{mr}{\rho F} \right) - \left(\frac{2\omega^2 r d_1}{n - 4\rho F \omega^2} \cos \omega t - \frac{3l_1 \omega^2 r}{2(n - \rho F)} \right) \right] \sin \omega t - \\ - \frac{2c_1 \omega^2 r + f}{2(n - 4\rho F \omega^2)} (1 - 2 \cos^2 \omega t) - 4 \frac{l_1 - \omega^2 r}{2(n - \rho F)} \sin^3 \omega t. \quad (22)$$

Исследование полученных уравнений на частоту

$$\frac{A}{K} \operatorname{sh} \alpha l \sin \beta l + \operatorname{ch} \alpha l \cos \beta l = 1.$$

При низком тоне колебаний ($K=1$)

$$A \operatorname{sh} \alpha l \sin \beta l + \operatorname{ch} \alpha l \cos \beta l = 1,$$

откуда

$$A = \frac{1 - \operatorname{ch} \alpha l \cos \beta l}{\operatorname{sh} \alpha l \sin \beta l}. \quad (23)$$

При $l=0$ уравнение (23) обращается в неопределенность вида $\frac{0}{0}$.

Приняв во внимание, что $\beta^2 - \alpha^2 = -A$; $\alpha\beta = iM_1^2$, получим окончательную зависимость между M и A для рельса, полностью зашпеченного на опорах [1]

$$\frac{1 - \cos \frac{M_1^2}{\alpha} \operatorname{ch} \alpha}{\sin \frac{M_1^2}{\alpha} \operatorname{sh} \alpha} = \frac{A}{2M_1^2} \quad (24)$$

при условии, что $l=1$.

Полученная формула в точности соответствует формуле, выведенной Я. А. Пратусевичем в его книге: «Вариационные исчисления в строительной механике».

Свободные колебания ненагруженного стержня ($S=0$) получим, если положим в уравнении $A=0$.

В этом случае $\alpha = M_1$ и уравнение принимает вид

$$\cos M_0 \operatorname{ch} M_0 = 1. \quad (25)$$

Корни уравнения (25), определяющие низкий тон колебаний, равны: $M_0 \approx 4,70$, $M_0^4 = 500,7$.

Определение частоты колебаний p непосредственно по формуле (24) весьма затруднительно. Для практических подсчетов нами составлена таблица, полученная на основании этой формулы.

Таблица частот (табл. 1) дает числовое выражение этих величин.

Таблица 1

A	$4\pi^2$	$3\pi^2$	$2\pi^2$	π^2	0	Множитель
M^4	0	126	253	377	500,7	$\frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$
$\frac{S}{S_{кр}}$	1	0,75	0,5	0,25	0	
p — частота	0	11,22	15,90	19,41	22,36	

Уравнение (24) можно значительно упростить и определение M по заданной A возможно уже будет непосредственно по этой упрощенной формуле.

Представим уравнение (24) в следующем виде:

$$\operatorname{cth} \frac{1 - \cos \frac{M_1^2}{\alpha}}{\sin \frac{M_1^2}{\alpha}} = \frac{A}{2M_1^2}$$

или

$$ig \frac{M_1^2}{c \sqrt{A}} = \frac{2M_1^2}{A}$$

Так как при больших значениях A

$$\operatorname{sinh} \alpha \approx 1 \text{ и } \frac{1}{\operatorname{ch} \alpha} \approx 0; \alpha = c \sqrt{A}$$

Подсчитанное значение M^4 по формуле (25) отличается от M^4 подсчитанного по формуле (24) меньше чем на 2%.

С ростом A процент погрешности, даваемый формулой (25), падает, асимптотически стремясь к нулю.

*Исследование уравнения (13) на частоту
(уравнение с учетом упругости основания)*

Уравнение колебаний с учетом упругости основания имеет вид:

$$\frac{A}{K_1} \operatorname{sh} \alpha l \cdot \sin \beta l + \operatorname{ch} \alpha l \cdot \cos \beta l = 1.$$

Сделав преобразование уравнения, получим:

$$A = \frac{K_1 (1 - \operatorname{ch} \alpha l \cdot \cos \beta l)}{\operatorname{sh} \alpha l \cdot \sin \beta l}.$$

Границы действительных значений для данного уравнения определяются величиной

$$A = \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta K_1}.$$

или

$$A = \frac{K_1 (1 - \operatorname{ch} \alpha l \cdot \cos \beta l)}{\operatorname{sh} \alpha l \cdot \sin \beta l}.$$

Из этого уравнения видно, что частота рельса, лежащего на упругом основании, будет увеличиваться с увеличением K_1 .

Составим таблицу частот для полученного уравнения при $K_1 = 6$ аналогично табл. 1.

Таблица 2

A	$4\pi^2$	$3\pi^2$	$2\pi^2$	π^2	0	Множитель
M^4	0	630	1265	1885	2503,5	$\frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$
p — частота	0	25,23	30,55	40,32	50,25	

Частота пульсирующего груза

Частота пульсирующих сил Z_0 , Z_c и Z_n при движении паровозов может быть подсчитана следующим образом. Известно, что техническая частота n определяется равенством

$$n = \frac{60}{T} = \frac{60}{2\pi} \varphi,$$

откуда

$$\varphi = \frac{\pi}{60} \cdot 2n = 0,105n \frac{1}{\text{сек}},$$

где n — число оборотов ведущего колеса паровоза в минуту.

Возьмем длину волны, равную π .

Подставим величину волны в множитель, на который следует умножить частоты в табл. частот 1 и 2.

Таблица 3

Серия паровоза	Тип	Диаметр сцепных колес, мм	Конструкционная скорость, предложенная НИИЖТ, км/час	Старая конструкционная скорость км/час	Потребное число оборотов для скорости, предложенной НИИЖТ	Потребное число оборотов для старой скорости	Частота	
							при скорости, предложенной НИИЖТ 1/сек.	при старой скорости
Э	0-5-0	1320	65	53	261,0	213,11	27,405	22,38
СУ	1-3-1	1850	130	110	372,98	315,56	33,16	33,13

Для примера определим величину множителя при рельсах Ia и длине волны 3,14 м.

$$\frac{1}{l^2} \frac{\sqrt{EI}}{\sqrt{m}} = \frac{1}{314^2} \frac{\sqrt{2 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 1476}}{\sqrt{\frac{55 \cdot 64 \cdot 7,8}{9,81 \cdot 1000}}} = 2,66.$$

Приводим таблицу частот с учетом множителя (табл. 4).

Таблица 4

A	$4\pi^2$	$3\pi^2$	$2\pi^2$	π^2	0
p — частота	0	67,23	80,75	104,25	130,44

Из приведенной таблицы следует, что резонанс возможен при скоростях, в 2—3 раза превышающих скорости современных паровозов.

Однако с ростом скорости для пути с $n = \text{const}$ такая проверка необходима, так как при сжимающих силах, близких к критическим, частота быстро убывает и может на некотором промежутке времени сравниться с частотой пульсирующих грузов, что приведет к резонансу.

Гашение вибрации

Полученные нами величины критических скоростей не являются бесспорными, так как нами были сделаны следующие допущения.

Во-первых, что осадка рассматриваемой точки основания зависит только от давления, действующего в той же точке.

Это положение противоречит опыту, который показывает, что осадка каждой точки зависит от совокупности всех давлений, передаваемых балкой на основание.

Во-вторых, коэффициент постели, характеризующий упругость грунта, не является, строго говоря, величиной, всецело определяемой физическими свойствами грунта. Опыт установлено, что коэффициент постели несколько убывает с увеличением площади штампа.

Кроме того, как показали более детальные исследования, произведенные в последнее время, коэффициент постели зависит еще от целого ряда факторов, в частности, от жесткости балки на изгиб и пр. Другими словами, он является лишь некоторой условной расчетной величиной, определяемой по существу всей совокупностью рассматриваемой системы. Для правильного решения вопроса об уменьшении вибрации мы располагаем теоретическими данными о степени динамической неуравновешенности подвижных нагрузок и частоте их вибраций, равно как и жесткости, амплитуде, форме и частоте колебаний вибрирующего пути.

Все эти сведения должны быть уточнены и подтверждены опытным путем, устраняющим ошибки, связанные с неточностью исходных данных теоретического расчета.

При экспериментах для определения формы изгиба рельсовой плети при вибрации необходимо произвести измерения амплитуд ее колебаний в различных точках. Количество и взаимное расположение точек, в которых следует производить измерения, зависят от сложности формы изгиба. Для правильного установления кривизны рельсовой плети при деформации следует измерения производить в весьма большом количестве точек. Тогда и при отсутствии особой сложности формы изгиба этот вопрос разрешается, если иметь в виду, что кривая изгиба должна переходить от одной точки к другой.

Следует особо подчеркнуть, что надежное снятие формы изгиба длинной рельсовой плети путем последовательного измерения амплитуд может быть выполнено только в том случае, если колебания носят устойчивый характер. В противном случае необходимо производить измерения во всех точках одновременно. Определение числа собственных колебаний длинной рельсовой плети может быть осуществлено методом внезапного приложения (снятия) нагрузки.

При внезапном приложении или снятии (сбросе) нагрузки плеть начнет колебаться с частотой собственных колебаний; измерив эту частоту, найдем число собственных колебаний рельсовой плети.

Следовательно, выбору мероприятий по уменьшению вибрации должно предшествовать экспериментальное обследование для выявления перечисленных величин (амплитуды, формы и частоты колебаний рельсовой плети). Попутно будет решен вопрос и о том, являются ли эти вибрации действительно опасными и требуется ли вообще принятие каких-либо специальных мер.

Для получения объективного представления о допустимости или недопустимости вибраций их следует рассматривать с двух точек зрения: прочности и устойчивости рельсовой плети.

Только после проведения обследования пути и критического анализа результатов с указанных точек зрения можно обоснованно подойти к выбору мероприятий, уменьшающих вибрации.

Допустимость вибраций с точки зрения нормальной эксплуатации пути определяется максимальными значениями амплитуд, скоростей и ускорений.

Для выбора мероприятий по уменьшению вибраций необходимо иметь все сведения, указанные выше.

Легко заметить, что изменяя расстояние между шпалами в ту или другую сторону, мы нарушим однородность пути и этим самым настроим колебания. Кроме этого, применяя механизированную укатку земляного полотна и балластного слоя, мы увеличиваем значение коэффициента постели и этим самым увеличиваем частоту колебаний плети, а одновременно с этим критические скорости будут увеличены.

Из сказанного следует, что нет оснований бояться критических скоростей, так как они могут быть легко увеличены при помощи тех или иных мероприятий.

Поступила в редакцию
31 июля 1959 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПИЛЕНИИ ПИЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ

Э. М. ЛАУТНЕР

Ассистент

(Ленинградская лесотехническая академия)

В данной работе приведены результаты аналитического исследования процесса продольного пиления древесины пильными цепями, состоящими из чередующихся правого и левого фуговочных зубьев*. Полученные выражения позволяют определить величины усилий, которые возникают при продольном пилении древесины.

При выводах формул использованы уравнения и методика доц. С. А. Воскресенского, предложенные для элементарного резания древесины, с учетом изменения условий стружкообразования и перемещения стружки в пропиле.

Поперечное сечение стружки, срезаемой правым фуговочным зубом, показано на рис. 1. Средняя толщина стружки $h_{\text{ср}}$, мм, снимаемой одним зубом, выражается формулой

$$h_{\text{ср}} = \frac{Bu}{2 \left[B - R + \frac{1}{2} \sqrt{u(4R - u)} \right]}, \quad (1)$$

где B — ширина пропила, мм;
 u — величина подачи на один зуб, мм;
 R — радиус закругления зуба, мм.

При закрытом продольном пилении на каждый зуб-резец действуют следующие силы:

1. Сила надрезания стружки S_n ;
2. Сила деформации стружки S_d ;
3. Сила, возникающая на задней грани зубца от упругого восстановления дна пропила S_3 ;
4. Сила, возникающая на боковых гранях от трения зубца о боковые стенки пропила S_6 ;
5. Сила, необходимая для перемещения стружки в пропиле S_n .

Горизонтальную и вертикальную составляющие силы надрезания можно определить по известной формуле С. А. Воскресенского [1].

Вертикальная составляющая силы, возникающей от деформации стружки, определяется по уравнению

* Подробное описание конструкции фуговочных зубьев см. в работе [2].

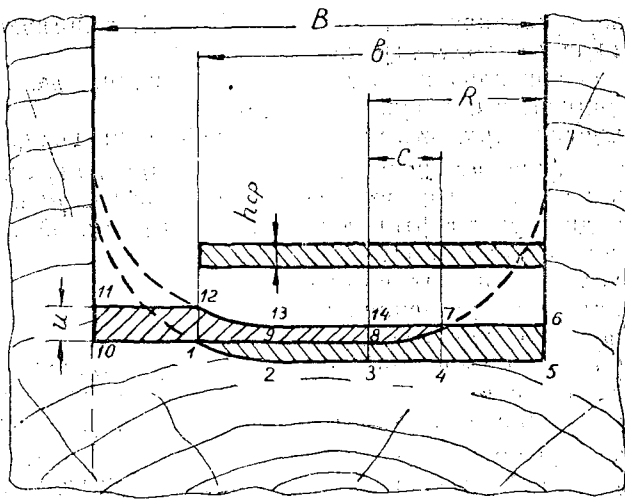


Рис. 1. Поперечные сечения стружек при пилении пыльными цепями. Стружка 1—5—6—7—1 срезана правым фуговочным зубом. Стружка 7—10—11—12—7 срезана левым фуговочным зубом.

$$R_A = 0,380 (\sigma_{вр\perp\perp} + \tau_{вс\perp\perp}) \sqrt[4]{\frac{E_{\parallel} \cdot b \cdot h_{cp}^3}{c_{\perp\perp}}} - 0,219 \sigma_{ун\parallel} h_{cp} \sqrt[4]{\frac{c_{\perp\perp} \cdot b^3 \cdot h_{cp}}{E_{\parallel}}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{вр\perp\perp}$ — предел прочности древесины при растяжении поперек волокон, кг/мм²;

$\tau_{вс\perp\perp}$ — предел прочности древесины при скалывании поперек волокон, кг/мм²;

E_{\parallel} — модуль упругости при изгибе вдоль волокон, кг/мм²;

b — ширина стружки, мм;

h_{cp} — средняя толщина стружки, мм;

$c_{\perp\perp}$ — коэффициент упругости древесины при деформации поперек волокон, кг/мм³;

$\sigma_{ун\parallel}$ — предел упругости древесины при изгибе вдоль волокон, кг/мм².

Горизонтальная составляющая силы, возникающей от деформации стружки, равна

$$P_A = \frac{R_A}{\operatorname{tg} \psi}, \quad (3)$$

где ψ — эквивалентный угол действия силы.

Величины вертикальных и горизонтальных составляющих усилий, действующих на заднюю и боковую грани зубца, подсчитываются соответственно по следующим формулам:

$$P_{зб} = \sigma_{ус\parallel} \left\{ (f_3 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_r - 1) \left[B - R + \frac{1}{2} \sqrt{u(4R - u)} \right] \left(2\rho \sin^2 \frac{\alpha_r}{2} + \epsilon_y \right) + F(f_6 - \operatorname{tg} \alpha_b) \right\}; \quad (4)$$

$$R_{зб} = \sigma_{ус\perp\perp} \left[B - R + \frac{1}{2} \sqrt{u(4R - u)} \right] \left(2\rho \sin^2 \frac{\alpha_r}{2} + \epsilon_y \right) (\operatorname{ctg} \alpha_r + f_3), \quad (5)$$

где R_{36} — вертикальная составляющая усилий, действующих на заднюю и боковую грани, кг;
 P_{36} — горизонтальная составляющая усилий, действующих на заднюю и боковую грани, кг;
 $\sigma_{yc\uparrow}$ — предел упругости при сжатии древесины поперек волокон,
 f_3 — коэффициент трения древесины о заднюю грань зуба;
 α_r — задний угол горизонтального участка режущей кромки;
 α_b — задний угол вертикального участка режущей кромки;
 B — ширина пропила, мм;
 u — величина подачи на один зуб, мм;
 R — радиус закругления зуба, мм;
 ϵ_y — величина упругой деформации, мм;
 F — проекция площади боковой грани, находящейся в соприкосновении с древесиной, на плоскость резания, мм²;
 f_6 — коэффициент трения древесины о боковую грань зубца.

Величины горизонтальных и вертикальных составляющих усилий, необходимых для перемещения стружки в пропиле, соответственно равны

$$P_n = \frac{f_T (1 - \zeta \cos \delta + f_d \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta) [q \zeta' u (\zeta L_2 + L_3) + (P_n + P_d) \cdot \sin \epsilon]}{\sqrt{1 - 2\zeta \cos \delta + \zeta^2}} \quad (6)$$

и

$$R_n = \frac{f_T (\sigma + f_d \cdot \sin \delta) [q \zeta' u (\zeta L_2 + L_3) + (P_n + P_d) \sin \epsilon] \cdot \sin \delta}{\sqrt{1 - 2\zeta \cos \delta + \zeta^2}} \quad (7)$$

где f_T — коэффициент трения древесины по древесине;
 f_d — коэффициент трения дерева по металлу;
 ζ — коэффициент линейной продольной усадки стружки;
 ζ' — коэффициент линейного утолщения стружки;
 δ — угол резания горизонтального участка режущей кромки;
 q — удельное давление между соприкасающейся поверхностью стружки и стенкой пропила, обусловленное упругостью древесины, кг/мм²;
 u — величина подачи на зуб, мм;
 L_2 — участок стружки, соприкасающийся с передней гранью зуба, мм;
 L_3 — длина перемещаемой стружки, не соприкасающейся с передней гранью зуба, мм;
 P_d — горизонтальная составляющая усилий, возникающих от деформаций стружки;
 P_n — горизонтальная составляющая усилий, возникающих от надрезания стружки лезвием зуба, кг.

Суммарная горизонтальная составляющая определяется по уравнению

$$P = P_n + P_d + P_{36} + P_n \quad (8)$$

Суммарная вертикальная составляющая равна

$$R = R_n - R_d + R_{36} - R_n \quad (9)$$

Сравнение данных, вычисленных по формулам (1—9), с данными проведенных опытов [3], [4] показывает, что полученные теоретические формулы позволяют определять усилия, действующие на зуб, с точностью до 9,0%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. А. Воскресенский. Резание древесины. Гослесбумиздат, 1955. [2] В. В. Коусман, Н. Н. Дрехслер. Универсальные пильные цепи. «Лесная промышленность» № 2, 1956. [3]. Э. М. Лаутнер. Исследование работы зубчатого венца сучкорезок. «Лесная промышленность» № 9, 1957. [4]. Э. М. Лаутнер. Исследование процесса резания древесины сучьев сложными зубчатыми венцами. Диссертация.
-

Поступила в редакцию
2 ноября 1959 г

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПИЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ

В. А. УСПЕНСКИЙ

Доцент

(Воронежский лесотехнический институт)

Процесс стружкообразования пильными цепями является сложным процессом закрытого резания. Весьма важным является изучение положения и взаимосвязи зубцов в профиле, то есть всестороннее исследование геометрии стружки и зубчатого венца путем изучения схем стружкообразования. Для правильного понимания физической сущности стружкообразования необходимо построение схем в определенном масштабе.

На рис. 1 представлена схема стружкообразования пильной цепью ПЦ-15м (в дальнейшем — ПЦ № 1). Условимся все параметры стружки принимать в плоскости нормальной к линии вершины зубцов. Указанное допущение не окажет влияния на правильность выводов, к тому же угол движения ψ при работе пильными цепями весьма мал.

Введем следующие обозначения:

h — толщина стружки, снимаемой скальвающим зубцом. Указанное понятие толщины стружки наиболее соответствует физической сущности происходящего процесса;

c — подача на звено (шаг) цепи;

c_1 — подача на одноименный режущий зубец;

d_1 — осадка скальвающего зубца по отношению к впередиидущему режущему зубцу;

d_2 — то же по отношению к переднему из двух впередиидущих режущих зубцов;

ρ_1 — угол, равный $\rho_0 + \varphi$; ρ_0 — проекция угла между боковой наружной гранью режущего зубца и короткой режущей кромкой на плоскость, нормальную к линии вершин зубцов;

φ — угол развода;

ρ_2 — угол, аналогичный ρ_1 , но относящийся к подрезающему зубцу;

m — снижение скальвающих зубцов по отношению к линии вершин режущих зубцов;

n — то же для подрезающего зубца;

S_1 — толщина режущего зубца;

S_2 — толщина подрезающего и скальвающего зубцов;

B — ширина пропила;

l — шаг цепи.

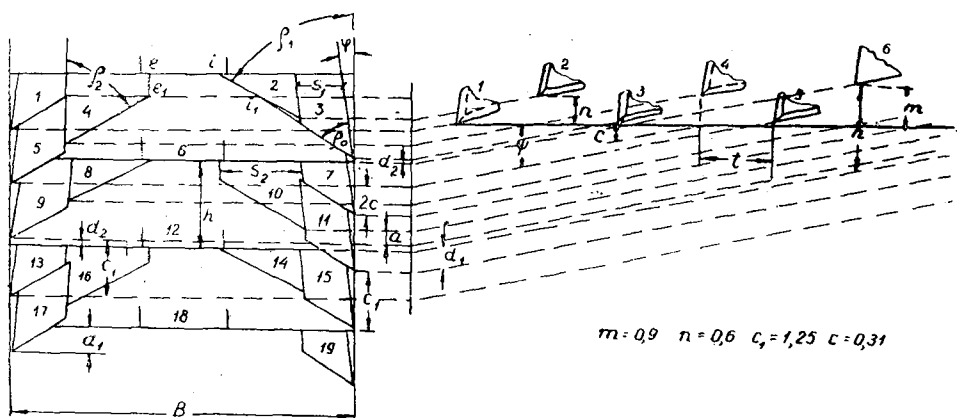


Рис. 1.

Для получения схемы приняты следующие значения постоянных величин: $\rho_1 = 58^\circ$, $\rho_2 = 66^\circ$, $S_1 = 1,2 \text{ мм}$, $S_2 = 1,8 \text{ мм}$, $B = 7,6 \text{ мм}$, $t = 15 \text{ мм}$.

Ниже исследуются основные переменные факторы, обуславливающие закономерность стружкообразования и оказывающие существенное влияние на усилие резания при неизменных значениях параметров зубчатого венца. Взаимосвязь указанных величин, как видно из рис. 1, определяется следующими уравнениями:

$$d_1 = m - t \cdot \operatorname{tg} \psi;$$

$$d_2 = m - i_1 \cdot t \cdot \operatorname{tg} \psi;$$

Здесь i_1 — отношение расстояния между вершинами скалывающего и переднего из двух впередиидущих режущих зубцов к шагу цепи. Так как $c = t \cdot \operatorname{tg} \psi$, то будем иметь

$$d_1 = m - c;$$

$$d_2 = m - i_1 c.$$

Условия нормальной работы исследуются сначала на более простой конструкции пильной цепи — Н-206 м (в дальнейшем ПЦ № 3).

На рис. 2 представлена схема стружкообразования ПЦ № 3, где последовательность работы зубцов пильной цепи указана цифрами. При этом приняты следующие значения постоянных величин: $\rho_1 = 58^\circ$, $S_1 = 1,45 \text{ мм}$, $S_2 = 2,25 \text{ мм}$, $B = 9,0 \text{ мм}$, $t = 20,0 \text{ мм}$.

Основное условие нормальной работы скалывающего зубца — отсутствие потребности в отрыве неподрезанных волокон от боковых стенок пропила. Для обеспечения этого условия необходимо, чтобы $d_2 \geq d_0$, где d_0 — оптимальная осадка скалывающего зубца по отношению к переднему из двух впередиидущих режущих зубцов (на схемах рис. 1 и 2, а это условие не соблюдено).

Согласно выведенным ранее соотношениям, данное условие определится следующим выражением:

$$c \leq \frac{m - d_0}{i_1}. \quad (1)$$

Условие нормальной работы режущих зубцов заключается в том, что внутренняя боковая (тупая) кромка не должна вступать в работу.

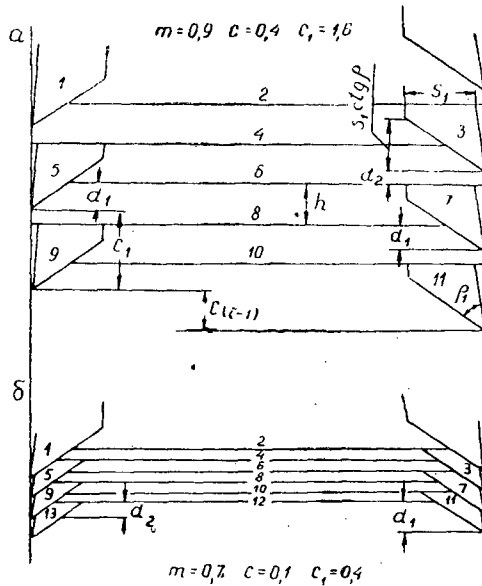


Рис. 2.

(на схемах рис. 1 и 2, а это условие не соблюдено). Соблюдение этого условия обеспечивается следующей формулой:

$$c \leq \frac{S_1 \operatorname{ctg} \rho_1 - m}{i_2 - 1}, \quad (2)$$

где i_2 — отношение шага скальвающих зубцов к шагу цепи.

В результате исследований этого вопроса получено еще несколько выражений обеспечения нормальной работы цепи, но все они исключаются вышеприведенными неравенствами (1) и (2), которые и определяют возможные максимальные величины подачи. Наименьшее из двух значений, полученных по указанным двум неравенствам, и будет максимальным пределом подачи на зубец, обеспечивающим нормальную работу пильной цепи.

Оптимальное значение осадки зависит от ряда факторов и обычно находится в пределах 0,2—0,4 мм. П. В. Ласточкин [2] рекомендует брать $d_0 = 0,3$ мм, что нами и принято для дальнейших расчетов.

Для вычисления возможных значений подачи в качестве независимой переменной принята величина снижения скальвающего зубца m при определенном, указанном выше, значении угла ρ_1 .

Пределы изменений m на основании неравенства (1) и (2) определяются следующим условием:

$$d_0 < m < S_1 \operatorname{ctg} \rho_1. \quad (3)$$

Все расчеты возможных значений подачи на шаг цепи и одноименный режущий зубец сведены в таблицу 1. Значения c_1 найдены из формулы

$$c_1 = i_3 c,$$

где i_3 — отношение шага одноименных режущих зубцов к шагу цепи.

Определение нормальных условий работы ПЦ № 1 (с подрезающими зубцами) несколько сложнее. Условия нормальной работы ПЦ № 1 будут следующими:

1) Отсутствие отрыва волокон по их длине обуславливается выражением (1).

2) Отсутствие работы тупой кромки режущего зубца, идущего позади скальвающего (например, режущий зубец № 7 по отношению к скальвающему зубцу № 6 на рис. 1) определяется выражением

$$c \leq S_1 \operatorname{ctg} \rho_1 - m. \quad (4)$$

3) Отсутствие работы тупой кромки подрезающих зубцов обуславливается выражением

$$c \leq \frac{S_2 \operatorname{ctg} \rho_2 - m + n}{i_3}. \quad (5)$$

4) Исключение работы тупой кромки режущего зубца идущим впереди его подрезающим зубцом (например, зубца 11 зубцом 10 на рис. 1) обуславливается выражением

$$c \leq S_1 \operatorname{ctg} \rho_1 - n. \quad (6)$$

Формула (4) идентична формуле (2) для ПЦ № 3, так как знаменатель формулы (2) для указанной пыльной цепи равен единице.

Приведенные формулы носят несколько приближенный характер (не учтен угол развода), но погрешность здесь очень мала и не имеет практического значения.

При расчетах вначале определяются возможные значения c по формулам (1) и (4) в зависимости от m , а после этого — допустимые значения c для каждого значения n по формулам (5) и (6). Результаты подобных расчетов ввиду их громоздкости не приводятся. В табл. 1 приведены лишь пределы максимально возможных (оптимальных) значений подачи и толщины стружки.

Таблица 1

Снижение скальвающих зубцов, мм	Оптимальные значения								
	подачи на шаг ПЦ			подачи на одноименный режущий зубец ПЦ			толщины стружки мм для ПЦ		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	—	0,05	0,10	—	0,15	0,40	—	0,15	0,20
0,7	0,05	0,10	0,13	0,20	0,30	0,52	0,30	0,3	0,26
0,6	0,10	0,15	0,10	0,40	0,45	0,40	0,60	0,45	0,20
0,5	0,06	0,10	0,06	0,24	0,30	0,24	0,36	0,30	0,12
0,4	0,03	0,05	0,03	0,12	0,15	0,12	0,18	0,15	0,07

Для сравнения в таблице приведены значения пределов оптимальных значений подачи пыльной цепи, имеющей следующее чередование зубцов: $P_n - P_d - C - P_n - P_d - C \dots$, то есть имеющей меньшее количество скальвающих зубцов (ПЦ № 2).

На рис. 2,6 представлена схема стружкообразования ПЦ № 3, при которой обеспечивается нормальная работа пыльной цепи.

Допустимые значения снижений подрезающих зубцов для ПЦ № 1 для принятых показателей табл. 1 находятся в пределах: 0,2—0,6 мм.

У ПЦ № 1 ограничение по формуле (4) имеет в виду лишь один режущий зубец из пяти (трех режущих и двух подрезающих, заключенных между двумя скальвающими зубцами), поэтому практически для указанной цепи возможна работа без учета ограничения по формуле (4).

тогда как для ПЦ № 2 и особенно ПЦ № 3 допущение работы тупыми кромками режущих зубцов нарушает нормальные условия пиления.

В связи с изложенным, для ПЦ № 1 можно принять следующие пределы оптимальных значений подачи и толщины стружки (табл. 2).

Таблица 2

Снижение скальвающих зубцов, мм	Оптимальные значения								
	подачи на шаг при снижении подрезающих зубцов, мм			подачи на одноименный режущий зубец при снижении подрезающих зубцов, мм			толщины стружки при снижении подрезающих зубцов, мм		
	0,6	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3
1,1	0,07	0,05	—	0,28	0,20	—	0,42	0,30	—
1,0	0,10	0,07	0,02	0,40	0,28	0,08	0,60	0,42	0,12
0,8	0,15	0,12	0,07	0,60	0,48	0,28	0,90	0,72	0,42
0,6	0,10	0,10	0,10	0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60
0,4	0,03	0,03	0,03	0,12	0,12	0,12	0,18	0,18	0,18

При составлении табл. 1 установлено, что пределы значений подачи для ПЦ № 3 и № 2 лимитируются главным образом условием (1). Влияние формул (5) и (6) на пределы значений s для ПЦ № 1 невелико, при этом более толстые стружки могут получаться при средних значениях t в пределах 0,7—0,9 мм.

Сравнивая исследуемые пильные цепи, можно сказать, что оптимальные пределы подач s_1 у ПЦ № 3 больше, чем у ПЦ № 2, особенно при больших значениях t , что объясняется большим количеством скальвающих зубцов у ПЦ № 3. Однако при одной и той же подаче на шаг s толщина стружки h больше у ПЦ № 2, что компенсирует ограниченные возможности последней в величинах подачи. ПЦ № 1 имеет меньше скальвающих зубцов, чем другие типы цепей, тем не менее оптимальные пределы толщины стружки у нее наибольшие, что объясняется наличием подрезающих зубцов, обеспечивающих нормальную работу режущих зубцов. Подрезающие зубцы создают таким образом возможность работы при наиболее выгодном режиме. Пильные цепи без подрезающих зубцов в пределах оптимальной подачи могли давать только тонкие стружки, что не всегда обеспечивало нормальную работу скальвающих зубцов, боковые кромки которых производили резание в торец. Подрезающий зубец к тому же способствует образованию такой формы стружки, при которой обеспечивается нормальная работа скальвающего зубца.

Таким образом, утверждение некоторых исследователей (Ю. М. Венценосцева [1], Андриевского) о нецелесообразности и бесполезности подрезающих зубцов недостаточно обосновано. При возможности конструирования пильных цепей с меньшей шириной пропила, с большей шириной скальвающих зубцов, и главным образом — с меньшими значениями угла ρ_1 , надобность в подрезающих зубцах несомненно отпадает. Уменьшение значения угла ρ_1 является решающим фактором, обеспечивающим не только увеличение толщины стружки, но и снижение площади поперечного сечения стружки, деформируемой режущим зубцом, что ведет к улучшению режущих свойств пильных цепей. Однако уменьшение угла ρ_1 возможно лишь при повышении износостойкости активных элементов зубцов.

Наиболее благоприятным, с точки зрения геометрии стружки, является парное расположение режущих зубцов. Однако такой тип зубчатого венца не оправдал себя с технологической точки зрения.

