

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ОДИННАДЦАТЫИ

6

1968

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. **И. М. Боховкин** (отв. редактор), доц. **П. И. Войчал** (зам. отв. редактора), доц. **Е. С. Романов** (зам. отв. редактора), доц. **Н. М. Белая**, проф. **Г. А. Вильке**, проф. **И. В. Воронин**, проф. **А. Э. Грубе**, проф. **М. Л. Дворецкий**, доц. **Д. С. Добровольский**, проф. **И. П. Донской**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **М. И. Зайчик**, проф. **Ф. И. Коперин**, проф. **С. Я. Коротов**, акад. **ВАСХНИЛ**, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, проф. **С. И. Рахманов**, доц. **В. О. Самуйлло**, доц. **Г. Я. Трайтельман**, доц. **В. В. Щелкунов**.

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

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

Выходит 6 раз в год.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6

(Год издания одиннадцатый)

Сдано в набор 1/XI-68 г. Подписан к печати 3/I-69 г. Форм. бум. 70×108/16.
Печ. л. 15,4 + 3 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,03. Тираж 1770. Сл. 00001.
Заказ 3046. Цена 1 руб.

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

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.62

К ВОПРОСУ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОМ

В. М. ИВАНЮТА

(Московский лесотехнический институт)

Бурный рост потребления древесины, возросшее промышленное и защитное значение леса, увеличение роли многих других его сторон усиливают народнохозяйственное значение рубок и возобновления леса. По объему лесозаготовок Советский Союз занимает первое место в мире.

Количество заготавливаемой продукции будет увеличиваться и в дальнейшем, благодаря более рациональному и полному ее использованию*.

Чем в большей степени качественная продуктивность леса и товарная структура ежегодно передаваемого в рубку лесосечного фонда будут соответствовать требованиям народнохозяйственного плана лесозаготовок по сортиментам, тем полнее будут удовлетворяться потребности народного хозяйства в лесных материалах. Разнообразие лесов Советского Союза позволяет удовлетворять потребности деревообрабатывающих предприятий в древесине в необходимом ассортименте.

Еще в 30-х годах проф. Н. В. Третьяков подчеркивал, что указание класса бонитета характеризует количественную сторону урожайности в различных условиях местопроизрастания вне зависимости от товарной структуры. Качественная сторона запаса характеризуется классами качественной продуктивности леса (квалитетами). Лесоведам хорошо известно, что товарная структура тесно связана со средним диаметром древостоя. Проанализируем этот вопрос.

Обратимся к собранному и обработанному нами массовому фактическому материалу 737 пробных площадей, заложенных в лесах промышленного значения в районах Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Показанная на рис. 1 картина свидетельствует о том, что в зависимости от условий местопроизрастания, типов леса и классов бонитета при одном и том же возрасте древостоя средние диаметры, а следовательно, и товарная структура древостоев в лесах промышленного значения изменяются в широких пределах. Если образовавшийся на графике (рис. 1) веер точек разделить на три полосы (I, II, III), а затем каждую из них еще на три (1, 2, 3), то средняя ошибка округления по отношению к средним значениям среднего диаметра (табл. 1) составит 2—3%. Было бы важно при инвентаризации лесосырьевых баз древостои оценить по квалитетам (табл. 1).

В лесах промышленного значения перечеты деревьев в древостоях начинают со ступеней толщины 8, 12, 16 см и т. п. Выберем все древостои с наименьшей ступенью толщины 12 см и независимо от

* И. С. Мелехов. Рубки главного пользования. Изд-во «Лесная промышленность», 1966.

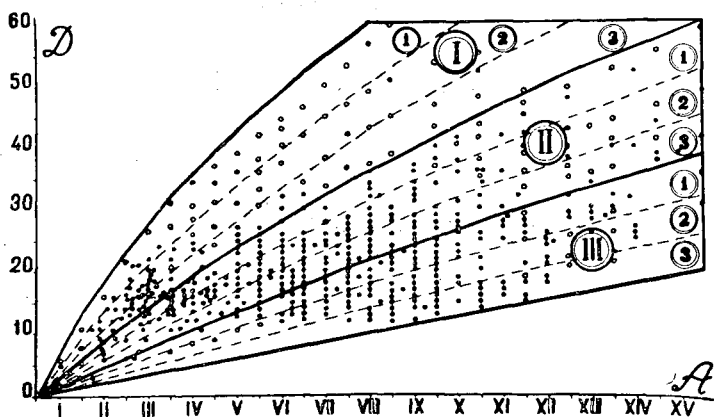


Рис. 1. Схематическое изображение классов качественной продуктивности леса (квалитетов).

I — высокопродуктивные типы леса; II — средней продуктивности; III — малопродуктивные; D — средний диаметр древостоев; A — возраст (двадцатилетние классы); ● — наши данные; о — данные других авторов.

Таблица 1

Возраст древостоев, лет	Средние диаметры древостоев, см, по классам качественной продуктивности леса (квалитетам леса)								
	I			II			III		
	высший I ₁	средний I ₂	низший I ₃	высший II ₁	средний II ₂	низший II ₃	высший III ₁	средний III ₂	низший III ₃
10	6	4	4	2	—	—	—	—	—
30	16	12	8	8	6	4	4	2	—
50	24	18	14	12	10	8	6	6	4
70	32	26	20	16	14	12	10	8	6
90	38	30	26	22	18	14	12	10	8
110	44	36	30	26	22	18	14	12	10
130	50	42	34	30	24	20	16	14	10
150	56	46	40	34	28	24	18	16	12
170	62	50	44	38	32	26	20	18	14
190	—	56	48	40	34	28	24	20	16
210	—	—	52	44	38	30	26	22	16
230	—	—	—	48	40	34	28	24	18
250	—	—	—	50	42	36	30	26	20

древесной породы, полноты, класса бонитета и возраста сгруппируем их по средним диаметрам.

Подсчитаем для каждого среднего диаметра средние ряды распределения деревьев по толщине в процентах и сопоставим полученные эмпирические ряды с соответствующими теоретическими, например, пуассоновскими рядами распределения вероятностей. Полученный результат показан на рис. 2. Примерно то же самое получается и для древостоев, имеющих наименьшую ступень 8 см. Данные рис. 2 свидетельствуют о том, что закономерное распределение деревьев по толщине в целом хорошо описывается функцией Пуассона как при больших, так и при малых средних диаметрах.

Теперь возьмем для примера эмпирические ряды распределения сосновых древостоев, предложенные проф. Н. В. Третьяковым, и заменим их соответствующими рядами пуассоновского распределения вероятностей*. Позаимствуем объемы бревен из сортиментных таблиц

* В. М. Иванюта. Определение числа стволов в ступенях толщины при помощи вероятностного закона Пуассона. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1967.

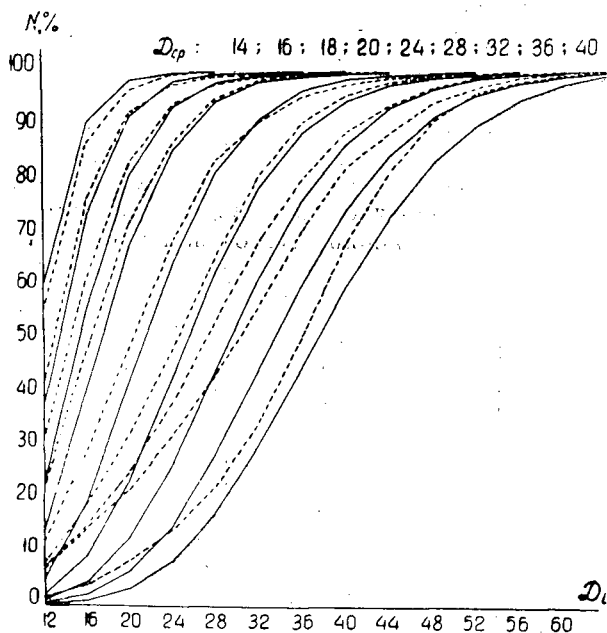


Рис. 2. Интегральные кривые распределения деревьев по толщине по данным автора.

Пунктирные линии — эмпирические кривые распределения; сплошные — теоретические; $D_{ср}$ — средние диаметры древостоев; $N, \%$ — число деревьев в процентах нарастающим итогом по ступеням толщины; D_i — ступени толщины.

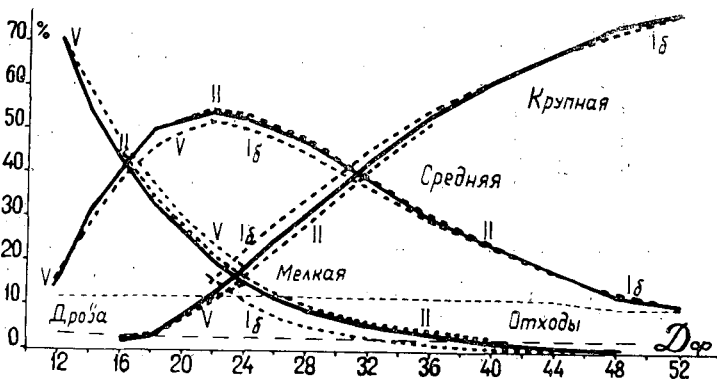


Рис. 3. Схематическое изображение закономерного распределения деловой древесины в процентах по категориям крупности в сосновых древостоях всех разрядов по Д. И. Товстолесу (16, Ia, I, II, III, IV, V) в зависимости от среднего диаметра древостоя $D_{ср}$.

Н. П. Анучина по всем разрядам, предложенным для сосновых древостоев Д. И. Товстолесом, и подсчитаем выходы деловой древесины по категориям крупности в процентах для сосновых древостоев, имеющих разные разряды и средние диаметры. Полученные данные нанесем на график (рис. 3). На этот же график нанесем и средние выходы, не зависящие от разряда древостоя (сплошные линии). Картина, показанная на рис. 3, свидетельствует о том, что отклонения в выходах по

разрядам незначительны. Поэтому не только допустимо, но и более целесообразно в практических целях пользоваться средними для всех разрядов выходами в процентах (табл. 2).

Таблица 2

Средние диаметры древостоев, см	Выходы, % от объема деловых стволов в коре						
	деловая древесина (без коры)				дрова в коре	отходы	всего
	крупная	средняя	мелкая	итого			
12	—	14,8	70,2	85,0	3,8	11,2	100
14	—	30,4	54,6	85,0	3,6	11,4	100
16	1,3	40,8	42,9	85,0	3,6	11,4	100
18	2,4	49,3	33,3	85,0	3,4	11,6	100
20	6,8	51,6	26,6	85,0	3,4	11,6	100
22	11,8	53,2	20,0	85,0	3,4	11,6	100
24	17,5	52,4	15,1	85,0	3,4	11,6	100
26	23,9	50,0	11,2	85,1	3,3	11,6	100
28	29,6	47,0	8,6	85,2	3,2	11,6	100
32	41,6	38,8	5,1	85,5	3,1	11,4	100
36	52,6	30,0	3,1	85,7	3,0	11,3	100
40	60,5	23,8	1,4	85,7	3,0	11,3	100
44	66,9	18,2	0,6	85,7	3,0	11,3	100
48	73,3	12,6	0,2	86,1	3,0	10,9	100
52	75,9	10,4	—	86,3	3,0	10,7	100

Интересно обратить внимание на точки пересечения кривых на графике (рис. 3). Они находятся в зоне трех значений средних диаметров: 16, 24 и 32 см. Согласно данным табл. 2, товарная структура при этих средних диаметрах изменяется следующим образом (табл. 3).

Таблица 3

Точки пересечения	Средние диаметры древостоев	Выходы древесины, % от объема деловых стволов в коре				
		деловая древесина (без коры)*			дрова в коре	отходы
		крупная	средняя	мелкая		
1	16	1,3	40,8	42,9	3,6	11,4
2	24	17,5	52,4	15,1	3,4	11,6
3	32	41,6	38,8	5,1	3,1	11,4

Таблица 4

Категории типов леса по И. С. Мелехову	Квалитеты леса	Средний возраст древостоев, лет, в зависимости от среднего диаметра древостоя, см		
		16	24	32
		Высокопродуктивные	I ₁	30
	I ₂	45	65	95
	I ₃	55	85	120
Средней продуктивности	II ₁	70	100	140
	II ₂	80	130	170
	II ₃	100	150	220
Малопродуктивные	III ₁	130	190	270
	III ₂	150	230	—
	III ₃	190	—	—

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что при одних и тех же средних диаметрах древостоев (а следовательно, и при одной и той же товарной структуре) возраст по квалитетам изменяется в значительных пределах. Кроме того, как в сырьевой базе, так и в ежегодно передаваемом в рубку лесосечном фонде соотношения площадей по квалите-

там и возрасту могут быть разными, в связи с чем и товарная структура передаваемого в рубку леса в целом будет изменяться.

А теперь обратимся к другой природной особенности наших лесов. Известно, что лесные площади, веками занимаемые в природных условиях хвойными породами, после сплошных рубок нередко заселяются березой и осиной. Каковы же масштабы этой весьма примечательной в хозяйственном отношении специфики наших лесов? Исследуем этот вопрос. В девяти лесхозах Московской области, где было проведено лесоустройство по десятилетним классам возраста по всем породам, мы сделали выборку площадей по возрасту древостоев общим объемом 400 тыс. га. При этом оказалось, что на долю насаждений моложе 60 лет приходится 87,4%, старше 100 лет — всего лишь 1% лесопокрытой площади. При этом в насаждениях моложе 60 лет во всех классах возраста преобладают мягколиственные породы, которые занимают от 60 до 80% лесопокрытой площади, а в насаждениях старше 60 лет — хвойные (60—100%). Аналогичный анализ лесных площадей по данным учета лесного фонда РСФСР показывает, что в лесах II группы по республике в целом на долю насаждений моложе 60 лет в 1954 г. приходилось 72,8%, старше 60 лет 27,2% покрытой лесом площади. При этом в первом случае имело место преобладание мягколиственных пород (до 70% покрытой лесом площади), во втором — хвойных (до 80%). Таким образом, не менее половины лесной площади, предназначенной для хвойных пород, около 60 лет занято мягколиственными. Поэтому никакой расчет по хвойному хозяйству не будет соответствовать действительному положению вещей, если в него не внести необходимых коррективов на смену пород. Расчет объемов и сроков пользования должен быть таким, чтобы ежегодно передаваемый в рубку лесосечный фонд в наибольшей степени отвечал требованиям народнохозяйственного плана лесозаготовок по сортиментам.

Если бы при инвентаризации лесосырьевых баз оценка леса была произведена по качествам по каждой преобладающей породе, было бы ясно, какие площади и запасы по хвойному хозяйству следовало бы брать в расчет, начиная «от нуля», а какие от 60-летнего возраста. При этом в качестве принципиальной было бы правильнее принять такую схему расчета, при которой не товарная структура лесосечного фонда ставилась бы в зависимость от установленных сверху возрастов рубок леса, а, наоборот, в зависимости от принятой схемы рубок по среднему диаметру определялись бы возрасты рубок леса.

Если взять за основу расчета среднетоварное хозяйство по среднему диаметру 24 см, то затем в зависимости от местных условий выращивания леса и конъюнктуры потребления древесины можно было бы в расчет вносить соответствующие коррективы в одних случаях (например, в сырьевых базах целлюлозно-бумажных комбинатов) путем организации мелкотоварного (16 см), а в других (например, в сырьевых базах крупных деревообрабатывающих предприятий) — крупнотоварного хозяйства (32 см). По табл. 4 для каждой формы хозяйства можно было бы установить и соответствующие им возрасты рубок леса по каждому качеству. Не исключена возможность, что в отдельных случаях будет доказана необходимость применения и более широкой системы средних диаметров. И тем не менее, принципиальная схема расчета — к возрасту рубки через средний диаметр — должна быть сохранена повсеместно. Она достаточно гибка и надежна для того, чтобы успешно решать задачи главного пользования лесом не только в области лесозаготовок, но и выращивания высокопродуктивных древостоев.

УДК 634.0.2

НЕКОТОРЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ В ДРЕВОСТОЯХ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ ИЗ ПОДРОСТА И ТОНКОМЕРА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАЦИЙ

П. Н. ЛЬВОВ, Р. Н. КЛИМОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Сохранение подроста в процессе лесосечных работ в таежной зоне ныне является одним из наиболее распространенных способов восстановления хвойных пород на площадях вырубок.

К настоящему времени на многих тысячах гектаров формируются древостой из подроста и тонкомера предварительных генераций. Но качество древесины в таких древостоях изучено пока еще очень слабо.

Некоторые стороны этого вопроса нами были освещены в ряде работ [3], [4], [5]; но дальнейшей проверки и углубления они, к сожалению, не получили.

В настоящей статье приводятся материалы, характеризующие физико-механические показатели древесины и некоторые особенности ее анатомической структуры в подобных древостоях.

Модельные деревья (8 шт.) взяты в ельнике-черничнике Квандозерского лесничества Пуксоозерского лесхоза (62°40' с. ш.). На данной площади 27 лет назад была проведена сплошная рубка, при которой сохранился подрост предварительных генераций. К году обследования (1965 г.) здесь сформировался древостой состава 6Е4Б; полнотой 0,9, со средним возрастом 79 лет и запасом 105 м³ на 1 га.

В этом древостое были отобраны наиболее типичные по высоте, диаметру и габитусу ели, которые до рубки имели диаметр на высоте груди 5—11 см и высоту 4,0—7,5 м, а через 27 лет после рубки соответственно 16—20 см и 9,0—13,5 м. Иначе говоря, модельные деревья представлены крупным подростом и тонкомером.

Разделку их на образцы для физико-механических испытаний производили в учебно-производственных мастерских АЛТИ, а испытания — в лаборатории древесиноведения. Все работы выполняли в соответствии с требованиями ГОСТа 6336—52.

Строение древесины изучали на постоянных анатомических срезах (при увеличении в 600 раз), которые готовили из слоев, сформировавшихся до и после срубki материнского древостоя. Первый срез брали из годовичного слоя, отложившегося за 15 лет до рубки, второй — за 10 лет, третий — за 5 лет, четвертый — из слоя, сформировавшегося в год рубки, пятый — через 5 лет после рубки, шестой — через 10 лет, седьмой — через 15, восьмой — через 20 и последний, девятый — через 25 лет. Таким образом, из кружка, выпиленного на высоте 1,3 м, было приготовлено 9 анатомических срезов. Для измерения длины трахейд проводили мацерацию древесины. Результаты испытаний и измерений обрабатывали методом вариационной статистики.

В табл. 1 приведены физико-механические показатели древесины крупного подроста и тонкомера ели, сформировавшейся до рубки (дорубочной) и после срубki материнского древостоя (послерубочной).

Эти данные свидетельствуют о существенном различии в величине дорубочных и послерубочных годовичных слоев, процента в них поздней древесины, объемного веса и предела прочности при сжатии вдоль волокон. Они полностью подтверждают результаты наших прежних исследований [3], [4], проведенных в том же типе леса на той же широте в Виноградовском лесхозе (Конецгорское лесничество), расположенном примерно на 150 км восточнее Квандозерского лесничества.