Большое значение имеет чередование зубцов, в частности, чередова-

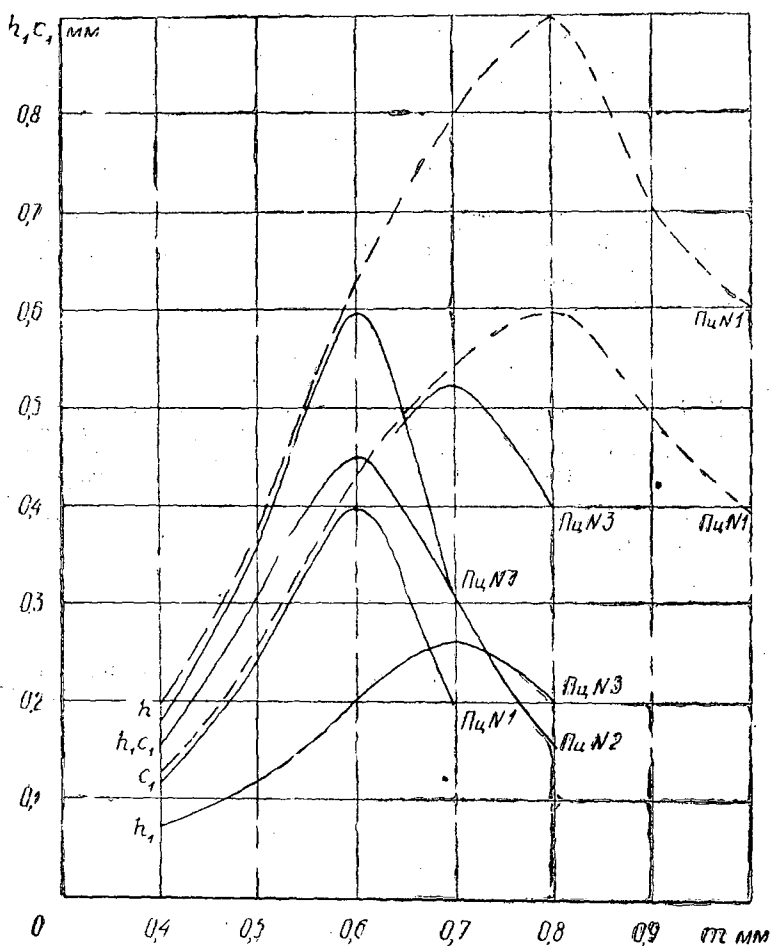


Рис. 3.

ние подрезающих зубцов. Так, например, если принять чередование таким, при котором режущие зубцы опережали бы одноименные подрезающие зубцы и вычислить значения оптимальных пределов подачи принятым нами способом, то полученные значения пределов подачи будут значительно ниже, чем у ПЦ № 1, особенно при больших значениях m .

На рис. 3 представлены кривые зависимости c_1 и h от m ПЦ № 1, 2 и 3, согласно данным табл. 1, для общепринятых угловых и других параметров пильных цепей. Пунктиром даны кривые значений c_1 и h по данным табл. 2.

С помощью таблиц и кривых можно подобрать соответствующие нормативы по снижению зубцов. Толщина стружки является функцией высоты пропила. Зная среднее значение высоты пропила, можно определить требуемую толщину стружки и затем по таблицам или кривым определить снижение скалывающего зубца m . Величину снижения подрезающего зубца n желательно брать равной предельно допустимому значению по заданной подаче на зубец, то есть $n = S_1 \cdot \operatorname{ctg} \rho_1 - c$. В этом случае вершина зубца не будет выступать за пределы короткой режущей кромки режущих зубцов, благодаря чему площадь поперечного сечения стружки принимает правильную форму, что способствует лучшему скалыванию стружки.

Таким образом, снижения скальвающих и подрезающих зубцов, хотя и являются гибкими параметрами, тем не менее подбор их по вышеприведенным соображениям вполне возможен. Нельзя полностью согласиться с Ю. М. Венценовцевым, который отрицательно относится к попыткам дать какие-то рецепты значений снижения скальвающих зубцов. Он принимает наименьшим предельным значением снижения скальвающего зубца $\Delta h = t \frac{V_{над}}{V_{рез}}$, что равносильно нашему выражению $m = i_1 \cdot c$, и таким образом ограничивает толщину стружки только условием отсутствия вырывания волокон и не вводит в формулу величину осадки зубца d_2 .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. М. Венценовцев. Исследование возможности повышения производительности цепных пил при данной мощности их двигателя. Диссертация. М., 1931. [2]. П. В. Ласточкин. Исследование режущих элементов пильных цепей. Диссертация. Л., 1949. [3]. А. И. Осипов. Исследование геометрических параметров режущих элементов пильных цепей. Диссертация. М., 1952. [4]. В. А. Успенский. Исследование угловых параметров режущих зубцов пильной цепи. Научные записки ВЛТИ, т. XVI, Воронеж, 1959.

Поступила в редакцию
24 октября 1959 г.

**ПО ПОВОДУ СТАТЬИ Н. В. ЛИВШИЦА
«ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ
КРУГЛЫХ ПИЛ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА
ДЛЯ ПОПЕРЕЧНОЙ РАСПИЛОВКИ ЛЕСА»**

П. П. ЕСИПОВ

Старший научный сотрудник

(ЦНИИ механической обработки древесины)

Статья под названием, приведенным в нашем заголовке, опубликована в «Лесном журнале» № 2 за 1958 г.

В ней кратко излагается содержание проведенной Н. В. Лившицом в Уральском лесотехническом институте научно-исследовательской работы по вопросам профилировки зубьев круглых плоских пил и режимов пиления при разделке хлыстов, бревен и других лесоматериалов.

Автор указывает, что имеющиеся в литературе рекомендации по выбору профиля зубьев поперечных круглых пил почти не подтверждаются ни опытными данными, ни теоретическими исследованиями. При этом отмечается, что действующий ГОСТ 980—53 на пилы круглые плоские для распиловки древесины «... не отражает возросших требований лесозаготовительной промышленности к пилам большого диаметра...»

Высказав эти общие замечания для обоснования необходимости исследований, автор ставит целью «... определение оптимальных геометрических параметров зубьев и режима работы круглых пил большого диаметра, предназначенных для поперечной распиловки леса».

Мы не склонны отрицать необходимости исследований в избранной автором области. Известно, что лесная промышленность проявляет большой интерес и к вопросам профилировки зубьев круглых пил, и к режимам поперечного пиления. Работа Н. В. Лившица имеет и познавательное значение.

Однако приходится отметить, что в решении поставленных вопросов допущен ряд недочетов методического и другого характера, на которых нельзя не остановиться.

Поскольку автор ставит своей задачей дать производственные рекомендации, то, естественно, что критерии оценки профилей зубьев должны полностью учитывать весь комплекс требований, предъявляемых промышленностью к профилировке зубьев пил.

Поэтому при поперечной распиловке леса круглыми пилами оптимальный профиль зубьев должен обеспечить: наибольшую производительность, наименьшие мощности и усилия резания и подачи, стойкость против загупления и устойчивость обрабатываемого лесоматериала

в процессе распиловки. Последнее требование обусловлено тем, что в круглопильных станках для поперечной распиловки, как правило, отсутствуют приспособления для закрепления древесины в процессе пиления. Кроме того, желательно, чтобы пилы можно было затачивать на применяемых в производстве заточных станках.

При разработке критериев оценки профилей зубьев необходимо было исходить из всего комплекса упомянутых производственных требований. Анализ результатов опытов на основе таких критериев позволил бы автору дать всестороннюю оценку того или иного параметра зубьев.

Однако в своей работе Н. В. Лившиц не приводит такого всестороннего анализа опытных данных и совершенно пренебрегает требованиями устойчивости лесоматериала в процессе распиловки и возможностью заточки пил на существующих заточных станках. Недостаточно уделено внимания и вопросам стойкости зубьев против затупления.

Помимо сказанного, при правильной методике исследований должен был учитываться также и тип станка, так как вопросы устойчивости древесины зависят не только от профиля зубьев, но и от направления вращения пилы и положения ее относительно распиливаемого материала.

Не оправдано использование в опытах образцов прямоугольной формы из чистой древесины (без коры), в то время как результаты этих опытов без какой-либо корректировки используются для рекомендаций, относящихся к распиловке круглого неокоренного леса.

Допустив указанные методические недочеты в части разработки критериев оценки профилей и, проведя исследования без увязки с типами торцовочных станков (балансирные, маятниковые, слешеры и др.), автор приходит в дальнейшем к неправильным выводам.

Так, например, рекомендуется применять контурные углы резания в пределах $95-90^\circ$ для пил со скальвающими зубьями и в пределах $90-85^\circ$ для пил с зубьями обычной треугольной формы. По нашему мнению, такие контурные углы для станков с верхним расположением пильного вала (например, для балансирного станка ЦБ-3 и др.) неприемлемы. Производственная практика и исследования ЦНИИМОДа показывают, что в станках подобного типа, при применении пил диаметром 600 мм, наиболее целесообразным является профиль зубьев с контурным углом резания около 120° , обеспечивающий наибольшую устойчивость материала в процессе распиловки. В соответствии с этим рекомендации автора статьи в отношении контурных углов резания требуют уточнения.

Непонятен также вывод Н. В. Лившица о необходимости принятия очень близких, но в то же время различных по значению, контурных углов резания для пил со скальвающими зубьями и без таковых. Незначительная разница в величине контурных углов, равная 5° , вряд ли может серьезно повлиять на процесс пиления.

При отсутствии высоких требований к чистоте поверхности при поперечной распиловке леса не оправдана предлагаемая в некоторых случаях (в частности, для пил со скальвающими зубьями) рекомендация малых углов боковой заточки передней грани $55-45^\circ$. Есть основания полагать, что при распиловке неокоренного леса (с сучьями, с грязью и т. д.) передние режущие кромки и вершинки таких зубьев будут легко выкрашиваться и требовать частой переточки. Кроме того, в условиях лесозаготовительной промышленности слишком затруднительна и заточка зубьев под такими малыми углами, так как существующие заточные станки обычно не допускают необходимого в этом случае разворота точильного круга. Вопрос о создании специальных станков для этой цели необходимо было бы обосновать.

По нашему мнению, указанные соображения имеют гораздо боль-

шее значение, чем те незначительные преимущества (по силовым показателям), которые послужили основанием для выводов в пользу малых углов боковой заточки. Из анализа приведенных автором данных видно, что при рекомендуемых шагах зубьев в пределах 60—70 мм экономия энергии от применения угла боковой заточки передней грани в 45° против угла в 65° составляет около 7—8%. В производственных условиях такая незначительная экономия энергии вряд ли может дать ощутимый эффект. Применение малых углов боковой заточки не дает особых преимуществ и по остальным силовым показателям.

Нельзя согласиться также с выводами о целесообразности широкого применения пил со скалывающимися зубьями. Рекомендация эта дается также исходя из соображений некоторого уменьшения силовых показателей. Какова же ожидаемая выгода от применения этих пил со сложным профилем зубьев по сравнению с пилами, имеющими обычный профиль? Судя по графическим данным, уменьшение удельной работы резания находится в пределах 3—10%. Ради этой, практически незначительной экономии энергии, автор советует ввести профиль зубьев, требующий сложной и трудоемкой работы по заточке пил.

Большие сомнения вызывает достоверность выявленной зависимости силовых показателей от продолжительности работы пилы.

Приведенный автором график зависимости силовых показателей от затупления пил показывает сравнительно медленный рост показателей (усилия и удельной работы резания, усилия надвигания и отношения его к усилию резания) в начале и быстрый их рост в конце работы пилы. Указанная зависимость имеет необычный характер и совершенно не согласуется с данными многочисленных исследований этого вопроса, проведенных разными авторами (Ф. М. Манжосом, В. С. Рыбалко, В. А. Худяковым, Д. С. Рожковым и др.) над различными видами деревообрабатывающих инструментов (фрезами, рамными, ленточными и круглыми пилами и др.). Зависимость силовых показателей от продолжительности работы инструмента, как правило, выражается графически кривой, показывающей быстрый (а не медленный) рост их в начале работы и незначительный по темпу в дальнейшем. Такой характер зависимости был выявлен в опытах, проведенных в ЦНИИМОДе для случая поперечного пиления круглыми пилами. В этих опытах, до некоторой степени сходных с опытами Н. В. Лившица, коэффициенты увеличения удельной работы резания в зависимости от продолжительности работы пил изменялись в соответствии с данными табл. 1. Для сравнения здесь приведены также и коэффициенты, рассчитанные по графическим данным Н. В. Лившица. Из таблицы ясно видна разница в приведенных коэффициентах.

Таблица 1

Коэффициенты увеличения удельной работы резания

	Время работы пилы, час					
	0,25	0,5	1	2	3	4
	коэффициенты увеличения удельной работы ряда пил					
По данным опытов ЦНИИМОДа . . .	1,07	1,14	1,20	1,33	1,36	—
По данным Н. В. Лившица	—	—	1,03	1,21	1,45	1,73

Получив зависимость иного характера, следовало бы подробнее, чем это сказано в статье, осветить условия проведения опытов по исследованию затупления и проанализировать причину столь резких расхождений с результатами многих, ранее проведенных исследований.

В статье имеется ряд неточностей: так, например, допущено неправильное выражение «угол заточки боковой грани» вместо «угол боковой заточки».

Имеется указание на то, что параметры зубьев опытных пил приняты в соответствии с ГОСТом 980—53, хотя в действительности многие из них взяты не по стандарту, так как таковые в ГОСТе не приводятся (углы боковой заточки, шаг зубьев и др.).

Автор дает неправильное объяснение причин роста усилия резания, происходящего, по мнению автора, за счет подпора волокон древесины при увеличении контурного угла резания свыше 90° . Такое объяснение не раскрывает причин этого роста. Если бы автор учел результаты ранее проведенных исследований, то он, видимо, отметил бы подтверждение уже известного явления и объяснил бы это тем, что при контурных углах, больших чем 90° , срезаемые стружки прижимаются передней гранью зуба к дну пропила и вызывают значительные силы трения.

Из статьи нельзя понять, какую роль в исследованиях имел показатель отношения силы надвигания к усилию резания $\frac{P_n}{P}$ и почему автор считает во всех случаях оптимальным наименьшее значение этого показателя.

Резюмируя сказанное, приходится констатировать, что практические рекомендации, изложенные в статье Н. В. Лившица, в значительной части являются недостаточно обоснованными вследствие недооценки некоторых важных требований промышленности. Несостоятельными являются и критические замечания по поводу ГОСТа 980—53. Поэтому рекомендации подлежат дополнительной тщательной проверке в производственных условиях и надо полагать, что такая проверка внесет существенные поправки к ним.

С научной точки зрения работа не лишена интереса, как впервые ставящая задачей разработку рациональной геометрии зубьев круглых пил большого диаметра и оптимальных режимов поперечного пиления древесины в лесозаготовительной промышленности.

Поступила в редакцию
26 июня 1959 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

**РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ ЗАГОТОВОК
В ВАЛЬЦОВЫХ ОРГАНАХ ПОДАЧИ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ****В. И. САНЕВ**

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

*1. Основные предпосылки и исходные положения
теоретического исследования*

В механизмах подачи деревообрабатывающих станков, входящих в состав автоматических линий, большое распространение получили цилиндрические вальцы с гладкой или рифленой поверхностями. Наблюдения за их работой показывают, что фактическая скорость движения заготовок всегда меньше теоретической, рассчитанной по наружному диаметру валика. Эту разность скоростей обычно называют «скольжением» и выражают в процентах от теоретической скорости движения заготовок. Скольжение в условиях подачи не стабильно и зависит от ряда факторов, основными из которых являются режим подачи, геометрия подающих органов и свойства подаваемой древесины. Вследствие переменной величины скольжения движение заготовок в строгальных станках является неустановившимся, то есть совершающимся с переменной линейной скоростью. Знание величины скольжения очень важно в условиях проектирования и эксплуатации автоматических линий, а поэтому изучение работы вальцовых органов подачи представляет определенный теоретический и практический интерес.

Для теоретического исследования были установлены следующие основные исходные положения.

а) При подаче валиками действительная скорость движения заготовок меньше теоретической.

б) При подаче заготовок валиками в общем случае возникает упругое скольжение и буксование. Последнее связано с ненормальностями в режиме подачи и носит эпизодический характер.

в) Подающие валики в основном изготовлены из чугуна или стали, и им, следовательно, присущи свойства металлов. Древесина, кроме упругих свойств, обладает вязкостью, которая при постоянной нагрузке проявляется в нарастании деформации во времени (ползучесть), и при постоянной деформации — в ослаблении напряжений (релаксация). В первой стадии (при незначительных деформациях) древесина подчиняется в основном линейным законам деформирования.

г) При давлении валика на заготовку последняя деформируется на величину y_0 . В это же время сам валик деформируется на величину q ; но так как жесткость металла во много раз больше жесткости древесины, величиной деформации валика пренебрегаем, как величиной ничтожно малой.

д) Вследствие клеточно-волокнутого строения древесины при давлении валика заготовка деформируется по длине, ширине и высоте, что обуславливает объемное напряженное состояние. В этих условиях можно ожидать сдвига поверхностных слоев относительно внутренних.

Основной целью данного теоретического исследования является разработка методических предпосылок и получение расчетных зависимостей для оценки величины скольжения в конкретных условиях подачи заготовок цилиндрическими вальцами в деревообрабатывающих станках и нахождение взаимосвязи между характеристиками древесины как упруго-вязкого тела, режимами подачи и геометрией подающих вальцов.

II. Теоретическое исследование скольжения

а) Модель Томпсона (древесина обладает релаксирующими свойствами).

Общий закон деформирования древесины, применительно к нашим условиям, имеет вид:

$$q = K \cdot y + \mu \cdot y,$$

где q — давление, $кг/см^2$;
 K — коэффициент жесткости древесины, $кг/см^3$;
 y — деформация заготовки, $см$;
 μ — коэффициент внутреннего трения древесины, $кг \cdot сек/см^3$;
 y — скорость деформирования, $см/сек$.

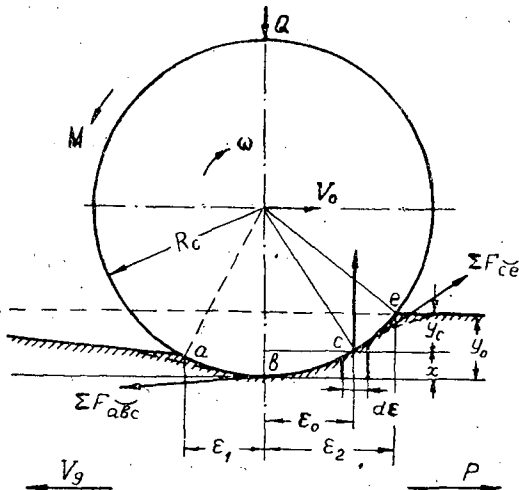


Рис. 1. Принципиальная схема подачи древесины гладким валиком.

С учетом данного закона определим величину скольжения при установившемся режиме подачи схема которой приведена на рис. 1,

где ω — угловая скорость вращения валика; при установившемся режиме подачи $\omega = \text{const}$;

- Q — вертикальное давление валика на заготовку (с учетом веса валика);
 R — наружный радиус подающего валика;
 V_0 — окружная скорость вращения валика;
 M_c — момент сил сопротивления подаче;
 ΣF_{abc} — сумма сил сцепления по $\curvearrowright abc$;
 ΣF_{ce} — сумма сил сцепления по $\curvearrowright ce$;
 $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \varepsilon_2$ — координаты точек дуги контакта валика с заготовкой;
 V_d — действительная скорость перемещения заготовки;
 P — сила сопротивления подаче;
 y_0 — величина просадки валика в заготовку под центром вращения валика;
 c — точка дуги контакта, где горизонтальная проекция окружной скорости вращения валика равна действительной скорости перемещения заготовки в направлении подачи.

Из схемы подачи видно, что горизонтальные проекции скоростей точек $\curvearrowright ce$ меньше, а $\curvearrowright bc$ больше горизонтальной проекции окружной скорости в точке c дуги контакта, а следовательно и фактической скорости перемещения заготовки. Следовательно, силы трения на участках bc и ce в период подачи должны быть направлены в противоположные стороны. Силы трения на $\curvearrowright ce$ тормозят перемещение заготовки, а на $\curvearrowright bc$ способствуют продвижению заготовки в направлении подачи. На основе принципиальной схемы просадка в точке c определится из соотношения

$$y_c = y_0 - x, \quad (1)$$

но величина x из геометрических соотношений равна

$$x = R - \sqrt{R^2 - \varepsilon_0^2}$$

или приближенно, при разложении корня в биномиальный ряд

$$x = \frac{\varepsilon_0^2}{2R}.$$

Тогда

$$y_c = y_0 - \frac{\varepsilon_0^2}{2R}. \quad (2)$$

Продифференцируем по ε полученное выражение:

$$\dot{y} = -\frac{1}{2R} \cdot 2\varepsilon = -\frac{\varepsilon}{R}.$$

Если представить, что заготовка неподвижна, а валик перемещается вправо со скоростью, в центре равной V_0 , то

$$V_0 = \omega R;$$

поэтому изменение $\varepsilon = f(t)$ равно

$$\frac{dz}{dt} = -V_0 = -\omega R. \quad (3)$$

С учетом данных выражений получим величину скорости оседания древесины на участке дуги контакта

$$\dot{y} = -\frac{\varepsilon}{R} \cdot \frac{dz}{dt} = \omega \varepsilon = \frac{V_0}{R} \varepsilon. \quad (4)$$

Аналогично изменение величины давления по дуге контакта можно представить таким образом

$$\dot{q} = \frac{dq}{dt} = \frac{dq \cdot d\varepsilon}{d\varepsilon \cdot dt} = \frac{dq}{d\varepsilon} (-\omega R). \quad (5)$$

При подаче валиком поверхностные слои заготовки прогибаются по кривой, которая в общем случае не является частью окружности. Причиной этого служит упругое противодействие заготовки по всей длине. При анализе будем условно считать кривую прогиба волокон заготовки в пределах дуги контакта совпадающей с окружностью валика. Прогиб в точке e условно примем равным нулю. (Хотя практически этого почти не бывает). При этих условиях

$$y_e = y_0 - \frac{\varepsilon_e^2}{2R}; \quad (\varepsilon = \varepsilon_2).$$

Но при $y_e \approx 0$ получим

$$y_0 = \frac{\varepsilon_2^2}{2R}. \quad (6)$$

При воздействии давления q_1 площадка контакта начнет опускаться согласно уравнению

$$\mu \cdot \dot{y} + Ky = q_1. \quad (7)$$

Общее решение данного линейного дифференциального уравнения имеет вид:

$$y = C \cdot e^{-\frac{K}{\mu} t} + \frac{q_1}{K}.$$

Из последнего равенства видно, что при любых начальных условиях просадка стремится к пределу $\frac{q_1}{K}$. При $q_1 = 0$, то есть если удалить нагрузку,

$$y = C \cdot e^{-\frac{K}{\mu} t}. \quad (8)$$

Через каждый период времени $\frac{\mu}{K}$ просадка уменьшается в этом случае в e раз. Следовательно, по выходе за вертикальную плоскость, проходящую через ось валика, древесина будет восстанавливать свои первоначальные размеры в соответствии с законом

$$y = C \cdot e^{-\frac{K}{\mu} t}.$$

Из начальных условий при $t = 0$ получим $C = y_0$, а потому в окончательном виде закон восстановления получим как

$$y = y_0 \cdot e^{-\frac{K}{\mu} t}. \quad (9)$$

Задаваясь величиной времени t , при прочих известных величинах, можно проследить изменение размеров по толщине y заготовки, которая выходит из подающих валцов.

С учетом значений величин y и \dot{y} общий закон изменения удельного давления по дуге контакта валика с заготовкой можно переписать в форме

$$q = Ky + \mu \cdot \dot{y} = K \left(y_0 - \frac{\varepsilon^2}{2R} \right) + \mu \omega \varepsilon.$$

Составим уравнение равновесия валика при $\omega = \text{const}$

$$M_{abc} - M_{ca} - M_c = 0. \quad (10)$$

В результате расшифровки величин моментов и подстановки их в условие равновесия, проведем возможные интеграции с учетом того, что при $\varepsilon = \varepsilon_2$

$$0 = y_0 - \frac{\varepsilon_2^3}{2R}. \quad (11)$$

и при $\varepsilon = \varepsilon_1$
$$0 = q = K \left(y_0 - \frac{\varepsilon_1^3}{2R} \right) + \mu \frac{V_0}{R} \varepsilon_1,$$

получим

$$\frac{K}{3R} \varepsilon_0^3 - \frac{\mu V_0}{R} \varepsilon_0^2 - 2K \cdot y_0 \varepsilon_0 + \frac{K}{3R} (\varepsilon_2^3 + \varepsilon_1^3) + \frac{\mu V_0}{2R} (\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2) + \frac{M_c}{R \cdot l \cdot f} = 0. \quad (12)$$

Следовательно, для величины ε_0 , определяющей местоположение точки с, получено кубическое уравнение. Неизвестные ε_1 и ε_2 определены из условия

$$\Sigma q(\varepsilon) = Q$$

в следующей форме:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \alpha \cdot R & (\alpha < 0) \\ \varepsilon_2 &= \beta \cdot R & (\beta > 0) \end{aligned}$$

Корни кубического уравнения найдены методом последовательных приближений. Общее выражение корней найдено в форме

$$\varepsilon'_0 = \delta; \quad \varepsilon''_0 = r + i \cdot \omega; \quad \varepsilon'''_0 = r - i \omega,$$

где

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\varepsilon_2^3 + \varepsilon_1^3}{6Ry_0} + \frac{\mu V_0 (\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2)}{4Ry_0K} + \frac{M_c}{2KRy_0lf} \\ r &= \frac{1}{2} \left(\frac{3\mu V_0}{K} - \delta \right) \end{aligned}$$

$$\omega = \frac{1}{\delta} \sqrt{- \left[(\varepsilon_2^3 - \varepsilon_1^3) + \frac{3\mu V_0}{2K} (\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2) + \frac{3M_c}{Klf} \right] - \delta r^2}.$$

В результате ряда промежуточных решений нами разработана весьма удобная методика определения величины скольжения для первого случая деформирования древесины (схема Томпсона).

1) Определение величины α из

$$\frac{Q}{l \cdot K \cdot R^2} = \Delta = (2\alpha^2 - m\alpha) \frac{m}{4}; \quad m = \frac{2\mu V_0}{KR}.$$

2) Определение величины β

$$\beta = \sqrt{\alpha^2 - m\alpha}.$$

3) Определение ε_1 и ε_2 из выражений

$$\alpha = \frac{\varepsilon_1}{R}; \quad (\alpha < 0); \quad \beta = \frac{\varepsilon_2}{R}; \quad (\beta > 0).$$

4) Определение величины оседания древесины под центром валика

$$y_0 = \frac{\varepsilon_2^3}{2R}, \text{ см.}$$

- 5) Определение величины ε_0 из уравнения (12).
 6) Определение величины условного радиуса R_{yc}

$$R_{yc} = \sqrt{R^2 - \varepsilon_0^2}, \text{ см.}$$

- 7) Определение процента скольжения

$$\eta = \left(1 - \frac{R_{yc}}{R}\right) 100, \%$$

6) Модель Максвелла (древесина обладает упруго-вязкими свойствами).

Общий закон деформирования древесины применительно к нашим условиям имеет вид:

$$\dot{y} = K\dot{q} + \delta \cdot q,$$

где y — деформация древесины, см;
 K — коэффициент упругости древесины, $\text{см}^2/\text{кг}$;
 q — удельное давление, $\text{кг}/\text{см}^2$;
 δ — коэффициент текучести древесины, $\text{см}^3/\text{кг} \cdot \text{сек}$;

При воздействии давления q_1 древесина будет опускаться в соответствии с законом

$$\dot{y} = \delta \cdot q_1,$$

то есть изменение просадки происходит с постоянной скоростью; при загрузке этой же площадки до давления q_0 в течение малого промежутка времени T древесина будет опускаться в соответствии с законом

$$\dot{y}_0 = K \cdot q_0 + \int_0^T \delta \cdot q \cdot dt.$$

При малом значении коэффициента текучести интегралом практически можно пренебречь.

Тогда можно пользоваться формулой

$$y \approx K \cdot q. \quad (1)$$

Ранее были известны величины

$$\dot{y} = \frac{V_0}{R} \varepsilon;$$

$$\dot{q} = -\frac{dq}{dz} V_0.$$

Подставим их в исходное уравнение и приведем уравнение к виду, удобному для интегрирования

$$\frac{dq}{dz} - \frac{\delta}{V_0 R} q + \frac{\varepsilon}{K \cdot R} = 0.$$

Это дифференциальное уравнение является однородным. Поэтому общее решение будем искать в виде

$$q = C \cdot e^{\frac{\delta}{KV_0} z} + \frac{V_0}{\delta R} \varepsilon + \frac{KV_0^2}{R\delta^2}. \quad (2)$$

Постоянная C может быть определена из граничных условий (см. рис. 1) $q(\varepsilon_2) = 0$; $q(\varepsilon_1) \approx 0$.

$$C \cdot e^{\frac{\delta}{KV_0} \varepsilon_1} + \frac{V_0}{\delta R} \varepsilon_1 + \frac{KV_0^2}{R \cdot \delta^2} = 0; (\varepsilon_1 < 0)$$

$$C \cdot e^{\frac{\delta}{KV_c} \varepsilon_2} + \frac{V_0}{\delta R} \varepsilon_2 + \frac{KV_0^2}{R \cdot \delta^2} = 0; (\varepsilon_2 > 0) \quad (3)$$

Согласно схеме подачи (рис. 1), составим условие равновесия валика при $\omega = \text{const}$

$$M_{abc} - M_{ce} - M_c = 0. \quad (4)$$

В результате расшифровки величин моментов и подстановки их значений в условие равновесия, для определения величины ε_0 получено квадратное уравнение

$$\varepsilon_0^2 + \frac{K^2 V_0}{\delta} \varepsilon_0 - \frac{4KV_0 \cdot \delta (\varepsilon_2 + \varepsilon_1) + 8K^2 V_0^2}{\delta^2 \left(e^{\frac{\delta}{KV_0} \varepsilon_2} + e^{\frac{\delta}{KV_0} \varepsilon_1} \right)} + \frac{2K^2 V_0^2}{\delta} - \frac{1}{2} (\varepsilon_2^2 + \varepsilon_1^2) - \frac{(Q \cdot C + P \cdot R) \delta}{V_0 \cdot l \cdot f} = 0. \quad (5)$$

Величины ε_1 и ε_2 определяются из равенства

$$Q = \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} l \cdot q(\varepsilon) d\varepsilon$$

путем применения граничных условий (3). В результате ряда промежуточных решений получена методика расчета величины скольжения для второго случая деформирования древесины (схема Максвелла).

1) Определение величины m из

$$m = Q \frac{\delta^3 \cdot R}{l \cdot V_0^3 K^2}$$

2) Определение величины U_2 из

$$m = \frac{2}{3} U_2^3$$

3) Определение величины U_1 из

$$U_1 = -U_2 + \frac{2}{3} U_2^2$$

4) Определение величин ε_1 и ε_2

$$\varepsilon_1 = \frac{V_0 K}{\delta} U_1; \quad (\varepsilon_1 < 0)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{V_0 K}{\delta} U_2; \quad (\varepsilon_2 > 0)$$

5) Определение величины просадки древесины в месте контакта

$$y_0 = \frac{\varepsilon_2^2}{2R}, \text{ см.}$$

6) Определение величины ε_0 по уравнению (5).

7) Определение величины скольжения

$$\eta = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\varepsilon_0^2}{R^2}} \right) 100, \%$$

в) Модель Максвелла — Ишлинского (древесина обладает свойствами ползучести и релаксации).

Общий закон деформирования древесины можно представить в виде

$$n \cdot H \cdot \dot{y} + E \cdot y = q + n\dot{q},$$

где n — период релаксации древесины;

E — длительный модуль упругости древесины, кг/см^2 ;

H — мгновенный модуль упругости древесины, кг/см^2 ;

y — деформация древесины, см ;

\dot{y} — скорость деформирования древесины, см/сек ;

q — удельное давление, кг/см^2 ;

\dot{q} — скорость изменения удельного давления, $\text{кг/см}^2 \text{сек}$.

В первых разделах исследования были получены зависимости

$$\begin{aligned} y &= y_0 - \frac{\varepsilon^2}{2R}; \\ \dot{y} &= \frac{V_0}{R} \varepsilon; \quad \dot{q} = -V_0 \frac{dq}{d\varepsilon}. \end{aligned} \quad (1)$$

Подставим эти значения в обобщенное дифференциальное уравнение

$$n \cdot H \cdot \frac{V_0}{R} \varepsilon + E \left(y_0 - \frac{\varepsilon^2}{2R} \right) = q + n \left(-V_0 \frac{dq}{d\varepsilon} \right).$$

Перепишем полученное равенство в виде, удобном для интегрирования

$$n \cdot V_0 \frac{dq}{d\varepsilon} - q = E \frac{\varepsilon^2}{2R} - E y_0 - nH \frac{V_0}{R} \varepsilon. \quad (2)$$

Соответствующее однородное дифференциальное уравнение имеет вид

$$nV_0 \frac{dq}{q} = d\varepsilon.$$

Проинтегрируем данное дифференциальное уравнение

$$nV_0 \cdot \ln \frac{q_1}{C} = e^{\frac{\varepsilon}{nV_0}}.$$

Общее решение однородного дифференциального уравнения получим в виде

$$q_1 = C \cdot e^{\frac{\varepsilon}{nV_0}}.$$

Обозначив правую часть дифференциального уравнения (2) как многочлен второй степени

$$Q = A \cdot \varepsilon^2 + B\varepsilon + D,$$

и решив его, получим частное решение дифференциального уравнения (2). Дифференцируем Q по ε

$$\frac{dQ}{d\varepsilon} = 2A\varepsilon + B.$$

Подставим значение $\frac{dQ}{d\varepsilon}$ в уравнение (2) и преобразуем полученное выражение

$$-A \cdot \varepsilon^2 + (2nV_0A - B)\varepsilon + nV_0B - D = \frac{E}{2R} \varepsilon^2 - \frac{nHV_0}{R} \varepsilon - Ey_0.$$

Отсюда получим значение коэффициентов

$$-A = \frac{E}{2R}; \quad B = 2AnV_0 + \frac{nHV_0}{R} = \frac{nV_0}{R}(H - E),$$

$$D = Ey_0 + nV_0B = \frac{n^2V_0^2}{R}(H - E) + Ey_0.$$

С учетом того, что

$$q_1 + Q = q$$

общий закон изменения удельного давления по дуге контакта валика с заготовкой $q(\varepsilon)$ получим в следующем виде:

$$q = Ce^{\frac{\varepsilon}{nV_0}} - \frac{E}{2R} \varepsilon^2 + \frac{nV_0}{R}(H - E)\varepsilon + \frac{n^2V_0^2}{R}(H - E) + Ey_0 \quad (3)$$

Обозначим

$$\left. \begin{aligned} -\frac{E}{2R} &= X; \quad Ey_0 = W; \\ \frac{n \cdot V_0}{R}(H - E) &= Y \\ \frac{n^2 \cdot V_0^2}{R}(H - E) &= Z \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Тогда общий закон $q(\varepsilon)$ можно переписать в виде

$$q = Ce^{\frac{\varepsilon}{nV_0}} + X\varepsilon^2 + Y\varepsilon + Z + W. \quad (4)$$

Постоянная C определяется из условий:

$$\text{при } \varepsilon = \varepsilon_2 > 0; \quad q = 0 \quad (5)$$

$$\text{при } \varepsilon = \varepsilon_1 < 0; \quad q \approx 0$$

Составим условие равновесия валика при $\omega = \text{const}$

$$M_{abc} - M_{ce} - M_c = 0. \quad (6)$$

В результате расшифровки величин моментов и произведения возможных интегралов для величины ε_0 , определяющей местоположение точки c на дуге контакта, получено кубическое уравнение вида

$$\varepsilon_0^3 - 3nV_0 \left(\frac{H}{E} - 1 \right) \varepsilon_0^2 - 6n^2V_0^2 \left(\frac{H}{E} - 1 \right) \varepsilon_0 - \frac{1}{2} (\varepsilon_2^3 + \varepsilon_1^3) + \frac{3}{2} nV_0 \left(\frac{H}{E} - 1 \right) (\varepsilon_2^2 + \varepsilon_1^2) + 3n^2V_0^2 \left(\frac{H}{E} - 1 \right) (\varepsilon_2 + \varepsilon_1) + \frac{3M_c}{Elf} = 0. \quad (7)$$

Неизвестные величины ε_1 и ε_2 определяются из равенства

$$Q = \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} l \cdot q(\varepsilon) d\varepsilon$$

путем применения граничных условий (5).

В результате произведения ряда промежуточных операций получена методика определения величины скольжения для общего третьего случая деформирования древесины.

- 1) Определение коэффициента
- $\frac{a}{b}$

$$\frac{a}{b} = \frac{2H + E}{3E}$$

- 2) Определение величины
- x_2

$$x_2 = \sqrt[3]{\frac{3RQ}{l \cdot n^3 V_0^3 H \left(\frac{H}{E} - 1 \right)}}$$

- 3) Определение величины
- x_1

$$x_1 = -x_2 + \frac{a}{b} x_2^3$$

- 4) Определение величины
- ε_1
- и
- ε_2

$$\varepsilon_1 = nV_0 x_1; \quad \varepsilon_2 = nV_0 x_2$$

- 5) Определение просадки древесины под центром подающего валика

$$y_0 = \frac{\varepsilon_2^2}{2R}, \text{ см.}$$

- 6) Определение величины
- ε_0
- из кубического уравнения (7).

- 7) Определение величины скольжения

$$\eta = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\varepsilon_0^2}{R^2}} \right) 100, \%$$

III. Обобщение результатов исследования

Расчет величины скольжения по первому варианту производился при следующих значениях аргументов.

Таблица 1

$\rho, \frac{\text{кг.сек}}{\text{см}^2}$	$P, \text{кг}$	f	$K, \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	$R, \text{см}$	$V_0, \frac{\text{см}}{\text{сек}}$	$C, \text{см}$	$Q, \text{кг}$	$l, \text{см}$
5	0	0,05	20	4	6	0,5	200	5
10	30	0,15	50	6	10	—	—	—
50	50	0,25	100	8	15	—	—	—
100	—	0,5	200	12	40	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—

В результате обработки расчетных данных построены функциональные графики (рис. 2).

- $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(\rho)$ — скольжение — функция внутреннего трения древесины;
- $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(K)$ — скольжение — функция жесткости древесины;
- $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(V_0)$ — скольжение — функция окружной скорости периферийной точки подающего валика;
- $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(f)$ — скольжение — функция коэффициента трения первого рода;
- $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(P)$ — скольжение — функция сопротивления подаче;
- $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(R)$ — скольжение — функция наружного радиуса подающего валика.

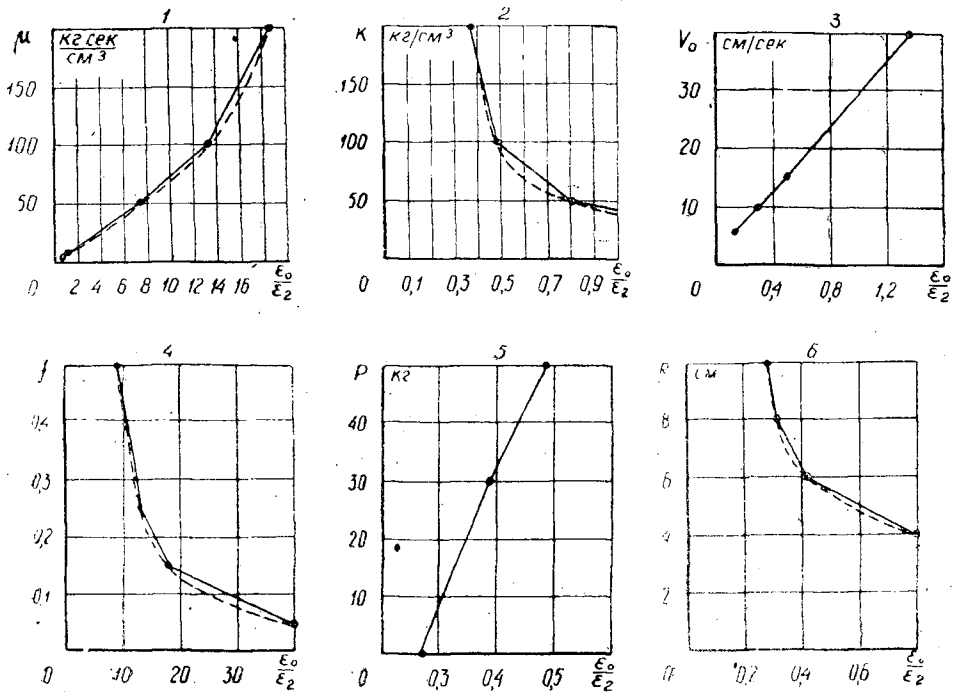


Рис. 2.

Анализ функциональных графиков показал следующее:

1) С увеличением значения внутреннего трения μ скольжение возрастает по параболическому закону

$$\eta = A\mu^n \quad (\text{при } n > 1).$$

2) С увеличением жесткости древесины K скольжение убывает по гиперболическому закону

$$\eta = BK^{-n}.$$

3) С увеличением скорости подачи в пределах от 6 до 40 см/сек, скольжение возрастает по закону прямой, то есть

$$\eta = C \cdot V_0.$$

4) С увеличением коэффициента трения первого рода скольжение убывает по гиперболическому закону, то есть

$$\eta = Df^{-n}.$$

5) С увеличением силы сопротивления подаче P скольжение возрастает по прямой, то есть

$$\eta = aP + b.$$

Небезынтересно отметить тот факт, что при $P = 0$ скольжение все же имеет место.

Последнее обстоятельство можно объяснить просадкой валика в заготовку. В. Я. Филькевичем это скольжение было названо кинематическим, в отличие от технологического, которое имеет место при

$$P > 0.$$

б) С увеличением радиуса подающего валика скольжение убывает по закону гиперболы, то есть

$$\eta = \Theta \cdot R^{-n}$$

При очень большом радиусе ($R \approx \infty$) скольжение примерно равно нулю, то есть можно ожидать, что при прочих равных условиях скольжение заготовок при подаче гусеничными цепями будет равно нулю. В последнем случае может иметь место лишь пробуксовка (при условии, что заготовка короче рабочего хода подающей гусеницы).

Расчет величины скольжения по второму варианту производился при следующих значениях аргументов:

Таблица 2

$P, \text{кг}$	$R, \text{см}$	f	$U_0, \frac{\text{см}}{\text{сек}}$	$K_0, \frac{\text{см}^3}{\text{кг}}$	$\delta, \frac{\text{см}^3}{\text{кг} \cdot \text{сек}}$	$Q, \text{кг}$	$C, \text{см}$	$L, \text{см}$
0	4	0,05	6	0,005	0,005	200	0,5	5
30	6	0,15	10	0,010	0,010	—	—	—
50	8	0,25	15	0,050	0,050	—	—	—
—	10	0,50	40	0,100	0,100	—	—	—

В результате обработки расчетных данных построены функциональные графики (рис. 3).

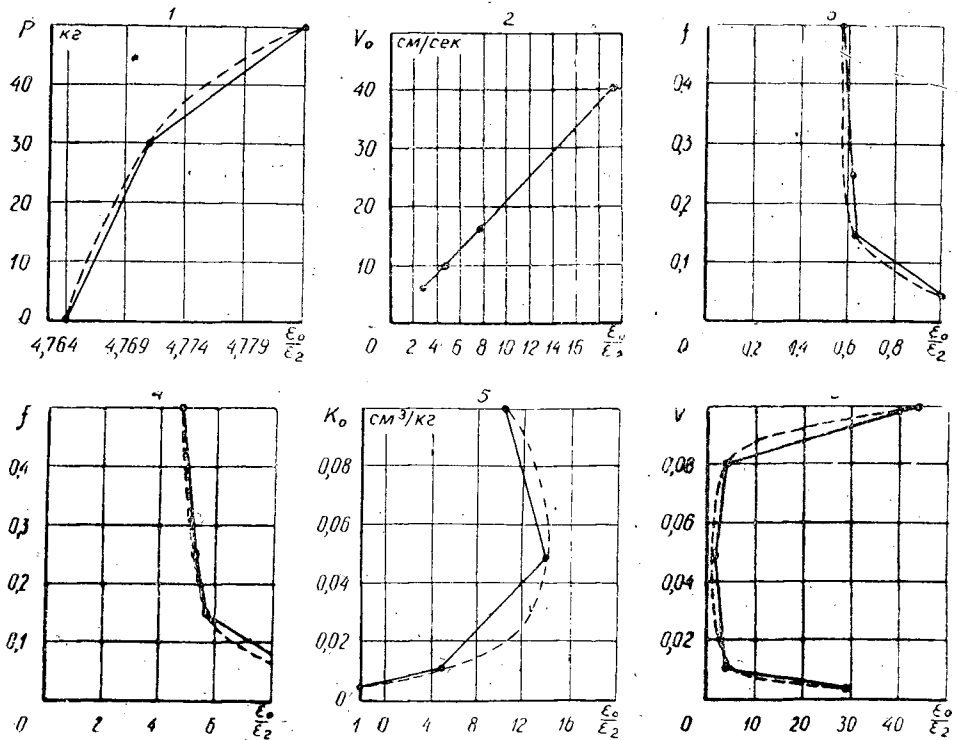


Рис. 3.

1. $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_2} = f(P)$ — скольжение — функция сопротивления подаче;
2. $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_2} = f(V_0)$ — скольжение — функция окружной скорости периферийной точки подающего валика;

3. $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(R)$ — скольжение — функция наружного радиуса подающего валика;
4. $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(f)$ — скольжение — функция коэффициента трения первого рода для контактируемой пары валик — заготовка;
5. $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(K_0)$ — скольжение — функция коэффициента упругости древесины;
6. $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_2} = f(\delta)$ — скольжение — функция коэффициента текучести древесины.

Анализ функциональных графиков показал следующее:

1) С увеличением силы сопротивления подаче скольжение возрастает по закону параболы

$$\eta = \lambda P^n + \rho \quad (\text{при } n < 1).$$

При $P = 0$, $\eta \neq 0$, а именно $\eta > 0$

2) С увеличением скорости подачи в пределах $6 \div 40$ см/сек скольжение возрастает по закону прямой, то есть

$$\eta = m V_0.$$

3) С увеличением наружного радиуса подающего валика скольжение убывает по закону гиперболы, то есть

$$\eta = \xi \cdot R^{-n}$$

При очень большом радиусе ($R \approx \infty$) скольжение примерно равно нулю.

4) С увеличением коэффициента трения первого рода для контактирующей пары валик — заготовка скольжение уменьшается по закону гиперболы, то есть

$$\eta = x f^{-n}.$$

5) С увеличением коэффициента упругости (в нашей интерпретации) скольжение проходит через максимум, то есть сначала возрастает, а потом начинает убывать. Предполагаемая форма теоретической кривой должна иметь следующий вид:

$$\eta = A \cdot K_0^3 + B K_0^2 + C K_0 + D.$$

6) С увеличением коэффициента текучести древесины скольжение убывает, проходит через минимум и начинает снова возрастать. Предполагаемая форма теоретической кривой изменения скольжения должна иметь вид:

$$\eta = a\delta^3 + b\delta^2 + k\delta + m.$$

Расчет величины скольжения по третьему варианту производился при следующих значениях аргументов:

Таблица 3

$P, кг$	$R, см$	$V_0, \frac{см}{сек}$	f	$n, сек$	$E, \frac{кг}{м^2}$	$H, \frac{кг}{см^2}$	$Q, кг$	$C, см$	$l, см$
0	4	6	0,05	0,001	3500	6000	200	0,5	5
30	6	10	0,15	0,010	—	—	—	—	—
50	8	15	0,25	0,100	—	—	—	—	—
—	10	40	0,50	1,000	—	—	—	—	—
—	—	—	—	10,000	—	—	—	—	—

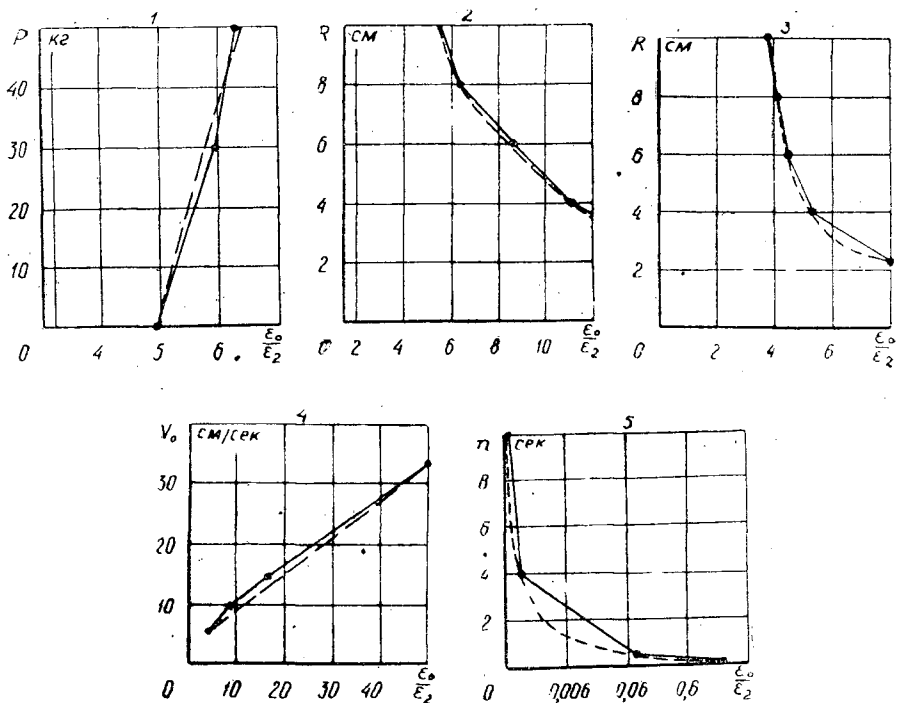


Рис. 4.

В результате обработки данных построены функциональные графики (рис. 4):

1. $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_2} = f(P)$ — скольжение — функция сопротивления подаче;
2. $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_2} = f(R)$ — скольжение — функция наружного радиуса подающего валика;
3. $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_2} = f(V_0)$ — скольжение — функция окружной скорости вращения периферийной точки подающего валика;
4. $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_2} = f(f)$ — скольжение — функция коэффициента трения первого рода для пары валик — заготовка;
5. $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_2} = f(\eta)$ — скольжение — функция времени релаксации древесины.

Анализ функциональных графиков показал следующее:

1) С увеличением силы сопротивления подаче скольжение возрастает по закону прямой, то есть

$$\eta = K \cdot P + m.$$

При $P=0$, $\eta > 0$ в силу просадки валика.

2) С увеличением радиуса валика скольжение убывает по закону гиперболы, то есть

$$\eta = aR^{-n}.$$

При $R \approx \infty$, $\eta \approx 0$, что согласуется с ранее проведенным анализом.

3) С увеличением коэффициента трения первого рода для пары

валик — заготовка скольжение убывает по закону гиперболы, то есть

$$\eta = b \cdot f^{-n}.$$

4) С увеличением скорости подачи в пределах $6 \div 40$ см/сек скольжение возрастает по закону прямой

$$\eta = k \cdot V_0.$$

5) С увеличением времени релаксации древесины скольжение убывает по закону гиперболы, то есть

$$\eta = \theta n^{-\alpha}.$$

При $n \approx \infty$, $\eta \approx 0$, что предположительно согласуется с действительностью.

В результате сравнения расчетных данных и функциональных графиков можно сделать следующие выводы:

1) Характер изменения функциональных графиков скольжения почти совпадает для всех трех вариантов расчета.

2) Наблюдающиеся расхождения результатов расчета скольжения в зависимости от различных факторов вполне оправданы различием исходных законов деформирования древесины как упруго-вязкого тела.

3) Выбор одной из методик для практических расчетов возможен при наличии физико-механических характеристик древесины (коэффициенты жесткости, внутреннего трения, текучести, упругости, времени релаксации, статического и динамического модулей упругости) и опытных данных о зависимости скольжения заготовок в подающих вальцах от различных факторов.

Накопление опытных данных следует считать весьма важной и ценной работой.

4) Наши исследования позволяют высказать предварительное суждение о том, что характер изменения величины скольжения в практических условиях в зависимости от ряда факторов (радиус подающих вальцов, скорость подачи, коэффициент трения первого рода, порода древесины и др.), аналогичен теоретическому.

Здесь же предварительно можно отметить и то обстоятельство, что весьма близкую сходимость теории с практикой обеспечивает третья методика.

Это положение подвергается детальному анализу.

Результаты экспериментальной части исследования будут опубликованы самостоятельно.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ВОЗРАСТА НА СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

В. П. МАРКАРЯНЦ

Старший преподаватель

(Сибирский технологический институт)

Изучение влияния возраста деревьев на строение и свойства древесины сосны проводилось на модельных деревьях, взятых из Караульной лесной дачи Красноярского учебно-опытного лесхоза Сибирского технологического института. Пробные площади закладывались в разновозрастных древостоях, близких по типу леса, бонитету, полноте и другим признакам. Всего заложено шесть пробных площадей в древостоях II, III, IV, V, VI и XI классов возраста и взято 37 модельных деревьев.

Результаты определения влажности свежесрубленной древесины сосны, площади ядра, ширины заболони и числа годовичных слоев приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Класс воз- раста	Высота от шейки корня, м	Влажность, %			Площадь ядра в % от площади торца	Шири- на забо- лони, см	Число годови- чных слоев	
		за- болони	ядра	средне- взве- шенная			за- болони	ядра
II	1,3	127	50	123	5,1	4,1	15	3
	6	153	90	150	4,8	3,4	8	2
III	1,3	117	33	105	14,5	4,3	34	15
	6	128	34	114	15,0	3,8	26	10
IV	12	—	—	—	9,4	3,4	19	5
	1,3	118	32	96	26,0	4,8	44	23
V	6	126	32	99	28,5	3,9	37	17
	12	—	—	—	14,6	3,4	27	12
VI	1,3	121	30	95	29,2	4,9	45	30
	6	132	31	102	30,5	4,1	38	22
XI	1,3	120	32	84	40,7	4,6	56	47
	6	134	31	95	37,5	4,4	47	36
XI	12	146	—	—	13,1	4,4	33	14
	1,3	117	32	67	58,9	2,8	74	119
	6	125	34	61	60,9	2,3	68	105

Влажность свежесрубленной древесины имеет большое практическое значение при лесотранспортных операциях, разработке методов хранения и сушки древесины и т. п. Вода, находящаяся в древесине, является ненужным балластом, значительно удорожающим сухопутную

транспортировку леса, зачастую приводящим к невозможности сплава, вызывающим большой процент «утопа».

Из табл. 1 видно, что наибольшую влажность заболони имели деревья II класса возраста. У деревьев III класса она сравнительно снизилась и в дальнейшем при увеличении возраста почти не изменялась.

На разных высотах ствола влажность заболони различна и увеличивается во всех классах возраста в среднем на 2,5—3% на 1 м.

Влажность северной и южной частей стволов сосны одинакова в любом возрасте деревьев.

В распределении воды по радиусу ствола необходимо отметить следующее: наибольшее количество ее находится в периферической части заболони; при переходе от заболони к ядру содержание воды резко уменьшается. Влажность ядра сосны у средневозрастных, спелых и перестойных деревьев практически можно считать одинаковой, равной в среднем 32,0%, независимо от высоты по стволу. Повышенное количество влаги в центральной части молодых деревьев объясняется незаконченным процессом формирования ядра.

Влажность древесины, вычисленная как средневзвешенная для всего сечения торца с учетом соотношения площадей ядра и заболони, уменьшается с увеличением возраста деревьев; на высоте 1,3 м по сравнению с высотой 6 м для деревьев XI класса возраста она составляет всего лишь 47%, и по сравнению с влажностью деревьев II класса возраста 54%.

Возраст дерева, в котором образуется ядро, различен для разных древесных пород, и даже для одной и той же древесной породы он не является строго определенным. Так, для сосны И. С. Нестеров [3] указывает 30—35 лет, Л. А. Иванов [1], [2] — 12 лет, И. И. Орлов [4] — 34—56 лет, а Л. М. Перелыгин [5] — до 20 лет. Наши многочисленные наблюдения над сосной Красноярского края показали, что деревья, взятые в возрасте 23—26 лет, уже имели ядро, состоящее из 3—4 годичных слоев на высоте 1,3 м от шейки корня.

В результате проведенных наблюдений мы пришли к выводу, что у молодых деревьев годичные слои переходят в ядро через 15—20 лет после своего возникновения, а у старых, 200—300-летних деревьев — через 70—80 лет. Следовательно, необходимо различать возраст дерева, в котором начинает образовываться ядро, и собственный возраст годичного слоя, когда в нем происходят изменения, дающие основание отнести его к ядровой древесине.

Исследование ширины и площади заболони и ядра, а также числа слагающих их годичных слоев было проведено на тех же модельных деревьях, что и определение влажности.

Из данных табл. 1 видно, что количество годичных слоев в заболони с возрастом увеличивается, причем, как показали исследования, у одно-возрастных деревьев количество слоев заболони остается практически постоянным, независимо от диаметра ствола (наблюдения проводились на высоте 1,3 м).

Ширина заболони с возрастом сначала несколько увеличивается (до IV—V классов возраста), а затем уменьшается.

Количество годичных слоев в ядре, а также его площадь с возрастом увеличиваются.

В табл. 2 приводятся средние данные о ширине годичного слоя и проценте поздней древесины, вычисленные по всем модельным деревьям для каждого класса возраста на высоте 1,3 м. В этой таблице показано также изменение средней ширины годичного слоя, вычисленной по 15 периферийным слоям одного модельного дерева для каждого класса воз-

раста. Модельные деревья, взятые для этой цели, относились к одному классу роста, произрастали в одинаковых условиях и обладали всеми прочими равными признаками; годовичные слои учитывались те, которые отложились в одном и том же году.

Таблица 2

Класс возраста	Средняя ширина годовичного слоя, мм	Процент поздней древесины	Средняя ширина 15 периферийных слоев, мм	Процент поздней древесины
II	$2,83 \pm 0,09$	19,5	$2,68 \pm 0,07$	21,9
III	$1,43 \pm 0,03$	24,2	$1,10 \pm 0,03$	21,8
IV	$1,42 \pm 0,03$	26,0	$1,06 \pm 0,03$	29,2
V	$1,50 \pm 0,03$	24,1	$0,97 \pm 0,03$	22,9
VI	$1,32 \pm 0,02$	24,0	$0,49 \pm 0,03$	17,3
XI	$0,62 \pm 0,01$	25,3	$0,40 \pm 0,02$	21,4

Из табл. 2 видно, что с возрастом интенсивность деятельности камбия падает, а это приводит к уменьшению средней ширины годовичного слоя. Так, средняя ширина 15 периферийных слоев у деревьев XI класса возраста составила всего лишь 15% ширины годовичных слоев деревьев II класса возраста.

В заключение следует отметить, что необходимо считаться с возрастом деревьев как фактором, обуславливающим изменения в строении древесины, а, следовательно, и в ее свойствах. Проведенные нами исследования физико-механических свойств древесины сосны полностью это подтвердили.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. А. Иванов. Анатомия растений. Гослестехиздат, изд. 2, 1939.
- [2]. Л. А. Иванов. Биологические основы добывания терпентина в СССР. Изд. 2, 1940.
- [3]. Н. С. Нестеров. Очерки по лесоведению. М., Гослестехиздат, 1933.
- [4]. И. И. Орлов. Ядробразование у сосны обыкновенной. «Лесное хозяйство» № 12, 1951.
- [5]. Л. М. Перелыгин. Изменение физико-механических свойств древесины сосны и березы по классам развития и возраста. «Лесное хозяйство» № 5, 1953.

Поступила в редакцию
29 декабря 1959 г.

ОБ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМАХ РАСПИЛОВКИ БРЕВЕН НА ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМАХ С ВЫСОКИМИ ПОСЫЛКАМИ

В. Д. ИВАНОВ

Доцент, кандидат технических наук

Н. С. КРУТИКОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

В спецификациях сырья, распиливаемого лесопильными заводами, значительное место занимают бревна толщиной 14—20 см. При распиловке таких бревен на быстроходных лесопильных рамах с высокими посылками возникает ряд трудностей. Применяемый впереди рамы комплекс механизмов (бревнотаска, сталквиватель, тележки) не обеспечивает рационального использования машинного времени лесопильных рам и препятствует освоению высоких скоростей распиловки.

При изучении опыта передовых лесопильных заводов Архангельского экономического района установлено, что многие рамщики в настоящее время ведут распиловку тонких бревен с посылками, значительно превышающими инструкционные. На лесозаводе № 48 (г. Мезень, Архангельской обл.) и ряде лесозаводов Архангельского промышленного узла передовые рамщики освоили распиловку тонких бревен ($d = 14—16$ см) с посылками 50—60 мм; с другой стороны, наблюдения за работой этих рамщиков показали, что распиловка бревен ими ведется при значительных межторцовых разрывах. Наличие таких разрывов вызывает потери машинного времени, а простои из-за них нетрудно учесть; поэтому рамщики невольно оказываются «виновниками» этих простоев.

О величине потерь времени из-за межторцовых разрывов (если бы они полностью учитывались) можно судить по следующему расчету. При распиловке комлевого остатка бревна $l_k = 2$ м на раме с числом оборотов вала в минуту $n = 300$, посылкой $\Delta = 50$ мм, и времени цикла на подготовку к распиловке очередного бревна $\Sigma t = 12$ сек, продолжительность межторцового разрыва, отнесенная к одному бревну, составит:

$$t_p = \Sigma t - \frac{l_k \cdot 60 \cdot 1000}{\Delta \cdot n} = 12 - \frac{2 \cdot 60 \cdot 1000}{50 \cdot 300} = 4 \text{ сек.}$$

При работе рамы в течение восьмичасовой смены суммарные потери времени из-за межторцовых разрывов составят

$$T_p = \frac{T \cdot t_p \cdot k}{t} = \frac{480 \cdot 4 \cdot 0.93}{28} = 63 \text{ мин.}$$

где T_p — продолжительность суммарного времени межторцовых разрывов за смену;
 T — продолжительность смены, мин;
 t_p — продолжительность межторцового разрыва, сек;
 t — продолжительность распиловки одного бревна длиной 6 м, включая время межторцового разрыва, сек;
 k — коэффициент использования времени рамы (принят равным 0,93).

На рис. 1 приведена зависимость суммарных потерь времени из-за межторцовых разрывов за восьмичасовую смену от скорости распиловки и продолжительности цикла приемов на подготовку к распиловке очередного бревна для лесопильной рамы типа РД-50 при распиловке бревен длиной $L = 6$ м и диаметром $d = 16$ см, $n = 350$ об/мин; $H = 600$ мм, $T = 480$ мин, $L_k = 2$ м; $k = 0,93$.

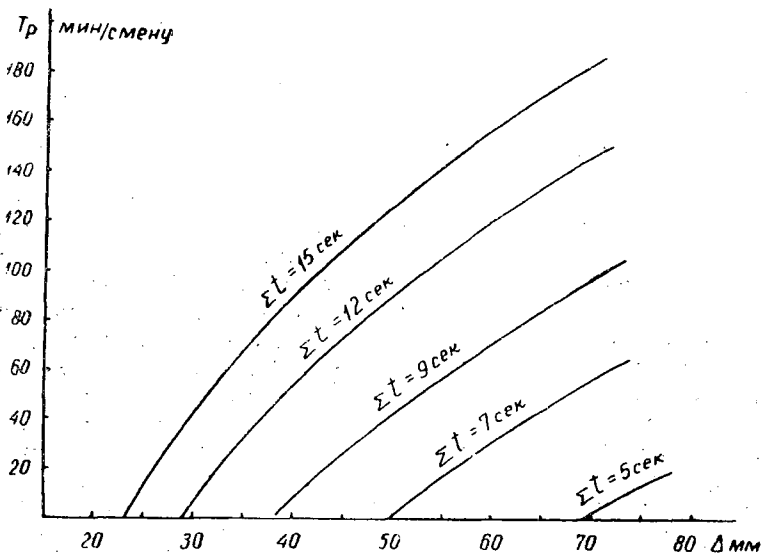


Рис. 1.

Из графика видно, что даже при наличии современных средств механизации (сбрасывателей типа ПРД-13, тележек ПРТ-3, ПРТ-8), для которых указанный цикл составляет 9 сек [4], межторцовые разрывы имеют место при распиловке с посылкой 40 мм и выше.

При продолжительности цикла 12—16 сек, то есть в случае применения сравнительно старых типов механизмов (сбрасыватели типа ТРСБ-3, тележки ПРТ-1) время межторцовых разрывов достигает 10—30% от сменного времени работы лесопильной рамы. На рис. 2 представлена та же зависимость для рамы типа РД-75 ($n = 300$ об/мин), широко применяемой на лесопильных заводах СССР.

Созданные специально для быстроходных рам РД-50 пневматические тележки типа ПРТ-8 также не исключают межторцовых разрывов, что подтверждается опытом работы с применением их на лесопильном заводе № 12 (Архангельск). Потери времени из-за межторцовых разрывов еще более возрастут для вновь проектируемых рам с увеличенными ходом и числом оборотов, допускающими посылки до 70 мм.