Таблица 1

Показатели	Число наблюдений	Статистические показатели						Достоверность различия t
		M	$M, \%$	$\pm m$	$\pm \sigma$	$\pm C$	$\pm P$	
Ширина годичного слоя	55	0,65	100	0,02	0,17	25,6	3,46	11,9
	51	1,24	191	0,04	0,26	21,0	2,94	
Процент поздней древесины	55	22,6	100	0,38	1,21	18,9	1,74	6,5
	52	18,9	84	0,42	2,90	15,3	2,13	
Объемный вес	14	0,53	100	0,004	0,014	2,7	0,73	18,0
	11	0,44	83	0,003	0,010	2,3	0,70	
Предел прочности при сжатии вдоль волокон	9	390	100	5,6	16,7	4,3	1,4	6,85
	12	341	87	5,5	19,0	5,6	1,6	
Предел прочности при статическом изгибе								
	в радиальном направлении	9	710	100	17,2	53	7,5	2,5
	11	714	101	16,8	56	7,8	2,4	
в тангентальном направлении	9	739	100	14,3	43	5,8	1,9	1,24
	10	766	104	16,5	52	6,8	2,2	
Сопротивление раскалыванию								
	в радиальном направлении	16	6,9	100	0,88	1,11	16,1	4,0
	18	7,5	109	0,35	1,47	21,9	5,15	
в тангентальном направлении	13	7,2	100	0,17	0,63	8,8	2,41	2,22
	12	6,7	93	0,16	0,54	7,5	2,16	
Диаметр трахеид ранних	167	0,037	100	0,0006	0,0068	18,4	1,4	5,8
	426	0,040	108	0,0004	0,0072	17,8	0,9	
поздних	145	0,020	100	0,0005	0,0053	24,8	2,0	6,2
	244	0,025	125	0,0004	0,0064	25,9	1,7	
Длина трахеид ранних	42	2,86	100	0,05	0,33	11,6	1,8	5,5
	38	3,33	116	0,07	0,45	13,6	2,2	
поздних	41	3,68	100	0,06	0,42	11,5	1,7	4,8
	42	4,12	112	0,07	0,45	10,8	1,7	

Примечание. В числителе — данные для дорубочной древесины; в знаменателе — для послерубочной.

По другим показателям (пределу прочности при статическом изгибе в радиальном и тангентальном направлениях, а также сопротивлению раскалыванию) существенных различий между дорубочной и послерубочной древесиной не обнаружено.

Рассмотренные особенности физико-механических свойств древесины ели, формирующейся в древостоях из подроста и тонкомера предварительных генераций, связаны с анатомическим строением.

Период роста под пологом материнского древостоя характеризуется малым числом рядов трахеид в годичном кольце. Наоборот, после вырубki материнских деревьев деятельность камбиальных клеток усиливается, что обуславливает формирование большего числа рядов трахеид и как следствие этого — большую толщину годичного кольца.

Связь между числом рядов трахеид в радиальном направлении и шириной годичного слоя очень тесная и выражается коэффициентом

корреляции $0,97 \pm 0,02$. Таким образом, наши исследования показали, что ширина годовичного слоя возрастает в основном в результате увеличения числа рядов трахеид.

Одновременно с этим в послерубочной зоне отмечено некоторое повышение диаметра как ранних, так и особенно поздних трахеид (табл. 1).

Толщина стенок ранних трахеид в дорубочной зоне составила — 0,0028, а поздних 0,0052 мм. В послерубочной зоне она равна соответственно 0,0029 и 0,0058 мм. Разница в толщине стенок для ранних трахеид составила 3% и для поздних — 10%. Трахеиды послерубочной зоны длиннее на 12—16% (табл. 1).

Поскольку диаметр трахеид послерубочной зоны возрастает значительно больше, чем толщина их стенок, это приводит к увеличению порозности древесины и к общему снижению ее объемного веса.

Полученные данные позволяют сделать вывод о снижении прочности при сжатии вдоль волокон с уменьшением объемного веса, процента поздней древесины и увеличении ширины годовичного слоя.

Какой-либо закономерной связи между другими механическими свойствами, микроскопическим строением, объемным весом и шириной годовичного слоя нашими опытами не было выявлено. В. Е. Москалева [6] делает вывод о зависимости предела прочности при сжатии вдоль волокон от толщины стенок трахеид.

В послерубочной зоне содержание целлюлозы несколько выше (на 2,5%). В периферийной части обычной древесины (в древостоях из подраста последующих генераций) целлюлозы оказалось на 1,5% меньше, чем в центральной [2]. Приведенное различие хотя и незначительно, но оно свидетельствует о неодинаковом распределении лигнина в стволах ели разного происхождения.

Охарактеризованная нами древесина, особенно сформировавшаяся после срубки материнского полога, отличается от древесины ели последнего происхождения большим процентом ранней древесины. А как установлено Л. П. Жеребовым [1], целлюлоза из ранней древесины по своим качествам почти в два раза превосходит целлюлозу из поздней древесины годовичного слоя.

Качество целлюлозы находится в определенной связи с анатомическим строением древесины. Отмеченное нами увеличение длины, диаметра и толщины клеток трахеид у послерубочной древесины позволяет высказать предположение о высоком качестве такой древесины как сырья для целлюлозно-бумажных производств.

Исходя из сказанного, можно сделать следующие основные выводы.

1. В древостоях, формирующихся из подраста и тонкомера предварительных генераций, не следует заготавливать сортименты, которые работают на сжатие вдоль волокон.

2. Древесина, особенно послерубочная зона подраста и тонкомера, характеризуется хорошими качественными показателями (длина и толщина клеток трахеид) и может быть использована как сырье для целлюлозно-бумажного производства.

Приведенные выводы нельзя считать окончательными. Рассмотренные вопросы нуждаются в более широком и углубленном изучении.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. П. Жеребов. Химическое разложение древесины ели в процессе сульфатной варки. Журн. «Бумажная промышленность» № 9, 1953. [2]. И. Н. Котолана, З. А. Роговик, П. С. Ларин. Зависимость свойств вискозной целлюлозы от местоположения исходной еловой древесины в стволе. Журн. «Химические волокна» № 3, 1959. [3]. П. Н. Львов. О качестве древесины ели в древостоях, формирую-

щихся из молодняка, сохраненного при лесозаготовках. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1960. [4]. П. Н. Львов, А. А. Панов. Пути естественного облесения вырубок Севера. Архангельск, 1960. [5]. П. Н. Львов. Об исследовании технических свойств древесины в древостоях, формирующихся из подроста и тонкомера. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1962. [6]. В. Е. Москалева. Строение древесины и ее изменение при физических и механических воздействиях. Изд. АН СССР, М., 1957.

Поступила 12 апреля 1967 г.

УДК 634.0.232

О ВЛИЯНИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ СЕЯНЦЕВ В ЛЕДНИКЕ НА ИХ ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ

Г. С. ТУТЫГИН

(Архангельский лесотехнический институт)

А. В. ВЕРЕТЕННИКОВ

(Архангельский институт леса и лесохимии)

Искусственное лесовосстановление приобретает все большее значение на Севере. Одним из препятствий для увеличения объемов посадок здесь является короткий период между оттаиванием почвы на вырубках и началом роста сеянцев. Посадки, произведенные после начала вегетации сеянцев, часто дают большой отпад [1], [9]. Как показали опыты В. П. Рябинина [7], Н. А. Третьякова [8] и др., период лесовосстановительных работ можно расширить, если сеянцы до посадки хранить в леднике, задержав тем самым начало их роста.

В 1965—1966 гг. мы изучали влияние продолжительности хранения посадочного материала на приживаемость и рост культур, а также изменение веса и влажности сеянцев и содержание пигментов в их хвое.

Для закладки на хранение двухлетние сеянцы сосны и ели выкапывали из питомника до начала вегетации (8 мая). Растения укладывали в круглые корзины радиально, корнями внутрь. На дно корзины и сверху сеянцев укладывали слой торфа толщиной 5—7 см. Корзины помещали в ледник, где поддерживалась температура от 0 до +3°C и относительная влажность воздуха от 90 до 92%. Периодически производили взвешивание сеянцев каждой породы и определение влажности образцов путем высушивания до постоянного веса.

Наблюдения показали, что при хранении уменьшается вес растений и снижается содержание влаги (табл. 1).

Таблица 1

Продолжительность хранения посадочного материала, дни	Вес 1000 сеянцев				Влажность сеянцев, % от абс. сухого веса	
	сосна		ель		сосна	ель
	г	%	г	%		
0	3376	100	2061	100	165	138
23	3231	96	2022	98	154	133
38	3168	94	2001	97	150	131
53	3064	91	1982	96	147	129
68	2962	88	1949	94	144	128
84	2829	84	1877	91	141	127

Снижение веса связано, по-видимому, не только с потерей влаги, но и с расходом пластических веществ (главным образом углеводов) в процессе аэробного дыхания. Так, по данным Виньюма [10], даже четырехнедельное хранение семян в холодильной установке в весенний период снижает содержание углеводов с 220 до 170 мг на 1 г хвои.

При изучении влияния продолжительности хранения посадочного материала на приживаемость и рост лесных культур важно было оценить состояние фотосинтетического аппарата. С этой целью мы исследовали динамику содержания некоторых пигментов хвои семян. Анализ хвои проводили по методу, разработанному Сапожниковым и его сотрудниками [6], с использованием распределительной хроматографии на бумаге и фотоэлектроколориметра ФЭК-М, при помощи которого производили колориметрирование элюатов с хроматограмм. При этом учитывали содержание хлорофилла «а» и «б», каротина, лютеина и виолаксантина. Результаты анализа хвои сосны и ели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Продолжительность хранения семян, дни	Содержание пигментов, γ на 1 г свежего веса хвои			
	хлорофилл	каротин	лютеин	виолаксантин
Сосна				
0	409,6	79,1	115,8	39,2
38	366,5	67,1	94,1	30,6
Ель				
0	766,5	124,1	143,7	43,1
38	473,4	85,5	134,3	48,5
53	340,0	52,5	97,7	29,6

Анализируя данные табл. 2, следует отметить более высокое содержание как суммы, так и каждого пигмента в хвое семян ели. Особенно это характерно для хлорофилла. Указанная особенность связана с большей теневыносливостью ели [3], [4].

При хранении семян в леднике падает содержание всех без исключения пигментов, особенно хлорофилла и каротина. Количество ксантофиллов меняется относительно меньше. Сколько-нибудь даже незначительных превращений ксантофиллов (несмотря на довольно продолжительное хранение семян) не обнаружено: относительное снижение лютеина и виолаксантина практически одинаково как у семян ели, так и у семян сосны.

Таким образом, хранение семян в леднике приводит к обеднению хвои пигментами, в особенности хлорофиллом и каротином, столь ответственными в процессах фотосинтеза и других окислительно-восстановительных реакций растительного организма.

Опытные культуры с использованием посадочного материала, сохраненного в леднике, были заложены в 1965 г. в квартале I учебно-опытного лесхоза АЛТИ на вырубке 1956 г.*. Бывший тип леса — сосняк-черничник. Почва сильноподзолистая легкосуглинистая на тяжелом карбонатном суглинке. Посадку производили под меч Колесова в площади $0,5 \times 0,5$ м. В каждый срок высаживали по 300 семян сосны и 300 семян ели. Температура почвы на глубине 10 см в период посадок колебалась от 9,5 до 14,5°C. В то же время влажность почвы была близка к оптимальной [2] и составляла 50—65% от полной влагоемкости.

* Культуры были заложены под руководством доц. Ф. Б. Орлова.

Приживаемость и текущий прирост семян, высаженных при различной продолжительности хранения в леднике, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Продолжительность хранения семян, дни	Дата посадки	Приживаемость, %		Текущий прирост в высоту, см	
		1965 г.	1966 г.	1965 г.	1966 г.
Сосна					
0	20.V	96,4	95,0	3,7	8,1
23	1.VI	99,0	97,2	3,6	8,1
38	15.VI	98,3	96,3	3,6	7,9
53	1.VII	97,6	83,0	3,0	6,6
68	15.VII	94,0	64,2	2,8	6,0
84	1.VIII	72,0	22,0	2,2	—
Ель					
0	20.V	99,6	97,8	3,1	6,1
23	1.VI	98,7	97,0	3,0	6,2
38	15.VI	99,0	97,0	3,1	6,0
53	1.VII	96,1	94,6	2,4	4,9
68	15.VII	92,7	54,0	2,0	3,1
84	1.VIII	80,0	31,3	1,6	—

Из приведенных данных видно, что при хранении посадочного материала в течение 23—68 дней приживаемость культур в год их закладки незначительно отличалась от приживаемости семян, высаженных без хранения. С увеличением продолжительности хранения до 84 дней уже в первый год погибло 20—28% семян.

На второй год наблюдалось резкое снижение приживаемости сосны, высаженной после хранения в течение 53 дней и более, причем с увеличением срока нахождения в леднике отпад культур возрастал. У ели резкое возрастание отпада на второй год наблюдалось только у семян, хранившихся 68—84 дня.

Текущий прирост у сосны и ели, посаженных 1 и 15 июня, незначительно отличался от прироста посадок 20 мая (как к осени первого, так и второго года). Растения, находившиеся в леднике 53—68 дней, имели в год посадки меньший прирост, чем высаженные без хранения. Отставание в росте было и на следующий год. Однако образовавшиеся побеги сохранились, что свидетельствует о довольно успешном процессе вызревания побегов у этой серии семян.

Более длительное хранение (84 дня) и соответственно более поздний срок посадки (1 августа) привели к ослаблению синтеза пигментных систем в хвое ели (рис. 1) и даже резким морфологическим изменениям хвои. Например, формирующаяся молодая хвоя сосны к 12 октября осталась в зачаточном состоянии (рис. 2). Ослабленный фотосинтетический аппарат не смог за короткое время синтезировать достаточное количество пластических веществ, что, в свою очередь, привело к отставанию одревеснения, так как известно, что камбиальный рост в значительной степени зависит от количества ассимилятов текущего года. Кроме того, как было показано выше, длительное хранение вызывает потери органических веществ, находившихся в запасе, что также усилило отставание в одревеснении побегов.

Это отставание в развитии тем более очевидно, если иметь в виду, что общий цикл развития у семян даже последней серии продолжался более двух месяцев (с 1 августа по 12 октября), то есть

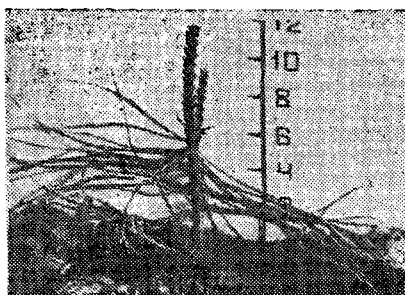


Рис. 1. Хлоротичная, укороченная хвоя, сформировавшаяся к 12 октября на побегах ели.

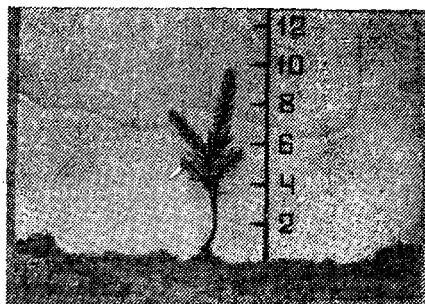


Рис. 2. Зачатки хвоя, сформировавшиеся на молодом побеге сосны после 73 дней роста.

укладывался в обычную продолжительность роста побегов сосны и ели в Архангельской области [5].

Прирост в высоту у сеянцев, высаженных 1 августа, достиг к 12 октября 1965 г. всего 1,6—2,2 см, а на следующий год совсем отсутствовал, так как неодревесневшие побеги были побиты осенними заморозками.

Таким образом, длительное хранение в леднике ослабляет сеянцы и оказывает неблагоприятное влияние на приживаемость и рост культур. Наши наблюдения показали, что нецелесообразно хранить сеянцы сосны дольше 38—40 дней из-за снижения приживаемости и текущего прироста в высоту. Продолжительность хранения в леднике сеянцев ели иногда (необходимость дополнения культур и т. п.) может быть увеличена с 38—40 до 50—53 дней, но в этом случае сеянцы будут несколько отставать в росте от посаженных ранее.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. А. Ершов, А. С. Сиеников. Механизация лесовосстановительных работ в Архангельской области. Архангельск, 1964. [2]. С. А. Ковригин. Лесное почвоведение. Гослесбумиздат, М.—Л., 1949. [3]. В. Н. Любименко. Данные об аппарате светолюбивых и теневыносливых пород. «Лесной журнал» № 1, 1906. [4]. В. Н. Любименко. Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире. Сельхозгиз, Л., 1935. [5]. А. А. Молчанов, И. Ф. Преображенский. Леса и лесное хозяйство Архангельской области. Изд. АН СССР, М., 1957. [6]. И. А. Попова. Исследование пигментов пластид с помощью хроматографии на бумаге. «Экспериментальная ботаника», вып. 16, М.—Л., 1963. [7]. В. П. Рябинин. Искусственное задержание развития сеянцев весной. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1940. [8]. Н. А. Третьяков. О консервации сеянцев и сроках посадки. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1951. [9]. Г. С. Тутьгин. О влиянии срока посадки на приживаемость культур сосны и ели. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1966. [10]. Jack K. Winjum. Effects of Lifting Date and Storage on 2+0 Douglas Fir and Noble Fir. «Journal of Forestry», v. 61, № 9, 1963.

Поступила 18 ноября 1967 г.

УДК 634.0.422.3

ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЕ ОЖОГИ У ХВОЙНЫХ**В. А. ЕЛАГИНА**

(Сибирский технологический институт)

В годичном цикле развития растений в условиях умеренного климата наблюдается закономерная смена роста растений состоянием покоя. Под покоем принято понимать отсутствие видимых признаков роста как у побегов, так и у особых покоящихся органов (клубней, луковиц и т. д.) [2].

Период покоя рассматривается как закрепленное наследственностью приспособление к перенесению неблагоприятного времени года [3], [5]. Различают два типа покоя: органический, или глубокий, и вынужденный. По нашим наблюдениям, в условиях Кокчетавской области состояние глубокого покоя у сосны, кедра и ели продолжается до декабря, у пихты сибирской — до февраля. После этого растения находятся в состоянии вынужденного покоя, если температурные условия не благоприятствуют вегетации.

Зимне-весенние ожоги образуются во второй половине зимы и в начале весны. Известны существенные различия в температуре освещенной и затененной частей ствола [1], [4], [7], [8]. Под влиянием прямого действия солнечных лучей ткани на стороне, обращенной к югу и юго-западу, раньше выходят из состояния вынужденного покоя и проявляют преждевременную жизнедеятельность. Последующие морозы убивают клетки, вышедшие из состояния покоя, что ведет к появлению «ожогов». Обогрев усиливается отраженными от снега лучами, поэтому наиболее сильные ожоги имеют место над снежным покровом в непосредственной близости от него. Многочисленные случаи таких повреждений у плодовых деревьев отмечены садоводами Поволжья, Краснодарского края и других районов.

В условиях Щучинска, Кокчетавской области, ожоги коры нами отмечены у ели, пихты и кедра (рис. 1, 2). Эти повреждения наблюдаются у опушечных деревьев с юго-западной стороны, в нижней части ствола. На стволах они почти всегда имеют форму равнобедренного треугольника, основание которого находится на уровне снежного покрова. О распространенности этого явления можно судить по данным наблюдений, проведенных в дендрарии Боровского лесного техникума (табл. 1).

Ожоги коры у ели европейской встречаются чаще, чем у ели сибирской и простираются значительно выше (до 4 м от земли). У деревьев с низко опущенной кроной повреждения не встречаются. Нижние ветви затеняют основание ствола и предохраняют от ожогов. Обрезка ветвей усиливает опасность повреждений, поэтому в лесопарковом хозяйстве у опушечных и отдельно растущих деревьев живые ветви удалять не следует.