На рис. 3 дан график производительности лесопильной рамы типа РД-50 при различном подготовительном времени.

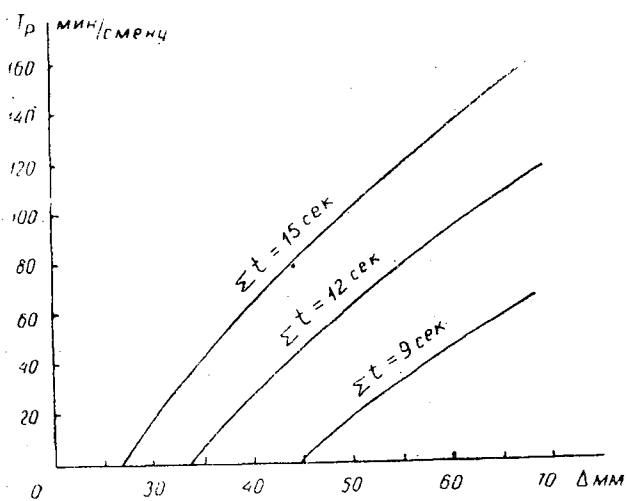


Рис. 2.

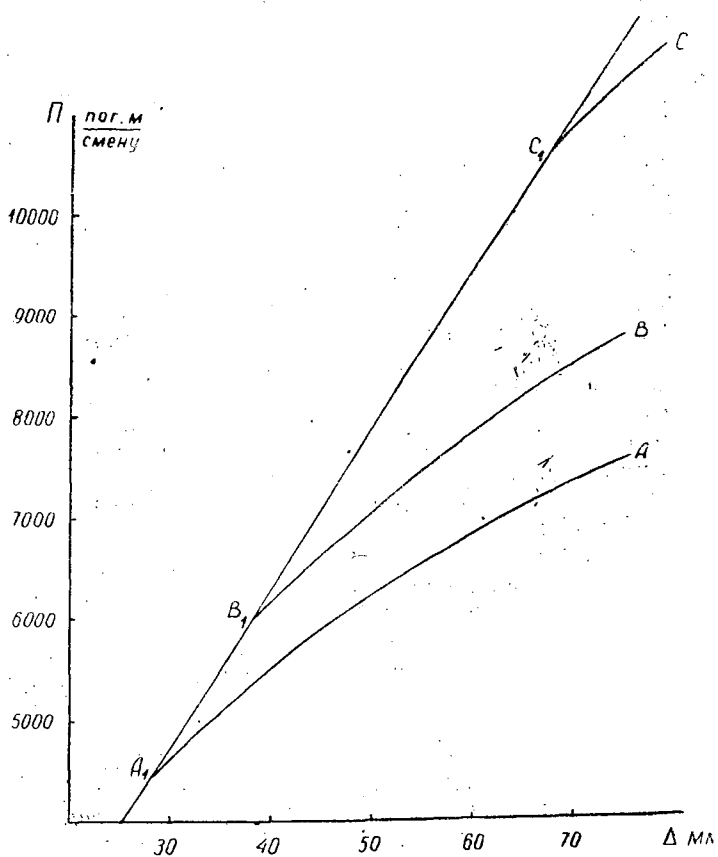


Рис. 3.

- $A_1B_1C_1$ — расчетная производительность лесопильной рамы;
 A_1A — производительность при $\Sigma t = 12$ сек;
 B_1B — то же при $\Sigma t = 9$ сек;
 C_1C — то же для порталной тележки фирмы Кархула (Финляндия) при $\Sigma t = 5$ сек.

Из графика видно, что конвейерные устройства наиболее эффективны.

В связи с этим возникает вопрос о путях интенсификации участков впереди рамы, обеспечивающих работу рам с высокими посылками и о рациональных режимах распиловки бревен на высоких посылках при имеющемся комплексе механизмов.

Ответить на эти вопросы нужно еще и потому, что ряд учебных пособий по лесопильному производству [3] обязывает рамщика «...подачу бревен (брусьев) в раму производить торец в торец (без разрывов)».

Одним из направлений, обеспечивающим высокие скорости и использование мощности лесопильных рам является усовершенствование механизмов впереди рамы. Применение на ряде заводов новых конструкций сбрасывателя бревен, гидравлических и пневматических тележек, увеличение скоростей передвижения тележек и пр. при высокой квалификации рамщиков позволяет сократить цикл приемов на подготовку бревна к распиловке.

Однако и в этом случае межторцовые разрывы остаются значительными. В связи с этим большое практическое значение приобретает работа по созданию системы конвейерной подачи бревен в лесопильную раму. Первые шаги в создании конвейера были сделаны еще в 30-е годы на Архангельских лесозаводах № 5—7, 16—17 и 25, Сталинградском лесопильно-деревообрабатывающем комбинате им. Куйбышева и др. Эти хорошие начинания в последующем оказались незаслуженно забытыми. В настоящее время вопрос о создании конвейера вновь привлек внимание конструкторов в СССР и за рубежом. В Вологде, на заводе «Северный коммунальщик» изготовлена и проходит заводские испытания новая модель такого конвейера. На лесопильных заводах Финляндии уже работают конвейерные установки с продолжительностью цикла приемов на подготовку к распиловке очередного бревна $\Sigma t = 5$ сек [2]. Однако, вследствие медленного внедрения конвейеров в производство, основным видом впередирамной механизации в настоящее время остаются тележки.

Каковы же оптимальные условия распиловки бревен с высокими посылками при существующем уровне механизации?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим следующие режимы распиловки бревен на лесорамах:

- а) распиловка бревна ведется с высокой посылкой с межторцовыми разрывами (режим 1);
- б) распиловка части бревна (примерно $\frac{2}{3}$ его длины) ведется с высокой посылкой, а оставшая часть — с посылкой, обеспечивающей подачу без межторцовых разрывов (режим 2);
- в) распиловка по всей длине бревна ведется с посылкой, обусловленной подготовительным временем без межторцовых разрывов (режим 3).

Обозначим:

- Δ_a — посылка, обуславливаемая подготовительным временем, мм;
 Δ_b — посылка, достигнутая передовыми рамщиками, мм;
 t_p — продолжительность межторцового разрыва, сек;
 Σt — продолжительность цикла приемов на подготовку к распиловке очередного бревна (в зависимости от видов механизации составляет 9—16 сек);

L — длина бревна, м (в дальнейших расчетах принимаем $L = 6$ м);

l_k — длина части бревна, распиливаемая без закрепления в тележках ($l_k = 1,5 - 2$ м);

n — число оборотов рамы в мин.

При этих обозначениях зависимости, определяющие продолжительность распиловки одного бревна для указанных режимов распиловки, будут иметь следующий вид:

$$\text{Режим 1. } t_1 = \frac{L}{\Delta_b \cdot n} + t_p, \text{ где } t_p = \Sigma t - \frac{l_k}{\Delta_b n}$$

$$\text{Режим 2. } t_2 = \frac{L - l_k}{\Delta_b \cdot n} + \Sigma t$$

$$\text{Режим 3. } t_3 = \frac{L}{\Delta_a \cdot n}$$

Из сравнения этих зависимостей видно, что продолжительность распиловки одного бревна при 1 и 2 режимах одинакова. Однако фактическое время распиловки бревна при втором режиме, в связи с необходимостью некоторых дополнительных затрат времени на регулировку посылки, будет больше ($t_{2 \text{ факт}} > t_1$).

Для сравнения эффективности 1 и 3 режимов распиловки произведен ряд расчетов (для лесопильной рамы РД-50), результаты которых сведены в табл. 1.

Таблица 1

Посылка, мм	Время распиловки бревна в сек при продолжительности цикла подготовки бревна								
	$\Sigma t = 9$ сек			$\Sigma t = 12$ сек			$\Sigma t = 15$ сек		
	режим 1	режим 3	$\frac{t_3}{t_1}, \%$	режим 1	режим 3	$\frac{t_3}{t_1}, \%$	режим 1	режим 3	$\frac{t_3}{t_1}, \%$
45	24,2	27	11	27,2	36	32	30,2	45	49
50	22,6	27	19	25,6	36	40	28,6	45	57
55	21,4	27	26	24,4	36	47	27,4	45	64
60	20,4	27	32	23,4	36	53	26,4	45	70

Таблица показывает, что распиловка бревен с высокими посылками дает увеличение производительности на 11—70%.

Отсюда следует, что для достижения более высокой производительности лесопильных рам распиловку бревен необходимо вести на высоких посылках (определяемых работоспособностью зубьев пил, мощностью привода и качеством обработки), то есть по первому режиму, а в целях повышения коэффициента использования машинного времени улучшить механизацию впередирамного участка путем применения новых быстродействующих механизмов.

Осуществление дистанционного и автоматического регулирования скорости подачи в рамах позволит не только применить второй режим распиловки, но и обеспечит равномерную нагрузку на пилы и рабочие механизмы рам по длине распиливаемых бревен.

Необходимо форсировать работы по проектированию и внедрению в производство конвейеров. Медлительность в этом вопросе является большим препятствием на пути освоения высоких скоростей и полного использования мощностей лесопильных рам.

Наконец, одним из путей, обеспечивающих возможность распиловки тонких бревен с высокими скоростями, следует считать применение специализированных многопильных станков с круглыми пилами. Подготовительный цикл при распиловке тонких бревен на этих станках значительно меньше, чем при распиловке на рамах. В связи с этим ускорение работ по созданию промышленных образцов круглопильных станков для распиловки бревен следует рассматривать как важную научно-практическую задачу, разрешение которой будет способствовать росту производительности наших заводов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. В. Грачев. Конвейер для автоматической подачи бревен в лесопильные станки. Научные труды ЛТА, вып. 76, Гослесбумиздат, 1957. [2]. Р. Е. Калитеевский, И. П. Кожевников. Новое лесопильное оборудование и лесозаводы Финляндии. ЦБТИ станкостроительной и инструментальной промышленности, 1959. [3]. Правила технической эксплуатации вертикальных лесопильных рам и околорамного оборудования. ЦНИИМОД, Химки, Московской обл., 1954. [4]. Стахановский опыт в лесопилении. ЦНИИМОД, трест «Северолес», Гослесбумиздат, 1952.

Поступила в редакцию
9 февраля 1960 г.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОДНООСНОГО ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Д. В. ДВИНЯНИНОВ

Инженер

(Воронеж)

Прессованная древесина, изготавливаемая по методу П. Н. Хухрянского, находит широкое применение на промышленных предприятиях Воронежского экономического района как полноценный заменитель дефицитных материалов. Древесина одноосного прессования является самой дешевой из всех видов прессованной древесины и требует для изготовления несложного оборудования. В настоящее время из древесины одноосного прессования освоено изготовление многих трущихся деталей приспособлений, механизмов и машин: различного рода ползунов, направляющих, кулачков к токарным люнетам, малогабаритных подшипников скольжения и т. п.

Целью наших исследований явилось изучение деформаций и внутренних напряжений, возникающих в древесине в процессе одноосного прессования, изучение явления сдвигов древесины, приводящих к разрушению заготовки. Одновременно была поставлена задача — разработать методы ликвидации или ослабления действия сдвигов с получением равномерного объемного веса по сечению заготовки.

Физика явлений при одноосном прессовании

Если смотреть с торца заготовки, подготовленной для прессования, то ее можно представить так, как показано на рис. 1, то есть состоящей из взаимосвязанных, расположенных в определенном порядке волокон.

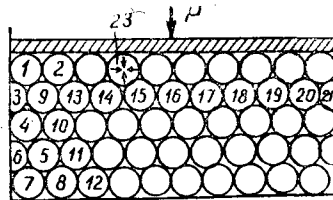


Рис. 1.

При наложении сжимающей внешней нагрузки P каждый из элементов испытывает четырехстороннее сжатие (элемент № 23) и перемещается в вертикальной плоскости. Как видно из рис. 1, околостеночные

элементы 3, 4, 6, 7 передают боковые усилия на стенки прессформы, что при вертикальном перемещении приводит к возникновению силы трения этих элементов о стенки прессформы, в результате чего скорость околостеночных элементов по величине будет меньше, чем срединных. Вследствие различных скоростей перемещения околостеночных и срединных элементов, в их связях возникают растягивающие напряжения, которые возрастают с увеличением внешней нагрузки. Достижение напряжениями критической величины приводит к разрыву связи (например, между элементами 3 и 9) и появлению трещины вследствие сдвига древесины. Другими словами, при увеличении внешней нагрузки упругий сдвиг переходит в сдвиг разрушения. Так как внутренние напряжения больше на поверхности прессуемой заготовки, то разрушение произойдет в верхних слоях с последующим распространением вглубь под определенным углом. Этот угол определяется направлением главных напряжений σ_x ; τ и σ_b (рис. 2) или косвенно, величинами коэффициента трения f и коэффициента Пуассона μ . Рассмотрение цельного горизонтального слоя из элементов 3; 9; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20 и 21 показывает, что этот слой из-за различных скоростей вертикального перемещения околостеночных и срединных элементов получит прогиб с максимальной величиной посредине прессформы.

Рассмотрим деформации и напряжения выделенного по горизонтали многослойного элемента aba_1b_1 (рис. 2):

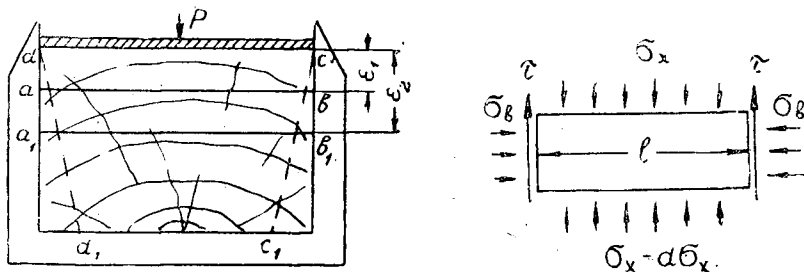


Рис. 2.

На элемент действуют следующие напряжения: σ_x ; $\sigma_x - d\sigma_x$; σ_b — бокового сжатия и τ — сила трения о боковые стенки.

В данном случае усилия, действующие на элемент, необходимо разделить на группы по характеру производимых деформаций. Напряжения $\sigma - d\sigma_x$ и σ_b производят объемную деформацию элемента, то есть его двухстороннее сжатие (рис. 3).

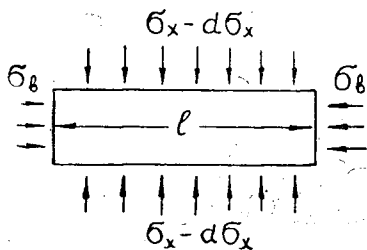


Рис. 3.

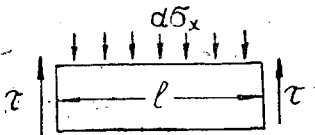


Рис. 4.

Так как околостеночные слои элемента сжаты, испытывают воздействие силы трения и поэтому не могут иметь горизонтального перемещения, под действием напряжения $d\sigma_x$ происходит прогиб элемента отно-

нительно околостеночных слоёв, то есть напряжения $d\sigma_x$ и τ приводят к деформации изгиба (рис. 4).

На основании вышеизложенного, выделенный элемент можно рассматривать как балку, защемленную двумя концами (рис. 5). Но, как видно из рис. 2 (линии cc_1 и dd_1) околостеночный слой заторможенных элементов имеет форму клина. Поэтому более точным является рис. 6.

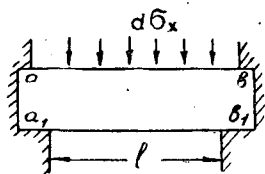


Рис. 5.

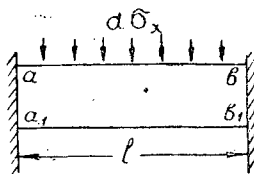


Рис. 6.

С достаточной точностью принимаем схему рис. 5.

Рассмотрим деформации и напряжения, которые возникают в элементе в процессе прессования. Следует помнить один факт: в различных стадиях деформации рассматриваемый элемент не сохраняет своей первоначальной прямолинейной горизонтальной оси; в результате действующих напряжений эта ось искривляется в соответствии с законами изгиба балки (рис. 7).

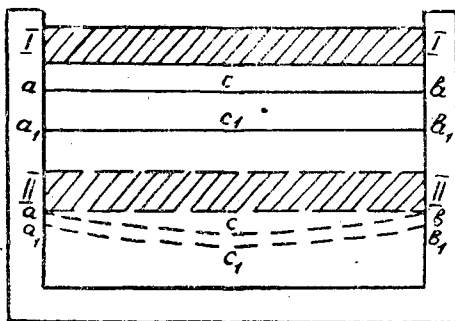


Рис. 7.

Предполагаем, что выделенный элемент содержит слои ранней и поздней древесины.

Согласно теории П. Н. Хухрянского, процесс прессования происходит в три фазы.

В первой фазе оболочки клеток деформируются за счет упругих и остаточных деформаций.

Во второй фазе начинается пластическая деформация оболочек клеток ранней древесины. В течение первых двух фаз оболочки клеток поздней древесины испытывают только упругие деформации.

Рассмотрим состояние выделенного элемента перед концом второй фазы. Оболочки клеток ранней древесины потеряли все свои упругие свойства. Слои же поздней древесины за счет более высокой прочности толстостенных оболочек клеток деформируются упруго.

Выделенный элемент в указанный момент в целом находится в упругом состоянии за счет упругих свойств оболочек клеток поздней древесины и неразрушенной взаимосвязи клеток, и напряжения $d\sigma_x$ и τ подвергают его изгибу по схеме рис. 5. Поэтому можно рассматривать этот элемент в I и II фазах как упругую балку, защемленную двумя

концами, с изгибающей, равномерно распределенной нагрузкой $q = d\sigma_x \cdot b$ (b — длина заготовки вдоль волокон). Одновременно в процессе деформации меняется жесткость материала за счет его уплотнения.

В третьей фазе прессования начинается деформация толстостенной оболочки клеток поздней древесины. По сечению, перпендикулярному волокнам, достигается общая деформация всех сосудов, наступает фаза однородности структуры. Здесь отметим один фактор, очень важный для последующих расчетов. Кривая деформации $\sigma - \delta$ (напряжение — деформация) с начала третьей фазы резко поднимается; при этом увеличение напряжения происходит при незначительных деформациях.

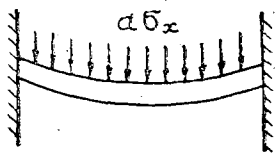


Рис. 8.

Вывод отсюда следующий: величина деформаций выделенного нами элемента, в том числе и величина его прогиба как балки, защемленной двумя концами, остается почти неизменной в третьей фазе. Следовательно, максимальный прогиб элемента f_{max} вычисляется с достаточной точностью по максимальному прогибу, достигнутому им к концу II фазы. В третьей фазе упругий костяк элемента — слои поздней древесины — теряет под действием увеличивающихся напряжений свои упругие свойства, начинает пластически деформироваться; весь элемент теряет свойство упругого сопротивления внешним нагрузкам и не может рассматриваться как упругая балка. Действующие внешние нагрузки вызывают в элементе растягивающие напряжения, и он воспринимает эти нагрузки как провисшая нить с соответствующими внутренними напряжениями (рис. 8).

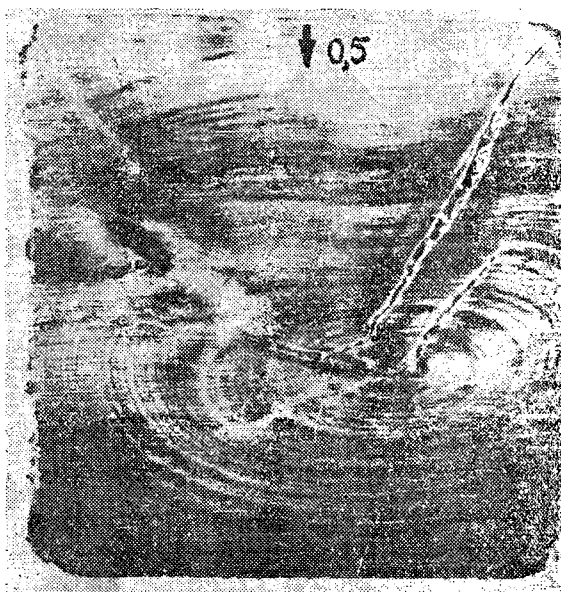


Рис. 9.

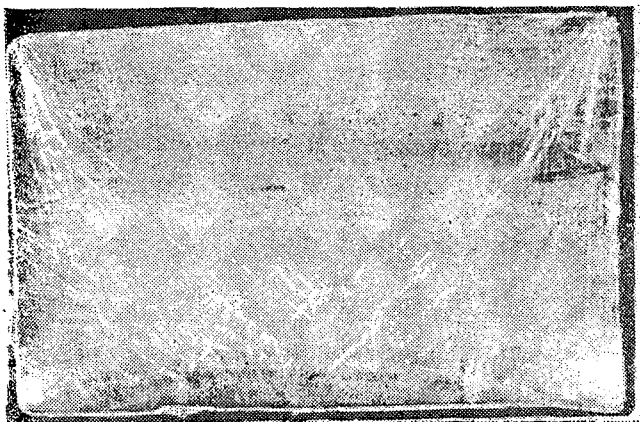


Рис. 10.



Рис. 11.

Согласно теории расчета гибкой нити, максимальные напряжения возникают в местах заделки нити, то есть в нашем случае — на границе заторможенного околостеночного слоя. Когда напряжения в этих сечениях достигнут и превысят величину допускаемых, определяемых критической величиной сцепления клеток между собой, произойдет разрыв межклеточной материи, разрыв элемента. Момент достижения критических растягивающих напряжений является началом разрушающего сдвига прессуемой древесины. Так как плоскости сдвига направлены под углом к вертикальной оси (dd_1 и cc_1 , рис. 2), в середине прессуемой заготовки образуется своего рода клин, скорость движения которого больше скорости движения околостеночного слоя. Этот клиновидный сдвиг приводит к разрушению заготовки по наклонным плоскостям и вызывает все неравномерности в распределении объемного веса.

На рис. 9 и 10 представлены примеры клиновых сдвигов древесины при одноосном прессовании. На рис. 11 показана деформация сетки, нанесенной с торца заготовки.

Расчет клинового сдвига

На основании сказанного, в первых двух фазах выделенный элемент можно рассматривать как балку, защемленную двумя концами, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой, равной $q = d\sigma_x \cdot b$

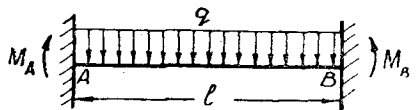


Рис. 12.

Так как в третьей фазе величина прогиба элемента остается такой же, какой она была в конце второй фазы, вычислим величину f_{max} по схеме рис. 12.

Уравнение для f_{max} при $x = \frac{l}{2}$ имеет вид

$$y_{max} = \frac{3q \cdot l^4}{24 \cdot 16 \cdot E_y' \cdot I_y'}$$

$$f_{max} = \frac{d\sigma_x \cdot b \cdot l^4}{128 \cdot E_y' \cdot I_y'}$$

где $E_y' \cdot I_y'$ — жесткость элемента в конце второй фазы.

В сечении ab (рис. 5) действует напряжение σ_{x1} , в сечении a_1b_1 — σ_{x2} , тогда $d\sigma_x = \sigma_{x1} - \sigma_{x2}$; в общем случае $\sigma_x = \sigma_{x0} \cdot e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_x}$ (согласно вычислениям П. Н. Хухрянского), где σ_{x0} — напряжение в поверхностных слоях заготовки, ε_x — расстояние до выделенного элемента, e — основание натуральных логарифмов. Согласно тем же работам, $\sigma_{x0} = a \cdot e^{b \cdot E\%}$, где a и b — коэффициенты, зависящие от породы древесины.

Тогда

$$\sigma_x = a \cdot e^{b \cdot E\%} \cdot e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_x}$$

или

$$d\sigma_x = a \cdot e^{b \cdot E\%} \left[e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_1} - e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_2} \right];$$

приближенно принимаем, что E — степень прессования в сечениях ab и a_1b_1 одинакова, так как сечения выбраны на небольшом расстоянии друг от друга.

Степень прессования в конце упругой фазы (второй фазы) — величина, определенная для каждой породы, и колеблется в пределах $E\% = 0,25 \div 0,3$ ($E\%$ при вычислениях берется не в процентах).

Подставляя значение E в формулу $d\sigma_x$, находим $d\sigma_{упр}^{пред}$ конца второй фазы и по формуле f_{max} определяем максимальный прогиб.

Для вычисления f_{max} $d\sigma_x = d\sigma_y^{пред}$, перепишем формулу таким образом:

$$f_{max} = \frac{d\sigma_y^{пред} \cdot b \cdot l^4}{128 E_y \cdot I_y}$$

Перед прессованием толщина слоя $\delta = \varepsilon_2^0 - \varepsilon_1^0$; так как величина $h = h_0 - E\% \cdot h_0$, то в любой стадии прессования $\delta_x = \delta - \delta E\%$, или

$$\delta_x = (\varepsilon_2^0 - \varepsilon_1^0) - E\% (\varepsilon_2^0 - \varepsilon_1^0).$$

В третьей фазе прессования рассматриваемый элемент (как было разобрано выше) можно рассчитывать как провисшую нить, защемленную концами, под нагрузкой $d\sigma_x$. Натяжение нити $H = \frac{ql^2}{8f_x}$ напряжения в элементе в третьей фазе вычисляются по формуле:

$$\sigma_{раст} = \frac{H}{F};$$

в нашем случае

$$H_x = \frac{d\sigma_x^{пл} b l^2}{8 f_x^{пл}}; \quad \sigma_{р.х} = \frac{H_x}{F_x} = \frac{d\sigma_x^{пл} \cdot b \cdot l^2}{8 f_x^{пл} \cdot \delta_x \cdot b} = \frac{d\sigma_x^{пл} \cdot l^2}{8 f_x^{пл} \cdot \delta_x}$$

Так как в третьей фазе прогиб практически не увеличивает свои размеры, то есть $f_x^{пл} = f_{max}$, подставляем значение f_{max} в формулу $\sigma_{р.х}$

$$\sigma_{р.х} = \frac{d\sigma_x^{пл} \cdot l^2 \cdot 128 \cdot E_y' I_y}{8 \delta_x \cdot d\sigma_y^{пр} \cdot b \cdot l^4}$$

или

$$\sigma_{р.х} = \frac{d\sigma_x^{пл}}{d\sigma_y^{пр}} \cdot 16 \frac{E_y' I_y}{\delta_x \cdot b \cdot l^2} \leq \sigma_{доп}^{раст}$$

$d\sigma_x^{пл}$ — напряжения в третьей фазе,

$d\sigma_y^{пр}$ — напряжения к концу второй фазы,

l и b — размеры заготовок.

Величины $d\sigma_y^{пр}$; E_y' ; I_y и δ_x мы вычисляем до прессования, так как $E\%$ в конце второй фазы нам известно. Произведем упрощение части уравнения $16 \frac{E_y' I_y}{\delta_x \cdot b \cdot l^2}$.

В общем случае

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12},$$

в нашем случае

$$b = b; \quad h = \delta_x; \quad I_y = \frac{b \cdot \delta_x^3}{12}; \quad \delta_x = \delta - \delta E\%.$$

Так как высоту рассматриваемого элемента принимаем равной единице

$$\delta = 1, \text{ то } \delta_x = 1 - E\% \text{ и } I_y = \frac{b(1 - E\%)^3}{12};$$

$$16 \frac{E_y' \cdot I_y}{\delta_x \cdot b \cdot l^2} = \frac{4}{3} \frac{E_y' (1 - E\%)^2}{l^2}.$$

Обозначим это выражение через k : $k = \frac{4}{3} \frac{E'_y (1 - E_x)^2}{l^2}$;

тогда

$$\sigma_{p,x} = \frac{d\sigma_x^{пл}}{d\sigma_y^{пр}} \cdot \frac{4}{3} \frac{E'_y (1 - E_x)^2}{l^2} \quad \text{или} \quad \sigma_{p,x} = \frac{d\sigma_x^{пл}}{d\sigma_y^{пр}} \cdot k \leq \sigma_{доп}^{раст}.$$

Подставляя $\sigma_x = \sigma_0 \cdot e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon}$ и $\sigma_0 = ae^{b \cdot E\%}$, получаем

$$\sigma_{p,x} = \frac{e^{bE\%_{пл}} \left(e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_1^{пл}} - e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_2^{пл}} \right)}{e^{bE\%_{упр}} \left(e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_1^{упр}} - e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \varepsilon_2^{упр}} \right)} k \leq \sigma_{доп}^{раст};$$

Для верхнего слоя, когда $\varepsilon_1 = 0$,

$$\sigma_{p,x} = \frac{e^{bE\%_{пл}} \left(1 - e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \delta E\%_{пл}} \right)}{e^{bE\%_{упр}} \left(1 - e^{-2f\mu \frac{l}{\omega} \delta E\%_{упр}} \right)} k \leq \sigma_{доп}^{раст};$$

эти формулы удобны для применения, так как мы всегда знаем конечную заданную степень прессования и по величине вычисленного растягивающего напряжения $\sigma_{раст}$ в сравнении с $\sigma_{доп}$ судим о величине и характере клинового сдвига при достижении заданной степени прессования.

Выбор $\sigma_{доп}$ ведется в строгой ориентировке на расположение и направление годовичных слоев относительно направления прессования. Практические данные проверки правильности формул на приведенных образцах показали отклонения в минусовую сторону от 4 до 10%.

Расчет направления плоскости сдвига

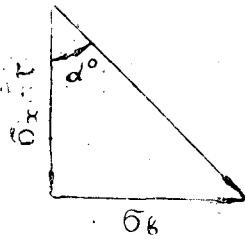


Рис. 13.

Направление плоскости сдвига, как подтвердила практика, совпадает с направлением действия главных напряжений (см. рис. 13).

Производим сложение сил. Угол α^0 определяет наклон главных напряжений к направлению прессования

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma_b}{\sigma_x - \tau}; \quad \sigma_b = \mu \sigma_x; \quad \tau = f \sigma_b = f \mu \sigma_x$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu \cdot \sigma_x}{\sigma_x - f \mu \sigma_x}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu}{1 - f \mu}; \quad \alpha = \operatorname{arctg} \left| \frac{\mu}{1 - \mu f} \right|$$

Чем больше коэффициент бокового расширения μ , чем больше коэффициент f , тем больше угол плоскости сдвига к стенке прессформы.

Предупреждение клинового сдвига

Из всего сказанного ясно, что клиновые сдвиги древесины при одноосном прессовании вызваны прогибом горизонтальных элементов, происходящим в основном от наличия трения древесины о стенки прессформы. Из этого можно сделать следующие выводы: для того чтобы увеличить критическую величину степени прессования, при которой наступает сдвиг прессуемого материала, необходимо уменьшить коэффициент

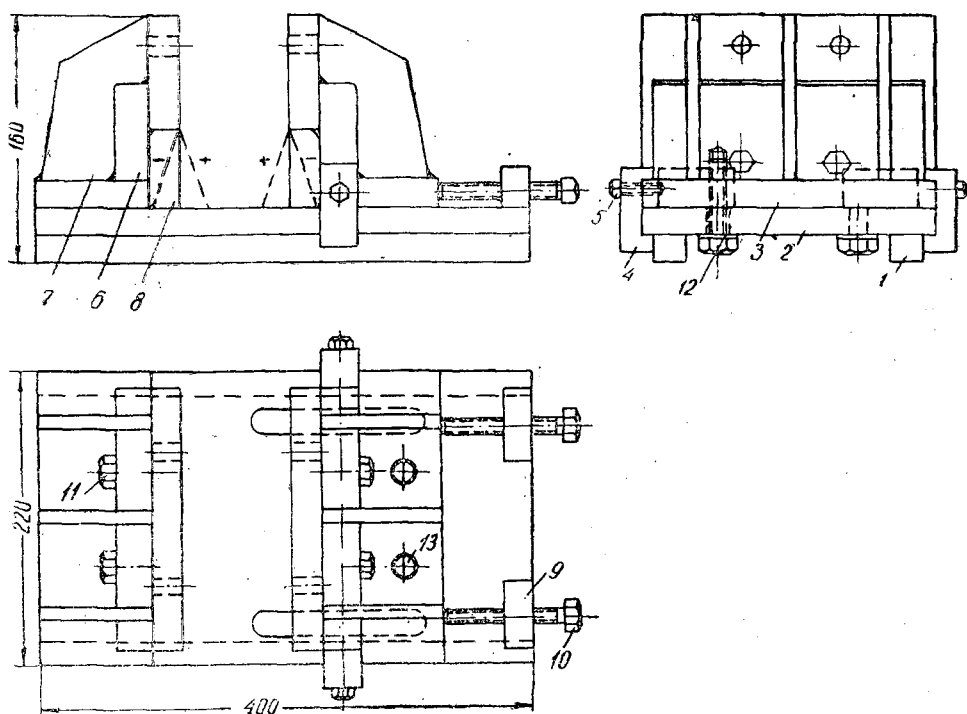


Рис. 14.