У деревьев, поврежденных ожогами, ухудшается рост и снижается их декоративность. Особенно опасны для молодых растений ожоги хвои и почек. Массовые повреждения хвои и почек наблюдаются даже



Рис. 1. Зимне-весенний ожог коры у пихты сибирской.



Рис. 2. Зимне-весенние ожоги коры у ели.

Таблица 1

Порода	Количество деревьев с ожогами, %	Местоположение деревьев
Ель сибирская	36	Крайний ряд на южной опушке древостоя Нижние сучья спилены
"	—	Второй ряд от опушки. Нижние сучья спилены
"	—	Одиночные свободно растущие деревья Крона простирается до основания ствола
Ель европейская	100	Крайний ряд на южной опушке. Нижние сучья спилены
"	15	Второй ряд от опушки. Нижние сучья спилены
Пихта сибирская	50	Крайний ряд на южной опушке. Нижние сучья спилены

у аборигена местных лесов — сосны обыкновенной. Они наносят существенный ущерб лесному хозяйству. В 1957—1958 гг. на территории Кокчетавской и Целиноградской областей от этого заболевания сильно пострадали культуры на площади около 800 га [6].

Растения гибнут от ожогов в первые два года после посадки. С возрастом зимостойкость сосны повышается. Наиболее сильные повреждения хвои наблюдаются в приземном слое. Под покровом снега и в тени хвои и почки от ожогов не страдают.

Зная условия, при которых появляются ожоги, можно наметить профилактические мероприятия. Предлагаемые меры сводятся в основном к снегозадержанию и к защите растений от прямого действия солнечных лучей.

В питомниках в малоснежные зимы необходимо отенять сеянцы щитами, которые следует применять и в тех случаях, когда во второй половине зимы сеянцы после оттепели обнажаются из-под снега.

На участках лесокультурного фонда, где возможна гибель сосны от ожогов хвои, следует производить снегозадержание или создавать смешанные сосново-березовые насаждения с полосным смешением пород.

Способы снегозадержания могут быть разными. Директор Орлингорского лесхоза Кокчетавской области Г. П. Сбитнев использовал для этой цели кукурузу, высевая ее в междурядьях сосны: трехрядные полосы сосны с кукурузой в междурядьях чередовались в его опытах с такими же по ширине полосами без кукурузы [6]. Оставленные на зиму стебли кукурузы способствуют накоплению снега. Однако сухие стебли под действием ветра легко ломаются и падают на землю. Можно сеять также горчицу; последняя успешно применяется для снегозадержания на полях Всесоюзного научно-исследовательского зернового института (ст. Шортанды, Целиноградской области). По ветроустойчивости она значительно превышает кукурузу.

Положительный эффект следует ожидать при создании смешанных сосново-березовых насаждений с полосным размещением пород. Быстрорастущая береза будет способствовать снегозадержанию и тем самым уменьшит опасность гибели сосны от ожогов. Возможны разные варианты закладки смешанных культур: 1) береза высаживается на один-два года раньше с таким расчетом, чтобы к моменту посадки сосны полосы накапливали снег; 2) обе породы высаживаются одновременно. Во втором случае в междурядьях сосны желательно сеять горчицу в год посадки культур, которая предотвратит вымерзание сосны в первую зиму. В последующие зимы эту функцию будет выполнять

береза. Если в культурах шестирядные полосы сосны чередуются с трехрядными полосами березы, то однострочный посев горчицы следует производить в трех средних междурядьях сосны (между вторым и третьим, третьим и четвертым, четвертым и пятым рядами сосны).

Культуры сосны сильно страдают от ожогов в малоснежные зимы на участках, где под действием ветров снег сдувается или имеет незначительную толщину. Чаще всего это бывает на склонах, обращенных к югу и юго-западу, подверженных действию преобладающих ветров. Для выявления таких участков необходимо зимой осмотреть все подготовленные для лесных культур площади и взять на учет те из них, где снежный покров окажется недостаточным.

В парках и скверах, во избежание зимних ожогов коры, желательна осенью производить побелку штамбов у опушечных и одиночных стволов ели, пихты и кедра.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. М. Васильев. Зимне-весенние ожоги плодовых деревьев и борьба с ними. Журн. «Сад и огород» № 1, 1961. [2]. В. Н. Ворошилов. Ритм развития растений, 1960. [3]. П. А. Генкель. Значение состояния покоя в жизни растительных организмов. Труды объединенной научной сессии, т. 1, Кишинев, 1959. [4]. А. Д. Кизюрин. О защите плодовых деревьев от зимнего нагревания. Журн. «Сад и огород» № 10, 1956. [5]. Н. А. Максимов. Краткий курс физиологии растений, 1948. [6]. А. П. Юновидов. Борьба с усыханием сосны в период покоя. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1963. [7]. R. Eggert. Cambium temperatures of peach and apple trees in winter. Am. Soc. Hort. Sci. Proc., 45, 1944. [8]. A. J. Mix. Sunscald of fruit trees; a type of winter injuru. Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. 382, 1916.

Поступила 2 ноября 1967 г.

УДК 634.05

СТРОЕНИЕ КАМЕННОБЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ САХАЛИНА *

А. З. ШВИДЕНКО

(Украинская сельскохозяйственная академия)

Существуют разные точки зрения на методы таксации разновозрастных насаждений, в которых дробные части (поколения, ярусы и т. д.) морфологически не обособлены. Некоторые исследователи [5], [6], [8], исходя из предположения, что только определенным частям древостоя присущи устойчивые закономерности строения, находящие объективное отражение в средних величинах, разделяют насаждения на поколения, используя различные приемы. Сторонники противоположного мнения [1], [7] считают, что подобное разделение искусственно, усложняет учет и искажает действительную картину строения.

Некоторый интерес в этом отношении представляют исследования коренных типов камменноберезовых лесов Сахалина — девственных насаждений среднегорного пояса, разновозрастных (коэффициент варьирования возраста деревьев в пределах насаждения может достигать 45%), с вертикально сомкнутым пологом. Выделить глазомерно здесь какие-либо поколения невозможно. В составе исследуемых насажде-

* Работа выполнена под руководством проф., доктора сельскохозяйственных наук К. Е. Никитина.

ний — от 6 до 10 единиц березы, в примеси — ель аянская, пихта сахалинская, лиственные породы. Полнота (по таблице ЦНИИЛХ) — 0,6—0,8, средний диаметр 26—44 см, средняя высота 15—24 м.

Приведенные ниже результаты основываются на материалах 45 пробных площадей (в том числе двух со сплошной рубкой древостоя), заложенных в наиболее распространенных на острове типах каменноберезняков — с подлеском из курильского бамбука (КБКБ), кустарниковых (КБК) и травяных (КБТ). На пробах взято 1276 модельных и учетных деревьев. Обработка материалов в значительной части проведена на ЭЦВМ «Урал-4» по программам, составленным К. Е. Никитиным.

При изучении таксационного строения древостоев по диаметру параметры кривых распределения числа стволов выбирались так, чтобы были сохранены первые четыре момента эмпирического распределения (математическое ожидание, дисперсия, третий и четвертый основные моменты). В качестве рабочих использованы обобщенная формула нормального и показательного распределения в упрощенном виде (формула Шарлье, по применению которой имеется ряд методических разработок [3]), а также кривые Пирсона [2]. Как показали исследования, в данном случае оба метода дают практически одинаковые результаты. Соответствие вычисленных частот эмпирическим было проверено по критерию согласия Колмогорова.

По каждому перечету были вычислены величины среднеарифметического D_n и квадратического D_g диаметров, асимметрии A , эксцесса E , коэффициента варьирования V , показателя точности P и их основных ошибок.

Оказалось, что параметры кривых распределения, хотя и варьируют в довольно широких пределах, отчетливо образуют две группы, связанные с типами леса: I — КБТ; II — КБК и КБКБ. Коэффициент варьирования диаметра изменяется от 26,4 до 38,0% в древостоях первой группы (средняя величина $V_1 = 32,7\%$; несмещенная оценка дисперсии $s_1^2 = 9,85$) и от 28,5 до 51,1% в насаждениях второй группы ($V_2 = 40,8\%$; $s_2^2 = 27,04$). Средние величины асимметрии и эксцесса равны: для первой группы $A = +0,358$; $s_A^2 = 0,0664$; $E = 0,159$; $s_E^2 = 0,1900$; для второй $A = +0,364$; $s_A^2 = 0,0877$; $E = -0,512$; $s_E^2 = 0,0209$.

Различие между средними величинами коэффициента вариации и эксцесса групп значимо (при числе степеней свободы $\nu = 43$ критерий t соответственно равен 4,84 и 9,84 и вероятность p в обоих случаях равна нулю), асимметрии — незначимо ($t = 0,64$; $p = 0,52$).

Вычисленные частоты распределения числа стволов по естественным ступеням толщины (табл. 1) свидетельствуют о том, что состав, полнота, величина D_g в пределах группы типов леса практически не влияют на характер распределения. Ранг среднего дерева для обобщенных рядов равен соответственно 58,4 и 59,4%, однако для отдельных насаждений он колеблется от 53 до 65%.

Коэффициент варьирования высот каменноберезняков, по нашим данным, принимает значение от 12 до 25%. Связь между D и H характеризуется корреляционным отношением порядка 0,9. Характер связи лучше всего передает уравнение параболы третьего порядка (величина основной ошибки этого уравнения 1,4—1,6 м). Ошибка логарифмических и показательных кривых на 10—15% больше. Такие значения основных ошибок свидетельствуют о том, что устанавливать величины разрядов высот в древостоях каменной березы меньше 2—3,0 м (то есть меньше двойной ошибки) нецелесообразно.

Таблица 1

Естественные ступени толщины	Число стволов, %		Коэффициент варьирования числа стволов		Относительные высоты для древостоев диаметром 30—38 см	
	I группы	II группы	I группы	II группы	средние	выравненные по уравнению (3)
0,1	0,2	1,1	120,0	80,9	0	—
0,2	0,4	1,8	72,3	50,6	0,437 ± 0,012	0,439
0,3	1,2	3,0	39,1	35,1	0,584 ± 0,015	0,574
0,4	2,6	4,6	31,1	23,3	0,688 ± 0,015	0,686
0,5	4,7	6,5	20,8	12,7	0,777 ± 0,010	0,777
0,6	7,4	8,1	13,3	7,6	0,856 ± 0,008	0,850
0,7	10,1	9,4	7,7	8,6	0,911 ± 0,005	0,906
0,8	12,2	10,0	7,7	11,9	0,951 ± 0,004	0,949
0,9	13,3	10,1	9,6	14,0	0,980 ± 0,001	0,979
1,0	12,6	9,5	12,0	14,4	1,0	1,0
1,1	10,7	8,5	10,6	15,2	1,014 ± 0,002	1,013
1,2	8,3	7,3	12,3	15,4	1,024 ± 0,003	1,021
1,3	5,8	6,0	17,3	15,6	1,031 ± 0,005	1,026
1,4	4,1	4,6	13,8	16,5	1,036 ± 0,005	1,030
1,5	2,6	3,4	15,4	16,9	1,040 ± 0,006	1,035
1,6	1,6	2,4	20,7	18,8	1,042 ± 0,006	1,040
1,7	1,0	1,6	34,8	28,2	1,042 ± 0,006	—
1,8	0,6	1,0	52,6	39,0	1,042 ± 0,006	—
1,9	0,3	0,5	70,5	65,8	1,042 ± 0,006	—
2,0	0,2	0,3	62,5	81,2	1,042 ± 0,006	—
2,1	0,1	0,2	105,0	82,0	1,042 ± 0,006	—
2,2	—	0,1	—	110	1,042 ± 0,006	—

Применение преобразования Фишера для оценки корреляции между D и H показало независимость последней от типов леса.

С целью изучения характера изменения высот в зависимости от диаметра для каждой пробной площади были вычислены средние относительные высоты по естественным ступеням толщины. Характер изменения относительных высот зависит от величины D_g насаждения и может быть выражен следующими уравнениями*:

при среднем диаметре насаждений 26—30 см

$$H_0 = 0,000247d_E^3 - 0,0097d_E^2 + 0,1322d_E + 0,4440; \quad (1)$$

при диаметре 30—38 см

$$H_0 = 0,000366d_E^3 - 0,0136d_E^2 + 0,1732d_E + 0,2819; \quad (2)$$

при диаметре 38—44 см

$$H_0 = 0,000512d_E^3 - 0,0165d_E^2 + 0,1806d_E + 0,3428; \quad (3)$$

здесь H_0 — относительные высоты;

d_E — условные значения естественных ступеней толщины ($d_E = 1, 2, 3 \dots$).

Уравнения (1), (2), (3) показывают стабильность соотношений между диаметрами и высотами деревьев в насаждениях со средним диаметром 26—44 см. Расхождения вычисленных высот по ступеням толщины для насаждений разных диаметров не превышают для большинства ступеней 0,1—0,2 м.

Не останавливаясь на деталях закономерностей строения каменно-березняков по коэффициенту формы q_2 (средняя величина $q_2 = 0,604$) и видовому числу ($f = 0,437$), отметим следующее. Связь q_2 и H , хотя

* Уравнения (1), (2), (3), (4) вычислены методом чисел Чебышева.

и невысока, но достоверна ($\eta_{q_2 H} = 0,1769 \pm 0,0247$) и может быть выражена уравнением *

$$q_2 = -0,000244H^3 + 0,00506H^2 - 0,0384H + 0,7055, \quad (4)$$

что не позволяет таксировать насаждения каменной березы небольших (до 12—15 м) высот по общим усредненным коэффициенту формы q_2 и видовому числу.

Используя методы множественной нелинейной корреляции, мы установили следующую зависимость видовых чисел от высоты и q_2 для стволов каменной березы:

$$f = 1,0539 - 1,2620q_2 - 0,0375H + 0,0510q_2H + 0,6946q_2^2 \quad (5)$$

при основной ошибке уравнения $\frac{\sigma_{3,12}^2}{\sigma_2^2} = 0,2885$.

Приведенные данные, на наш взгляд, свидетельствуют о наличии устойчивых закономерностей в строении разновозрастных каменноберезняков Сахалина, и как следствие этого — о нецелесообразности искусственных выделений дробных частей, ибо, как писал М. М. Орлов [4], «каким бы сложным не представлялось насаждение... при таксационной характеристике его никоим образом не должна упускаться из вида та основная и руководящая мысль, что это сложное насаждение есть прежде всего органическое целое, а не математическая сумма ярусов».

* $H = 1, 2, 3 \dots$ для высот 5, 7, 9... м.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Матвеев-Мотин. Универсальный способ определения запаса древостоя при перечислительной таксации. Гослесбумиздат, 1960. [2]. А. К. Митропольский. Статистическое исчисление. Т. I—IV, ВЗЛТИ, 1952—1954. [3]. К. Е. Никитин. Листопадница на Украине (анализ таксационного строения и роста древостоев с использованием электронных цифровых машин). Изд-во «Урожай», 1966. [4]. М. М. Орлов. Лесная таксация. 3-е издание, «Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1929, стр. 231. [5]. И. В. Семечкин. Особенности таксации древостоев в связи с типами возрастной структуры. Труды Института леса и древесины АН СССР, т. XVI, 1963. [6]. Р. Г. Синельников. К вопросу о возрастной структуре ельников. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1958. [7]. Э. Н. Фалалеев. Строение пихтовых лесов Сибири. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1960. [8]. А. Г. Шавнин. Опыт расчленения разновозрастных елово-пихтовых насаждений на отдельные возрастные поколения по данным перечислительной таксации. Сборник трудов по лесному хозяйству, вып. V, Свердловское книжное изд-во, 1959.

Поступила 4 августа 1967 г.

УДК 634.0.5

ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИИ ЗАГУЩЕННЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА

А. А. МАКАРЕНКО

(Казахский НИИЛХ)

В Северном Казахстане очень часто встречаются древостои сосны, густота которых в несколько раз больше густоты нормальных насаждений. Распределение деревьев по естественным ступеням толщины в таких сосняках имеет явно выраженную асимметрию, ряд распределе-

ния сильно растянут, и естественная ступень толщины 0,1 является наименьшей [4].

В таксации к среднему относят дерево, среднее по площади сечения. Попытаемся выяснить, может ли оно одновременно характеризовать среднюю высоту древостоя и быть средним по объему.

В этих целях были использованы материалы таксации пробных площадей. Девятнадцать проб заложено нами* в сосновых древостоях II—VI классов возраста, а по двум (VI класс возраста) материалы были нам предоставлены отделом лесного хозяйства КазНИИЛХ.

Исследуемые древостои условно одновозрастны и в большинстве случаев возникли после вырубки горельников. Они приурочены к сухому каменисто-лишайниковому бору, наиболее распространенному в сосновых лесах Казахского мелкосопочника, относятся к IV—V классам бонитета и имеют густоту от 16 до 35 тыс. деревьев на 1 га. На пробных площадях производили перечет деревьев с точностью до 1 мм (в древостоях VI класса возраста — по четырехсантиметровым ступеням толщины) и измеряли высоты у 100—200 деревьев (в древостоях VI класса возраста — у 30—100) рейкой и эклиметром. Для стволов толщиной до 8 см запас (фактический) определяли по нашим таблицам [5], толще 8 см — по таблицам А. Д. Старкова [7] для каждой одно- и четырехсантиметровой ступени толщины. Точность применяемых таблиц до $\pm 5\%$. На всех пробных площадях были найдены средние диаметры: таксационный — через среднюю площадь сечения стволов древостоя; среднеарифметический, взвешенный по числу стволов в каждой ступени толщины, и среднеарифметический, взвешенный по суммам площадей сечений ступеней толщины.

Для каждого вычисленного варианта диаметров были найдены высоты: для таксационного — по графику высот и по формуле Лорей; для среднеарифметического, взвешенного по числу стволов, — по графику высот и как среднеарифметическая, взвешенная по числу стволов ступеней толщины; для среднеарифметического, взвешенного по суммам площадей сечений ступеней толщины, — также по графику высот и по формуле Лорей. Для всех вариантов сочетаний диаметров и высот были вычислены объемы стволов путем интерполяции объемов по указанным таблицам. Затем определяли запас древостоя по всем вариантам сочетаний диаметра и высот и сравнивали с фактическим.

Анализ экспериментальных данных позволяет констатировать следующее.

1. Среднеарифметический диаметр, взвешенный по числу стволов ступеней толщины, в загущенных древостоях в возрасте 26—67 лет оказался ниже таксационного на 12,8—22,5%, максимальное отклонение (22,5%) наблюдается в 48-летних сосняках, где было наибольшее число деревьев на 1 га. В 120-летнем сосновом древостое (пробные площади 20 и 21), где распределение числа деревьев по ступеням толщины близко к нормальному, это отклонение составило лишь 2,5%.

2. Среднеарифметический диаметр, взвешенный по суммам площадей сечений ступеней толщины, выше таксационного в загущенных сосняках на 50—75%.

3. Средняя высота, вычисленная по формуле Лорей, во всех случаях оказалась выше графической для таксационного диаметра. Для загущенных сосняков это превышение составило 22—30%.

4. Среднеарифметическая высота в загущенных сосняках была на 4—9% ниже, чем найденная по графику высот для среднеарифметического диаметра, взвешенного по числу стволов ступеней толщины.

5. Средняя высота, определенная по формуле Лорей, систематически ниже высоты, взятой по графику для среднеарифметического диаметра, взвешенного по суммам площадей сечений ступеней толщины (в загущенных сосняках на 2,6—5,5%).

6. В загущенных сосняках среднеарифметическая высота и взятая по графику для среднеарифметического диаметра, взвешенного по числу стволов, на 6—18% меньше средней высоты, взятой по графику для таксационного диаметра.

* В закладке пробных площадей принимала участие техник-лесовод В. Я. Жирнова.

Для среднеарифметического диаметра, взвешенного по суммам площадей сечений ступеней толщины, высота загущенных сосняков, определенная по графику, оказалась на 22—37% выше средней высоты, взятой по графику для таксационного диаметра.

Таким образом, наглядно подтверждается, что различные способы определения среднего диаметра и средней высоты загущенных сосняков не дают одинаковых результатов. Причины этого явления кроются в том, что в загущенных сосняках кривые распределения числа стволов по естественным ступеням толщины и высоты, а также кривая суммы площадей сечения по естественным ступеням толщины не одинаковы, тогда как в нормальных древостоях они близки.

В 59-летнем загущенном древостое кривая распределения деревьев по естественным ступеням толщины имеет правую асимметрию, мода кривой проходит по ступени 0,5. Примерно аналогичной, но более укороченной кривой характеризуется распределение деревьев по естественным ступеням высоты, мода этой кривой приходится на ступень 0,7. Распределение площади сечения по естественным ступеням толщины имеет более симметричную кривую с модой, проходящей по ступени 1,3.

В 120-летнем сосновом древостое с густотой около 300 деревьев на 1 га кривые распределения деревьев по естественным ступеням толщины и высоты, а также распределения площади сечения по естественным ступеням толщины имеют симметричную форму, приближающуюся к форме кривой нормального распределения. Моды кривых приходятся на ступени 0,9 и 1,0.

Полученные материалы дают основание считать, что дерево со среднеарифметическим диаметром, взвешенным по числу стволов ступеней толщины, не будет средним по площади сечения, и, наоборот, дерево, имеющее среднюю площадь сечения, а соответственно и объем, в ряду распределения стволов по ступеням толщины не будет иметь среднеарифметического диаметра. Аналогичный вывод напрашивается и в отношении средней высоты древостоя.

При определении запаса загущенного древостоя по средней модели лучший результат можно получить по среднему дереву, средний диаметр которого вычислен таксационным способом, а высота определена по формуле Лорей. Систематическая ошибка при установлении запаса в этом случае составила +3,1%. Другие способы нахождения запаса по среднему дереву древостоя оказались неудовлетворительными. Все способы определения запаса 120-летних спелых нормальных сосняков по среднему дереву дали удовлетворительные результаты, кроме метода вычисления среднего дерева через среднеарифметический диаметр, взвешенный по суммам площадей сечений ступеней толщины.

К загущенным древостоям неприменимы выводы М. Л. Дворецкого [1] и Б. Лабазникова [3] о ненужности вычисления высоты по формуле Лорей. Видно также, что среднее по объему дерево не будет отражать ряда распределения по толщине и высоте. Такому ряду соответствует лишь среднее дерево, диаметр и высота которого определены как среднеарифметические из всей совокупности деревьев, взвешенные по числу стволов ступеней толщины.

В связи с этим выявилась важная особенность в строении загущенных сосняков. В таксации широко распространено правило Вейзе, по которому средняя по диаметру модель соответствует тому дереву древостоя, которое отстоит на 57,5% от самого тонкого в ряду распределения. Это правило подтверждено многочисленными исследователями, но для молодняков и загущенных древостоев было установлено иное место среднего дерева [2], [4], [8]. Между тем П. М. Поддуб [6] показал, что положение среднего дерева по высоте устойчиво. Его место

находится между 50 и 54 рангами, несмотря на возраст исследуемых объектов (от 9-дневных всходов до 8-летних культур).

Исходя из вывода, что в загущенных сосняках средним будет дерево со среднеарифметическим диаметром, взвешенным по числу стволов ступеней толщины, а не таксационным, нами было проверено правило Вейзе на 20 пробных площадях в древостоях 16—67 лет. Оказалось, что это правило применимо и к загущенным соснякам. Способ определения среднего диаметра нормальных древостоев не оказал существенного влияния на место среднего дерева в ряду распределения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Л. Дворецкий. О показателях среднего дерева древостоя. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963. [2]. В. И. Калинин. Формирование смешанных лиственнично-сосновых молодняков на гари. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1962. [3]. Б. Лабазников. О методах вычисления средней высоты насаждения. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1963. [4]. А. А. Макаренко. Влияние рубок ухода на строение загущенных сосняков. Труды Казахского научно-исследовательского института лесного хозяйства, т. IV, Казсельхозгиз, 1963. [5]. А. А. Макаренко, В. В. Шульга. О таксации мелкотоварной лесопродукции в сосновых лесах Казахского мелкосопочника. «Вестник сельскохозяйственной науки» № 9, Алма-Ата, 1963. [6]. П. М. Поддубев. К вопросу о закономерностях строения сосновых молодняков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1961. [7]. А. Д. Старков. Объем и сбег стволов сосны Казахского мелкосопочника. «Вестник сельскохозяйственной науки» № 4, Алма-Ата, 1962. [8]. А. П. Юновидов. Материал по изучению биологии сосны обыкновенной в условиях нагорных лесов Кокчетавского мелкосопочника. Автореферат кандидатской диссертации. Алма-Ата, 1956.

Поступила 29 июня 1964 г.

УДК 634.0.12

НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ ФОРМ ДУБА В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

А. М. ШУТЯЕВ

(Северо-Кавказская лесная опытная станция)

В нашем сообщении приводятся результаты исследования ранней и поздней форм климатипов дуба в возрасте 6—10 лет, произрастающих в географических культурах Курской области (Центрально-Черноземный заповедник).

Культуры рядовые, чистые по составу. Почва — слабо выщелоченный тяжело-суглинистый чернозем на лёссовидном суглинке. Тип леса — свежая кленово-липовая дубрава.

Формы дуба выделены по фенологическому методу А. Е. Котюкова [4] с использованием признаков фенологических фаз, разработанных И. Д. Юркевичем [5]. Начало вегетации поздней формы отдельных климатипов дуба запаздывало на 14—17 дней по сравнению с ранней формой. Интенсивность транспирации определяли на листьях майских побегов у трех дубков каждой формы по методу Л. А. Иванова [3].

Общее количество хлорофилла находили в сухих листьях (сушка на воздухе в темноте) по методике Т. Н. Годнева [2] с применением клинового колориметра. От каждой фенологической формы отбирали 5 нормально развитых дубков. Во всех случаях листья (5 шт.) брали с майского побега (август 1962 г., июль 1963 г.).

С этих же дубков были взяты образцы листьев для определения длины жилок и числа устьиц. С каждого дубка брали по три листа первого (майского) прироста. Для определения количества устьиц с каждого листа делали четыре пробы, для жилок — две. Таксационные показатели находили по обмеру 100 дубков. 1962 и

1963 гг. отличались засушливой погодой. За вегетационный период 1962 г. выпало 82% (265 мм) от средней многолетней суммы осадков за этот период, а в 1963 г. — всего лишь 56% (163 мм). Влажность почвы была ниже оптимальной для данных почв.

В листьях исследуемых климатипов дуба поздней формы при одинаковой освещенности и совместном произрастании содержится больше хлорофилла (на 22—41%), чем в ранней.

Листья поздних дубков имеют темно-зеленый цвет со слегка сизым оттенком (индекс «Ж7»), листья ранних дубков — зеленый и светло-зеленый (индексы «З1» и «Е1») [1].

У форм могилевского и сумского климатипов дуба определение хлорофилла в листьях было проведено, кроме того, в начале августа 1962 г. У могилевских форм количество его было: у ранней формы — 5,37, у поздней — 6,18 мг; у сумских — соответственно 5,29 и 6,47 мг. Содержание хлорофилла в листьях уменьшилось в 1963 г. у ранних форм на 26—30%, у поздних — на 3—18%.

Для нормального течения физиологических процессов ранняя и поздняя формы дуба требуют разного количества солнечной энергии. У поздней формы большее потребление солнечной энергии обеспечивается большим содержанием хлорофилла в листьях. В избытке поглощенная поздней формой солнечная энергия идет на нагревание листьев и на повышение интенсивности транспирации. Из-за трудности полевых работ мы ограничились определением транспирации форм трех климатипов дуба. Так, влажность листьев поздней формы могилевского климатипа была больше влажности листьев ранней формы на 4,2%, сумского — на 5,5%. У форм курского климатипа влажность листьев была одинаковой, однако это не сгладило различия в интенсивности транспирации.

У могилевского, сумского и воронежского климатипов дуба интенсивность транспирации определяли и в августе 1963 г. Оказалось, что у всех климатипов ранняя форма расходовала больше влаги на транспирацию (на 14,5—37%), чем поздняя. Это объясняется тем, что в 1962 г. опыты проводили в засушливый период, а в 1963 г. — непосредственно после дождя; незначительно увлажнившего верхние слои почвы (до этого также был засушливый период). Ранняя форма интенсивнее реагировала на появившуюся в почве влагу и значительно увеличила транспирацию.

В 1963 г. представилось возможным определить транспирацию форм воронежского климатипа в сухой период (23.VIII) и непосредственно после дождя (28.VIII). Если в сухой период транспирация ранней формы составляла 77,7% от транспирации поздней, то после дождя она была 116,5%. Это характеризует раннюю форму дуба как легко приспосабливающуюся к разным условиям увлажнения путем изменения интенсивности транспирации.

Физиологические особенности форм дуба наложили отпечаток на анатомическое строение их листьев. У всех изученных климатипов дуба поздняя форма имеет большее число устьиц и большую длину жилок на единицу поверхности листа, чем ранняя.

Поздняя форма в 6—9-летнем возрасте, в условиях опыта в большинстве случаев отстает по высоте и диаметру от ранней. Различно соотношение форм дуба разного географического происхождения по качеству стволиков.

Физиологические различия являются ценными признаками для выделения форм, и их необходимо учитывать при разведении дуба.

Анализ роста фенологических форм дуба в географических культурах свидетельствует о том, что схемы районирования переброек жемчужников необходимо разрабатывать отдельно для ранней и поздней форм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Бондарцев. Шкала цветов. Изд. АН СССР, 1954. [2]. Т. Н. Годнев. Строение хлорофилла и методы его количественного определения. Изд. АН БССР, 1952. [3]. Л. А. Иванов, А. А. Силина, Ю. А. Цельникер. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях. «Ботанический журнал» № 2, 1950. [4]. А. Е. Котюков. Способ выделения дубов рано и поздно распускающихся форм. Сб. «Молодые лесоводы 40-летию Великого Октября», 1957. [5]. А. В. Тюрин. Сезонное развитие дуба и его спутников в европейской части Союза. Гослесбуиздат, 1954.

Поступила 12 апреля 1967 г.

УДК 634.0.114.351

ОБ ОСОБОЙ РОЛИ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В НАТУРАЛИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСНОГО СООБЩЕСТВА В СТЕПИ

А. П. ТРАВЛЕЕВ

(Днепропетровский государственный университет)

Лесную подстилку как структурный элемент лесного сообщества необходимо рассматривать обязательно в географическом аспекте.

Исследование наиболее типичных лесных массивов степной Украины мы проводили с 1956 г. в составе Комплексной экспедиции Днепропетровского государственного университета по исследованию лесов степной зоны на основе типологических принципов проф. А. Л. Бельгарда [1]. Тип древостоя занимает ведущее место в формировании лесной подстилки. Органический опад древесных и кустарниковых пород отличается морфологическими, физическими и химическими особенностями, поэтому даже в относительно идентичных условиях разнопородная подстилка разлагается с различной скоростью.

Тип световой структуры насаждения в степи, определяющий степень уязвимости лесных сообществ со стороны вторжения степных трав, оказывает влияние на характер формирования подстилки.

Мелкие элементы опада полуажурных и ажурнокронных пород (акация белая, ясень обыкновенный, гледичия трехколочковая) формируют подстилку с весьма низкими термоизоляционными показателями. В ее составе заметно увеличивается фракция трав. Фитоклимат способствует быстрой минерализации органических остатков.

В насаждениях теневой и полутеневой структуры (дуб черешчатый, клен остролистный и др.) создаются условия для образования устойчивой медленно разлагающейся подстилки. Существенную роль играет фактор продолжительности средообразующего влияния леса. Если в насаждениях до смыкания лесная подстилка почти отсутствует, то в стадии чащи-жердняка создаются оптимальные условия для ее накопления. В период изреживания и улучшения светового состояния нарастают темпы разложения и уменьшаются запасы подстилки. Генезис и структура подстилки зависят от зональных почвенно-климатических условий местопроизрастания насаждения. С переходом от суховатых позиций к свежим ее количество уменьшается почти вдвое в подзоне обыкновенных черноземов и в 4 раза в подзоне темно-каштановых почв. Различные по составу насаждения в аналогичных условиях почвенного увлажнения способны образовывать различный запас подстилки. Если

чистые дубовые насаждения в свежих местообитаниях способны накапливать до 25 т/га лесной подстилки, то примесь к дубу ясеня обыкновенного до 50% приводит к снижению запаса до 4 т/га.

Изучение сезонной ритмики хода разложения подстилки показало, что после листопадного периода (октября) наиболее интенсивное разложение органического опада приурочено к весеннему времени года. Если весна ровная, теплая и влажная (1957 г.), то кульминация процесса разложения наступает гораздо позднее — в начале мая — и заканчивается в половине июня. В засушливом 1957 г. органического опада образовалось значительно меньше, чем в более влажном 1958 г.

Годичный и сезонный ритм разложения подстилки и изменение ее мощности находятся в определенном соответствии с метеорологическими изменениями по отдельным годам и сезонам.

Одним из индикаторов биологической активности подстилки и почвы является интенсивность выделения CO_2 [2]. Наиболее обильным выделением CO_2 (в июне — июле) характеризуется подстилка ясеня обыкновенного, дуба с ясенем, чисто дубовая. Наименьшее количество углекислоты зафиксировано на степной целине (табл. 1).

Таблица 1

Типологическая формула по А. Л. Бельгарду	Исследуемый объект	Количество CO_2 , кг/га час, в 12 час. дня				
		2.VI	13.VI	30.VI	13.VII	итого
$\frac{\text{СГ}_1}{\text{П/ОСВ}}$ 10Яс.об	Подстилка	18,0	17,5	14,0	11,0	60,5
	Почва	12,0	12,0	12,5	9,0	45,5
$\frac{\text{СГ}_1}{\text{П/ОСВ}}$ 7ЯсЗД	Подстилка	27,0	16,0	9,5	5,0	57,5
	Почва	18,0	18,0	8,0	2,0	46,0
$\frac{\text{СГ}_1}{\text{Тен/Ш}}$ 10Д	Подстилка	20,0	14,0	10,0	6,0	50,0
	Почва	15,0	11,0	7,5	3,5	37,0
Степная целинка с ковылем, тонконогом	Калдан	7,5	7,2	8,0	6,0	28,7
	Почва	4,5	4,5	5,0	4,0	18,0

Количество выделенной углекислоты изменяется по месяцам и сезонам года, что тесно связано с наличием тепла и влаги. При благоприятном сочетании этих двух показателей выделение углекислоты резко возрастает. Суточная динамика обусловлена разностью солнечной радиации и лучеиспускания, возникающих между почвой и атмосферой.

В лизиметрах Н. Н. Степанова изучали динамику разложения органического опада древесных пород и взаимодействие продуктов разложения с почвой. Скорость распада органических остатков зависит не от общего количества зольных элементов, а главным образом от форм их соединения. Наличие легко растворимых соединений способствует интенсивному разложению. В общем ряду по уменьшению скорости выщелачивания элементы можно расположить в следующем порядке: CaO , SO_4 , SiO_2 , $\text{N}_2\text{P}_2\text{O}_5$, F_2O_3 , + Al_2O_3 , MgO .

Однако этот ряд для каждой породы может существенно изменяться. По мере усиления степени разложения величина рН для всех пород увеличивается. Лизиметрические и лабораторные исследования дают возможность построить шкалу древесных пород в порядке возрастания скорости разложения их подстилки: ольха черная, сосна крымская, сосна обыкновенная, дуб с желтой акацией, акация белая, дуб черешчатый рано распускающийся, дуб черешчатый поздно распускающийся, можжевельник виргинский, гледичия трехколючковая,

клен остролистный, смесь дуба с ясенем (5Д5Яс.об), тополь черный, клен татарский, ясень обыкновенный.

Органический опад, минерализуясь, возвращает в почву большое количество элементов зольного питания и азота. За 55-летний период лесопригодность почв под насаждением теневой структуры (из дуба черешчатого и клена остролистного) значительно улучшилась по сравнению с исходными участками. В 3 раза возросло количество азота, в 2 раза — фосфора. Меньшие изменения произошли в насаждениях полуосветленных структур (из ясеня обыкновенного и акации белой).

В обогащении верхних горизонтов ведущую роль играет дуб черешчатый и клен остролистный, которые надо отнести к породам, активно воздействующим на почвообразовательный процесс, улучшающим место своего обитания. Почвообразующая роль белоакациевых насаждений в условиях суглинистых черноземов незначительна. Роль ясеневых насаждений в улучшении лесорастительных условий чрезвычайно мала.

Лесные подстилки обладают определенной термоизоляционной способностью, обусловленной не только мощностью и количеством, но, главным образом, комплексом присущих ей физических особенностей.

Наиболее высокой термоизоляционной способностью обладает подстилка насаждений теневой структуры из дуба черешчатого, наименьшей — подстилка полуосветленных структур из акации белой и ясеня обыкновенного (табл. 2).

Таблица 2

Место замеров	Глубина промерзания почв, см								
	9.XII	28.XII	10.1	25.1	10.11	22.11	2.III	25.III	5.V
На просеке	8,0	15,0	35,0	35,0	36,0	36,0	4,0	2,0	2,0
Под дубовой подстилкой	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Под белоакациевой подстилкой	3,0	8,0	18,0	19,0	19,0	17,0	9,0	6,0	4,0
Под дубово-ясеневой подстилкой	4,0	9,0	20,0	23,0	15,0	10,0	0,0	0,0	0,0
Под ясеневой подстилкой	5,0	10,0	31,0	35,0	29,0	14,0	7,0	4,0	0,0

Лесная подстилка играет положительную роль в водном балансе лесных почв. Многочисленные наши наблюдения показали, что во все времена года количество влаги в 75-сантиметровом слое почвы, как правило, больше на площадях с наличием подстилки, чем без нее.

Благотворное влияние подстилки на увлажнение степных почв сказывается и в улучшении прироста древостоя. Только за два года средний прирост деревьев [3] на площадках с подстилкой был на 15—20% выше, чем на участках с оголенной почвой. С продвижением в свежие и влажные местообитания влагонакопительный эффект, как и влияние подстилки на прирост деревьев, заметно уменьшается и даже исчезает.

В условиях плакорной степи, где господствует географическое и часто экологическое несоответствие леса условиям обитания [3], надо всячески сохранять лесную подстилку.