трения между древесиной и стенкой прессформы; за счет создания особых форм прессформы, в процессе прессования можно создать усилия, направленные на ликвидацию или уменьшение напряжений, прогибающих горизонтальные элементы. Нами проделаны следующие эксперименты, давшие неплохие результаты: прямые вкладыши в универсальной прессформе (см. рис. 14, деталь 8), заменяли вкладышами с плюсовым и минусовым наклоном, равным $\pm 20^\circ$.

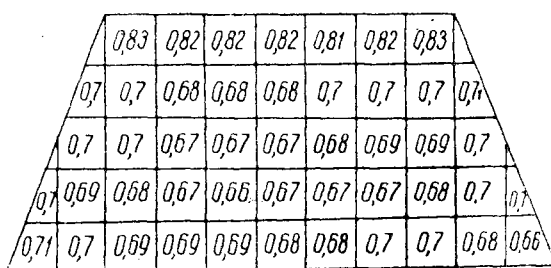


Рис. 15.

На диаграмме 1 (рис. 15) показано распределение объемного веса заготовки с наклоном $\pm 20^\circ$. Объемный вес (за исключением поверхностного слоя) однороден по всему сечению, но происходящее при прессовании боковое перемещение материала вызывает в древесине большие остаточные внутренние напряжения, которые приводят к разрушению заготовки после сушки (для сравнения дана диаграмма 2 (рис. 16) распределения объемного веса при $\alpha = 0^\circ$).

0,5	0,75	0,72	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,35
0,75	0,55	0,72	0,66	0,66	0,65	0,64	0,4	
0,7	0,7	0,53	0,6	0,65	0,6	0,4	0,66	
0,6	0,6	0,5	0,5	0,45	0,4	0,58	0,67	
0,62	0,61	0,58	0,5	0,5	0,57	0,59	0,7	
0,68	0,66	0,66	0,68	0,7	0,67	0,68	0,66	

Рис. 16.

1,28	1,26	1,26	1,26	1,26	1,27	1,26	1,27	1,27
1,28	1,25	1,25	1,26	1,26	1,25	1,27	1,27	1,28
1,24	1,25	1,25	1,26	1,24	1,25	1,26	1,26	1,27
1,25	1,25	1,25	1,24	1,24	1,25	1,26		
1,25	1,24	1,24	1,24	1,24	1,25	1,26	1,26	
1,26	1,25	1,25	1,24	1,26	1,26	1,26		
1,26	1,25	1,27	1,26	1,26				

Рис. 17.

Диаграмма 3 (рис. 17) с минусовым наклоном показывает, что этот метод прессования дает еще большую однородность в распределении объемного веса по сечению заготовки.

Происходящее в данном случае за счет наклона стенки прессформы увеличение боковых сжимающих напряжений образует сжатое ядро у дна ее. Это ядро в процессе прессования распространяется вверх, сдерживая усилия, направленные на прогиб горизонтальных элементов.

1,1	1,1	1,1	1,11	1,12	1,12	1,11	1,1	1,1
1,08	1,1	1,1	1,12	1,12	1,12	1,12	1,1	1,1
1,08	1,1	1,08	1,12	1,12	1,12	1,11	1,1	1,1
1,1	1,08	1,1	1,12	1,12	1,12	1,1	1,1	1,1
1,08	1,1	1,1	1,12	1,12	1,12	1,1	1,1	1,08

Рис. 18.

Диаграмма (рис. 18) приведена как пример разработанного нами второго метода получения заготовок из прессованной древесины одноосного прессования с равномерным, однородным распределением объемного веса по сечению и высоким сопротивлением клиновому сдвигу. Этот метод характеризуется переменной степенью прессования $E\%$ по длине l . Дно прессформы приблизительно повторяет в отраженном виде прогиб горизонтального элемента.

Создаваемые посредине дополнительные напряжения за счет максимальной по сечению степени прессования создают направленные усилия, компенсирующие прогиб горизонтальных элементов.

Высокая однородность заготовки, прессованной указанным способом, возможность получения весьма высоких степеней прессования без разрушения от сдвигов, приводит к все большему внедрению описанного метода в наше производство.

ДЕФОРМАЦИЯ И УСИЛИЕ ПРИ ТОРЦОВОМ ГНУТЬЕ ДРЕВЕСИНЫ

Т. П. ХУХРЯНСКАЯ

Ассистент

(Воронежский лесотехнический институт)

Торцовое гнутье представляет собой процесс неравномерного прессования древесины поперек волокон и встречается при изгибе пластинок, вырезанных таким образом, что толщина их измеряется вдоль волокон.

Деформация при изгибе, как известно, определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{z}{\rho}, \quad (1)$$

где z — расстояние рассматриваемого слоя от нейтральной оси;
 ρ — радиус кривизны нейтрального слоя.

Гнутье древесины, как правило, производится вместе со стальной шиной. В этом случае нейтральная ось проходит по границе стали с древесиной и формула (1) для определения максимальной деформации примет вид:

$$\varepsilon = \frac{h}{R + h}, \quad (1a)$$

где h — толщина и R — радиус кривизны внутреннего слоя изогнутой пластинки. (В дальнейшем изогнутую пластинку будем называть заготовкой, а две заготовки, склеенные в цилиндр — втулкой или втулочкой в зависимости от ее размера).

Пользуясь этой формулой, по заданной степени прессования внутреннего слоя заготовки можно найти связь между толщиной заготовки и ее внутренним диаметром (D):

$$h = \frac{\varepsilon}{2(1-\varepsilon)} D, \text{ или } h = nD, \quad (2)$$

где

$$n = \frac{\varepsilon}{2(1-\varepsilon)}.$$

На рис. 1 представлены кривые зависимости деформации от толщины изгибаемой пластинки для нескольких значений внутренних диаметров заготовок. По этим кривым можно подобрать толщину пластинки при определенном диаметре и данной степени прессования внутреннего слоя заготовки.

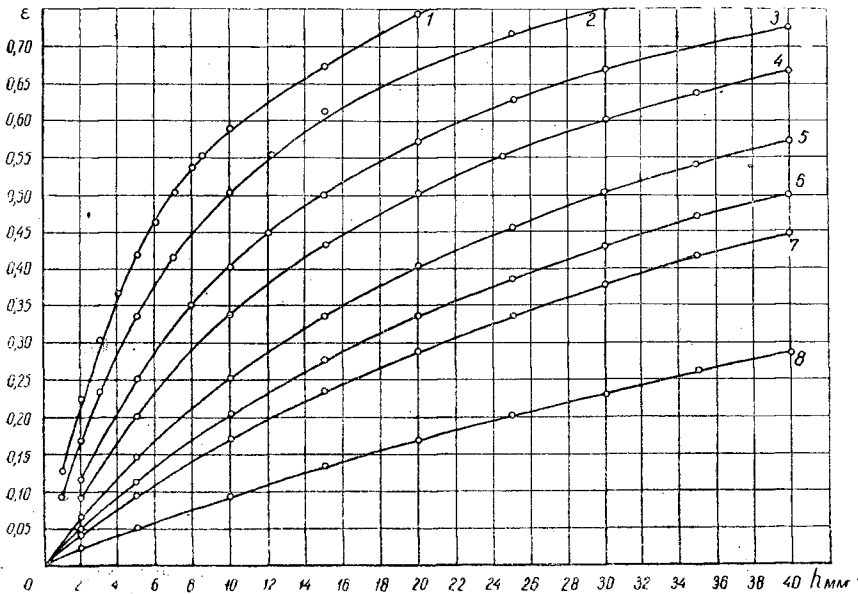


Рис. 1. Зависимость деформации от толщины изгибаемой пластинки при различных диаметрах шаблонов.

1— $D=14$; 2— $D=20$; 3— $D=30$; 4— $D=40$; 5— $D=60$; 6— $D=80$; 7— $D=120$; 8— $D=200$.

Зависимость между наибольшей толщиной втулки и ее внутренним диаметром при максимальной степени прессования, например, для березы (при $\epsilon_{max} = 0,55$), выражается уравнением $h = 0,61 D$ и для осины (при $\epsilon_{max} = 0,75$) — $h = 1,5 D$.

При торцовом гнутье изгиб пластинок происходит в основном после достижения материалом предела пропорциональности. Закон плоских сечений, как было установлено нами ранее [3], в этом случае остается в силе, то есть деформация может быть определена по формуле (1).

Для выяснения, остается ли постоянной деформация любого слоя z по длине заготовки втулочки в процессе торцового гнутья, были проделаны следующие опыты.

На боковую поверхность пластинок березы и осины разной длины, ширины и толщины перед их распариванием и гнутьем были нанесены сетки в виде прямых, параллельных между собой и перпендикулярных длинной стороне пластинки линий на расстоянии 20 мм друг от друга. После гнутья пластинок и сушки полученных заготовок расстояния между прямыми замерялись у внешней и внутренней поверхностей заготовок. Были определены также внешний и внутренний диаметры их.

В результате замеров оказалось, что по внешнему слою деформации сжатия или растяжения не происходит; по внутреннему же слою произошла значительная деформация сжатия.

Кривые деформации внутреннего слоя загнутых пластинок из древесины березы представлены на рис. 2 (1, 2, 3, — для трех образцов, 4, 5, 6 — для шести) в развернутом виде через центральные углы φ ; для пластинок из осины кривые деформации аналогичны.

Как видно из рис. 2, для пластинок длиной 82; 102 и 156 мм деформация в процессе гнутья в различных местах внутренней поверхности почти постоянна. Из этих пластинок заготовки втулочек имеют вид правильных полуцилиндров. Для заготовок, полученных из длинных пластинок, деформация по внутреннему диаметру постоянна в пределах

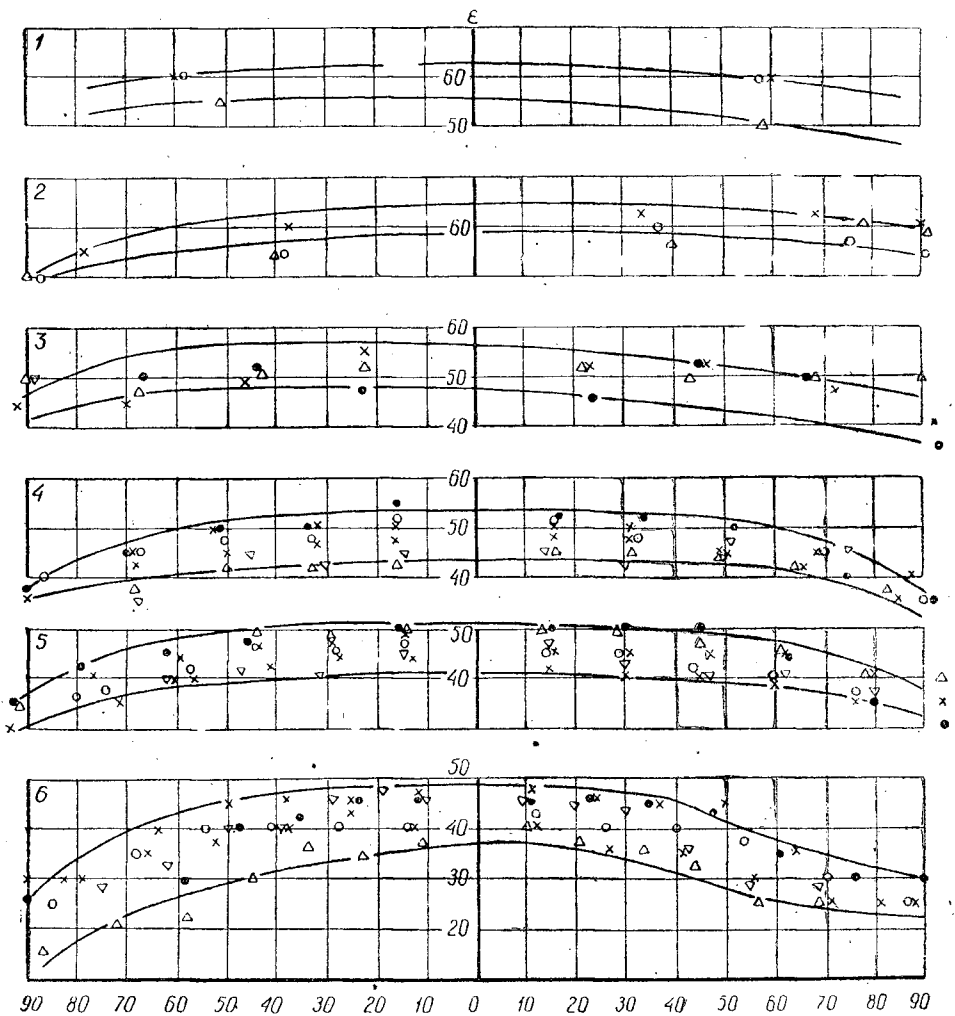


Рис. 2. Деформация древесины березы при торцовом гнутье.

1— $h=17$, $R=8,5$, $L=82$; 2— $h=20$, $R=12$, $L=102$; 3— $h=24$, $R=25$, $L=156$; 4— $h=31$,
 $R=40-35$, $L=212$; 5— $h=31$, $R=42$, $L=234$; 6— $h=31$, $R=65-54$, $L=293$.

центральных углов $120-100^\circ$. На концах заготовок (на дугах в $30-40^\circ$) деформации по внутреннему диаметру в среднем на $10-15\%$ меньше деформации средней части заготовки.

Аналогичное явление наблюдал П. Н. Хухрянский при гнутье полуободьев для крупных колес из древесины дуба [5]; в этом случае при гнутье (поперечном) происходит прессование древесины вдоль, а не поперек волокон, как в нашем случае.

Таким образом, при торцовом гнутье пластинок больших размеров заготовки имеют подковообразную форму; заготовки же из пластинок до 160 мм имеют форму правильных полуцилиндров.

У втулочек, склеенных из таких гнутых заготовок, внутренний слой будет иметь отдельные участки, степень прессования которых несколько ниже определяемой по формуле (1).

Поэтому и механические свойства древесины по внутренней окружности будут тоже несколько различными: в местах склейки заготовок ниже, чем в средних частях.

Как показали наши последующие опыты, разницу деформации по длине гнутой заготовки можно уменьшить, применяя гнутье по шаблону; в таком случае заготовки для втулок принимают вид правильных полуполюцилиндров.

При гнутье в шинах иногда происходит образование трещин на внешней поверхности заготовок. Одной из причин образования этих трещин является смещение нейтральной оси в процессе гнутья.

Когда пластинка согнута, ее можно рассматривать как кривой стержень. Известно [1], что у кривого стержня нейтральная ось смещается к центру кривизны. В нашем случае нейтральная ось будет смещаться от границы стали с древесиной к центру, то есть в сторону древесины, и будет находиться на некотором расстоянии от внешнего слоя заготовки, в результате чего на внешней стороне ее появится деформация растяжения. Если сравнить результаты определения деформаций по внутренней окружности заготовки с данными, найденными по формуле (1), то оказывается, что вычисленные значения деформаций выше, чем определенные опытным путем. Например, для кривой 1 (рис. 2) опытное значение максимальной деформации $\varepsilon = 60\%$, а расчетное $\varepsilon = 67\%$; это может служить подтверждением смещения нейтральной оси в сторону сжатого пояса.

Избежать образования трещин можно путем предварительного натяга, или иначе, осевой подпрессовкой изгибаемой пластинки. Предварительное прессование, как показали опыты П. Н. Житкова и Б. И. Огаркова [2], дает возможность полностью избежать образования трещин в наружном поясе пластинки при торцовом гнутье.

Для гнутья пластинок необходимо приложить определенный изгибающий момент. Чем длиннее и толще изгибаемая пластинка, тем больше должен быть приложенный изгибающий момент.

Известно, что при изгибе момент внутренних сил равен моменту внешних сил, то есть

$$M_{\text{внутр}} = M_{\text{внешн.}}$$

В свою очередь

$$M_{\text{внутр}} = M_{\text{внутр}}^{\text{д}} + M_{\text{внутр}}^{\text{ш}}$$

где $M_{\text{внутр}}^{\text{д}}$ — момент внутренних сил для древесины;

$M_{\text{внутр}}^{\text{ш}}$ — момент внутренних сил для шины.

Так как нейтральная ось проходит на границе между шиной и древесиной, а толщина шины равна примерно 1 мм, то $M_{\text{внутр}}^{\text{ш}}$ можно пренебречь вследствие малых размеров плеча ($l = 0,05$ см). Тогда

$$M_{\text{внешн.}} = M_{\text{внутр}}^{\text{д}} = M.$$

Для вычисления изгибающего момента M исходили из условия неравномерного сжатия распаренной древесины поперек волокон. У поверхностного слоя, прилегающего к нейтральной оси, деформация и нормальные напряжения равны нулю. На внутренней поверхности заготовки деформация и напряжения достигают наибольшего значения.

Между относительной деформацией и напряжением при сжатии поперек волокон в радиальном и тангентальном направлениях для рас-

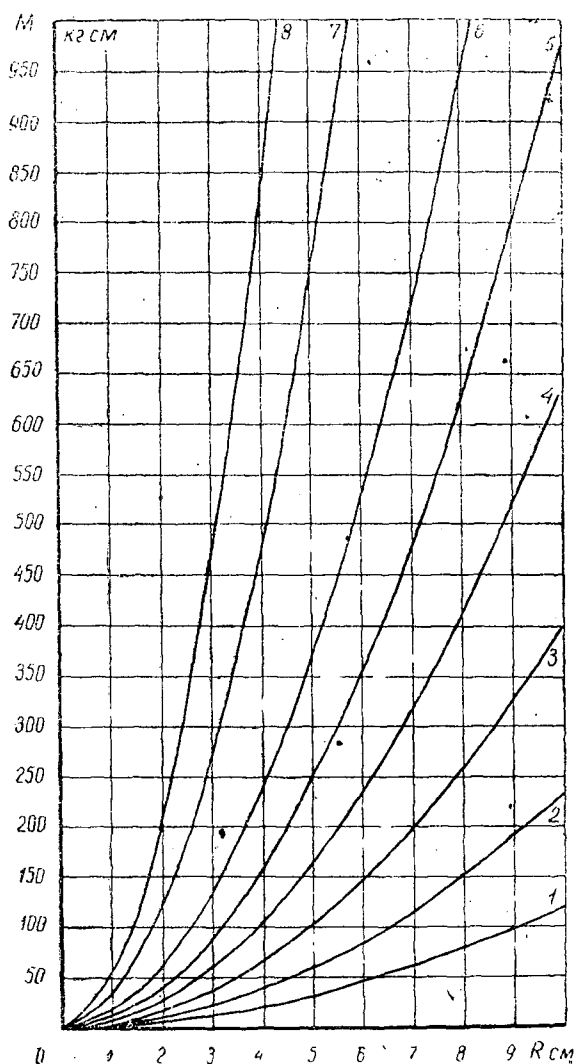


Рис. 3. Зависимость изгибающего момента M (кг см) от R при $h = \text{const}$.

1- $h=0,3R$; 2- $h=0,4R$; 3- $h=0,5R$; 4- $h=0,6R$; 5- $h=0,7R$; 6- $h=0,8R$; 7- $h=R$; 8- $h=1,2R$.

паренной древесины нами ранее [4] была найдена зависимость, которая (при сжатии в радиальном направлении) выражается уравнением:

$$\sigma = 380\varepsilon - 1760\varepsilon^2 + 3040\varepsilon^3, \text{ кг/см}^2 \quad (3)$$

Если через σ_z обозначить напряжение в любом слое z и проинтегрировать выражение момента по z , тогда после преобразования получим

$$M = \int_0^h \sigma_z \cdot z dz = 20 \left(6,34 - 22 \frac{h}{\rho} + 30,4 \frac{h^2}{\rho^2} \right) \frac{h^3}{\rho}. \quad (4)$$

Потребный изгибающий момент для пластинки шириной B будет равен

$$M = 20 \cdot B \left(6,34 - 22 \frac{h}{\rho} + 30,4 \frac{h^2}{\rho^2} \right) \frac{h^3}{\rho}, \text{ кгсм}. \quad (4a)$$

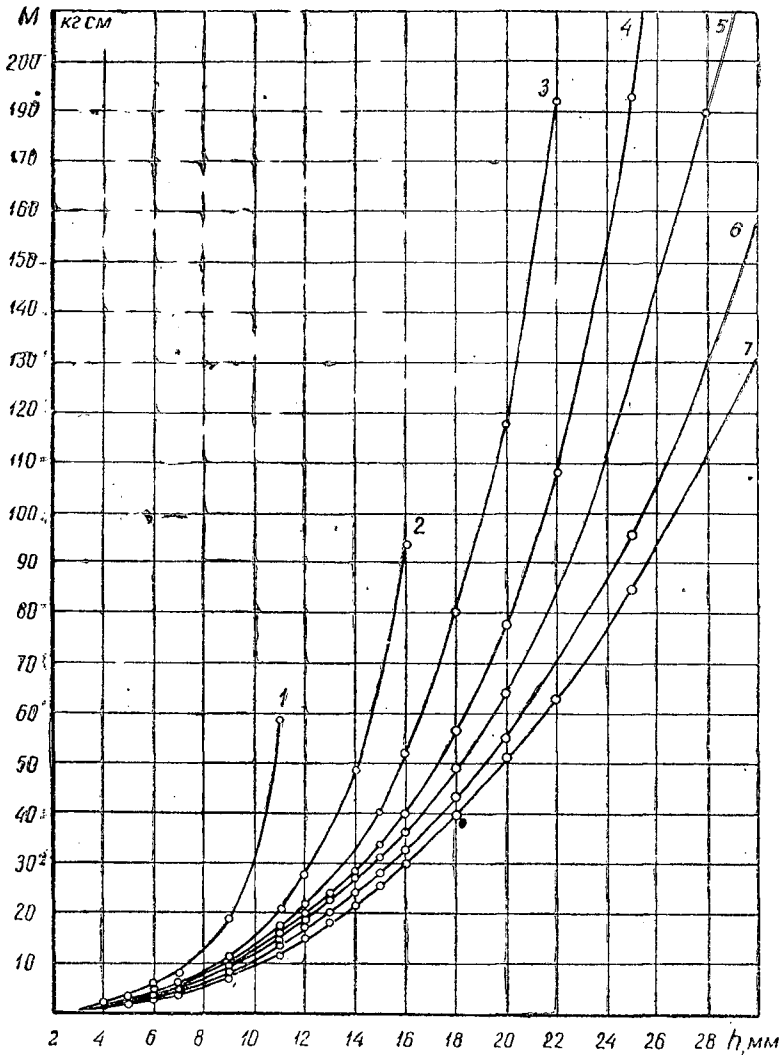


Рис. 4. Зависимость изгибающего момента M (кг см) от h при $\rho = \text{const}$.

1— $\rho=2$; 2— $\rho=3$; 3— $\rho=4$; 4— $\rho=5$; 5— $\rho=6$; 6— $\rho=8$; 7— $\rho=10$.

На рис. 3 представлены кривые зависимости изгибающего момента от внутреннего радиуса заготовки R при постоянной толщине пластинки, которую выражаем через R , то есть $h = kR$, где k — коэффициент пропорциональности.

Тогда уравнение потребного изгибающего момента можно записать:

$$M = 20B \frac{k^3}{1+k} \left(6,34 - 22 \frac{k}{1+k} + 30,4 \frac{k^2}{(1+k)^2} \right) R^2, \text{ кг см.} \quad (46)$$

При построении кривых принимаем ширину пластинки $B = 1$ см.

Так как для каждой кривой $k = \text{const}$, то уравнение (46) можно представить в виде

$$M = AR^2, \text{ кг см} \quad (4в)$$

где

$$A = 20 \frac{k^3}{1+k} \left(6,34 - 22 \frac{k}{1+k} + 30,4 \frac{k^2}{(1+k)^2} \right)$$

По данным кривым можно найти требующийся изгибающий момент для различных пластинок разной толщины и разного внутреннего радиуса.

На рис. 5 представлены кривые зависимости изгибающего момента от толщины изгибаемой пластинки h при постоянном внешнем радиусе заготовки ρ . По этим кривым также можно найти нужный изгибающий момент для различных пластинок разной толщины при различных внешних радиусах заготовок.

Зная необходимый изгибающий момент для гнутья пластинок, всегда можно найти силу P , которую следует приложить к рукояткам шины, чтобы получить заготовку нужных размеров.

$$P = \frac{M}{l + \rho}$$

где l — длина рукоятки шины.

Можно определить также мощность двигателя станка для гнутья. Для этого используем формулу расчета крутящего момента через мощность в л. с. и число оборотов за минуту [1].

$$M_k = 71620 \frac{N}{n}, \text{ кгсм.} \quad (5)$$

Известно [4], что скорость торцового гнутья пластинок толщиной 15—20 мм в 1 сек равна 100—150° или $n = 16,7 - 25$ об/мин.

Если M_k заменить через M и произвести расчет мощности двигателя станка по формуле (5), то получим:

$$N = \frac{20n}{71620} \left(6,34 - 22 \frac{h}{\rho} + 30,4 \frac{h^2}{\rho^2} \right) \frac{h^3}{\rho} B. \quad (6)$$

Мощность двигателя станка в случае $\rho = 100$ мм, $h = 30$ мм и $B = 150$ мм, рассчитанная по формуле (6), будет: $N = 0,7$ л. с. ≈ 520 вт.

Судя по незначительной потребной мощности, двигателя станков для торцового гнутья могут работать от осветительной электросети.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Беляев. Сопротивление материалов. М.-Л., 1959. [2]. П. Н. Житков, Б. И. Огарков. Прессованно-гнутая древесина и применение ее на производстве. «Деревообрабатывающая промышленность» № 10, 1958. [3]. Т. П. Хухрянская. Определение объемного веса и твердости древесины, гнутой по торцу. «Деревообрабатывающая промышленность» № 7, 1958. [4]. Т. П. Хухрянская. Деформация древесины березы и осины при сжатии поперек волокон. «Записки Воронежского СХИ»; т. XXVIII, вып. 2, Воронеж, 1959. [5]. П. Н. Хухрянский. Влияние гнутья на механические свойства древесины дуба. «Сельскохозяйственные машины» № 4, 1932. [6]. П. Н. Хухрянский. Прессование и гнутье древесины. Гослесбуиздат, М.-Л., 1956.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ОПТИМАЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ
ДЛЯ ПЛЕНЧАТОГО ДОМОВОГО ГРИБА**
(*Coniophora cerebella* Sch.)

В. Н. ПЕТРИ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

Д. А. БЕЛЕНКОВ

Ассистент

(Уральский лесотехнический институт)

Влажность древесины является одним из важнейших факторов, определяющих скорость разрушения ее пленчатым домовым грибом.

При исследовании влияния влажности на жизнедеятельность гриба возникает три основных вопроса: 1) при какой минимальной и максимальной влажности древесины может происходить поражение и разрушение ее грибом, 2) какая влажность древесины наиболее благоприятна для гриба и 3) способен ли гриб изменять влажность разрушаемой им древесины.

В данной работе приводятся результаты экспериментального определения влажности древесины, являющейся оптимальной для пленчатого домового гриба, и способности его регулировать влажность древесины в процессе гниения. Вопрос же о минимальной и максимальной влажности древесины, при которой пленчатый домовый гриб способен начать и производить ее разрушение, не затрагивается.

В настоящее время нет единого мнения, подкрепленного экспериментальными данными, об оптимальной влажности древесины для пленчатого домового гриба, хотя этому вопросу уделено значительное внимание в работах ряда исследователей [2], [3], [4], [5], [6].

Нами был поставлен следующий опыт.

Древесина заболони сосны при различной исходной влажности помещалась на культуры пленчатого домового гриба. Через равные промежутки времени (20 дней), в течение 80 дней определялись влажность и степень разрушения древесины (путем учета потерь веса) этим грибом.

Для выяснения возможных изменений влажности древесины вследствие влияния факторов, не связанных с действием пленчатого домового гриба (высокая влажность воздуха и среды в колбах, колебания температуры во время опыта), в колбы с теми же средами, но свободными от грибницы, помещались образцы древесины тоже с различной исходной влажностью.

Выбор различной исходной влажности древесины объясняется следующим: ранее мы наблюдали, что в конце опытов с пленчатым

домовым грибом влажность древесины устанавливали в довольно узком интервале (40—50%), независимо от первоначальной влажности. Мы предположили, что пленчатый домашний гриб способен активно изменять влажность в процессе своей жизнедеятельности, сохраняя ее на оптимальном для себя уровне.

Испытания были проведены по методике ВИАМ «дерево — опилки». Питательной средой являлись крупные сосновые опилки, сдобренные овсяной мукой (5% по весу) и увлажненные до 300%. Образцы древесины, изготовленные из заболони сосны, имели размер $15 \times 15 \times 20$ мм (большой размер вдоль волокон). Образцы простерилизованы в сушильном шкафу при температуре $100 \pm 2^\circ \text{C}$ в течение 40 мин, выдержаны в комнатных условиях в течение одного месяца и взвешены. Абсолютно сухой вес древесины был определен путем пересчета по влажности части образцов, равномерно распределенных по длине рейки.

Половина опытных образцов после стерилизации пропитывалась дистиллированной водой при разрежении с остаточным давлением 17—21 мм рт. ст. в течение 20 мин и вновь взвешивалась для определения абсолютной влажности древесины.

Опытные образцы древесины устанавливались на чистые среды (без гриба) и культуры гриба. Во избежание увлажнения капельно-жидкой влагой из среды и культур, образцы прикреплялись стальными иголками к стерильным деревянным подкладкам таким образом, чтобы между подкладкой и образцом оставался зазор в 1,5—2,0 мм. Опыты проводились в десяти повторностях.

В каждую колбу Эрленмейера (емкостью 1 л) с чистой средой или с культурой гриба устанавливалось по 8 образцов, причем половина из них были комнатно-сухими ($W_a = 7-10\%$), а половина сильно увлажненными дистиллированной водой ($W_a = 150-200\%$). Колбы были закрыты ватными пробками.

Опыты на чистых средах и культурах гриба были проведены на образцах из разных деек, поэтому влажность пропитанной водой древесины оказалась различной, хотя условия пропитки были одинаковыми.

После съема образцов с культур гриба и чистых сред они быстро взвешивались и высушивались до постоянного веса.

По полученным результатам определялись влажность и степень разрушения древесины в каждый из испытанных сроков.

Изменение влажности древесины под действием пленчатого домашнего гриба и без него приведены в табл. 1. Здесь же приводятся данные математической обработки результатов опытов.

Из таблицы видно, что изменение влажности древесины на чистых средах и культурах пленчатого домашнего гриба происходит различно.

Комнатно-сухая древесина на чистых средах, влажность которых очень высокая (300%), быстро увлажняется до точки насыщения волокна и остается затем на протяжении всего опыта практически постоянной.

Сильно увлажненная древесина на чистых средах постепенно и равномерно высыхает, тоже достигая в конце опыта влажности при точке насыщения волокна.

Иначе происходит изменение влажности древесины, установленной на культуры гриба, то есть под влиянием гриба.

Комнатно-сухая и сильно увлажненная древесина одинаково быстро обрастает мицелием пленчатого домашнего гриба (полное обрастание образцов наблюдается на 5—7-й день испытаний).

Таблица 1

Условия опыта	Статистические показатели	Влажность древесины W_a , %				
		в начале опыта	через 20 дней	через 40 дней	через 60 дней	через 80 дней
Воздушно-сухая древесина на средах без гриба	\bar{x}	7,3	29,6	29,3	29,6	28,9
	σ	0,4	0,54	0,62	0,40	0,14
	v	6,0	1,82	2,11	1,35	0,48
Воздушно-сухая древесина на культурах гриба	\bar{x}	10,6	38,1	44,6	48,7	47,6
	σ	0,4	1,5	1,4	4,2	2,7
	v	4,0	3,9	3,0	8,6	5,7
Сильно увлажненная древесина на средах без гриба	\bar{x}	150,2	107,9	72,2	47,7	31,2
	σ	4,6	6,2	10,7	13,6	1,1
	v	3,0	5,8	14,8	28,5	3,5
Сильно увлажненная древесина на культурах гриба	\bar{x}	200,0	158,4	52,2	43,6	46,6
	σ	1,6	10,1	12,8	4,3	2,4
	v	0,8	6,4	24,5	9,9	5,1

Примечания: 1) \bar{x} — среднее значение влажности; σ — среднее квадратическое отклонение; v — коэффициент изменчивости. 2) Путем совместной статистической обработки данных 2, 3 и 4-го периодов, в случае комнатно-сухой древесины, и 3, 4-го периодов в случае сильно увлажненной древесины, определена оптимальная влажность древесины для пленчатого домового гриба, которая оказалась равной 46,3% при среднем квадратическом отклонении 3,56, ошибке среднего значения 0,5, коэффициенте изменчивости 7,67, числе наблюдений — 50.