Необходимо создавать насаждения преимущественно из плотно-кронных устойчивых пород, в первую очередь, из чистого дуба, способного формировать подстилку, которая медленно разлагается и обладает высокими термоизоляционными показателями.

Такая подстилка может защищать лесные почвы зимой от промерзания, а летом от перегрева, а также сдерживать вторжение

степных трав и наиболее полно превращать поверхностный сток воды в глубинный.

В учении о лесном сообществе в степи лесная подстилка как важнейший структурный элемент должна рассматриваться с позиций ее роли на фоне той или иной природно-географической зоны. Такой диалектический подход дает возможность учесть качественное своеобразие лесных оазисов в степи, в которых роль лесной подстилки, в противоположность гумидным условиям, почти всегда весьма положительна.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Л. Бельгард. Некоторые вопросы степного лесоведения. «Ботанический журнал» № 2, т. 43, 1958. [2]. В. Н. Мина. Биологическая активность лесных почв и ее зависимость от физико-географических условий и состава насаждений. Журн. «Почвоведение» № 10, 1957. [3]. Ф. Н. Харитонович. Сезонный прирост у древесных пород в насаждениях Велико-Анадольского леса. В книге «Велико-Анадольский лес», Харьков, 1955.

Поступила 2 июня 1966 г.

УДК 634.0.1

ФОРМА КРОНЫ И РАССЕЯННЫЙ СВЕТ

А. Г. ЛУЗГАНОВ, А. С. СОЛОДЬКО

(Сибирский технологический институт)

Повышение продуктивности насаждений — важнейшая проблема лесного хозяйства, частью которой является изучение формы кроны дерева как органа, воспринимающего солнечную энергию. Форма кроны тонко отображает особенности внешних условий и внутреннее состояние дерева. Она характеризуется длиной, шириной, отношением длины к ширине и другими показателями. Часто ее сравнивают с различными телами: конусом, яйцом и т. д. Однако объективного выражения формы кроны до сих пор нет. Зная, как она изменяется с возрастом в различных условиях произрастания, можно на протяжении всей жизни насаждения поддерживать такую густоту, при которой крона деревьев получила бы наилучшее развитие и обеспечивала максимальный прирост древесины. Математические параметры формы кроны дерева, которые тесно коррелировали бы со светообеспеченностью и другими показателями лесорастительных условий, могли бы «числом и мерой» характеризовать деревья разных классов роста и развития. Поскольку форма кроны считается наследственной [10], точное ее выражение найдёт применение в селекции и интродукции древесных пород.

Мы задались целью найти показатели для характеристики формы кроны. Очень ценны, с нашей точки зрения, указания проф. А. В. Тюрица [21], который определял форму кроны как подобие двух тел, сложенных вместе основаниями, а вершинами обращенных в противоположные стороны. При этом наибольшее поперечное сечение расположено несколько выше начала кроны. Чл.-корр. АН СССР В. В. Звонков [5], [6] отмечает, что наиболее широко распространенная форма кроны деревьев представляется каплеобразным телом (рис. 1). Образующая этого тела OMN состоит из двух парабол OM и MN , соединяющихся в точке максимального подъема M . Наибольшее сечение

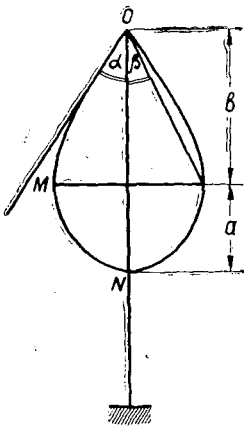


Рис. 1.

делит длину кроны на части a и b , которые относятся одна к другой как 1 : 2. Крону условно можно считать телом вращения, потому что в среднем она имеет равномерное радиальное развитие.

Для характеристики формы кроны дерева нами взяты следующие показатели (рис. 1): отношение длины кроны к общей высоте ствола; отношение $a:b$; угол между вертикалью и касательной к образующей кроны в вершине дерева — угол кроны α ; угол между вертикалью и линией, соединяющей вершину дерева с концом максимального диаметра кроны, β .

По отношению длины кроны к общей высоте ствола при известной высоте дерева точно устанавливается нижняя граница кроны N . Отношение $a:b$ позволяет найти место максимального диаметра кроны. Зная угол кроны α и $a:b$, можно математически построить параболу OM , поскольку через точку O пройдет только одна парабола, вершина M и фокус которой расположены на оси x (линия максимального диаметра) и касательная к которой в точке O составляет с осью y (вертикалью) угол α (угол кроны). Точка M является одновременно вершиной параболы MN . Через две точки M и N , одна из которых M является вершиной параболы, можно провести только одну параболу MN .

Мы проводили исследования в разных широтах Красноярского края. Были изучены кроны сосен, кедров, елей, пихт, берез и лиственниц. Для нахождения отношения $a:b$ высоту дерева делили на 10 равных частей по методическому полужению проф. В. К. Захарова [4]. В каждой секции определяли длину живых ветвей, их вес и угол прикрепления к стволу. Угол кроны практически замеряли между вертикалью и линией, соединяющей верхушки центрального и бокового побегов верхней мутовки (угол α).

Как неоднократно констатировалось в литературе [14], [22], [9], в насаждениях разных пород крона занимает в среднем около 0,6 высоты дерева. По нашим данным, длина кроны в среднем составляет у ели — 61%, у кедра — 65%, у пихты — 61%. Место расположения наиболее развитой части кроны определяли на модельных деревьях кедра, сосны, ели и пихты разного возраста (от 9 до 198 лет) и в различных условиях освещения. Наибольшую ширину и вес ветвей имеют 4-я и 5-я секции от вершины дерева. Линия максимального развития кроны делит ее в отношении, близком к 1 : 2. Например, в 20-летнем молодняке сосны под Красноярском оно равно $(0,36 \pm 0,007) : 0,64$. Отношение 1 : 2 сохраняется для всех исследованных пород и возрастов при коэффициенте вариации от 14,1% до 23,2%. Таким образом, изменение формы кроны в зависимости от различных факторов должно влиять лишь на угол кроны. В нашей работе предпринята попытка проследить изменчивость угла кроны в зависимости от характера распределения интенсивности рассеянной радиации по небосводу. Еще К. А. Тимирязев [19] установил, что интенсивность фотосинтеза имеет максимум приблизительно около половины (0,6) прямой солнечной инсоляции. По мнению многих авторов [11], [20], [12], древесные породы также приспособлены к освещению менее яркому, чем прямое солнечное. Источником такого освещения является рассеянная радиация. Ее интенсивность нередко достигает 50% величины прямой солнечной. Особенно сильно поток рассеянной радиации увеличивается облачностью, сплошной — в 7—8 раз [7]. Обычная облачность для средних широт за вегетационный период 60—62% [3]; более половины лучистой энергии, достигающей

листовой поверхности, приходится на рассеянную радиацию [2]. Исследованиями углового распределения рассеянной радиации [7], [16], [8] найдено, что в силу вытянутости индикатрисы рассеивания вперед всегда наблюдается максимум вблизи солнца. Увеличение оптической толщи атмосферы при возрастании зенитного угла обуславливает рост интенсивности рассеянной радиации в направлении к горизонту. Подобная картина наблюдается для безоблачного неба и просвечивающей облачности при различных высотах солнца над горизонтом h_{\odot} , для плотной облачности — лишь при малых h_{\odot} . С подъемом в горы рост оптической толщи атмосферы при увеличении зенитного угла происходит быстрее, поэтому усиливается радиация зон, расположенных ближе к горизонту. Эта особенность сближает условия освещения в горных районах с северными, где тот же эффект является следствием низких высот солнца. В среднем за сутки интенсивность рассеянной радиации примерно одинакова по всем рубкам. Можно предполагать, что радиальное строение крон деревьев является приспособлением к равномерному освещению со всех сторон рассеянным светом, интенсивность которого достаточна для нормального течения фотосинтеза. Угловое распределение дает подробную картину свечения небосвода. Однако найти это распределение в полевых условиях сложно. Проще учесть рассеянную радиацию по зонам небосвода (рис. 2) [7]. Зональное распределение показывает поступление рассеянной радиации из отдельных зон на горизонтальную поверхность и во всех районах исследования устанавливается для средней за вегетационный период высоты солнца, то есть высоты, выше и ниже которой солнце находится одинаковое время в течение дня со средней за вегетационный период продолжительностью. Средняя за вегетационный период высота солнца равна в Северо-Енисейске $28^{\circ}10'$, Красноярске — $30^{\circ}32'$, Минусинске — $31^{\circ}44'$. Распределение радиации на открытых местах и под пологом исследованных насаждений установлено прибором, описанным Н. Н. Калитиным [7]. Это пиранометр, смонтированный на оси широкого цилиндра, зачерненного внутри. Цилиндр поднимается или опускается, закрывая или открывая зоны небосвода, пиранометр неподвижен. Прямая радиация солнца исключается, благодаря затенению приемника пиранометра специальным диском. В табл. 1 показано распределение зональной радиации на открытом месте при безоблачном небе.

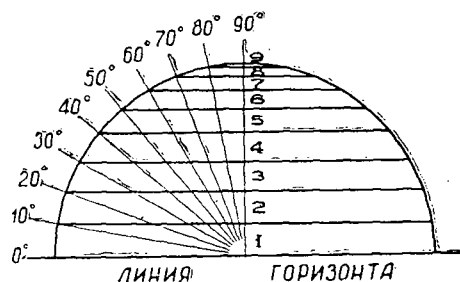


Рис. 2.

Таблица 1

Место наблюдения, широта, высота над уровнем моря	Распределение зональной радиации, %, по зонам небосвода, °								
	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90
Северо-Енисейск, $60^{\circ}20'$ с. ш., 600 м	5,0	14,0	18,7	18,5	15,8	12,5	8,7	5,1	1,7
Красноярск, 56° с. ш., 300 м	4,4	12,4	17,0	18,3	16,4	12,9	9,8	6,2	2,6
Минусинск, $53^{\circ}40'$ с. ш., 300 м	4,1	12,0	16,7	18,2	16,7	13,2	10,0	6,4	2,7

В Северо-Енисейске угол кроны замеряли в молодняке (состав ЗСЗЕЗБ1К, ед. П, возраст 20—30 лет, высота 8—10 м, полнота 0,7—0,8). У сосны он равен $29,3^\circ \pm 0,3$, у кедра $28,3^\circ \pm 0,6$, у ели $25,9^\circ \pm 0,8$, у березы $24,4^\circ \pm 0,5$. Коэффициент вариации имеет пределы от 6,4 до 9,2%. Угол кроны пихты и лиственницы — около 25° .

В Красноярске у сосны в 11-летних культурах угол кроны равен $37,5^\circ \pm 0,5$, коэффициент вариации — 9,6%. У кедра, ели, пихты разного возраста угол составляет соответственно 38, 35 и 27° . В Минусинском районе 10—25-летние культуры сосны имеют угол кроны $38,5^\circ \pm 0,3$, варьирование 9,3%.

Небольшая величина коэффициента вариации угла кроны объясняется однородностью условий освещения, в которых находятся вершины деревьев.

Полученные данные показывают, что с продвижением на юг растет высота расположения самой яркой зоны (табл. 1). Вместе с этим увеличивается угол кроны деревьев. Так, в Северо-Енисейске эта зона расположена на высоте 20—30° над горизонтом. Величина угла кроны исследованных пород 24—30°. В Минусинске те же величины составляют 30—40° и $38,8^\circ$ (для сосны).

Подобная же зависимость наблюдается между углом кроны подраста и условиями зональной радиации под пологом насаждений. Распределение зональной радиации под пологом исследованных древостоев приводится в табл. 2.

Таблица 2

Место наблюдений	Краткая характеристика насаждений	Распределение радиации, %, по зонам небосвода, °								
		0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90
Северо-Енисейск Красноярск	5СЗЛ (100÷160) 1Е1Б, полнота 0,8	4,3	12,2	15,8	16,4	18,4	14,3	10,1	6,5	2,0
	10Б (60÷80), полнота 0,6	3,6	8,4	12,7	18,1	16,0	15,2	13,1	9,0	3,9
	9С (40÷60+150) 1Б (50÷60), полнота 0,7	2,3	6,7	11,3	15,2	15,3	15,7	13,8	12,4	7,3

В первом насаждении подрост кедра имеет угол кроны $48,0^\circ \pm 1,4$; во втором угол кроны соснового подраста составляет $41,4^\circ \pm 0,4$, а в третьем — $51,0^\circ \pm 1,0$. Коэффициент вариации 11,5—15,3%. Под пологом леса наиболее яркая зона располагается выше, чем на открытом пространстве, и кроны подраста имеют больший угол, чем кроны деревьев с освещенных мест. Точность всех измерений угла кроны не превышает 3%.

Связь между величиной угла кроны и высотой расположения самой яркой зоны небосвода подмечена для деревьев (10—30 лет), еще не достигших кульминации «большого периода роста». Для более старших деревьев эту зависимость необходимо изучать в дальнейшем. За угол кроны можно принять угол между вертикалью и линией, соединяющей вершину дерева с концом максимального диаметра кроны β .

Возрастную и географическую изменчивость формы кроны различных древесных пород отмечали многие авторы ([24], [18], [15] и др.). Наши данные подтверждают изменчивость формы кроны в широтном направлении. Преобладание деревьев с узкими кронами в северных и горных районах чаще всего связывают с климатическими условиями, в частности, с количеством твердых осадков [24], [23], [17]. Однако

распределение зимних осадков в Сибири не полностью отражает указанную закономерность [1], [13]. Визнер рассматривал вытянутость кроны в горах как приспособление для лучшего улавливания диффузного света [11]. Сходство условий освещения в горах и северных районах и подмеченная изменчивость угла кроны в зависимости от интенсивности рассеянной радиации позволяют предполагать, что угловое распределение рассеянного света по небосводу является одним из важнейших факторов формирования крон деревьев. Для дальнейшего изучения изменчивости формы кроны могут быть использованы предложенные показатели: углы кроны и отношение, в котором делится длина кроны линией максимального ее диаметра. Тем более, что они легко устанавливаются в полевых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. И. Абрамович, Г. В. Крылов, В. А. Николаев, Д. В. Терновский. Западно-Сибирская низменность. М., 1963. [2]. А. И. Батыгина. Солнечная прямая и рассеянная радиация по наблюдениям в Слудке. Труды ГГО, вып. 9, Л., 1956. [3]. А. А. Борисов. Климаты СССР, М., Гидрометеиздат, 1948. [4]. В. К. Захаров. Труды Белорусского ЛТИ, вып. X, Минск, 1957. [5]. В. В. Звонков. Водная и ветровая эрозия земли. Изд. АН СССР, М., 1962. [6]. В. В. Звонков. Журн. «Техника молодежи» № 2, 1965. [7]. Н. Н. Калитин. Актинометрия. Гидрометеиздат, М.—Л., 1938. [8]. К. Я. Кондратьев. Актинометрия. Гидрометеиздат, Л., 1965. [9]. В. И. Левин. Сосняки Европейского Севера. Изд. «Лесная промышленность», М., 1966. [10]. Б. Линдквист. Лесная генетика в шведской лесоводственной практике. Реферат по второму немецкому изданию 1954 г. члена НТОЛЕСПРОМ, канд. биол. наук Т. П. Некрасовой, Новосибирск, 1958. [11]. В. Н. Любименко. Биология растений. Ч. 1. Ленгиз, 1924. [12]. Н. А. Максимов. Краткий курс физиологии растений, Сельхозгиз, М., 1958. [13]. Материалы по физико-географическому районированию СССР. Изд. МГУ, 1964. [14]. М. М. Орлов. Труды по лесному опытному делу в России, вып. XI, СПб., 1908. [15]. Л. Ф. Правдин. Сосна обыкновенная. Изд. «Наука», М., 1964. [16]. Е. В. Пясковская-Фесенкова. Исследование рассеянного света в земной атмосфере. Изд. АН СССР, М., 1957. [17]. Е. Ромедер, Г. Шенбах. Генетика и селекция лесных пород. Перевод с немецкого, изд-во сельскохозяйственной литературы, М., 1962. [18]. И. Г. Серебряков. Экологическая морфология растений. М., 1962. [19]. К. А. Тимирязев. Солнце, жизнь и хлорофилл. ОГИЗ — Сельхозгиз, М., 1948. [20]. М. Е. Ткаченко. Общее лесоводство. Гослесбуиздат, М.—Л., 1955. [21]. А. В. Тюрин. Таксация леса. М., 1938. [22]. Э. Н. Фалалеев. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование. Изд. «Лесная промышленность», М., 1964. [23]. A. Dengler. Waldbau auf ökologischer Grundlage, 2, Auflage, Berlin, 1935. [24]. Kienitz. Ergebnis der Versuchspflanzungen von Kiefern verschiedener Herkunft in Chorin. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1922.

Поступила 18 апреля 1967 г.

УДК 674.031.623.234.2

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ РАНО И ПОЗДНО РАСПУСКАЮЩИХСЯ ФОРМ ОСИНЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ *

А. П. ЦАРЕВ

(Воронежский лесотехнический институт)

О наличии рано и поздно распускающихся форм осины в литературе имеются сведения [2], [4], [7], однако эти фенологические формы изучены недостаточно.

* Работа выполнена под руководством проф. М. М. Вересина.

Мы исследовали осинники на территории Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ, в правобережной нагорной части массива. Методика работ заключалась в визуальном обследовании всех участков осины Правобережья. На каждый участок была подготовлена карточка, которая включала интересующие нас показатели, часть которых была взята из таксационных описаний, а другая определялась в полевой обстановке.

Фенологические формы осины были выделены на основании стационарных и маршрутных наблюдений. Стационарные наблюдения проводились в типах леса С₂, С₃ и D₃ в насаждениях ранней и поздней форм, а при маршрутных наблюдениях осинники Правобережья на 620 выделах (общей площадью 823,1 га) были отнесены к той или иной форме. При этом установлено, что рано распускающаяся форма в 1966 г. начала разворачивание листьев на 12—15 дней раньше, чем поздняя (18—19 апреля и 1—4 мая соответственно). Определенная часть осинников занимает промежуточное положение. Поэтому все осинники были разделены на рано распускающиеся, поздно распускающиеся и промежуточные.

Таблица 1

Феноформы	Распределение площадей осинников, %, по элементам рельефа							
	водораздел	приводораздельный склон	блюдцеобразное понижение	вершины балки	ложбины балки	склоны балки		тальвег балки
						верхняя часть	нижняя часть	
Ранняя	55,7	19,8	0,8	2,3	7,7	3,1	8,3	2,3
Промежуточная	30,2	15,4	1,3	0,4	9,4	2,2	30,3	10,8
Поздняя	26,9	5,1	—	—	6,0	—	53,4	8,6
Итого	49,9	18,5	0,9	1,9	7,9	2,8	14,0	4,1

Распределение осинников по элементам рельефа дало интересные результаты. Из табл. 1 видно, что ранняя форма тяготеет к повышенным элементам рельефа (водораздел, приводораздельные склоны, вершины балок, верхние части склонов балок), а поздняя заселяет пониженные местоположения (ложбины балок, нижние части склонов балок, тальвеги). Это связано, по-видимому, с тем, что поздняя форма осины, как и у дуба [1], [3], [6], более приспособлена к морозобойным и увлажненным местам. Эта же тенденция заметна при распределении осинников по типам условий местопроизрастания (табл. 2).