Древесина, имеющая первоначальную влажность 7—10%, уже через 20 дней достигает влажности, близкой к 40%, и в дальнейшем на протяжении всего опыта сохраняет ее на одном уровне (44—48%). Это свидетельствует о наличии у пленчатого домового гриба способности регулировать влажность разрушаемой им древесины.

Очень сильно и своеобразное изменение влажности под влиянием пленчатого домового гриба наблюдается у древесины, находящейся первоначально в сильно увлажненном состоянии. В первые 20 дней уменьшение влажности древесины происходит с такой же скоростью, как и для древесины, установленной на чистые среды без гриба. Это свидетельствует о том, что в первое время на влажность древесины гриб не оказывает существенного влияния. Вероятно, изменение влажности древесины на культурах гриба и на чистых средах в данный период опыта происходит под влиянием одних и тех же причин.

Однако в дальнейшем ход изменения влажности древесины на культурах гриба резко отличается от изменения ее на чистых средах.

Между 20 и 40-м днем испытаний наблюдается исключительно энергичное понижение влажности, которое в три раза превосходит понижение влажности древесины, установленной на чистых средах без гриба.

Как это видно из табл. 1, через 40 дней влажность первоначально сильно увлажненной древесины уменьшается до 52,2%, а в дальнейшем устанавливается в том же интервале, который наблюдался для комнатно-сухой древесины, подверженной воздействию пленчатого домового гриба.

Таким образом, данные настоящего опыта убедительно показывают, что пленчатый домовый гриб способен активно изменять влажность разрушаемой им древесины, доводя ее, независимо от первоначальной влажности, до довольно узкого интервала в $46,3 \pm 3,56\%$. Это правило установлено для случаев, когда влажность воздуха, ок-

ружающего гниющую древесину, близка к 100%. Возможно, что при иной влажности воздуха результаты изменятся.

Разрушение древесины пленчатым домовым грибом происходит различно в зависимости от первоначальной влажности древесины (табл. 2).

Таблица 2

Условия опыта	Статистические показатели	Снижение веса, %			
		через 20 дней	через 40 дней	через 60 дней	через 80 дней
Воздушно-сухая древесина на культурах гриба	\bar{x}	8,53	18,22	23,06	24,41
	σ	2,41	2,34	5,29	3,75
	v	28,2	12,8	22,9	15,4
Сильно увлажненная древесина на культурах гриба	\bar{x}	1,59	13,76	17,46	22,59
	σ	1,37	3,28	3,74	2,97
	v	86,2	23,8	21,4	13,1

Комнатно-сухая древесина с самого начала опыта (после увлажнения до точки насыщения волокна) стала энергично разрушаться этим грибом. К концу опыта через 60 и 80 дней скорость разрушения заметно уменьшилась, что, надо полагать, связано со значительным разрушением древесины к этому времени.

Для сильно увлажненной древесины в первые 20 дней наблюдается крайне слабое и очень неравномерное разрушение. В этот период слабое разрушение объясняется трудностью внедрения гиф гриба внутрь древесины при очень высокой ее влажности.

В дальнейшем, после внедрения гиф гриба в древесину, начинается период наибольшего удаления из нее воды и происходит наиболее энергичное в течение всего опыта ее разрушение.

Совпадение наиболее энергичного разрушения древесины и наибольшего удаления из нее избыточной влаги не может быть случайным и может быть объяснено тем, что пленчатый домовый гриб, попадая в неблагоприятные, но не губительные для него условия, резко усиливает свою жизнедеятельность, энергично удаляя из древесины избыточную влагу и вызывая сильное ее разрушение.

В заключение можно сделать следующий вывод.

Очень резкое изменение влажности древесины под действием гриба, а также ее установление в одном интервале, независимо от первоначальной влажности, свидетельствует о том, что пленчатый домовый гриб способен регулировать влажность разрушаемой им древесины, устанавливая и сохраняя ее в оптимальном для себя интервале ($46,3 \pm 3,56\%$). Обладая этой способностью, пленчатый домовый гриб может поселиться на древесине с широким диапазоном исходной влажности и вызывать ее разрушение.

В. В. Миллер [1] установил, что в процессе гниения древесины может происходить ее самоувлажнение. Данные наших исследований хорошо согласуются с этим выводом. Они свидетельствуют также и о том, что влага, выделяющаяся в процессе гнилостного разрушения древесины, может при определенных условиях выбрасываться пленчатым домовым грибом в окружающую среду, вследствие чего исключается переувлажнение гниющей древесины (ее влажность поддерживается грибом на уровне, оптимальном для его разрушительной деятельности).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Миллер. Процесс гниения древесины как источник ее самоувлажнения. Гослестехиздат, М.-Л., 1932. [2]. М. С. Уткин. Вредители древесины из мира грибов и насекомых. Изд. военно-строительного управления УС РККА, М., 1927. [3]. C. Ferdinandsen og N. F. Buchwald. Nogle Undersogelser over Tommersvampe med saerligt Hensyn deres Fugtighedskrav. Dansk Skovforenings Tidsskrift, Hæfte 12, 1937. [4]. В. К. Флеров и С. А. Попов. Methode zur Untersuchung der Wirkung von antisceptischen Mitteln auf Holzerstörende Pilze. Angew. Bot., XV, 4, 1933. [5]. K. Lehmann und E. Scheible. Quantitative Untersuchungen über Holzerstörung durch Pilze. Aus dem Hygien Inst., Warburg, 1923. [6]. G. Theden., Untersuchungen über die Feuchtigkeitsansprüche der wichtigsten in Gebäuden auftretenden holzerstörenden Pilze., Angew. Bot., Band XXIII, 1941.

Поступила в редакцию
13 марта 1959 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ
МОЖЖЕВЕЛЬНИКА, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО
НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ****Н. Л. БУРДЭ**

Аспирант

В. Н. КОЗЛОВ

Профессор, доктор технических наук

(Институт химии Уральского филиала АН СССР)

В данной статье приведены результаты исследования химического состава можжевельника, произрастающего на Северном Урале.

Можжевельник обыкновенный, вследствие небольшой величины и медленного роста [1], оказался почти забытой лесной породой, хотя древесина его обладает многими ценными свойствами: стойкостью против гниения, гибкостью, легкостью и достаточной крепостью. Эта порода очень устойчива против неблагоприятных климатических и почвенных условий.

В. И. Шарков [3, стр. 364] показал, что можжевельник из Ленинградской области содержит целлюлозы 48,27%, пентозанов 15,45%, лигнина 21,72%. Э. И. Адамович [1], изучая возможности прижизненного использования леса на Урале, нашел, что в коре можжевельника содержится 0,25% эфирных масел и 8,5% твердой смолы. По Варлиху [1] древесина можжевельника содержит смолу и 0,6—0,8% эфирного масла.

Объектом нашего исследования послужил можжевельник, взятый из Верхотурского лесхоза Верхотурского района. Тип леса — сосняк черничниковый; состав: 7С2Б1Е + П, К, Лц; возраст 90 лет, полнота — 0,8, бонитет III; в подросте — К, Е, Ос, в подлеске — можжевельник, шиповник, волчье лыко, рябина.

Подготовка образцов и методика исследования описаны в предыдущей статье [2]*.

Результаты анализов изученных образцов представлены в табл. 1. из которой видно, что древесина ствола можжевельника содержит целлюлозы столько же, сколько основание ствола сосны в возрасте 120—130 лет, лигнина — больше, чем определено нами для других хвойных пород, произрастающих на Урале — сосны, ели и лиственницы.

По В. И. Шаркову [3, стр. 363] количество веществ, экстрагируемых эфиром, наибольшего значения достигает в древесине ствола мож-

* Заготовка образцов и составление их лесоводственной характеристики были произведены сотрудниками лаборатории лесоведения (руководитель — проф. Б. П. Колесников) института биологии Уральского филиала АН СССР.

Т а б л и ц а 1

Химический состав древесины можжевельника в % от веса абс. сухой древесины	Место взятия пробы	
	ствол	ветви
Целлюлоза по Кюршнеру	46,60	45,50
Пентозаны	11,21	12,59
Лигнин по Кёнигу	37,57	39,26
Вещества, экстрагируемые эфиром	3,127	3,068
горячей водой	2,983	2,588
Редуцирующие вещества легкогидролизуемые	14,56	9,919
трудногидролизуемые	56,96	56,03
Полнуроновые кислоты	1,431	2,728
Метоксильные группы	4,359	3,841
Зола	0,2655	0,5402

жевельника (6,3%). Можжевельник, растущий на Северном Урале, содержит 3,13% этих веществ.

По сравнению с уральскими сосной, елью и лиственницей, ствол можжевельника содержит наименьшее количество трудногидролизуемых редуцирующих веществ и веществ, растворимых в горячей воде, наибольшее — полиуроновых кислот и метоксильных групп.

По содержанию золы, легкогидролизуемых редуцирующих веществ, веществ, экстрагируемых эфиром, пентозанов и целлюлозы можжевельник занимает промежуточное положение между указанными хвойными породами.

Древесина ветвей содержит целлюлозы, веществ, экстрагируемых эфиром и горячей водой, легко- и трудногидролизуемых редуцирующих веществ и метоксильных групп — меньше, а пентозанов, лигнина, полиуроновых кислот и золы — больше, чем древесина ствола.

Выводы

1. Изучен химический состав древесины ствола и ветвей можжевельника, растущего на Северном Урале.

2. Показано, что по значениям содержания целлюлозы и пентозанов, а также веществ, экстрагируемых эфиром, и золы можжевельник занимает промежуточное положение между сосной, елью и лиственницей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Э. И. Адамович. Изучение возможностей прижизненного использования леса на Урале. Диссертация, Пермь, 1941. [2]. Н. Л. Бурдэ, В. Н. Козлов. К вопросу о химическом составе древесины некоторых хвойных пород Урала. Известия высших учебных заведений, «Лесной журнал» № 4, 1960. [3]. Н. И. Никитин. Химия древесины. Изд. АН СССР, М.-Л., 1951, стр. 363—364.

Поступила в редакцию
30 октября 1959 г.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ СМОЛЫ ИЗ СУЛЬФАТНОГО СКИПИДАРА-СЫРЦА

Г. Л. ДРАНИШНИКОВ

Доцент, кандидат химических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Сульфатный скипидар, являющийся побочным продуктом производства целлюлозы из древесины хвойных пород сульфатным (щелочным) способом, находит у нас пока очень ограниченное использование, хотя ресурсы его в стране увеличиваются в связи со значительным ростом производства сульфатной целлюлозы в текущем семилетии.

Считают, что при переработке сырья, содержащего не менее 75% сосновой древесины, выход скипидара-сырца составляет 10—15 кг на 1 т целлюлозы. Сульфатный скипидар получают путем конденсации парогазовой смеси при сдвухах в процессе варки целлюлозы.

По составу сульфатный скипидар, полученный при переработке преимущественно древесины сосны, стоит очень близко к сосновому живичному скипидару (терпентинному маслу), но содержит в виде примесей в небольших количествах различные органические летучие вещества: метиловый спирт, органические кислоты, низкомолекулярные сернистые органические соединения и др. Из-за присутствия органических сернистых соединений скипидар-сырец обладает чрезвычайно неприятным запахом и без предварительной тщательной очистки не может быть использован в тех же направлениях, что и живичный скипидар.

Предложен ряд способов очистки сульфатного скипидара. Однако и очищенный, он, вероятно, не найдет большого спроса внутри страны, так как потребность в высококачественном скипидаре в основном обеспечивается за счет продукции канифольно-скипидарного производства, которое также имеет тенденцию к дальнейшему значительному развитию. Таким образом, вопрос рационального использования сульфатного скипидара приобретает важное значение.

Известно, что скипидары и индивидуальные терпены легко окисляются (самоокисляются) кислородом воздуха. Самоокисление сопровождается полимеризацией, что выражается внешне в постепенном превращении первоначально жидких продуктов в вязкие смолообразные и, наконец, в твердые продукты. Процесс самоокисления скипидаров давно используется в производстве олифы, флотореагентов. В последние годы этот процесс использован при производстве окситерпеновой смолы, идущей для изготовления высококачественных нитроцеллюлозных (терпеноколлоксилиновых) мебельных лаков из побочных продуктов производства синтетической камфары [2], [6], [7], [9].

Мы использовали процесс самоокисления скипидара для получения твердых смол.

Необходимым условием получения этих смол с высокими выходами является предварительная термическая изомеризация скипидара-сырца.

Сущность способа получения твердых смол состоит в окислении воздухом предварительно подготовленного (изомеризованного) скипидара-сырца, отгонке с паром летучих из окисленного изомеризата и уваривания остатка в вакууме.

Среди известных терпеновых углеводов наиболее легко окисляется кислородом воздуха алифатический углеводород аллооцимен (2,6 диметиллоктатриен 2, 4, 6), окисление которого изучалось рядом исследователей [1], [4], [8].

Как впервые показал Б. А. Арбузов [1], аллооцимен образуется с хорошим выходом при термической изомеризации α -пинена в контролируемых условиях.

В. М. Никитин и автор [4], [8] установили, что для получения аллооцимена с хорошим выходом можно использовать непосредственно живичный скипидар без предварительного выделения из него α -пинена.

Изомеризация скипидара увеличивает его реакционную способность в реакции самоокисления. Изомеризованный скипидар (изомеризат) окисляется воздухом значительно быстрее и глубже, что обусловлено присутствием в нем аллооцимена в количестве 25—30%. В молекуле аллооцимена имеется редко встречающаяся система трех сопряженных двойных связей, что определяет его высокую химическую активность.

Вероятно, аллооцимен не только сам легко окисляется, но и ускоряет (активирует) окисление других терпенов, входящих в состав изомеризованного скипидара.

Как уже отмечено, сульфатный скипидар из сосновой древесины по составу очень близок к сосновому живичному скипидару, и были все основания полагать, что путем термической изомеризации можно значительно повысить реакционную способность сульфатного скипидара в процессе самоокисления. Это было подтверждено экспериментально: выход твердой смолы с одинаковыми показателями из предварительного изомеризованного скипидара оказался примерно в два раза больше, чем из исходного скипидара-сырца.

При получении твердых смол из сульфатного скипидара нет необходимости в предварительной очистке его от дурнопахнущих примесей, так как эти примеси легко удаляются полностью на первой стадии получения смол — при окислении изомеризованного скипидара.

Твердые смолы из сульфатного скипидара-сырца, полученные описанным ниже способом, по своим физико-механическим свойствам очень напоминают абиетиновую смолу, получаемую из еловой серки и окисленной канифоли, но выгодно отличаются от абиетиновой смолы низким кислотным числом, меньшей ненасыщенностью, нерастворимостью в нефтяных углеводородах при более простом способе получения, доступности и недефицитности сырья.

Как показали исследования, твердые смолы из сульфатного скипидара могут быть с большим эффектом использованы взамен абиетиновой смолы в производстве высококачественных нитролаков для отделки древесины.

Испытания, проведенные под руководством Э. Г. Лазарянца в Научно-исследовательском институте мономеров, показали, что твердые смолы, а также смолы жидкие, полученные в остатке от перегонки с па-

ром окисленного изомеризата, являются хорошими пластификаторами резиновых смесей и могут быть использованы наряду с такими мягчителями, как сосновая смола и рубракс.

Предварительные данные позволяют полагать, что эти смолы могут также найти применение при производстве некоторых композиционных пластмасс и в других направлениях.

Таким образом, организация производства синтетических смол из сульфатного скипидара может явиться весьма эффективным путем его рационального химического использования.

Экспериментальная часть *

Для опытов был использован скипидар-сырец сульфатно-целлюлозного завода Соломбальского бумажно-деревообрабатывающего комбината. Во время отбора скипидара завод работал на сырье, содержащем около 80% древесины сосны и около 20% ели.

Скипидар-сырец имел желтый цвет и очень неприятный запах, присущий меркаптанам. При хранении в стеклянной бутылки со временем на дно выпадал небольшой осадок смолы темно-коричневого цвета.

Константы скипидара: начало кипения (760 мм рт. ст.) 151°; до 170° отгоняется 88% по объему; n_D^{20} 1,4694; d_4^{20} 0,861; $[\alpha]_D^{20} + 6,47$; кислотное число (в мг КОН на 1 г смолы [7]) — 0,141; содержание сернистых соединений, связываемых сулемой (г ртутного соединения на 100 мл скипидара) — 1,233.

1. *Изомеризация скипидара-сырца.* Установка для изомеризации состояла из кварцевой трубки длиной 100 см и внутренним диаметром 2,1 см, помещенной в наклонно поставленную трубчатую электропечь. Полезный объем реакционного пространства трубки был около 160 см³. Трубка ничем не заполнялась. Передний конец ее соединялся со стеклянной бюреткой, через которую подавался скипидар. Задний конец трубки был соединен герметически с приемником изомеризата, имеющим отвод в вытяжной шкаф.

Цель изомеризации скипидара — превратить возможно большую часть содержащегося в нем α -пинена в аллооцимен. Это достигается подбором соответствующих условий (скорости и температуры) изомеризации.

Из всех терпенов, входящих в состав изомеризата, наибольший коэффициент рефракции (1,5450) имеет аллооцимен и, следовательно, подбор скорости изомеризации сводится к получению изомеризата с возможно более высоким коэффициентом рефракции.

При температуре 380—390° оптимальная скорость подачи скипидара на нашей установке составляла 1,6—1,7 мл в минуту.

Изомеризованный скипидар по внешнему виду и запаху не отличается от исходного скипидара-сырца. Константы изомеризата: n_D^{20} 1,488—1,490; d_4^{20} 0,840; $[\alpha]_D^{20}$ 0°.

2. *Окисление изомеризата.* Первые опыты окисления проводили в окислительных реакторах, которые представляют собой вертикально стоящие стеклянные цилиндрические сосуды высотой 77 см и внутренним диаметром 4,2 см. В нижней части реактора впаяна стеклянная пористая пластинка (барбсгер).

Реактор оборудован наружным электрообогревом, а температура реакционной смеси измеряется термометром, помещенным внутри реактора.

* Выполнена при участии Л. А. Калининской и Ф. М. Макаренко.

Окисление производили воздухом, предварительно очищенным от пыли в фильтрах компрессора.

В дальнейшем окисление вели в металлических реакторах с насадкой из коротких отрезков стеклянной трубки.

Проведены две серии опытов окисления: при температурах 70—80° и 100—105°.

Окисление изомеризата при 70—80° дает продукт значительно менее интенсивно окрашенный, чем при 100—105°, однако при дальнейшей переработке получают смолы с одинаковыми свойствами. Окисление при 100—105° имеет преимущество, так как протекает значительно быстрее.

Было найдено, что при 100—105° окисление следует вести до получения продукта с n_D^{20} 1,500—1,505; d_4^{20} 1,00—1,02; вязкостью (вискозиметр ФЭ-36) — 25—35 секунд. На это обычно затрачивается около 24 часов.

Продукт окисления имеет обычно рубиновый цвет и приятный запах.

3. *Перегонка окисленного изомеризата с паром.* Опыты показали, что непосредственное уваривание окисленного изомеризата в вакууме с целью получения твердых смол затрудняется сильным вспениванием и перебросами вследствие бурного разложения перекисей терпенов уже при 90—100°. Устранить это возможно путем предварительной перегонки окисленного изомеризата с водяным паром при атмосферном давлении, что позволяет не только разрушить перекиси, но и удалить из продукта окисления летучие с паром соединения.

При перегонке с паром отгоняется около 25—30% масла светложелтого цвета с приятным запахом, имеющего следующие константы: n_D^{20} 1,479—1,480; d_4^{20} 0,880—0,890; кислотное число 2—3. Определение активного водорода по методу Чугаева — Церевитина в модификации Терентьева [6] показало, что масло содержит около 60% терпеновых спиртов в пересчете на $C_{10}H_{17}OH$.

Остаток от перегонки с паром окисленного изомеризата после отделения от воды и сушки в вакууме (70°; 60 мм рт. ст.), представляет собою очень густую смолу рубинового цвета с вязкостью (вискозиметр ФЭ-36) — 1680 сек при 50°, кислотным числом — 21 и йодным числом (по Маргшесу — в г йода на 100 г смолы [5]) — 90—100.

Выход такой смолы составляет 60—75% от окисленного изомеризата, то есть в два раза больше, чем из побочных продуктов производства камфары [2], [6], [7], [9].

4. *Получение твердых смол.* Получение твердых смол состоит в уваривании в вакууме остатка от перегонки с паром окисленного изомеризата.

При уваривании происходит удаление (отгонка) труднолетучих компонентов (терпеновые спирты, дитерпены) и дальнейшее уплотнение продуктов окислительной полимеризации и конденсации образовавшихся в процессе самоокисления терпенов.

Получение твердых смол (уваривание) осуществлялось на установке, состоящей из колбы Вюрца с боковым тубусом и низким отводом паров, присоединенной к прямому холодильнику с вакуум-приемником. Колба обогревалась воздушной баней с регулированием температуры. Температура при уваривании измерялась термометром, установленным в боковой тубус и погруженным в жидкость в колбе.

Уваривание продолжали до получения твердой смолы с заданной температурой размягчения.

Приводим один из опытов получения твердой смолы.

Взято 1708 г окисленного изомеризата (n_D^{20} 1,506; d_4^{20} 1,102).

При перегонке с паром отогнано 568 мл (490 г) масла или 28,6% от окисленного изомеризата.

Остаток от перегонки уваривали в вакууме сначала при 60° (12 мм рт. ст.) в течение 5 час, а затем при 190° (14—16 мм рт. ст.) — 17 час. При уваривании отогналось 276 мл (268 г) масла или 15,8% от окисленного изомеризата. После сушки над безводным сульфатом натрия масло имело следующие константы: n_D^{20} 1,4940; d_4^{20} 0,975. Кислотное число — 28,9. Содержание спиртов в перечете на $C_{10}H_{17}OH$ — 80%.

Полученная твердая смола имела в тонком слое темно-рубиновый цвет. Температура размягчения — 85° по ГОСТу для канифоли [10]. Кислотное число — 36.

5. *Химические и физико-механические свойства твердых смол.* Элементарный анализ показал, что смолы имеют состав $C_{10}H_{15}O$ или $C_{10}H_{16}O$. Они содержат 0,4—0,6% активного водорода, большая часть которого принадлежит спиртовым гидроксильным группам: содержание спиртовых гидроксидов составляет 7—12%.

Смолы имеют кислотные числа от 8 до 40, то есть в 2,5—12 раз ниже, чем у абетиновой смолы и еще ниже, чем у канифоли.

Степень ненасыщенности смол в 2—3 раза меньше, чем у канифоли: йодные числа смол составляют около 90—100.

Средний молекулярный вес их (по методу Раста) — 600—650.

Смолы хорошо растворимы в ацетатных растворителях (этилацетат, бутилацетат и др.), ацетоне, бензоле, дихлорэтано и т. п. Нерастворимы в кипящем петролейном эфире и бензине. В холодном этиловом спирте растворимы ограниченно, в кипящем — хорошо. При охлаждении горячей спиртовой раствора смолы с $t_{разм}$ 85° из него выпадает часть смолы (14—15%), совершенно нерастворимой в холодном спирте.

Нерастворимая часть смолы имеет высокую температуру размягчения — около 220° и средний молекулярный вес около 2400. Растворимая часть смолы, напротив, имеет низкую температуру размягчения — около 60° и средний молекулярный вес около 400. Таким образом, твердые смолы представляют собою смесь продуктов окислительной полимеризации и конденсации терпенов с различной степенью полимеризации и конденсации.

По основным константам твердые смолы стоят очень близко к абетиновой смоле из еловой серки, имея в виду, разумеется, отличия в химической природе (табл. 1).

Таблица 1

Смола	Температура размягчения (по Крамер-Сарнову), °С	Текучесть (по Макдейну)	Кислотное число	Нерастворимые в петролейном эфире, %	Механические примеси, %
№ 17	85	—	36	Нераств.	Нет
№ 29	82,5	360	7,5	"	"
№ 30	92	—	21,3	"	"
Абетиновая (ТУ-503-58)	90—100	320—600	Не более 100	Не менее 65—70	Не более 0,1

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что твердые смолы из сульфатного скипидара вполне заменят в ряде областей дорогую и довольно дефицитную абетиновую смолу.

Побочными продуктами при получении твердых смол являются масла, отделяемые при перегонке с паром окисленного изомеризата и уваривании твердой смолы. Эти масла, основными компонентами кото-

рых являются терпеновые спирты, после дополнительной подготовки (нейтрализации) несомненно найдут применение в качестве флотореагентов.

Выводы

1. Разработан простой способ получения твердых смол из сульфатного скипидара-сырца, не требующий никаких химикатов. Способ состоит в окислении воздухом предварительно изомеризованного скипидара-сырца с последующими перегонкой с паром и увариванием в вакууме продукта окисления.

2. Твердые смолы по основным физико-механическим показателям стоят очень близко к абетиновой смоле, отличаясь от последней значительно более низким кислотным числом и меньшей ненасыщенностью.

3. Смолы могут найти применение в производстве мебельных нитролаков взамен абетиновой смолы, а также в резиновой промышленности как мягчители.

4. Побочные продукты — масла — содержат от 60 до 80% терпеновых спиртов и могут быть использованы в качестве флотореагентов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. А. Арбузов. Исследования в области изомерных превращений бициклических терпеновых углеводородов и их окисей. Казань, 1936. [2]. Б. М. Буглай, А. Л. Пирятинский, Л. Л. Коршун. «Деревообрабатывающая и лесохимическая промышленность», 1, 3—5, 1954. [3]. Л. Гаттерман, Г. Виланд. Практические работы по органической химии, Госхимиздат, 1948. [4]. Г. Л. Дранишников. Диссертация, г. Архангельск, 1949. [5]. В. С. Киселев. Руководство к практическим занятиям по технологии пленкообразующих веществ. Госхимиздат, 1948. [6]. Л. Л. Коршун и С. А. Синочейкин. Производство окситерпеновой смолы. Научно-техническая информация ЦБТИ № 1—2, 74, 1960. [7]. В. А. Курдюмов. «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 3, 18, 1956. [8]. В. М. Никитин, ЖОХ, 17, 1947. [9]. А. Л. Пирятинский, Б. М. Буглай, Л. Л. Коршун и Г. А. Кан. Авторские свидетельства СССР № 88058, 1950 и № 10225, 1951. [10]. Сборник стандартов лесохимической продукции. Стандартоиз, 1950.

Поступила в редакцию
6 апреля 1960 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИМОЛА — ОТХОДА СУЛЬФИТНО-ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. Д. БОГОМОЛОВ

Доцент, кандидат технических наук

О. Ф. ГОРБУНОВА

Инженер

(Архангельский лесотехнический институт)

Важной народнохозяйственной задачей является комплексное использование отходов целлюлозно-бумажной промышленности, представляющих источник ряда ценных продуктов. Сюда относится, например, сульфитное масло, содержащееся в сдувочных конденсатах.

В состав продуктов сдувок входит сернистый газ, азот, пары воды, углекислота, уксусная и муравьиная кислоты, метиловый спирт, фурфурол, ацетон, а также терпены и их производные [1].

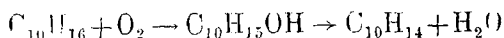
Терпеновая часть сдувок, состоящая из цимолы, неизменных терпенов, содержащихся в древесине, сесквитерпенов и дитерпенов, конденсируясь, собирается в регенерационных баках в виде слоя сульфитного масла, или сырого цимолы.

Все сульфитно-целлюлозные заводы осуществляют улавливание сернистого газа на регенерационных установках путем его поглощения сырой кислотой. Это является необходимым условием снижения расхода SO_2 , так как для интенсификации процесса варки в котел вводится значительно большее его количество, чем это требуется для реакции.

Использованию же органической части сдувок, и, в частности, отделению и очистке сульфитного масла предприятия в настоящее время не уделяют должного внимания.

Основным компонентом сульфитного масла является *n* — цимол (параметилизопропилбензол).

Процесс образования его из скипидара в условиях сульфитной варки изучен недостаточно. На основании того, что пинен в результате нагревания в течение 23 час при температуре 200° с 0,5% серы (по весу) дает около 50% цимолы; Каматзу, Накамура и Курато высказывали предположение, что в процессе сульфитной варки содержащиеся в древесине терпены под каталитическим воздействием свободной серы, всегда присутствующей в небольшом количестве в варочной кислоте, окисляются по схеме



Согласно другой гипотезе, пинен переходит в цимол под влиянием окисляющего действия бисульфитных ионов по схеме: пинен терпи-

неол → терпинен → цимол. Интересно, что образование цимола из скипидара происходит только в условиях сульфитной варки в присутствии щелы, и с выделенным скипидаром не идет.

Имеются указания, что цимола при сульфитной варке образуется тем больше, чем выше температура варки и крепость варочной кислоты.

В сульфитном масле цимол, составляющий основную массу (55—95%), загрязнен сернистыми соединениями.

Уилер и Гаррис [по 8] из остатка после отгонки *n*-цимольной фракции (в интервале 170—180°) елового скипидара выделили *l*-борнеол с точкой плавления 206°. Фракция, перегоняющаяся до 250°, была слегка правовращающей и имела удельный вес 0,952.

Сульфитное масло из древесины пихты сахалинской (*Abies Sachaliensis*) в основном состоит из *n*-цимола. Высококипящая фракция содержит сесквитерпеновую кислоту $C_{15}H_{24}O_3$, с точкой плавления 58° С, присутствующую в виде сложного эфира; среднекипящая часть, выделенная в пределах 117—118° (при остаточном давлении 6 мм рт. ст.) состояла из 1, 2, 3, 4-тетрагидрокадалина ($C_{15}H_{22}$) и имела следующие показатели:

$$d_4^{20} = 0,9306, \quad n_D^{20} = 1,5258, \quad [\alpha]_D^{25} = -5,4;$$

В. Н. Крестинский и Ф. Г. Солодкий [4], применяя типичные для *n*-цимола качественные реакции (образование *n*-изопропилбензойной кислоты с температурой плавления 155—158°) также подтвердили, что фракция сульфитного масла, отгоняемая при 170—180°, в основном состоит из чистого *n*-цимола.

Количество получаемого сульфитного масла зависит от первоначального содержания летучей части в смолистых веществах древесины, на которое в свою очередь влияет порода дерева, время рубки, продолжительность и способы ее хранения и т. п., а также метод улавливания и выделения масла.

На основании исследований отечественных ученых и практики сульфитно-целлюлозной промышленности [1], [3], [4], [5], [7], [9], можно считать, что выход сульфитного масла составляет 1—3,5 кг на тонну целлюлозы.

Для получения наибольших выходов следует соблюдать следующие условия: 1) отделять пары цимола из охлажденных сдувочных газов до смешения их с варочной кислотой; 2) производить глубокое охлаждение сдувочных паров для наиболее полной конденсации содержащегося в них цимола; 3) осуществлять сухие сдувки путем лучшего использования оттяжек и перепусков щелока в процессе варки; 4) применять более глубокое снижение давления в котле перед выдувкой с целью наиболее полной отгонки масла из варочного котла; 5) осуществлять раздельные сдувки, направляя бесцимольные фракции в регенерационную систему, а содержащие цимол — в конденсационную; 6) производить сдувки постепенно, для наиболее полного отделения цимола из парогазовой смеси.

Учитывая ценность цимола как сырья и то, что он загрязняет варочную кислоту, нами в 1958 году (по заданию Архангельского Совнархоза) была проделана работа по улавливанию сульфитного масла в условиях Архбумкомбината. Для варки сульфитной целлюлозы здесь применяется еловая древесина влажностью 39—45%. На одну варку в котел загружают 280 м³ щелы без уплотнения (около 103 пл. м³ древесины).

Крепость применяемой турмовой кислоты примерно 6,5%, считая на SO₂. На варку в котел подается около 190 м³ варочной жидкости, из них 60 м³ составляет перепускная жидкость из котла, в котором уже идет варка, а 130 м³ — свежая варочная кислота. Температуру содержи-

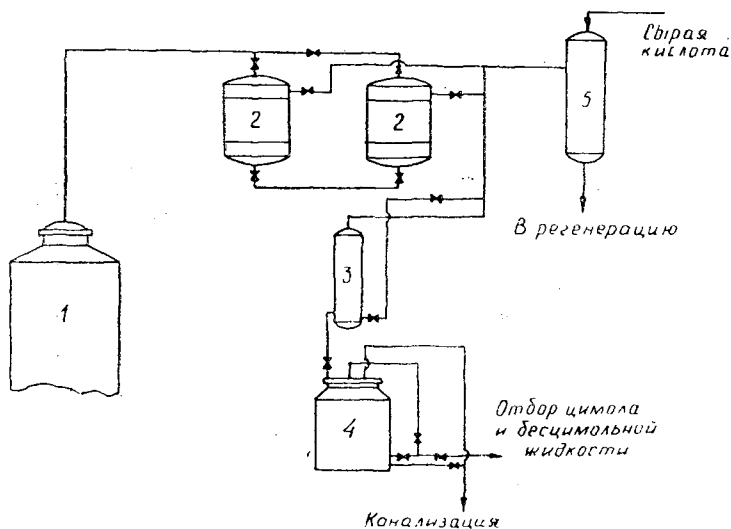


рис. 1.

мого котла поднимают острым паром до 110° и поддерживают некоторое время. Избыточная жидкость, образовавшаяся вследствие конденсации острого пара, отводится через боковую линию оттяжек в регенерационную цистерну. Затем температуру в котле поднимают до 145° , а давление до 6 атм. После окончания варки производят сдвuku (высокого давления 6—3,5—4 атм и низкого 4—2—2,5 атм), а затем выдувку котла. Сдувочные газы идут на регенерацию для укрепления сырой турмовой кислоты с получением варочной кислоты.

Для улавливания SO_2 применяется горячая регенерация, но с охлаждением сдувок низкого давления. Сдувки высокого давления из котла через эдуктор высокого давления поступают в цистерну высокого давления; сдувки низкого давления проходят теплообменник, затем эдуктор низкого давления, откуда вместе с сырой кислотой идут в цистерну низкого давления.

Непоглощенные газы из цистерн высокого и низкого давления идут на колонну Стиббенса и далее в кислотный цех.

Учитывая, что большая часть цимола (до 74%) уходит со сдувками низкого давления [8], отбор его производили по следующей схеме (рис. 1). Сдувки из котла 1 поступают в два спиральных теплообменника 2 с поверхностью охлаждения по 35 м^2 , включенных параллельно.

Сконденсировавшаяся часть паров идет в промежуточный сборник 3, а несконденсировавшиеся газы и пары уходят через верх холодильника на эдуктор 5. Через сборник 3 конденсат поступает в сборник конденсата 4 — бак, обмурованный кислотоупорными плитками, со стеклом для наблюдения за уровнем жидкости, воздушной линией и линией для спуска в канализацию.

В этот бак собирался конденсат, получившийся при охлаждении сдувок низкого давления и имевший температуру $50\text{--}60^{\circ}$, а иногда, при слишком форсированных сдувках — и выше (что указывает на недостаточное охлаждение). Высота слоя конденсата с каждой отдельной сдувки была замерена и составляла от 50 до 120 см ($1,5\text{--}3 \text{ м}^3$ жидкости). Сдувка производилась в течение 30—40 мин.

После наполнения бака конденсатом нижний слой — кислая вода

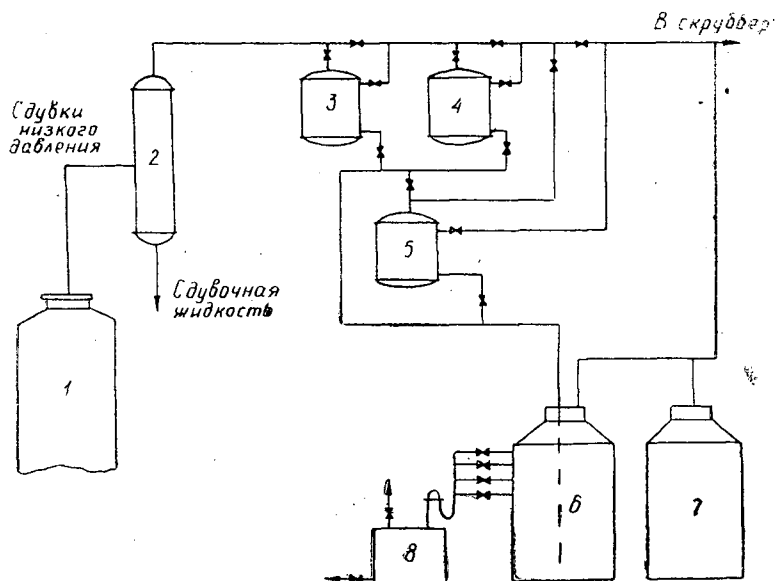


Рис. 2.

спускался в канализацию, а верхний слой — сульфитное масло — отбирался. Полученное масло имело темно-бурый цвет и резкий неприятный запах.

С помощью такой установки удалось отобрать цимол в большем количестве, чем непосредственно после холодильников, но все-таки замерить все количество цимол, получившееся в линии низкого давления, не удалось из-за недостаточной поверхности охлаждения холодильников (так как при 60° каждый кубометр парогазовой смеси уносит до 137 г цимол) и из-за недостаточной емкости сборника-отстойника. За сутки в варочном цехе производится сдувка 14 котлов, и если считать, что конденсата получится 3 м^3 с одного котла, то для 14 котлов это составит 42 м^3 ; следовательно, необходимая суточная емкость отстойного бака (считая коэффициент заполнения 0,8) составит 50 м^3 ; емкость же бака, который используется сейчас, равна всего лишь 6 м^3 .

Проведенные исследования показывают, что для более полного улавливания цимол, изображенную на рис. 1, следует видоизменить (см. рис. 2).

Сдувки низкого давления, начиная с $4-4,5 \text{ атм}$, направляются в сепарационную колонку 2, где сдувочные пары отделяются от сдувочной жидкости. Из сепарационной колонки пары поступают для охлаждения и конденсации в три спиральных теплообменника 3, 4, 5, которые можно переключить с параллельного соединения на последовательное. Проходя теплообменники и конденсируясь, пары образуют конденсат, в состав которого входит сырой цимол. Этот конденсат поступает в цимол-отстойник 6 емкостью 100 м^3 , где цимол отстаивается от бесцимольного конденсата. Цимол из отстойника самотеком переливается в сборник цимол 8, а кислый бесцимольный конденсат — в сборник бесцимольного конденсата 7, откуда его можно брать на регенерацию. (Вся аппаратура для улавливания цимол должна быть сделана из кислотоупорного материала).

Отобранные образцы сульфитного скипидара были проанализиро-

ваны. В сыром кислом сульфитном скипидаре содержание кислоты в пересчете на SO_2 составляло 6,7%. Результаты разгонки кислого сырого сульфитного масла приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ фракции	Пределы температур, °C	Выход фракций в % от количества загруженной древесины	Бромное число	n_D^{20}	Дополнительная характеристика фракций
1	169,5—173	14,8	5,3	1,4875	Кислая, через некоторое время потемнела
2	173—175,2	54,0		1,4885	Прозрачная, бесцветная
3	175—189,5	17,0	5,6*	1,4870	
4	Остаток	9,0			Черная клейкая масса

* Бромное число определялось для объединенных 2 и 3-й фракций.

Для дальнейших исследований сырое сульфитное масло нейтрализовали раствором соды или бикарбоната натрия; при этом устранялся резкий, удушающий запах, присущий сырому маслу. (Конец нейтрализации можно наблюдать по прекращению выделения пузырьков газа).

Нейтрализованный образец имел светло-коричневую окраску и следующую характеристику: $n_D^{20} = 1,4937$, $d_{20}^{20} = 0,882$, бромное число 20,0, число омыления 17,0, эфирное число 10,8, содержание эфиров 3,8%, содержание спиртов 9,7%. С водяным паром перегоняется 93,7% нейтрализованного образца. Температурные пределы перегонки образца характеризуются табл. 2.

Таблица 2

№ фракции	Пределы температур, °C	Выход фракций в % от количества загруженной древесины	n_D^{20}
1	145—176	23,0	1,4880
2	176—178	30,4	1,4890
3	178—195	24,7	1,4900
4	до 210	6,0	1,4990
5	Остаток	14,3	

Вакуумную фракционную разгонку образцов производили на лабораторной колонке в двадцать теоретических тарелок. Результаты разгонки приведены в табл. 3. Всего отогнано 84,76%; кубовый остаток составлял 7,9%, остальное — потери.

На основании физико-химических показателей, которые постоянны для участка 2—14 фракций, можно сказать, что образец почти на 73% состоял из чистого *n*-цимола. Первая и конечные фракции содержали значительное количество непредельных соединений, а при отборе фракции № 17 выделилось некоторое количество кристаллического бесцветного продукта с запахом камфары. Его температура плавления не определялась, но можно предположить, что это борнеол.

Очистку сырого цимолы производили двумя способами. 1) Нейтрализацией раствором соды или бикарбоната с дальнейшим фракционированием в вакууме (это наилучший способ, так как можно выделить

Таблица 3

№ фракции	Температурные пределы отгонки фракций, °С	Остаточное давление (мм) рт. ст.	Удельный вес при 20°С	n_D^{20}	Бромное число	Угол вращения	Выход фракций в % от количества загруженной древесины	Цвет
1	61,5—70	20	0,859	1,4835	28,0	0	1,85	Бесцветная
2	70	20	0,859	1,4893	3,28	0	4,85	"
3	70	20,5	0,859	1,4895	3,28	0	4,66	"
4	70	20	0,859	1,4900	1,6	0	7,15	"
5	69	19	0,859	1,4900	0,96	0	5,10	"
6	69	19	0,859	1,4900	0,96	0	5,17	"
7	68,5	18,5	0,859	1,4900	0,96	0	4,75	"
8	71	20	0,859	1,4900	0,96	0	4,75	"
9	71	21	0,859	1,4900	0,96	0	5,10	"
10	71	21	0,859	1,4900	0,96	0	5,17	"
11	70,5	20	0,859	1,4900	0,96	0	4,97	"
12	70	20	0,859	1,4900	0,96	0	5,65	"
13	70	20	0,859	1,4900	0,96	0	5,33	"
14	70	20	0,859	1,4900	1,12	0	5,40	"
15	67	18	0,860	1,4895	1,92	0	4,46	"
16	84,5	17	0,882	1,4860	17,6	-0,65	2,30	Желтоватый
17	88	7	0,945	1,4765	9,0	0	2,56	Желтый
18	113	6	0,950	1,4955	54,88	-1,5	2,77	Темно-желтый
19	133	6	0,963	1,5210	61,8	+1,83	2,77	Желтый

все продукты, содержащиеся в масле). Если производить разгонку при атмосферном давлении, то появляется резкий неприятный запах, и отогнанная фракция приобретает кислую реакцию. Вероятно при нагревании происходит разложение продукта с выделением сернистого газа, сероводорода и других сернистых соединений.

2) Нейтрализацией водным раствором щелочи (44 г щелочи на 1 кг цимола) без отделения водного слоя, с последующей перегонкой с паром. В этом случае от взятого количества сырого цимола отгонялось около 80% цимола, и очищенный продукт имел следующую характеристику: $n_D = 1,4890$, $d_{20}^{20} = 0,860$, бромное число 8,83, кислотное число 0,12. Этот способ весьма прост в технологическом отношении. Схема очистки цимола щелочью представлена на рис. 3.

Сырой цимол поступает в нейтрализатор 1, представляющий собой деревянный бак, снабженный мешалкой; туда же при перемешивании загружается рассчитанное количество щелочи. Нейтрализованный продукт загружают в перегонный куб 2, где происходит отгонка цимола. Отогнанный с паром цимол, пройдя ловушку 3 и холодильник 4, поступает во флорентину 5, где отделяется от воды. После этого цимол обезвоживается пропусканием через соляно-ватный фильтр и поступает в сборник товарного продукта.

Нами из сульфитного масла был получен образец цимола со следующей характеристикой:

Коэффициент рефракции	1,4885
Удельный вес	0,860
Кислотное число	0,15
Бромное число	4,2%
Пределы кипения	172—176° С

В этих пределах отогналось 97% образца, который был опробован как сырье для производства волокна «лавсан»; результаты были удовлетворительными.

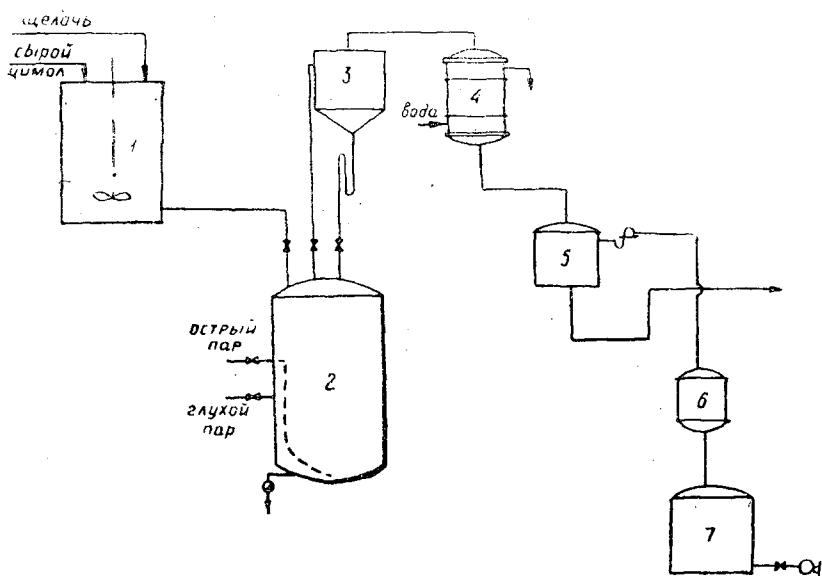


Рис. 3.

Учитывая расширение целлюлозно-бумажной промышленности к 1965 г., баланс сульфатного и сульфитного скипидара по основным целлюлозно-бумажным предприятиям Архангельского Совнархоза можно характеризовать данными, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Наименование комбината	Вид скипидара	Мощность по целлюлозе тыс. т к 1965 г.	Выход скипидара на тонну целлюлозы кг	Всего скипидара, т	Выход цимола %	Всего цимола, т
Соломбальский деревообрабатывающий	Сульфатный	300	10	3000	60	1800
Архбумкомбинат	Сульфитный	183	2,5	474	80	380
	Сульфатный	280	10	2800	60	1680
Котласский	Сульфитный	152	2,5	370	80	222
	Сульфатный	280	10	2800	60	1680

5762

При окислении цимола в терефталевую кислоту выход последней составляет 80% от теоретического, то есть из количества цимола, приведенного в табл. 4, терефталевой кислоты можно получить:

$$\frac{5762 \cdot 166 \cdot 0,8}{134} = 5710 \text{ т.}$$

Выход лавсана приблизительно эквивалентен количеству терефталевой кислоты.

Таким образом, можно считать, что целлюлозно-бумажные комбинаты Архангельского экономического района могут снабжать сырьем завод для получения искусственного волокна мощностью не менее 5000 т лавсана в год.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. А. Дружинин и Е. Н. Солдатов а. Рационализация сбора сульфитного масла. Сборник статей по отдельным вопросам целлюлозной и бумажной промышленности № 1—2, Госбумиздат, 1943, стр. 9. [2]. В. С. Каминский и К. В. Ходаков. «Бумажная промышленность» № 7, 1940. [3]. В. С. Каминский и М. Я. Гребнев. «Бумажная промышленность» № 10, 1940, стр. 15. [4]. Г. Н. Кондратовский. Материалы института бумаги, I (IX), 1933, стр. 60. [5]. И. А. Нагродский. «Бумажная промышленность» № 2, 1941, стр. 30. [6]. Ф. Т. Солодкий. «Лесохимическая промышленность» № 4, 1940, стр. 7; 8. [7]. Справочник бумажника-технолога, т. I, Гослесбумиздат, 1955; стр. 240; 241. [8]. Химия древесины, т. I. Редакторы-составители Луис Э. Уайз, Эдвин С. Джан. Перевод со второго американского издания под ред. Б. Д. Богомолова. Гослесбумиздат, М.-Л., 1959. [9]. К. В. Ходаков. «Бумажная промышленность» № 1, 1941; стр. 39.

Поступила в редакцию
29 февраля 1960 г.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ, ОБРАЗОВАННЫХ ФУРФУРОЛОМ С УКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ И ЕЕ ХЛОРПРОИЗВОДНЫМИ

И. М. БОХОВКИН

Доцент, кандидат химических наук

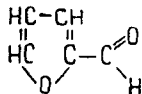
Е. О. ВИТМАН

Старший лаборант

(Архангельский лесотехнический институт)

В настоящее время фурфурол привлекает к себе все большее внимание исследователей в связи с применением его в производстве искусственных смол, органическом синтезе и в качестве растворителя [6], [7], [8].

Фурфурол имеет структурную формулу



и дает все характерные реакции на альдегидную группу; он может реагировать как ненасыщенное соединение и как замкнутый эфир.

В производстве искусственных смол используют способность фурфуrolа реагировать с фенолом, мочевиной и др. продуктами в присутствии кислот. Для выяснения влияния кислот на процесс образования искусственных смол нами предпринято исследование взаимодействия двойных систем.

В наших работах [1], [3], [4] было изучено взаимодействие фенола и мочевины с уксусной кислотой и ее хлорпроизводными. Был показан химизм реакций между этими компонентами и дано обоснование этих реакций с точки зрения наличия межмолекулярной водородной связи.

Представляло интерес изучить характер взаимодействия фурфуrolа с уксусной кислотой и ее хлорпроизводными.

Нами проводилось изучение плавкости, вязкости, поверхностного натяжения и удельной электропроводности системы. Методика работы описана ранее [2].

Исходные вещества подвергались очистке неоднократной перегонкой, а уксусная кислота — вымораживанием. После очистки вещества характеризовались константами, хорошо согласующимися с литератур-

ными данными. Для примера приводим сравнительные данные по плотности и поверхностному натяжению для уксусной кислоты и фурфурола (табл. 1).

Таблица 1

Вещества	Данные	d_4^{20}	σ^{20}
CH ₃ COOH	По справочнику химика, 1952 г.	1,049	27,8
	Наши	1,048	27,78
C ₅ H ₄ O ₂	По справочнику химика, 1952 г.	1,159	43,5
	Наши	1,160	43,6

Концентрация выражалась в молекулярных процентах, поверхностное натяжение в *дин/см*, вязкость в сантипуазах, удельная электропроводность в $ом^{-1} см^{-1}$.

Система *фурфурол-уксусная кислота*. Диаграмма плавкости, определенная визуально-политермическим методом, характеризуется наличием простой эвтектической точки (см. рис. 1) при 20% CH₃COOH и

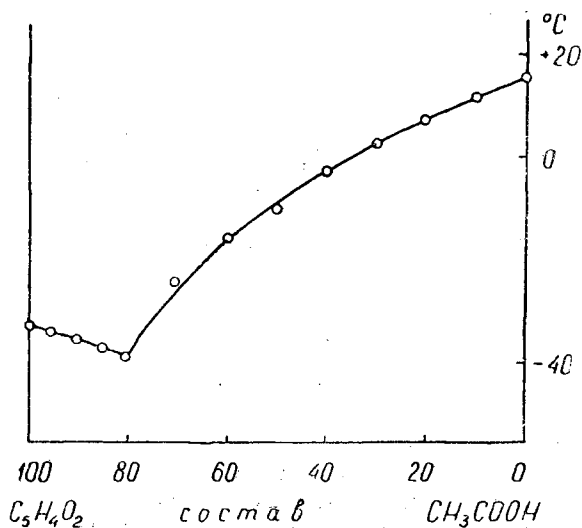


Рис. 1. Диаграмма плавкости системы фурфурол — уксусная кислота.

температуре — 41°С. Исследования жидкой фазы этой системы, произведенные путем определения вязкости и поверхностного натяжения при температурах 20, 30 и 40°С, также не подтвердили наличия взаимодействия между компонентами. Изотермы вязкости и поверхностного натяжения, представленные на рис. 2, плавно возрастают от уксусной кислоты к фурфуролу. Однако изотермы удельной электропроводности (см. также рис. 2) указывают на некоторое взаимодействие между компонентами в жидкой фазе.

Система *фурфурол-монохлоруксусная кислота*. Диаграмма плавкости представлена на рис. 3. В системе установлено incongruentное плавление соединения состава CH₂ClCOOH · C₅H₄O₂. Первая эвтектическая точка соответствует 8 мол % CH₂ClCOOH и температуре — 38°С, вторая — 35 мол % фурфурола и температуре — 5°. Изотермы поверх-

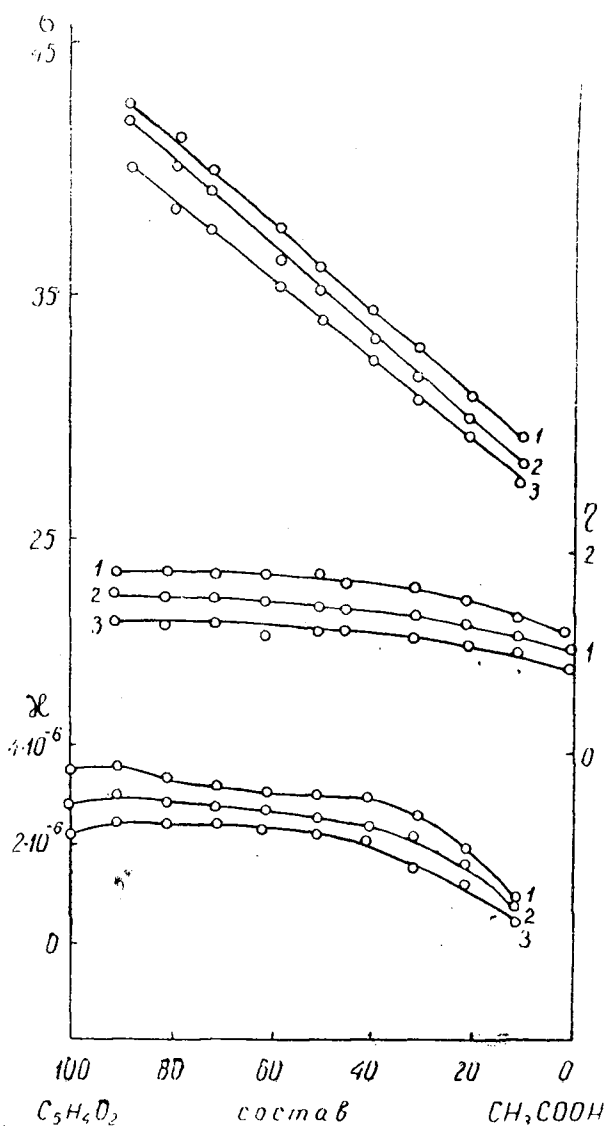


Рис. 2. Вязкость η , удельная электропроводность κ и поверхностное натяжение в системе фурфурол — уксусная кислота.

1 — при 20°C; 2 — при 30°C; 3 — при 40°C.

ностного натяжения, представляющие собой кривые с максимумом, указывают на существование соединения и в жидкой гомогенной среде. С повышением температуры происходит сглаживание максимума, указывающее на сильную диссоциацию соединения.

Изотермы вязкости возрастают от фурфурола к монохлоруксусной кислоте и при соотношении компонентов 1 : 1 имеют небольшой максимум, отражающий процесс химического взаимодействия между этими компонентами в гомогенной расплавленной среде. Изотермы удельной электропроводности в системе фурфурол — монохлоруксусная кислота имеют максимум, соответствующий соединению $CH_2ClCOOH \cdot C_5H_4O_2$.

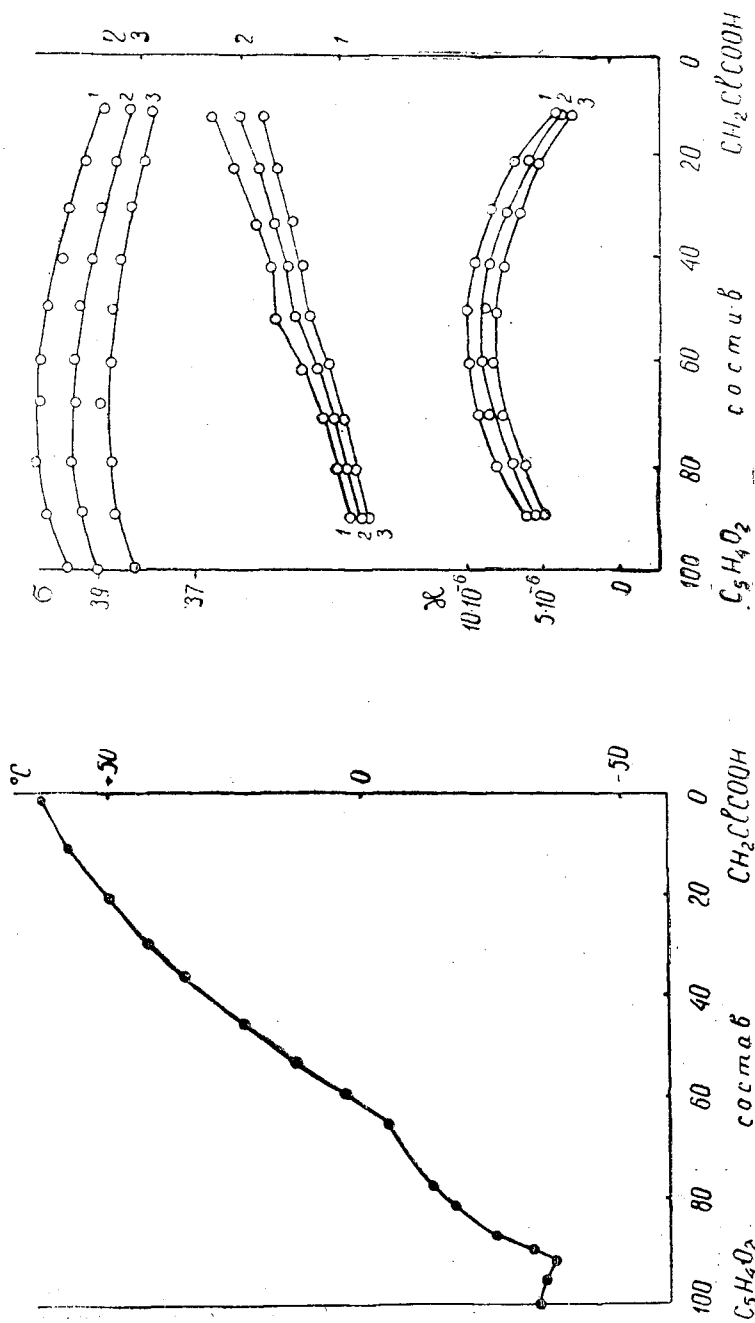


Рис. 4. Вязкость η , удельная электропроводность χ и поверхностное натяжение в системе фурфурол — монохлоруксусная кислота.
1 — при 60°C; 2 — при 65°C; 3 — при 70°C.

Рис. 3. Диаграмма плавления системы фурфурол — монохлоруксусная кислота.

Экспериментальные данные по определению вязкости, поверхностного натяжения и удельной электропроводности при температурах 60—65 и 70° представлены на рис. 4.

Система *фурфурол — трихлоруксусная кислота*. Диаграмма плавокости представлена на рис. 5. В системе установлено соединение состава $\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot \text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$. Первая эвтектическая точка соответствует 15 мол % трихлоруксусной кислоты и температуре — 42°, вторая — 60 мол % трихлоруксусной кислоты и температуре 0°.

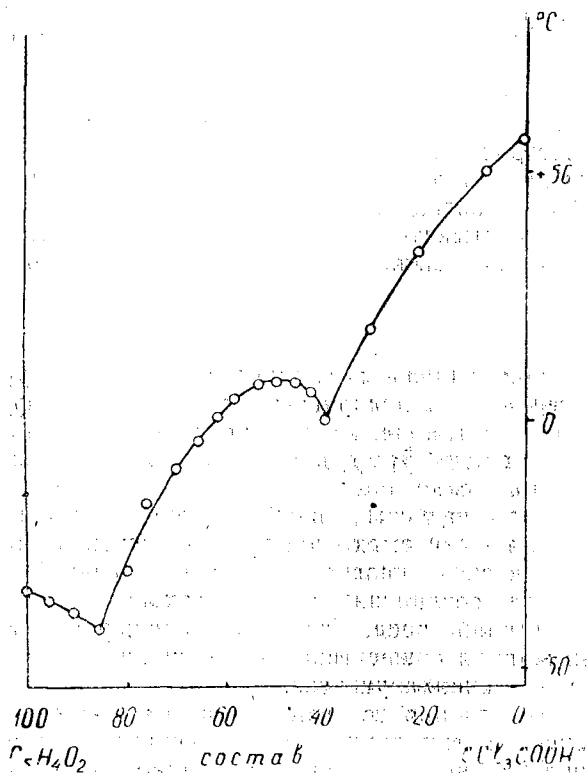
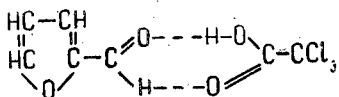


Рис. 5. Диаграмма плавокости системы фурфурол — трихлоруксусная кислота.

Исследовать такую фазу методом вязкости, поверхностного натяжения и удельной электропроводности не представлялось возможным, так как при этом происходит явно заметный процесс разложения образовавшегося соединения в гомогенной расплавленной среде.

Таким образом, изучение бинарных систем фурфурол — уксусная кислота, фурфурол — монохлоруксусная кислота и фурфурол — трихлоруксусная кислота показало наличие химического взаимодействия между компонентами как в жидкой гомогенной среде, так и на границе двух фаз. При этом подмечено, что с увеличением количества хлора в радикале уксусной кислоты процесс взаимодействия между компонентами становится все более заметным. Это является результатом все более усиливающегося процесса диссоциации кислот с отщеплением иона водорода, который, по-видимому, и играет главную роль при взаимодействии компонентов. Полагая, что указанные соединения образуются по типу водородной связи, строение их считаем возможным представить следующей схемой



При этом мы исходим из расположения молекул таким образом, чтобы можно было осуществить образование наибольшего возможного числа водородных связей и чтобы водородная связь была по возможности прямолинейной [5].

Вследствие небольшой энергии межмолекулярная водородная связь особенно чувствительна к тепловому движению; следовательно, ее значение в кристаллах всегда должно быть выше, чем в жидкой фазе. Поэтому в нашем случае соединения, образованные по типу водородной связи, выявились значительно рельефнее на диаграммах плавкости, нежели на изотермах вязкости, поверхностного натяжения и удельной электропроводности. При использовании кислот в качестве конденсирующих средств при производстве искусственных смол на основе фурфурола необходимо учитывать особенности взаимодействия органических кислот с фурфуролом, выявленные в настоящем исследовании.

Выводы

1. Исследованы диаграммы плавкости систем фурфурол — уксусная кислота, фурфурол — монохлоруксусная кислота и фурфурол — трихлоруксусная кислота. Установлено существование в твердой фазе соединений состава 1 : 1 между фурфуролом и монохлоруксусной, фурфуролом и трихлоруксусной кислотами.

2. Исследованы вязкость, поверхностное натяжение и удельная электропроводность в системах фурфурол — уксусная кислота и фурфурол — монохлоруксусная кислота. Изотермы удельной электропроводности показали, что соединения 1 : 1 существуют в обеих системах в расплавленной гомогенной среде. Изотермы поверхностного натяжения и вязкости указывают на существование соединения в жидкой фазе в системе фурфурол — монохлоруксусная кислота.

3. Показано, что процесс взаимодействия между фурфуролом и кислотами моно- и трихлоруксусной становится более заметным по мере увеличения количества хлора в радикале уксусной кислоты.

4. Дана попытка объяснить характер связи между фурфуролом и карбоновыми кислотами и представить ее как связь водородную.

5. Приведена схема образования соединений между фурфуролом и карбоновыми кислотами. В ней учтена прямолинейность водородной связи и расположение молекул с таким расчетом, чтобы осуществить образование наибольшего возможного числа водородных связей.

ЛИТЕРАТУРА

- И. М. Боховкин, Ю. И. Боховкина. Труды АЛТИ, 15, 145, 1955.
 [2] И. М. Боховкин, Ю. И. Боховкина. ЖОХ, 26, 1315, 1956. [3] И. М. Боховкин, Е. Г. Веселкова. ЖОХ, 28, 819, 1958. [4] Ю. И. Боховкина, И. М. Боховкин. ЖОХ, 26, 1062, 1956. [5] Р. Жонэн. ЖУХ, 28, 605, 1959.
 [6] В. И. Лусткова. ЖУХ, 23, 821, 1954. [7] Г. С. Петров. Искусственные смолы и пластмассы, ОНТИ, 1937. [8] Н. М. Четвериков и А. И. Лазарев. Фурфурол и его производство. Снабтехиздат. М., 1933.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ПОСТАВА, КОЛИЧЕСТВА ПАР ДОСОК В ПОСТАВЕ И ШИРИНЫ ПРОПИЛА НА ПОЛЕЗНЫЙ ВЫХОД ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСПИЛОВКЕ БРЕВЕН ВРАЗВАЛ

Н. А. БАТИН

Доцент

(Белорусский лесотехнический институт)

Учитывая спецификационные требования на пилопродукцию, распиловку бревен ведут по различным поставам.