Таблица 2

Феноформы	Распределение осинников, %, по типам условий местопроизрастания							
	B ₂	B ₃	C ₂	C ₃	C ₄	D ₂	D ₃	D ₄
Ранняя	13,8	2,3	61,3	2,9	—	15,7	3,9	0,1
Промежуточная	24,6	4,5	37,8	11,1	—	4,2	17,8	—
Поздняя	12,4	4,7	19,7	43,1	1,3	2,6	16,2	—
Итого	15,9	2,8	56,11	5,1	0,04	13,1	6,9	0,05

Нами были прослежены качественные и морфологические особенности указанных форм осины.

При оценке пораженности осинников определяли процент деревьев в возрасте свыше 30 лет с наличием плодовых тел *Fomes igniarius* Fr. У различных форм он оказался разным: у ранней 31,5%, у промежуточной — 27,3%, у поздней — 20,5%. Это дает основание полагать, что поздняя форма, вероятно, более устойчива к поражению, чем ранняя.

Учитывая огромное значение прямоствольности пород [9], мы на каждом участке выделяли деревья прямоствольные, кривоствольные и промежуточные (рис. 1, 2; фото автора). К первым относили деревья, у которых ствол был прямой до начала кроны и в ее пределах; у кривоствольных ствол изгибался еще до начала кроны; у промежуточных



Рис. 1. Насаждение осины с преобладанием прямоствольных деревьев. Воронежская область. Март 1967 г.



Рис. 2. Насаждение осины с преобладанием кривоствольных деревьев. Воронежская область. Апрель 1967 г.

он был прямым до начала кроны, но терялся или искривлялся в ее пределах. Итоговые данные помещены в табл. 3, из которой видно, что количество прямоствольных деревьев увеличивается от ранней формы к поздней.

Таблица 3

Феноформы	Средневзвешенный процент деревьев		
	прямоствольных	промежуточных	кривоствольных
Ранняя	33,1±1,54	40,9±1,13	26,0±1,33
Промежуточная	45,0±3,12	32,7±1,99	22,3±2,70
Поздняя	50,7±3,74	33,5±4,06	15,8±3,6
Для всех форм	36,2±1,45	38,9±0,97	24,9±1,26

В зависимости от характера кроны мы выделяли ширококронные, обычные и узкокронные деревья. У первых диаметр составляет 25% и больше от высоты ствола, у обычных — 15—25% и у узкокронных меньше 15%.

Обобщенные данные для участков осины, возраст которой превышает 30 лет, помещены в табл. 4, откуда видно, что ранняя форма имеет больший процент площадей с широкой кроной, а для поздней характерна обычная форма кроны.

Особенности коры привлекали внимание многих исследователей [5], [8]. Мы классифицировали кору по ее типу и цвету гладкой части ствола, тип коры выделяли в зависимости от высоты грубой корки. Деревья, у которых грубая корка подымалась до 2,5—3 м по ство-



Рис. 3. Ствол гладкокорой осины.
Воронежская область. Апрель 1966 г.

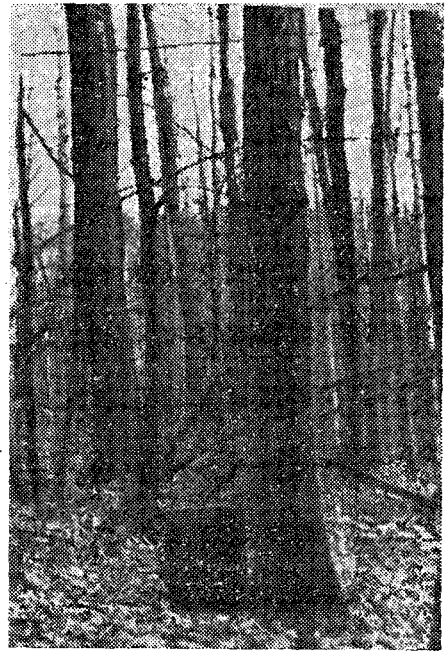


Рис. 4. Ствол осины с шероховатым типом коры.
Воронежская область.
Апрель 1966 г.

Таблица 4

Феноформы	Распределение осинников, %, по ширине кроны		
	узкая	обычная	широкая
Ранняя	0,4	45,6	54,0
Промежуточная	—	48,0	52,0
Поздняя	—	54,0	46,0
Итого	0,3	46,4	53,3

лу, относили к гладкокорым. У шероховатой коры грубая корка распространяется на 3—6 м и у грубой — выше 6 м (рис. 3, 4; фото автора).

По цвету гладкой коры мы выделяли зеленые, светло-серые и серые стволы. Данные табл. 5 и 6 показывают, что процент гладкокорых и

Таблица 5

Феноформы	Распределение осинников, %, в зависимости от типа коры		
	гладкая	шероховатая	грубая
Ранняя	69,6	29,9	0,9
Промежуточная	65,5	30,7	3,8
Поздняя	50,3	49,7	—
Итого	68,1	30,4	1,5

Таблица 6

Феноформы	Распределение осинников, %, в зависимости от цвета коры		
	зеленая	светло-серая	серая
Ранняя	89,7	3,7	6,6
Промежуточная	87,7	8,2	4,1
Поздняя	42,9	36,1	21,0
Итого	87,6	5,8	6,6

зеленых стволов уменьшается при переходе от ранней формы к поздней. Осина поздней формы в основном имеет светло-серую и серую кору.

Полученные нами выводы могут быть использованы в производстве при выращивании здоровой деловой осины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. М. Вересин. О фенологических формах дуба черешчатого и использование их в лесоразведении. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1958. [2]. М. Д. Данилов. Рано и поздно распускающаяся формы осины. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Новая серия, т. LIX, вып. 5, Отдел биологии, стр. 23—39, 1954. [3]. Е. И. Енькова. Территориальное размещение рано и поздно распускающихся форм черешчатого дуба. Доклады АН СССР, Новая серия, т. LXXIV, № 1, 1950. [4]. Г. Г. Кругликов. О новой форме осины. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1938. [5]. Е. Г. Орленко. Формовое разнообразие осины в лесах Белорусской ССР и возможности его использования в селекции. Сб. «Быстрорастущие и хозяйственно ценные древесные породы», ВНИИЛМ, М., 1958. [6]. С. С. Пятницкий. Экологические типы обыкновенного дуба и их использование в лесокультурной практике. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1941. [7]. П. Я. Петроускі. Аб формах асіны у лясах паўночнаўсходняй часткі БССР. «Весті АН БССР, сер. біял. н., № 1, 1962. [8]. Я. Я. Смилга. Хозяйственная оценка осины разных биологических форм. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1965. [9]. H. Jonsson. Delineation of improvement objectives and their possible attainment growth and stem form. Seattle, Washington, 1960 (доклад на V Мировом лесном конгрессе).

Поступила 1 июля 1967 г.

УДК 634.0.231 : 634.0.43

О СВЯЗИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ В СОСНЯКАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В. Ф. ЦВЕТКОВ

(Архангельский институт леса и лесохимии)

Целью нашей работы было выявление основных закономерностей возобновления сосны под пологом боров лишайниковых и брусничных в связи с лесными пожарами. Исследования проводили в 1961—1965 гг. в Зашейковском и Мончегорском лесхозах — в центральной части лесной зоны Кольского полуострова. Заложено 20 пробных площадей (12 — в сосняках лишайниковых, 8 — в брусничниках). Всего обследовано около 1,6 тыс. га насаждений.

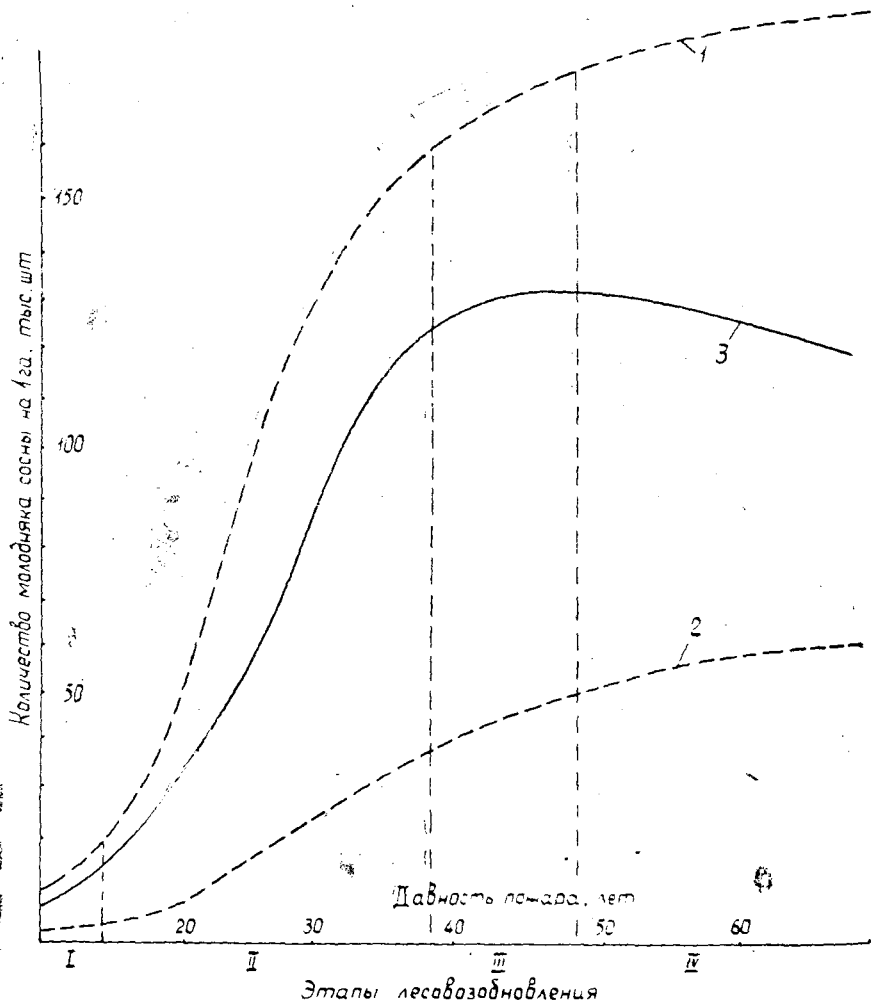


Рис. 1.

1 — общий ход возобновления без отпада; 2 — отпад сосенок; 3 — итоговый ход возобновления.

Возобновление под пологом боров лишайниковых

Сосняки лишайниковые — самая распространенная группа типов леса на Кольском полуострове. Большая подверженность их пожарам обеспечивает выжигание напочвенного покрова и разреживание полога и тем самым способствует хорошему возобновлению сосны. Это было отмечено многими исследователями [3], [1], [4], [5], [6].

Накопление молодняка под пологом после пожара по годам характеризуют цифровые данные, полученные на основании изучения возрастной структуры молодняка на пробных площадях и выравненные графически (рис. 1).

Количество молодняка достигает максимума через 35—40 лет после пожара. Эти сроки близки к данным И. С. Мелехова [2] и В. В. Репневского [4]. Впоследствии темпы лесовозобновления снижаются, что связано с отрицательным воздействием восстанавливающегося напочвенного покрова. Наряду с этим прогрессирует и отпад молодняка. В то

время, когда количество вновь появившейся сосны и отпада уравновешивается, наступает период некоторой стабилизации в нарастании численности молодняка. В дальнейшем темпы возобновления снижаются еще больше, а затем превалирует отпад. Таким образом, процесс естественного лесовозобновления подразделяется на несколько этапов. Наши данные совпадают с выводами И. С. Мелехова [2]. В среднеполотных сосняках лишайниковых прослеживаются следующие этапы лесовозобновления: 1 — относительно слабого лесовозобновления, продолжающийся 12—15 лет после пожара; 2 — интенсивного лесовозобновления, занимающий приблизительно 25 лет после первого этапа; 3 — стабилизации процесса лесовозобновления (примерно 10 лет); 4 — спада лесовозобновления, начинающийся примерно через 45—50 лет после пожара и заканчивающийся рубкой древостоя или следующим пожаром.

В приведенной на рис. 1 схеме итоговые показатели количества молодняка по годам после пожара даны как разница между общей численностью появляющегося молодняка сосны и его отпадом. Имея принципиальный характер, схема не претендует на точное отражение времени наступления этапов. Может сильно варьировать и численность молодняка.

Сроки наступления трех первых этапов, их продолжительность, а также количество молодняка получены графическим выравниванием данных о ходе накопления сосны по годам после пожара давностью до 40 лет. О сроках наступления этапа спада лесовозобновления можно судить по снижению численности молодняка сосны в каждом из последующих поколений, появляющихся через 45—50 лет после пожара.

Время наступления разных этапов, интенсивность лесовозобновления на каждом из них во многом зависят от сомкнутости полога и его строения (табл. 1). При одинаковой сомкнутости состояние соснового подростка тем лучше, чем он реже (табл. 1). Возраст насаждений, давность пожара в них примерно одинаковы.

Таблица 1

Сомкнутость полога	Общая численность молодняка, тыс. шт.	Процент здоровых сосенок
0,76	47,2	93,1
0,75	126,1	68,0
0,45	136,9	80,2

Энергия роста сосны под пологом тоже определяется его сомкнутостью, а также густотой молодняка ([9], [8], [7] и др.). С увеличением сомкнутости полога и густоты молодняка энергия его роста снижается.

В насаждениях, где пожар был давно и молодняк под пологом имеет разный возраст, прослеживается снижение энергии роста от первой возрастной группы к последующим. Связано это с увеличением общей заселенности площади и возрастающим конкурирующим влиянием деревьев первых послепожарных генераций. Снижению прироста в высоту у сосны предшествует уменьшение прироста боковых ветвей, падение интенсивности охвоения.

Анализ состояния молодняка по возрастным группам показал, что отпад наблюдается уже в первые годы и с возрастом прогрессирует. Отпад подростка начинается со снижения прироста, обусловленного световой недостаточностью или конкурирующим воздействием корней соседних деревьев.

Возобновление в борах-брусничниках

Возобновление сосны под пологом этого типа леса связано с лесными пожарами. Кроме сосны, в возобновлении участвует береза и реже ель. Березы иногда насчитывают 4—5 тыс. шт. на 1 га, но это количество обычно не составляет и десятой доли общей численности молодняка. Успешному возобновлению сосны в брусничниках способствует их сравнительно высокая подверженность пожарам и редкостойность. В брусничниках, как и в лишайниковых сосняках, прослеживается несколько этапов лесовозобновления. Сроки наступления их в большей мере, чем в лишайниковых сосняках, определяются интенсивностью пожара. В течение 12—15 лет после пожара темпы лесовозобновления в брусничниках и лишайниковых сосняках различаются мало. Спустя 25—30 лет, некоторое время количество молодняка остается на каком-то постоянном уровне. Таким образом, период интенсивного лесовозобновления в брусничниках заканчивается раньше, чем в борах лишайниковых — с 10—15-го по 25—30-й год после пожара. Благодаря более быстрому восстановлению мохового покрова, продолжительность этапов стабилизации и спада темпов лесовозобновления в борах-брусничниках более растянута.

На численность молодняка и его состояние в брусничниках также влияет сомкнутость материнского полога. Состояние сосенок под пологом меняется в зависимости от густоты и возраста молодняка.

Таким образом, одним из основных факторов, определяющих сроки наступления отдельных этапов и их продолжительность, является скорость восстановления напочвенного покрова после пожара.

Наибольшей жизнеспособностью в среднеполнотных лишайниковых сосняках обладает молодняк первых послепожарных генераций в возрасте до 20—25 лет, в брусничниках до 25—30 лет. Молодняк последующих генераций имеет худшее состояние и меньшую энергию роста. Устойчивая жизнеспособность подроста сосны в насаждениях обоих типов при средней сомкнутости полога сохраняется в течение 45—50 лет после пожара, то есть до периода спада лесовозобновления, при высокой — меньше.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Мелехов. Особенности лесов Кольского полуострова и пути их улучшения. Сб. «Леса Кольского полуострова», АН СССР, 1961. [2]. И. С. Мелехов. Рубки главного пользования. М., 1962. [3]. Г. И. Нестерчук. Плодоношение и естественное возобновление сосновых насаждений Кольского полуострова. Журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность» № 3—4, 1931. [4]. В. В. Репневский. Лишайниковые вырубки. Сб. «Леса Кольского полуострова», АН СССР, 1961. [5]. В. В. Репневский. Естественное возобновление сосны в различных типах вырубок Кольского полуострова. Сб. «Леса Кольского полуострова», 1961. [6]. В. В. Репневский. Концентрированные вырубки и естественное лесовозобновление в сосновых лесах Кольского полуострова. Автореферат диссертации, Свердловск, 1963. [7]. В. С. Романов. Возобновление сосны в сосновых и сосново-березовых насаждениях. Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству, вып. XII, АН БССР, 1958. [8]. Э. Шабак. Возобновление сосны в верещатниках и беломошниках. 1914. [9]. И. А. Яхонтов. Развитие соснового подроста под пологом старых насаждений, 1909.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.3

**ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ РОСПУСКА
ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ВПИСЫВАНИИ АВТОМОБИЛЯ В КРИВЫЕ**

И. И. ЛЕОНИЧ

(Белорусский технологический институт)

Вопросы вписывания автомобильных поездов в кривые, например, при переходе их с прямой на кривую и при выходе с кривой изучены далеко не полностью.

Оснастка подвижного состава, методы расчета крестообразной сцепки, конструкции тяговых балок и некоторые другие вопросы, связанные с хлыстовой вывозкой, исследованы уже достаточно подробно [1], [2], [4]. Есть неясности в рассмотрении пути следования роспуска за автомобилем. Отсутствует метод, который позволил бы определять положение роспуска при любом заданном положении автомобиля. Нет данных о форме и величине необходимого уширения при входе в кривую и выходе из нее и т. д. Однако, воспользовавшись предлагаемым ниже графическим методом и предположив, что вписывание подвижного состава в кривые происходит под действием статических сил, длина тяговых тросов одинакова и постоянна на протяжении всего рассматриваемого периода, длины дышла тяговых балок известны и неизменны при решении поставленной задачи, определение пути следования роспуска можно осуществить следующим образом (рис. 1).

В любом избранном масштабе вычерчиваем участок дороги в кривой, а также прилегающий к ней прямой участок. На первом участке в том же масштабе изображаем основные элементы крестообразной сцепки, влияющие на пути следования роспуска: A_0B_0 — ширина тяговой балки автомобиля; Γ_0B_0 — ширина тяговой балки роспуска; $A_0B_0 = B_0\Gamma_0$ — длина тягового троса; O_0P_0 — длина дышла. Это положение I.

Далее переместим тяговую балку автомобиля в новое положение II. С целью упрощения построения будем пренебрегать выносом тяговой балки и крюка относительно середины задней оси автомобиля. (При решении конкретных задач такого упущения делать не следует, так как оно может отразиться на результатах определения численных величин.)

При отсутствии выноса тяговая балка займет положение, совпадающее с задней осью автомобиля, то есть по радиусу.

Принимая во внимание, что длины тяговых тросов и дышла постоянны и от перемены места положения тяговой балки автомобиля не изменятся, можно начертить дуги, на которых расположатся концы тросов и дышла.

Для этого раствором циркуля A_0B_0 с центром в точке A_1 чертится дуга b_1 , а затем дуга g_1 с центром в точке B_1 . Радиусом O_0P_0 из точки O_1 чертим дугу n_1 . При перемещении тяговой балки из положения I в

положение II точка O_0 переместилась в точку O_1 , удаленную на расстоянии O_0O_1 . Очевидно, что и точка P_1 будет находиться от точки P_0 на таком же расстоянии. Чтобы определить ее место, достаточно раствором циркуля O_0O_1 из точки P_0 сделать засечку на кривой n_1 . Полученная точка P_1 является ничем иным, как центром тяговой балки роспуска (осью прицепа). Для определения положения концов тяговой балки раствором циркуля P_0B_0 (полудлины тяговой балки) из точки P_1 делаем засечки на дугах b_1 и z_1 . Полученные точки B_1 и G_1 характеризуют новое положение тяговой балки роспуска. Соединяя точки A_1 и B_1 , B_1 и G_1 , O_1 и P_1 , найдем положение крестообразной сцепки, по которому легко начертить всю ходовую часть и автомобильный поезд.

Аналогичным способом установлено относительное положение элементов крестообразной сцепки для случая, когда автомобиль и роспуск находятся на кривой (положение III).

Приведенные построения подтверждают известные выводы, что при выезде автомобиля на кривую роспуск отклоняется во внешнюю сторону, а на кривой он движется по следу автомобиля. Это служит доказательством того, что предлагаемый метод вполне достоверен и им, следовательно, можно пользоваться для решения практических вопросов, связанных с вписыванием подвижного состава в кривые.

Определим форму и величину уширения проезжей части однопутной автомобильной дороги при въезде и выезде автомобиля ЗИЛ-151 с роспуском 2-Р-8 в кривую, радиус которой равен 20 м. Длина хлыстов $l_x = 24$ м; вынос сцепного крюка автомобиля $n = 1,75$ м; вынос тяговой балки роспуска $K = 0,153$ м; длина тяговой балки автомобиля $b_1 = 1,4$ м; длина тяговой балки роспуска $b_2 = 2,0$ м; вынос тяговой балки автомобиля относительно оси сцепного крюка $m = 0,147$ м; длина дышла $L = 8,75$ м.

Принимая масштаб 1:100, начертим участки кривых с прилегающими прямыми (рис. 2) и изложенным выше методом определим пути следования роспуска. Смещение роспуска во внешнюю сторону при входе автомобиля в кривую и во внутреннюю при выходе его из кривой позволяет очертить зону, в пределах которой требуется уширение. Максимальная величина — 60 см.

В силу того, что вход в кривую при движении в порожняковом направлении становится выходом, а выход — входом, по обе стороны кривых необходимо производить уширение, образуя тем самым своего рода «горловину». Эти уширения особенно необходимы на дорогах с однополосной проезжей частью, где маневрирование автомобиля ограничено.

Величина уширения зависит от параметров крестообразной сцепки и радиуса круговых кривых. С уменьшением радиуса уширение возрастает (рис. 3). Для условного автомобильного поезда, у которого длина дышла равна 10,6 м, а тяговых балок 1,95 м, величина сцепления роспуска Δb

при входе автомобиля в кривую (смещение во внешнюю сторону)

$R = 40$ м	$\Delta b = 0,30$ м
$R = 30$ »	$\Delta b = 0,45$ »
$R = 20$ »	$\Delta b = 0,65$ »
$R = 10$ »	$\Delta b = 0,85$ »

при выходе автомобиля из кривой (смещение во внутреннюю сторону)

$R = 40$ м	$\Delta b = 0,15$ м
$R = 30$ »	$\Delta b = 0,40$ »
$R = 20$ »	$\Delta b = 0,60$ »
$R = 10$ »	$\Delta b = 0,80$ »

Используя приведенный метод, можно более правильно решить вопрос о длине разъезда, которую в настоящее время вычисляют по формуле [3]

$$l_p = l_m + 4\sqrt{aR}, \quad (1)$$

где l_m — длина груженого автомобильного поезда;
 a — расстояние между осями двух встречных автомобилей;
 R — минимальный радиус поворота груженого автомобиля.

Однако, как показывают наблюдения, разъезды, имеющие длину l_p , с трудом выполняют свое назначение, так как автомобиль с хлыстами в пределах этой длины не может вписаться в отведенную для него полосу движения.

Для того чтобы автомобиль полностью освободил встречному транспорту полосу движения, он должен быть продвинут на величину ΔS (рис. 4). Минимальная длина разъезда при этом условии будет определяться по формуле

$$l_p = l_m + 4\sqrt{aR} + \Delta S. \quad (2)$$

Если по тем или иным причинам на автомобильной дороге не может быть запроектирован и построен разъезд нормальной длины, то улучшить условия вписывания автомобильного поезда можно путем устройства разъезда овальной формы (рис. 5), который не только обеспечивает хорошее вписывание и плавное движение, но, кроме того, более технологичен при возведении земляного полотна и постройке покрытий.

На основании изложенного можно сделать выводы.

1. Вопросы о вписывании автомобильных поездов можно решать не только аналитическим, но и графическим путем. Для участков, где радиус изменяется от $R \rightarrow \infty$, может быть применен изложенный в настоящей статье метод.

2. Проезжая часть автомобильных дорог должна иметь уширение не только в пределах круговых кривых малых радиусов, но также и на прямых участках, прилежащих к круговым кривым. Уширение необходимо производить в обе стороны от оси дороги, а величину его назначать с учетом характеристики подвижного состава, длины переходных кривых и радиуса закруглений.

3. Смещение радиуса по отношению к траектории тяговой балки автомобиля приводит к необходимости внесения поправки в формулу для определения длины разъезда.

4. Можно проектировать разъезды овальной формы, которые имеют ряд преимуществ как в период строительства, так и при эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Горбачевский. Вывозка леса автомобилями. Гослесбумиздат, 1955.
 [2]. И. М. Житов. Теория вписывания подвижного состава в закругление безрельсовых дорог и применение ее к вписыванию лесовозных экипажей. Диссертация, МЛТИ, 1956.
 [3]. М. М. Корунов, В. И. Удилов. Рекомендации по расчету расстояний между разъездами автолесовозных дорог. Полиграфиздат, Свердловск, 1965.
 [4]. В. П. Лахно, Р. П. Лахно. Автомобильные лесовозные поезда. Гослесбумиздат, 1961.

УДК 634.0.378

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ОБВЯЗОК ПУЧКОВ

Ю. Н. СЕЛЯНИН

(Московский лесотехнический институт)

Пучок — наиболее распространенная и прогрессивная сплоченная единица при транзитном и местном сплаве. При сквозной организации лесотранспортных работ он без размолвки или переplotки может проходить все фазы транспортного процесса от подвижного состава или нижнего склада лесовозных дорог до погрузки в вагоны или размолвки на лесопереvalочных базах и рейдах приплава. При этом пучки подвергаются ряду промежуточных операций (выгрузка с подвижного состава, перевалка на воду, механизированная выгрузка из воды на лесопереvalочных базах и т. д.).

Во всех этих случаях для уменьшения аварийных потерь большое значение приобретает прочность обвязок пучков. Однако завышение прочности обвязок с целью гарантирования безаварийности при огромном объеме лесотранспортных работ влечет за собой большой перерасход металла. Поэтому вопрос о подборе рационального сечения обвязок в зависимости от различных технологических условий, несомненно, важен и актуален.

Для пучков навигационной сплотки с последующей транспортировкой в плотках этот вопрос достаточно хорошо исследован и освещен в литературе [1].

При использовании пучка в качестве сквозной транспортной единицы, когда он подвергается дополнительным операциям, в обвязках возникают динамические усилия, качественно и количественно очень сильно отличающиеся от усилий при плавании пучка на воде.

Мы провели теоретические и экспериментальные исследования, посвященные определению усилий в обвязках пучков в зависимости от условий производства работ и параметров пучков для следующих основных случаев: перемещение пучков по горизонтальным подкладкам; сброска (перевалка) пучков в воду по наклонным подкладкам; вертикальный удар о воду; вертикальный удар о твердую поверхность (деревянные подкладки).

Методика экспериментальных и теоретических исследований была освещена нами ранее [2], [3]. Результатом настоящей работы являются эмпирические формулы, выражающие усилие в обвязках в зависимости от параметров пучков и условий производства работ.

Введем обозначения: W — объем древесины в пучке, m^3 ; B — ширина пучка, m ; l — длина пучка, m ; G — вес пучка, kg ; C — соотношение осей пучка; H — высота сброски (расстояние по вертикали от нижней точки пучка до поверхности воды или твердого основания), m ; φ — угол наклона подкладок к поверхности воды, $град$; T — суммарное усилие в обеих обвязках пучка, kg .

Тогда усилия в обвязках пучков можно определять по следующим формулам.

1. Перемещение по горизонтальным деревянным подкладкам

$$T = \left(0,05 + \frac{0,456}{C - 0,168} \right) G. \quad (1)$$

Формула (1) хорошо аппроксимируется более удобной для практического использования приближенной формулой

$$T = \frac{0,52}{C - 0,168} G. \quad (2)$$

Максимальная ошибка при определении усилий по формуле (2) не превышает 6%.

Исследования показали, что при небольших углах наклона подкладок величина T практически не зависит от φ и при значениях $0 \leq \varphi \leq 30^\circ$ усилия могут определяться по формулам (1) или (2). При значениях φ , больших 30° (угол трения), начинается самопроизвольное скольжение или перекатывание пучка, и формулы (1), (2) становятся непригодными.

В указанном диапазоне изменения φ формулы (1) и (2) можно использовать как для случая перемещения пучка в тросовой петле, так и при его перемещении толкателем бульдозера.

2. Сброска по наклонным деревянным подкладкам. При обработке результатов экспериментов обнаружилось, что усилия, возникающие в момент удара о воду, при всех прочих равных условиях превышают соответствующие усилия, возникающие при самопроизвольном движении (скольжении и перекатывании) пучка по наклонным подкладкам. Поэтому в качестве расчетной нужно использовать зависимость, определяющую усилия именно в момент удара пучка о поверхность воды,

$$T = 192l + 237 \frac{WH}{C} \sin \varphi. \quad (3)$$

Этой формулой нужно пользоваться при $30^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ$. При $\varphi > 70^\circ$ формула становится непригодной.

3. Вертикальный удар о воду

$$T = 100l (-26,65 + 1,44BCH + 34,57B - 8,18B^2). \quad (4)$$

Формула (4) используется как при вертикальном ударе о воду, так и при сброске с берега или подвижного состава, если угол наклона подкладок $\varphi > 70^\circ$. Она выражает прямую зависимость между T и C , которая объясняется тем, что с возрастанием соотношения осей, а следовательно, и ширины пучка происходит увеличение смоченной поверхности пучка при ударе, что очень сильно сказывается на величине удара пучка о воду. Усилия в обвязках связаны прямой зависимостью с величиной удара. Поэтому при вертикальном ударе пучка повышение C вызывает увеличение усилий в обвязках, а не уменьшение их, как в остальных случаях.

При ударе твердого тела о поверхность воды максимальная величина удара не зависит от веса, а является функцией размеров и формы ударяемого тела. Поэтому и усилия в обвязках при ударе о воду — формулы (3) и (4) — практически не зависят от веса пучка.

4. Вертикальный удар о твердое основание

$$T = 222l (11,87 + 4,47H - 11,61C + 9,75B - 2,35B^2). \quad (5)$$

Формула получена для модельных пучков с объемным весом $\gamma_{др} = 0,57$. Увеличение объемного веса приводит к возрастанию усилий

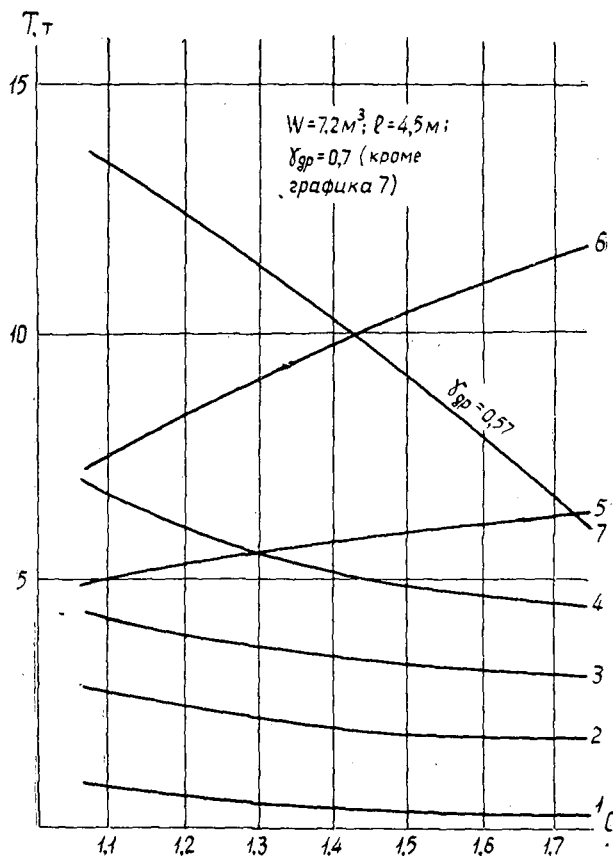


Рис. 1. Зависимость усилий в обвязках пучков от соотношения осей.

1 — статическое положение на спокойной воде;
 2 — перемещение по горизонтальной площадке;
 3 — сброска по наклонным подкладкам при $H=3 \text{ м}$, $\varphi=45^\circ$; 4 — то же при $H=5 \text{ м}$; 5 — вертикальный удар о воду при $H=1 \text{ м}$; 6 — то же при $H=3 \text{ м}$; 7 — вертикальный удар о твердую поверхность при $H=1 \text{ м}$ ($\gamma_{др}=0,57$).

в обвязках. Так, например, при $\gamma_{др} = 0,7$ усилия повышаются на 25–30%. Это объясняется тем, что при увеличении объемного веса древесины возрастают инерционные силы, действующие на пучок.

На рис. 1 представлены графики зависимости $T = f(C)$, вычисленные для различных условий. В целях сравнения показан график этой зависимости для пучков на спокойной воде, построенный по формуле

$$T = 2 \cdot \frac{0,025}{C - 0,7} G [1].$$

Рис. 1 дает наглядное доказательство необходимости выбора сечения обвязок пучков с учетом конкретных условий производства работ. При этом величину усилия подсчитывают по формулам, соответствующим технологическим операциям, включенным в данную транспортную схему. Максимальное из полученных усилий и будет расчетным.

Удар пучка о твердое основание вызывает усилия, намного превосходящие максимальные. Принятие этого случая за расчетный может

привести к чрезвычайно большому расходу обвязочного материала. При правильной организации работ удар пучка о твердое основание исключается. Однако на практике может возникнуть необходимость проверки прочности обвязок при падении пучка с небольшой высоты. Таковую проверку следует осуществлять по формуле (5).

Все приведенные формулы — эмпирические, и поэтому ими можно пользоваться лишь в следующих пределах изменения независимых параметров, принятых при производстве экспериментов: объем древесины в пучке — 1,5—7,2 м³; соотношение осей пучка — 1,1—1,75; высота сброски при вертикальном ударе о воду — 1,5—7,5 м; при ударе о твердое основание — 0,5—3,0 м; при сброске под углом — 1,0—5,0 м. Экстраполяция формул за указанные пределы изменения параметров недопустима.

Подбор сечения обвязок можно производить по первому предельному состоянию — прочности обвязок, так как деформации обвязок по условиям эксплуатации допустимы. Площадь поперечного сечения обвязки может быть определена из условия прочности по формуле

$$F = \frac{T}{2\sigma_B} \frac{m_1 m_2}{m_3}, \quad (6)$$

здесь F — площадь поперечного сечения обвязки;

$\frac{T}{2}$ — усилие, приходящееся на одну обвязку;

σ_B — предел прочности материала обвязки;

m_1 — коэффициент, учитывающий перегрузку обвязки по сравнению с расчетным усилием;

m_2 — коэффициент, учитывающий неравномерное распределение усилия между обвязками;

m_3 — коэффициент, учитывающий неоднородность материала обвязки.

Для любых условий коэффициент m_1 можно принимать равным 1,3—1,4.

Коэффициент m_2 зависит от условий производства работ. Для случая вертикального удара о воду или твердую поверхность он составляет 1,1—1,2, а при сброске по наклонным подкладкам и при перемещении пучка по горизонтальной площадке — 1,3—1,5.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Водный транспорт леса, Справочник, Гослесбумиздат, М., 1963. [2]. Ю. Н. Селянин. Усилия в обвязках пучков из бревен при их ударе о воду. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1962. [3]. Ю. Н. Селянин. К вопросу о прочности обвязок бревенных пучков при их перевалке на воду. Межведомственный республиканский сборник «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность» № 3, 1966.

Поступила 25 марта 1967 г.

УДК 634.0.378

ДИНАМИКА СОУДАРЕНИЯ ПЛАВАЮЩЕГО БРЕВЕННОГО ПУЧКА С НАПЛАВНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛОТОВ

Н. Н. БУТОРИН

(Архангельский лесотехнический институт)

Узлы механизированной поточной линии по сортировке пучков и формированию секций плотов в своей конструкции имеют значительное количество вертикальных стоек, воспринимающих удары бревенных пучков. Стойки крепятся на мостах, которые, в свою очередь, опираются на понтоны, закрепленные стальными канатами (шеймами) за донные опоры [3], [4]. Мы предлагаем метод оценки сил взаимодействия пучка и наплавного сооружения (понтон) и усилия в тросе шеймы, крепящей это сооружение.

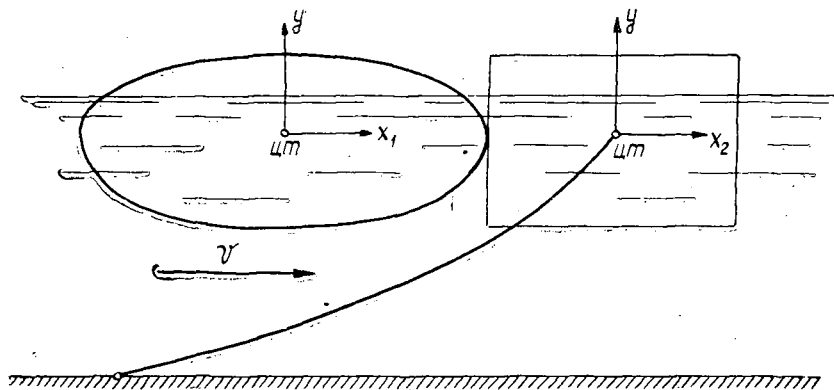


Рис. 1.

Расчетная схема показана на рис. 1. Бревенный пучок плывет со скоростью течения воды и, встретив на своем пути понтон, закрепленный за донную опору с помощью шеймы, останавливается. При исследовании удара принимаем следующие допущения.

1. Рассматриваем одномерное движение центров тяжести пучка и понтона.

2. Присоединенная масса воды, движущейся вместе с пучком и понтоном, считается постоянной.

3. Воздействие текущей воды на пучок и понтон пропорционально квадрату их скорости относительно воды, то есть давление воды на пучок равно

$$k_1 \left(v - \frac{dx_1}{dt} \right)^2,$$

а на понтон

$$k_2 \left(v - \frac{dx_2}{dt} \right)^2,$$

где v — скорость течения воды, м/сек;

k_1, k_2 — коэффициенты пропорциональности.