Поэтому исследование поставленного в заголовке статьи вопроса имеет большое практическое значение.

При изучении влияния исследуемых факторов на выход пиломатериалов необходимо указать на возможность составления таких поставов, которые обеспечивают наибольший выход при данном количестве пар досок и заданной ширине постава. Для составления таких поставов нами построены графики, один из которых представлен на рис. 1.

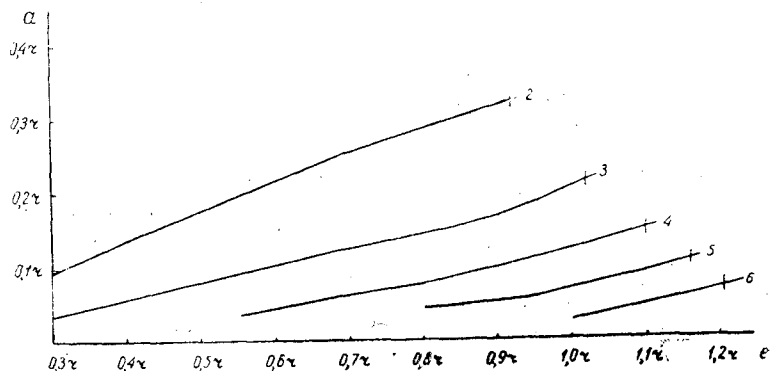


Рис. 1. График толщины досок при коэффициенте сбега $\frac{D}{d} = 1,3$ и ширине пропила $S = 0,03r$ (2, 3, 4, 5 и 6 — номера досок в поставе от центра бревна к периферии).

Графики построены для $\frac{D}{d} = 1,1; 1,2; 1,3; 1,4$ при ширине пропила $S = 0,01r; 0,02r; 0,03r; 0,04r; 0,05r$ на основании теоретических положений, изложенных в работе автора*. На оси абсцисс отложены расстояния от центра торца бревна до внешней

* Н. А. Б а т и н. Графики для составления поставов. «Лесинженерное дело» № 4, 1958.

пласти выпиливаемой доски e , а на оси ординат — толщина досок a . Значения e и a даются в долях радиуса вершинного торца бревна d .

Каждый график имеет ряд кривых с отметками 2, 3, 4 и т. д. Отметка кривой соответствует порядковому номеру выпиливаемой доски от центра к периферии, а сама кривая отражает изменение толщины этой доски a в зависимости от расстояния внешней пласти ее от центра торца бревна e .

Поставленные вертикальные ограничительные линии на каждой кривой указывают предельную ширину постава для данного количества пар досок, обеспечивающую наибольший объемный выход пиломатериалов. На каждом графике указаны коэффициент

сбега $\frac{D}{d}$ и ширина пропила S .

Пользуясь графиками, можно для заданных условий составить постав, который будет иметь свой наибольший объемный выход.

Пример. Требуется составить постав из трех пар досок, если: $\frac{D}{d} = 1,3$; $S = 0,03r = 0,015d$ и ширина постава $E = 2e_3 = 1,0d$.

При составлении постава пользуемся графиком для $\frac{D}{d} = 1,3$; $S = 0,03r$ (рис. 1).

В соответствии с указанными выше замечаниями номеруем доски от центра к периферии (рис. 2), а последовательность определения их толщины будет от периферии к центру.

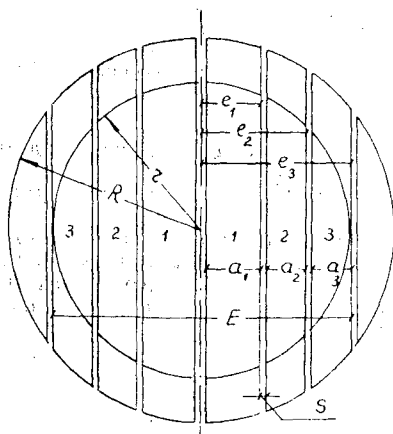


Рис. 2. Схема постава на распиловку вразвал.

Определяем толщину боковой доски 3 по кривой, имеющей отметку 3.

Расстояние внешней пласти этой доски от центра торца бревна, как это вытекает из условия примера, будет

$$e_3 = \frac{1,0d}{2} = 1,0r.$$

На оси абсцисс находим точку, соответствующую $e_3 = 1,0r$, и от этой точки идем вверх по вертикали до пересечения с кривой 3. Точку пересечения сносим на ось ординат и находим, что $a_3 = 0,2r$. Теперь переходим к определению толщины боковой доски 2 по кривой, имеющей отметку 2.

Расстояние внешней пласти этой доски от центра торца бревна (рис. 2) будет

$$e_2 = e_3 - (a_3 + S) = 1,0r - (0,20r + 0,03r) = 0,77r.$$

На оси абсцисс находим точку, соответствующую $e_2 = 0,77r$, и от этой точки идем вверх по вертикали до пересечения с кривой 2. Точку пересечения сносим на ось ординат и находим, что $a_2 = 0,27r$.

Толщина центральной доски 1 определится, как это следует из рис. 2:

$$a_1 = e_2 - \left(a_2 + S + \frac{S}{2} \right) = 0,77r - \left(0,27r + 0,03r + \frac{0,03r}{2} \right) = 0,455r.$$

Таким образом, постав будет следующий:

$$0,2r - 0,27r - 0,455r - 0,455r - 0,27r - 0,2r.$$

Необходимо отметить, что найденные значения толщины досок относятся к сырым пиломатериалам.

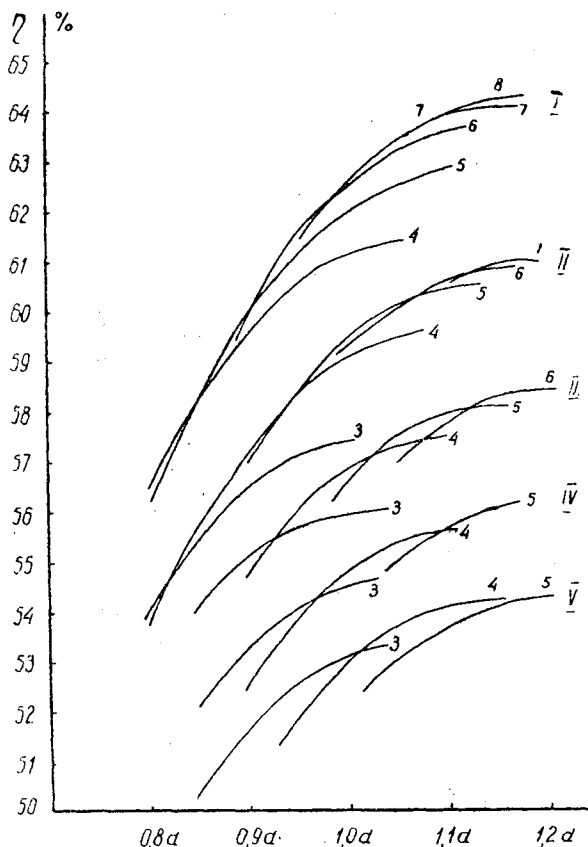


Рис. 3. Изменение объемного выхода обрезных досок в зависимости от ширины постола E , количества пар досок в поставе (3, 4, 5, 6 и 7) и ширины пропила ($I - 0,01r$; $II - 0,02r$; $III - 0,03r$; $IV - 0,04r$; $V - 0,05r$) при коэффициенте сбега 1,2.

Разобранный пример указывает на возможность и простоту решения практических задач по графикам. Это дало возможность составить поставки для различных значений их ширины, количества пар досок, ширины пропила и определить по этим поставкам объемный выход сухих обрезных досок.

Бревно принималось за усеченный параболоид вращения, а его объем определялся по известной формуле

$$V = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D^2 + d^2}{2} \right) \cdot L.$$

На основании полученных данных, по расчету составленных вышеуказанным образом поставок, построены графики (рис. 3 и 4), показывающие влияние ширины постола, количества пар досок в нем и ширины пропила на полезный объемный выход пиломатериала при распиловке бревен вразвал для $\frac{D}{d} = 1,2$ и $\frac{D}{d} = 1,3$. На оси абсцисс отложены значения ширины постола в долях диаметра верхнего торца бревна, а на оси ординат — объемный выход обрезных досок в процентах.

Укажем на некоторые, вытекающие из этих графиков (рис. 3 и 4), выводы:

1. Если принять, что абсолютное значение ширины пропила постоянно для всех размеров распиливаемых бревен, например, $S = 3,0$ мм, то пучок кривых I будет соответствовать $d = 60$ см, пучок кривых $II - d = 30$ см, пучок кривых $III - d = 20$ см, пучок кривых $IV - d = 15$ см и пучок кривых $V - d = 12$ см.

Следовательно, с увеличением диаметров бревен увеличивается объемный выход досок, поэтому целесообразно увеличивать, как это вытекает из графиков, и количество пар досок в поставе.

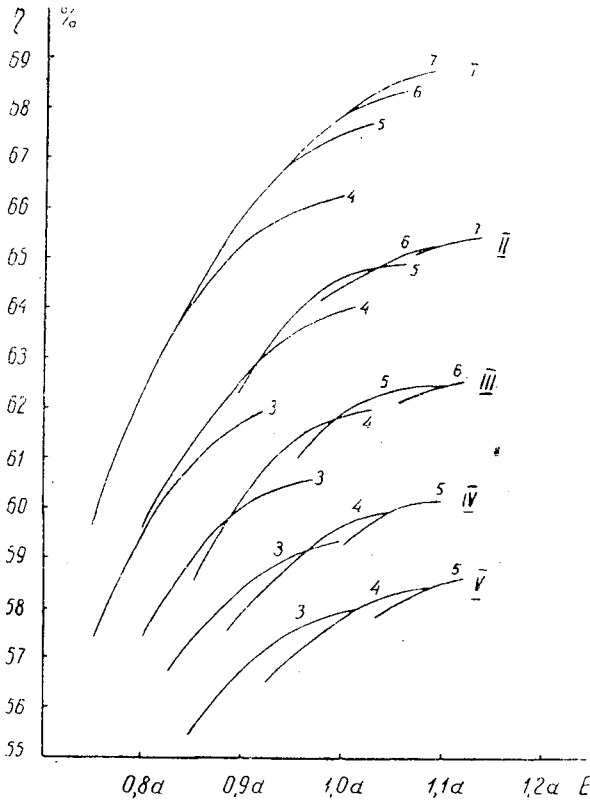


Рис. 4. Изменение объемного выхода обрезных досок в зависимости от факторов, приведенных на рис. 3, при коэффициенте сбега 1,3.

2. Если принять, что все пять пучков кривых будут относиться к одному данному диаметру, то ширина пропила будет меняться в пределах, указанных на графиках. Следовательно, с увеличением ширины пропила будет резко падать объемный выход досок, и количество пар досок в поставе будет уменьшаться.

3. Так как при данной ширине пропила с уменьшением диаметра бревен будет возрастать значение $\frac{S}{d}$, то в целях повышения полезного выхода надо стремиться тонкомерные бревна распиливать более тонкими пилами.

4. С увеличением количества пар досок увеличивается и наибольшая ширина поставы.

5. Для данной ширины поставы по графикам можно установить оптимальное количество пар досок в поставе, отклонение от которого как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения ведет к снижению объемного выхода.

6. Пользуясь графиками, можно установить величину снижения в выходе за счет уменьшения ширины поставы и уменьшения количества пар досок; графики также дают возможность устанавливать потери в выходе из-за неправильной подборки бревен перед их распиловкой, поскольку при отклонении размеров бревен, подаваемых на распиловку по данному поставу, будет меняться ширина поставы, выраженная в долях d , а иногда и количество пар выпиливаемых досок.

7. При сравнении графиков видно, что с увеличением $\frac{D}{d}$, при всех прочих равных условиях, выход уменьшается.

8. Приведенные на графиках выходы могут быть приняты как расчетные при планировании и анализе раскроя бревен на пиломатериалы.

Поступила в редакцию
6 июля 1959 г.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ В ОСЕННЕ-ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД НА ПОДГОТОВКУ СЕМЯН К ПРОРАСТАНИЮ

В. М. ЛЮБЧЕНКО

Аспирант

(ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства)

На протяжении двух лет в Московской области нами проводились опытные посевы свежесобранных и стратифицированных семян липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) и бересклета европейского (*Euonymus europaea* L.) с целью выяснить, как влияет температурный режим почвы на подготовку их к прорастанию.

Опыты с посевами свежесобранных семян липы различной зрелости показали, что при позднеосенних посевах грунтовая всхожесть семян весной следующего года оказывается незначительной и сильно отклоняющейся от лабораторной всхожести (табл. 1): Было выяснено также, что преобладающая часть семян остается в почве непроросшей.

Таблица 1

Семена урожая 1957 г.			Семена урожая 1958 г.		
дата сбора семян	грунтовая всхожесть семян осеннего посева, %	лабораторная всхожесть стратифицированных семян %	дата сбора семян	грунтовая всхожесть семян осеннего посева, %	лабораторная всхожесть стратифицированных семян, %
26.VIII	26	4	—	—	—
9.IX	25	63	11.IX	23	52
23.IX	33	86	17.IX	54	70
9.X	39	85	4.X	28	74
21.X	10	88	16.X	13	62
4.XI	10	87	2.XII	3	66

В 1957 г. нами было отмечено, что и осенний посев свежесобранных семян с предварительной стратификацией также не обеспечивает хороших результатов (табл. 2).

Таблица 2

Способ подготовки семян	Дата высева семян	Количество появившихся всходов (%) при учете	
		в 1958 г.	в 1959 г.
Намачивание в течение 3 суток . . .	10.XI	10	5
Стратификация в течение 27 дней при +15°C	25.XI	4	5

На основании этих опытов мы сделали вывод, что температурный режим почвы при позднеосенних посевах не благоприятствует подготовке семян к прорастанию.

Для изучения температурного режима почвы в осенне-зимне-весенний период и его влияние на подготовку семян к прорастанию в 1958/59 гг. проводились специальные опыты, в которых были использованы прошлогодние семена липы, потерявшие вследствие пересыхания водонепроницаемость семенной кожуры, а также семена, собранные 4 октября 1958 г. Семена высевались после определенных сроков стратификации при $+15^{\circ}\text{C}$. Закладывались также опыты с семенами бересклета урожая 1957 г.

Данные о температурном режиме почвы приводятся ниже.

В октябре температура почвы была достаточно высокой и понижение ее произошло лишь к концу месяца. В конце октября — начале ноября наблюдалось замерзание и оттаивание почвы, окончательно замерзла почва 6 ноября. С этого времени до января (то есть до установления достаточно мощного снегового покрова) температура почвы была отрицательной, временами со значительным понижением. С января до начала апреля температура почвы была немного ниже 0° . Размерзание почвы отмечено 11 апреля, после чего температура ее резко повысилась. Опыт был окончен 20 мая, когда температура почвы была уже достаточно высокой, и все подготовившиеся семена проросли. Прошлогодние семена липы с предварительной стратификацией высевались 30 сентября и 25 октября. Одновременно с ними или в близкие сроки высевались свежесобранные семена.

Таким образом, семена, посеянные 30 сентября, в течение 25 дней находились под влиянием пониженных температур (порядка $+5^{\circ}\text{C}$) только в вечерние, ночные и утренние часы, воздействию температуры около 0 до $+5^{\circ}\text{C}$ подвергались круглосуточно в течение 10 дней; в дальнейшем 156 дней семена находились в замерзшем состоянии, из них около двух месяцев при температурах от 0 до -4°C , а остальное время при температуре немного ниже 0°C ; весной, после разморозки почвы в течение приблизительно 10 дней испытывали влияние температуры около $+5^{\circ}$ и только в вечерние, ночные и утренние часы, а затем в течение месяца температура была выше $+5^{\circ}\text{C}$. Данные о всхожести семян приведены в табл. 3.

Таблица 3

Вариант	Продолжительность предварительной стратификации, дней	Дата высева	Продолжительность пребывания семян в почве, дней		Всхожесть семян в % к числу жизнеспособных
			всего	в замерзшем состоянии	
Стратифицированные	150	30.IX	233	155	80
Свежесобранные	0	30.IX	233	156	60
Стратифицированные	175	25.X	207	156	83
Свежесобранные	0	21.X	2.1	156	18

Из таблицы видно, что всхожесть как стратифицированных, так и свежесобранных семян, посеянных 30 сентября, была достаточно высокой (более низкая всхожесть свежесобранных семян объясняется их недостаточной зрелостью). Однако при высевае семян 25 октября всхожесть свежесобранных семян оказалась низкой, в то время как всхожесть стратифицированных семян продолжала оставаться высокой. Таким образом, подготовка семян липы при низких температурах (т. е. в замерзшем состоянии) происходит только в том случае, если ей предшествует длительный срок стратификации в тепле или не менее чем месячное воздействие температуры выше 0° (от 0° до $+10^{\circ}\text{C}$).

Для изучения влияния предварительной стратификации свежесобранных семян липы в тепле на результаты их дальнейшей подготовки при низких температурах был поставлен опыт, в котором семена после сбора (4.X.1958 г.) стратифицировали при $+15^{\circ}\text{C}$ и через определенные сроки высевали. Результаты опыта приведены в табл. 4.

Таблица 4

Дата высева	Продолжительность стратификации, дней	Продолжительность пребывания семян в почве, дней		Число семян, %			
		всего	в замерзшем состоянии	проросших	здоровых непроросших	загнивших	пустых
10.XI-58 г.	30	191	152	13	61	21	5
8.XII-58 г.	60	163	124	7	72	18	3
30.I-59 г.	112	110	71	4	77	15	4

Из таблицы видно, что предварительная стратификация семян при $+15^{\circ}\text{C}$ в течение 112 дней не обеспечила высокой всхожести семян при длительном воздействии низких температур.

Показательно, что в результате воздействия на те же семена температуры 0° С получена высокая всхожесть (табл. 5).

Таблица 5

Продолжительность воздействия температуры 0°С. дней	Число семян, %			
	проросших	здоровых непроросших	загнивших	пустых
30	7	70	18	5
60	41	36	18	5
90	62	14	19	5
120	74	0	21	5

Примечание: продолжительность предварительной стратификации — 60 дней.

Исходя из этих данных, логично предположить, что высокая всхожесть прошлогодних семян может зависеть не только от продолжительности предварительной стратификации в тепле, но и от возможного изменения свойств семян в результате хранения; однако для разрешения этого вопроса требуется постановка дополнительных специальных исследований.

Семена бересклета высевали после пятимесячной предварительной стратификации при +15° С. Данные опыта приведены в табл. 6.

Таблица 6

Дата посева	Продолжительность пребывания семян в почве, дней		Число семян, %		
	всего	в замерзшем состоянии	проросших	здоровых непроросших	загнивших
10.XI-58 г.	191	152	96	1	3
8.XII-58 г.	163	124	89	8	3
30.I-59 г.	110	71	57	43	0

Из таблицы видно, что семена бересклета как позднеспелого, так и зимнего посева (8 декабря) имели высокую всхожесть, а семена, посеянные 30 января, подготовились значительно хуже, так как срок пребывания их на холоде был меньше оптимального.

Таким образом, в осенне-зимне-весенний период семена при ранних посевах испытывают воздействие температуры от 0 до +5° С относительно короткое время — около 30—40 дней (преимущественно осенью до замерзания почвы), остальное время они находятся в замерзшем состоянии при температуре немного ниже 0° С.

Семена липы, посеянные за 30—40 дней до замерзания почвы, к весне подготавливаются вполне удовлетворительно. При более поздних посевах подготовка их к прорастанию не происходит. Так как 30—40-дневная стратификация при температуре от +1 до +3° С не обеспечивает такой всхожести семян, как при ранних осенних посевах, мы вправе предположить, что семена проходят подготовку к прорастанию не только в эти 30—40 дней, но и в дальнейшем, будучи уже в замерзшем состоянии. По-видимому, под влиянием температур выше 0° С в семенах начинаются какие-то процессы, которые обеспечивают дальнейшую их подготовку при отрицательных температурах. На прошлогодние семена липы подобное воздействие оказывает продолжительная (150—170 дней) предварительная стратификация семян при +15° С. При менее продолжительной (до 112 дней) предварительной стратификации свежесобранных семян в тепле положительного результата не получено.

Продолжительная (150 дней) предварительная стратификация семян бересклета при +15° С также обеспечивает их подготовку при дальнейшем воздействии на них температуры ниже 0° С.

Таким образом, воспринимать воздействие температуры ниже 0° С семена могут только после определенного периода стратификации их в тепле, под воздействием которой происходит активизация процессов жизнедеятельности у них, в частности у семян бересклета в рост трогаются зародыш (возможно, что рост зародыша происходит и у семян липы).

Тот факт, что подготовка семян происходит и при температуре ниже 0° С в замерзшем субстрате, указывает на отсутствие водообмена между семенами и субстра-

том, а, следовательно, и на отсутствие вымывания каких-либо веществ из семян. Отсюда видна несостоятельность теории, объясняющей благоприятное воздействие стратификации вымыванием из семян тормозителей прорастания. Эти опыты свидетельствуют также и о необоснованности предположения, согласно которому при стратификации идет медленное прорастание семян, так как при температурах ниже 0° С в семенах ростовые процессы совершенно не выражены*.

Из этого опыта видно также, что роль определенной влажности субстрата заключается только в поддержании достаточной влажности семян.

Проведенными нами опытами объяснено уже давно замеченное практиками явление успешной подготовки семян липы и бересклета прошлогоднего сбора с предварительной летней стратификацией и последующим высевом их осенью в почву.

* А. В. П о л ц о в. К вопросу о сущности стратификации. Бюллетень Главного Ботанического сада АН СССР, вып. 19, 1954.

Поступила в редакцию
2 ноября 1959 г.

ЮБИЛЕИ

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ СУКАЧЕВ

К 80-летию со дня рождения

7 июня 1960 года исполнилось 80 лет со дня рождения крупнейшего ученого-лесоведа академика Владимира Николаевича Сукачева.

Научно-литературная деятельность юбиляра началась 62 года назад, когда, только что окончив реальное училище, он напечатал в журнале «Хуторянин» статью «Значение бактерий в сельском хозяйстве». С этой поры вся жизнь В. Н. Сукачева была посвящена научно-педагогической работе.

Еще будучи студентом Петербургского Лесного института, Владимир Николаевич вел серьезные самостоятельные исследования флоры и растительности разных районов страны; итогом этих исследований были 9 научных работ, увидевших свет в 1900—1902 годах. В это же время он принимал участие в педагогической работе, руководя практическими занятиями студентов. Окончив институт в 1902 году с золотой медалью, он сразу был назначен ассистентом кафедры ботаники.

Уже с самого начала своей преподавательской деятельности В. Н. Сукачев творчески разрабатывает преподаваемые им научные дисциплины, вкладывает много труда в постановку новых курсов, из которых заслуживает упоминания впервые самостоятельно поставленный им курс «Географическое распространение древесных пород» (1906 г.).

Научная работа Владимира Николаевича в первые годы была главным образом направлена на изучение флоры Европейской России и географии растений;

в дальнейшем его основное внимание перекладывается на вопросы геоботаники и в особенности ее нового раздела — фитоценологии. Следует особо отметить, что уже в 1910 году, будучи секретарем Особой ботанико-географической подкомиссии при Почвенной комиссии Вольного экономического общества, В. Н. Сукачев настаивал на том, что ботанические исследования должны всегда иметь перед собою практические цели.

После Великой Октябрьской Социалистической революции В. Н. Сукачев организует в Лесном институте (ныне Ленинградская Лесотехническая академия им. С. М. Кирова) кафедру дендрологии, а в Ленинградском университете — кафедру геоботаники, которыми он заведовал до 1941 года. Нельзя не указать, что Владимир Николаевич коренным образом переработал курс дендрологии, ранее включавший лишь систематику и морфологию древесных растений.

Теперь дендрология стала комплексной дисциплиной, пронизанной идеями дарвинизма и опирающейся на данные ряда специальных наук: систематики, морфологии, экологии; географии растений, фитоценологии, генетики. Плодом творческой работы над новым курсом явился учебник «Дендрология с основами лесной геоботаники», сыгравший в свое время важную роль в воспитании лесных кадров высшей квалификации.

После Великой Отечественной войны В. Н. Сукачев руководил кафедрой бо-



танической географии Московского Государственного университета и кафедрой систематики растений и дендрологии Московского лесотехнического института.

Научные интересы Владимира Николаевича поражают своей разносторонностью. Флористика, ботаническая география, история флоры и растительности, луговедение, болотоведение, ландшафтоведение, систематика растений, геоботаника, селекция, лесоведение — во всех этих областях биологической науки перу В. Н. Сукачева принадлежат многочисленные ценные научные труды, из которых нужно назвать такие основополагающие книги, как «Растительные сообщества» и «Болота, их типы и происхождение»; в первой из них были изложены основные идеи новой науки — фитоценологии, которые ярко отражены также и в работах юбиляра по болотоведению. Всего им опубликовано около 500 трудов.

В этой обширной гамме научных интересов В. Н. Сукачева выделилось основное направление, к которому, как к фокусу, сходятся все остальные направления. Это — фитоценология или учение о растительных сообществах, особенно лесная фитоценология и ее высшее обобщение — учение о биогеоценозе.

Владимир Николаевич многие годы работает в научно-исследовательских институтах Академии наук: в 1912—1918 гг. — сотрудник Ботанического музея, в 1924—1926 гг. — заведующий Акклиматизационным отделением Главного Ботанического сада, с 1931 по 1933 гг. — заведующий отделом геоботаники Ботанического института, с 1944 г. — директор организованного им Института леса. В

данное время В. Н. Сукачев возглавляет лабораторию лесоведения при Академии наук СССР.

С начала своей научной деятельности Владимир Николаевич самым активным образом участвует в работе научных обществ: Географического — с 1912 г., Ботанического, одним из членов учредителей которого он был, — с 1915 г., Московского общества испытателей природы и других.

Научная, учебно-методическая и общественная работа юбиляра заслужила высокую оценку со стороны Советского правительства. В. Н. Сукачев награжден двумя орденами Ленина, орденами Трудового Красного Знамени и Знак Почета и медалями. Академия наук избрала его в 1920 году своим членом-корреспондентом, а в 1943 — действительным членом. Научные труды В. Н. Сукачева отмечены присуждением ему ряда медалей, в том числе Большой медали им. Н. М. Пржевальского, Большой золотой медали им. В. П. Семенова-Тянь-Шанского, Большой золотой медали им. В. В. Докучаева.

Лесная общественность знает юбиляра как одного из наиболее выдающихся представителей передовой биологической науки, много и плодотворно работающего над развитием важнейших вопросов научной базы лесного хозяйства. Лесоводы Советского Союза приветствуют глубокоуважаемого Владимира Николаевича Сукачева в день его 80-летия, желают ему здоровья и ждут от него новых ценных трудов, помогающих дальнейшему совершенствованию лесного хозяйства первой в мире страны, строящей коммунизм.

П. И. Войчал.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. К. Захаров, О. А. Трулль. Ход роста и товарность молодняков сосны в типе леса сосняк-брусничник	3
В. М. Иванюта. Метод перечислительной таксации леса без отбивки пробных площадей	8
Г. В. Мякотина. Некоторые особенности плодоношения кедровников на севере и западе Саян	11
В. Л. Джикович, Е. В. Полянский. Некоторые вопросы доходности рубок ухода за лесом	17
Э. И. Адамович. Смолоносная система ели сибирской (<i>Picea obovata</i> Ldb.)	24
М. В. Колесниченко. К вопросу о биохимических взаимодействиях древесных пород	37
В. В. Огиевский. Назревшие вопросы искусственного лесоразведения в южной части Сибири	43

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

М. М. Лукашин. Исследование процесса пиления мерзлой и талой древесины цепями ПЦ-15м	50
Л. А. Гоберман. Определение потерь на буксование при построении тяговых характеристик проектируемых трелевочных тракторов	57
И. Н. Бабушкин. О некоторых параметрах и методике определения мощности трелевочного трактора	67
П. П. Чебота. Особенности расчета бесстыкового пути с учетом динамических нагрузок	73
Э. М. Лаутнер. Определение усилий, возникающих при пилении пильными цепями	82
В. А. Успенский. Исследование схем стружкообразования пильными цепями открытого профиля	86
П. П. Есипов. По поводу статьи Н. В. Лившица «Исследование профиля зубьев круглых пил большого диаметра для поперечной распиловки леса»	93

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. И. Санев. Результаты теоретического исследования скольжения заготовок в вальцовых органах подачи деревообрабатывающих станков	97
В. П. Маркарянц. К вопросу о влиянии возраста на строение и свойства древесины сосны	112
В. Д. Иванов, Н. С. Крутиков. Об эффективных режимах распиловки бревен на лесопильных рамах с высокими посылками	115
Д. В. Двинянинов. Некоторые вопросы одноосного прессования древесины	121
Т. П. Хухрянская. Деформация и усилие при торцовом гнутье древесины	131
В. Н. Петри, Д. А. Беленков. Экспериментальное определение оптимальной влажности древесины для пленчатого домашнего гриба (<i>Contiophora cerebella</i> Sch.	138

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Н. Л. Бурдэ, В. Н. Козлов. Химический состав древесины можжевельника, произрастающего на Северном Урале	143
Г. Л. Дранишников. Синтетические смолы из сульфатного скипидара-сырца	145
Б. Д. Богомолов, О. Ф. Горбунова. Исследование цимола — отхода сульфитно-целлюлозного производства	151
И. М. Боховкин, Е. О. Витман. Физико-химическое исследование двойных систем, образованных фурфуролом с уксусной кислотой и ее хлорпроизводными	159

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Н. А. Батин. Влияние ширины постова, количества пар досок в поставе и ширины пропила на полезный выход пиломатериалов при распиловке бревен вразвал	165
В. М. Любченко. Влияние температуры почвы в осенне-зимне-весенний период на подготовку семян к прорастанию	169

ЮБИЛЕИ

П. И. Войчалъ. Владимир Николаевич Сукачев	173
--	-----

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5
 (Год издания третий)

Сдано в набор 15/VII-60 г. Подписано к печати 6/X-60 г. Форм. бум. 70×108/16.

Физич. печ. л. 11. Услов. печ. л. 15,07. Уч.-изд. 12,881.

Тираж 1500. Заказ № 1776.

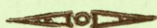
Сл 02417.

Цена 10 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная им. Сталина. 86.

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 1961 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, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959 и 1960 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная им. Сталина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

на 1961 год

НА ЖУРНАЛЫ „ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ СССР“ (22 серии)

В „Известиях вузов СССР“ будут помещаться статьи о результатах научно-исследовательских работ, выполненных работниками высших учебных заведений, сообщения о передовом отечественном и зарубежном опыте, определяющем направление и развитие научных исследований в соответствующей области знаний, материалы межвузовских научных конференций и совещаний, отдельные разделы диссертационных работ, а также материалы о внедрении в производство законченных научных работ.

„Известия вузов СССР“ предназначены для работников высшей школы, научно-исследовательских институтов, проектных и производственных организаций.

УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ

Наименование серии	Периодичность в год	Подписная плата		Наименование серии	Периодичность в год	Подписная плата	
		на 6 м. руб.	на год руб.			на 6 м. руб.	на год руб.
1. Физика	6	30	60	12. Горный журнал .	12	60	120
2. Математика . . .	6	30	60	13. Геология и раз- ведка	12	60	120
3. Радиофизика . .	6	30	60	14. Нефть и газ . . .	12	42	84
4. Радиотехника . .	6	21	42	15. Химия и хим. технология	6	30	60
5. Энергетика . . .	12	42	84	16. Технология легкой промышленности	6	30	60
6. Электромеханика	12	42	84	17. Пищевая техно- логия	6	30	60
7. Машиностроение	12	60	120	18. Технология тек- стильной промыш- ленности	6	30	60
8. Приборостроение	6	21	42	19. Лесной журнал .	6	30	60
9. Авиастроение . .	4	14	28	20. Строительство и архитектура	12	60	120
10. Черная металлур- гия	12	60	120	21. Геодезия и аэро- фотосъемка	6	21	42
11. Цветная метал- лургия	6	30	60	22. Правоведение . .	4	17	34

Подписка на „Известия вузов СССР“ производится во всех городских отделах „Союзпечать“, конторах и отделениях связи, в пунктах подписки и общественными уполномоченными.

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 фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа.

Рукописи направляются в редакцию в двух четко оформленных экземплярах на чистой 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 поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы.

В рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц или последние прилагаются к отдельным листам. Иностранные слова и термины должны быть выписаны на машинке чернилами от руки.

В обращении к автору должно быть обращено внимание на следующие моменты: индекс и показателя должны быть сделаны ясно различие между прописными 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 *i*, *u* и *a*, *o* и *a*, *I* и *J*, *z* и *z*.

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 математических величин.

Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны дата отправки рукописи, полное имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка простым карандашом должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 30 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).