4. Сила взаимодействия пучка и понтона связана функциональной зависимостью с их деформацией. Обычно деформация стойки, в которую ударяется пучок, прямо пропорциональна действующей силе. Характер деформации пучка под действием горизонтальной силы пока не исследован. Поэтому, в первом приближении, будем считать, что перемещение центра тяжести пучка при его деформации прямо пропорционально действующей силе. Тогда сила взаимодействия пучка и понтона

$$P = r(x_1 - x_2),$$

здесь r — коэффициент упругой деформации, учитывающий совместную деформацию пучка и понтона, то есть

$$r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2},$$

где r_1 — коэффициент пропорциональности между силой и деформацией пучка;

r_2 — то же между силой и деформацией стойки понтона.

Начиная с момента соприкосновения пучка со стойкой, движение центров тяжести пучка и понтона описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = k_1 \left(v - \frac{dx_1}{dt} \right)^2 - r(x_1 - x_2) \\ m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} = k_2 \left(v - \frac{dx_2}{dt} \right)^2 + r(x_1 - x_2) - H(x_2), \end{cases} \quad (1)$$

здесь m_1 — масса пучка с учетом присоединенной массы воды, кг;

m_2 — масса понтона с учетом присоединенной массы воды, кг;

$H(x_2)$ — горизонтальная реакция шеймы, н.

В одной из наших работ [1] было рассмотрено поведение шеймы под действием горизонтальной силы с учетом как ее провисания от собственного веса, так и растяжения.

При решении уравнений (1) следует учитывать, что при $x_2 > x_1$ $r = 0$. Эта система дифференциальных уравнений была решена на электронной моделирующей установке МН-7. Схема набора задачи дана на рис. 2. Начальные условия: при $t = 0$ $x_1 = x_2 = x_{нач}$; $\frac{dx_1(0)}{dt} = u$; $\frac{dx_2(0)}{dt} = 0$.

Задача была прорешена для различных комбинаций значений коэффициентов в системе (1). Интервалы изменения коэффициентов следующие: v — от 0,1 до 1,5 м/сек; m_1 — от 10 000 до 100 000 кг; m_2 — от 2000 до 15 000 кг; r — от 100 000 до 1 600 000 н/м; $x_{нач}$ — от 0 до 0,4 м (трос шеймы диаметром 20,5 мм по ГОСТу 3083); $k_1 = 4000 \frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$; $k_2 = 1000 \frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$.

Всего было получено около 150 вариантов решения. Определяли максимальные значения силы удара пучка в стойки P_{max} и реакции шеймы H_{max} . Отсчеты делали по экрану катодного осциллографа.

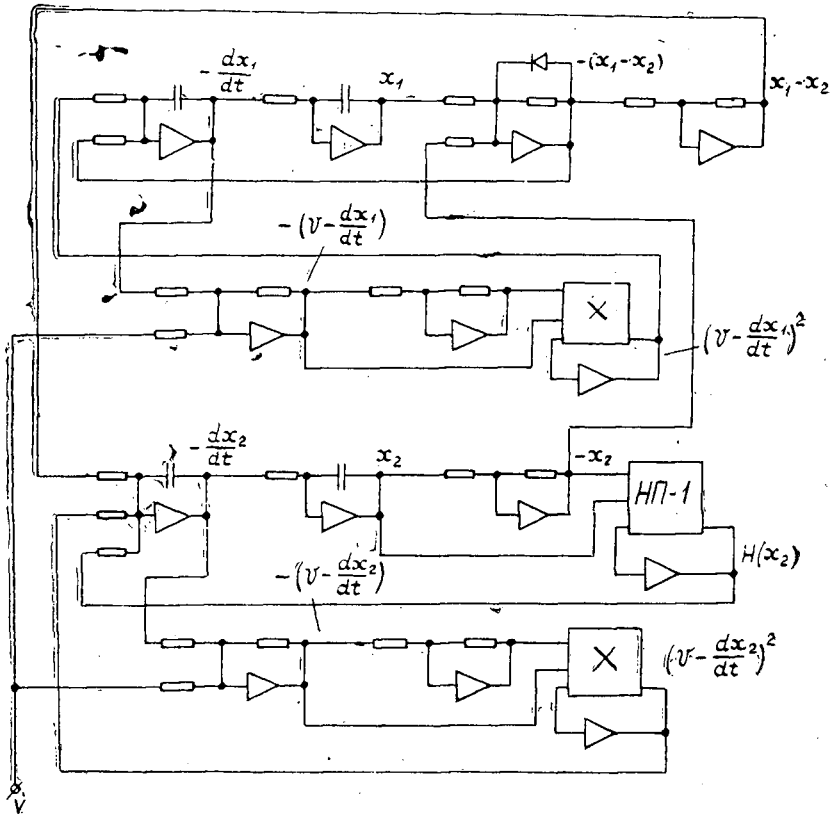


Рис. 2.

При решении были замечены следующие факты: 1) P_{max} и H_{max} прямо пропорциональны скорости течения воды; 2) начальное натяжение шейки (в пределах $H_{нач} < 60\,000$ н) практически не влияет на результат решения; 3) влияние давления воды на пучок и на понтон пренебрежимо мало; 4) перемещение центра тяжести пучка x_1 в процессе удара почти не зависит от массы понтона m_2 .

Эти выводы дают возможность значительно упростить исходные уравнения (1). В нашей работе [1] показано, что если реакция шейки $\frac{H}{q}$ больше 2000 м (q — вес 1 пог. м шейки с учетом взвешивающего действия воды, н/м), то функция $H(x_2)$ становится линейной, то есть горизонтальную реакцию шейки можно принять прямо пропорциональной перемещению понтона $H = px_2$, потому что, согласно п. 2, можно выбрать достаточное начальное натяжение шейки. Коэффициент пропорциональности определяется по формуле

$$p = \frac{FE}{l} \left[1 - \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right],$$

где F — площадь поперечного сечения всех проволок троса шейки, m^2 ;

E — модуль упругого растяжения троса, n/m^2 . Для тросов двойной свивки $E = 0,38 E_0$ (E_0 — модуль упругости материала проволок);

l — длина шейки, м;

h — глубина воды, м.

Так как масса понтона не влияет на перемещение пучка, для определения x_1 примем $m_2 = 0$. Тогда, учитывая п. 3, в системе (1) опускаем слагаемые, определяющие давление воды, и получаем

$$\begin{cases} m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = -r(x_1 - x_2) \\ 0 = r(x_1 - x_2) - px_2. \end{cases} \quad (2)$$

Исключив из этих уравнений x_2 , найдем

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = -\omega^2 x_1,$$

где $\omega^2 = \frac{rp}{m_1(r+p)}$.

При начальных условиях $x_1(0) = 0$, $\frac{dx_1(0)}{dt} = v$ это уравнение решится так:

$$x_1 = \frac{v}{\omega} \sin \omega t. \quad (3)$$

Уравнение движения понтона

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} = r(x_1 - x_2) - px_2. \quad (4)$$

Сделаем следующие преобразования. Из формулы (3) имеем

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = -\omega v \sin \omega t.$$

Используем первое уравнение из системы (2)

$$-r(x_1 - x_2) = m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = -m_1 \omega v \sin \omega t.$$

Подставим это выражение в формулу (4)

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} = m_1 \omega v \sin \omega t - px_2$$

или

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{p}{m_2} x_2 = \frac{m_1}{m_2} \omega v \sin \omega t.$$

При начальных условиях $x_2(0) = 0$, $\frac{dx_2(0)}{dt} = 0$ решение этого уравнения будет иметь вид

$$x_2 = \frac{\omega}{\delta} \cdot \frac{A}{\delta^2 - \omega^2} \sin \delta t + \frac{A}{\delta^2 - \omega^2} \sin \omega t,$$

где $\delta^2 = \frac{p}{m_2}$; $A = \frac{m_1}{m_2} \omega v$.

Наибольшее возможное значение x_2 соответствует случаю, когда $\sin \delta t = 1$ и $\sin \omega t = 1$ (рис. 3)

$$x_{2max} = \frac{\omega}{\delta} \cdot \frac{A}{\delta^2 - \omega^2} + \frac{A}{\delta^2 - \omega^2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\omega v}{\delta(\delta - \omega)}.$$

Максимальное значение горизонтальной реакции шейки

$$H_{max} = px_{2max} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{p\omega v}{\delta(\delta - \omega)}. \quad (5)$$

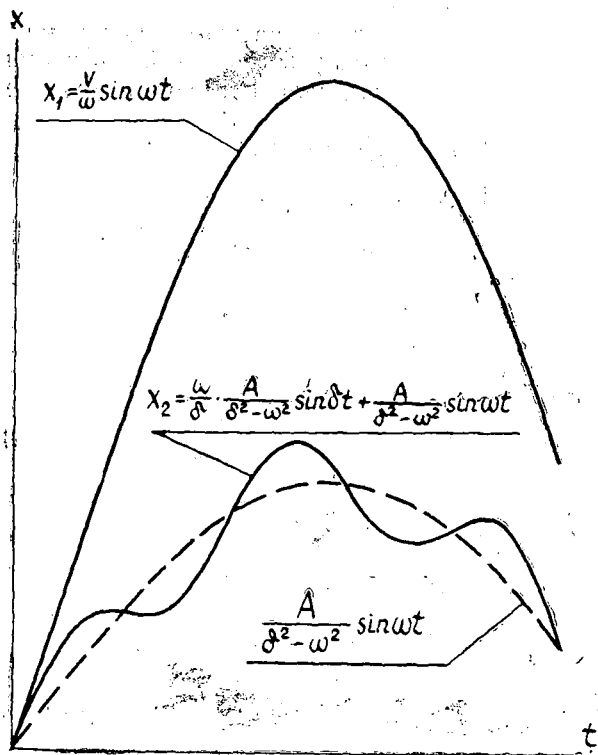


Рис. 3.

Значение x_2 , соответствующее случаю, когда $\sin \delta t = -1$ и $\sin \omega t = 1$,

$$x_{2min} = \frac{A}{\delta^2 - \omega^2} - \frac{\omega}{\delta} \cdot \frac{A}{\delta^2 - \omega^2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{r\omega}{\delta(\delta + \omega)}.$$

Максимальное значение x_1 из формулы (3)

$$x_{1max} = \frac{v}{\omega}.$$

Наибольшее возможное значение силы удара пучка

$$P_{max} = r(x_{1max} - x_{2min}) = \frac{r\omega}{\omega} - \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{r\omega}{\delta(\delta + \omega)}. \quad (6)$$

Величины, рассчитанные по формулам (5) и (6), несколько больше, чем аналогичные, полученные при решении системы дифференциальных уравнений (1) на электронной моделирующей установке МН-7. Разница между ними не превышает 15%.

Коэффициент пропорциональности между силой и деформацией пучка r_1 для практических расчетов впрямь до получения более точных данных можно ориентировочно оценить на основании известных работ по определению усилий сжатия пучков в стойках сплочных машин. Например, по данным В. Н. Коробова [2], получается, что

$$r_1 = 13 \cdot 10^3 \sqrt{\omega L \left(\frac{\pi p}{c}\right)^3} \text{ н/м},$$

где ω — объем пучка, м^3 ;
 L — длина бревен, м ;

ρ — коэффициент полндревесности;
 c — коэффициент формы пучка, равный отношению ширины к высоте.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. Н. Буторин. Упругая податливость якорной шейки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1968. [2] В. Н. Коробов. Определение усилия сжатия пучков в сплотовочных машинах стоечного типа. Техническая информация 124 ЦНИИЛесосплава, Л., 1960. [3] Уралгипролесбумпром. Технический проект механизированной поточной линии по сортировке лучков и формированию секций и плотов. Пермь, 1966. [4] К. А. Чекалкин. Исследования по динамике механизмов сортировочного узла поточной линии по формированию секций плотов. Сообщения I и II. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1 и 2, 1965.

Поступила 3 марта 1967 г.

УДК 625.11

К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПУТИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

С. И. МОРОЗОВ

(Архангельский лесотехнический институт)

Нарушение устойчивости пути, вызываемое продольными температурными сжимающими силами, начинается обычно с искривлений в вертикальной плоскости, а затем в горизонтальной [1].

Теория устойчивости верхнего строения пути разработана на основе применения энергетического метода. Он обеспечивает получение ряда количественных соотношений, используемых при выработке критериев устойчивости. Недостатком энергетического метода является то, что необходимо предварительно задаться формой кривой изогнутой оси пути. Это приводит к существенным расхождениям при определении значений критической силы [1].

В настоящей статье приведены результаты решения дифференциального уравнения изогнутой оси для оценки степени устойчивости верхнего строения пути в вертикальной плоскости.

Расчетная схема

При потере устойчивости в вертикальной плоскости ось пути искривляется волнообразно, причем прогибы в пределах центрального участка значительно больше, чем в пределах боковых волн (рис. 1, а). Поэтому в первом приближении можно считать, что искривленная часть пути состоит только из одной волны, к которой прилегают недеформированные, прямолинейные участки (рис. 1, б). Взяв искривленный участок пути и ограничив его перемещение в вертикальной плоскости при помощи двух опор, расположенных в крайних сечениях, получим исходную форму изогнутой оси, достаточно хорошо отвечающую реальным условиям (рис. 1, в).

Потеря устойчивости пути происходит в результате действия продольных температурных сжимающих сил. При образовании искривления рельсов можно полагать, что сжимающие силы сосредоточены в

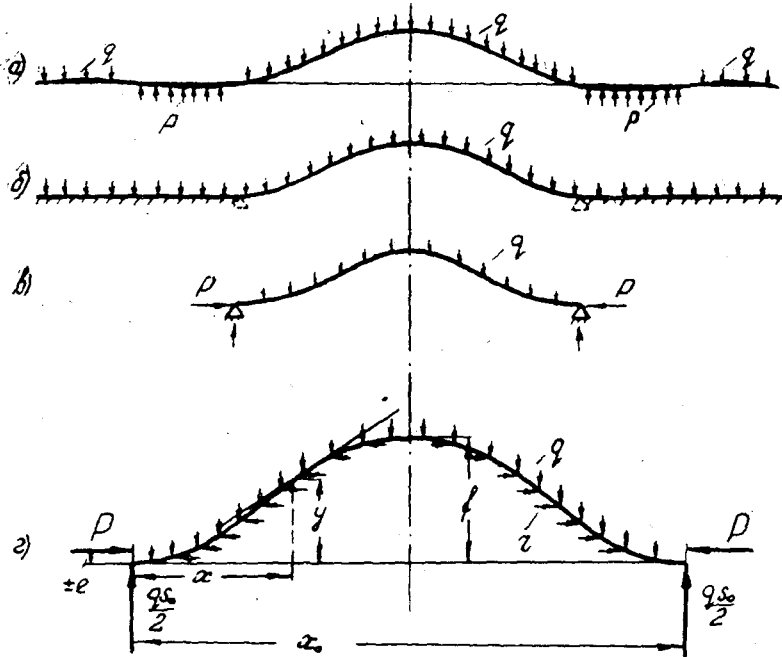


Рис. 1. Расчетная схема.

a — форма искривления пути при потере устойчивости в вертикальной плоскости; *б* — упрощенная форма искривления; *в* — расчетная форма искривления; *г* — расчетная схема действия сил.

приложены в крайних сечениях деформированного участка, причем в общем случае линия их действия не совпадает с осью рельсов.

Изгибу пути в вертикальной плоскости противодействует вес рельсо-шпальной решетки, сопротивление шпал выдергиванию и перемещению вдоль пути. Как обычно принимается в расчетах, действие сосредоточенных сил сопротивления заменим распределенной нагрузкой. Будем считать, что интенсивность такой нагрузки постоянна и не зависит от величины смещения шпал.

При изучении вопроса потери устойчивости пути будем рассматривать изгиб прямолинейного стержня, жесткость которого в вертикальной плоскости равна сумме жесткостей двух рельсов и на который действуют все те силы, что и в реальных условиях на рельсо-шпальную решетку. Расчетная схема действия сил на искривленный участок пути показана на рис. 1, г. Считаем для упрощения, что напряжение в любом поперечном сечении стержня, независимо от его прогибов, не превосходит предела пропорциональности.

Методика решения

Дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня с учетом принятых допущений имеет вид

$$\varphi'' = - \left(\frac{P}{EI} - \frac{rs}{EI} \right) \sin \varphi + \left(\frac{qs_0}{2EI} - \frac{qs}{EI} \right) \cos \varphi, \quad (1)$$

где P — продольная сжимающая сила;

r — интенсивность сил сопротивления перемещению шпал в продольном направлении;

- q — интенсивность силы сопротивления перемещению пути в вертикальной плоскости;
 φ — угол наклона касательной к оси стержня в произвольном сечении;
 s — расстояние по оси стержня до этого сечения;
 s_0 — длина изогнутой части стержня;
 EI — жесткость стержня при изгибе в вертикальной плоскости.

Современная теория дифференциальных уравнений не имеет методов аналитического решения уравнения (1) в общем виде. Для оценки устойчивости пути и выявления степени влияния отдельных факторов на величину критической сжимающей силы, уравнение (1) решено на электронно-вычислительной машине «Минск-22». Это позволило получить зависимость изменения сжимающей силы P , стрелы максимального прогиба f и расстояния по прямой между крайними сечениями изогнутой части стержня x_0 от изменения величины s_0 при различных значениях r и эксцентриситета e приложения силы. Как показано ниже, эти зависимости могут быть использованы при исследовании вопросов устойчивости пути для любых исходных данных.

Результаты решения

Решение уравнения (1) производили при следующих исходных данных: $(EI)_2 = 1 \cdot 10^9$ кг см², $q_2 = 2$ кг/см; $r = 1; 2; 4; 8; 16$ кг/см; $e = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10$ см. Результаты решения даны на рис. 2.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие основные выводы.

1. В пределах исследуемого диапазона изменения величин e , r и f сжимающая сила P изменяется обратно пропорционально стреле прогиба f , то есть по мере увеличения f силы, противодействующие искривлению, уменьшаются. Это связано в известной степени с тем, что при возрастании f увеличивается и длина искривленной части s_0 , то есть повышается гибкость пути.

2. В том случае, когда эксцентриситет приложения силы равен нулю, первоначально прямолинейный участок пути теоретически и практически абсолютно устойчив. Путь может потерять устойчивость при условии, что он имеет определенное первоначальное искривление.

3. Эксцентриситет приложения сжимающей силы P влияет на степень устойчивости пути только при малых искривлениях. По мере увеличения прогибов влияние эксцентриситета уменьшается и при значительных прогибах практически незаметно.

4. При действии силы P с положительным эксцентриситетом (сила P приложена выше нейтральной оси) устойчивость пути для малых значений стрелы прогиба f увеличивается (рис. 2, а, кривая 2).

5. При действии силы P с отрицательным эксцентриситетом, то есть приложении ее ниже нейтральной оси рельса (что соответствует реальным условиям), устойчивость пути для малых f по сравнению со случаем центрального приложения силы, уменьшается (рис. 2, а, кривая 3). В этом случае имеет место критическое значение силы P , при достижении которого первоначально прямой участок пути теряет устойчивость. Величина критической силы $P_{кр}$ изменяется обратно пропорционально эксцентриситету (рис. 2, б).

6. Для первоначально прямого стержня и $e = 0$ понятию $P_{кр}$ соответствует определенное искривление стержня (рис. 2, а, кривая 1). Например, если f равно 18 см, то потеря устойчивости произойдет в том случае, когда сила P достигнет значения 41300 кг. При всех зна-

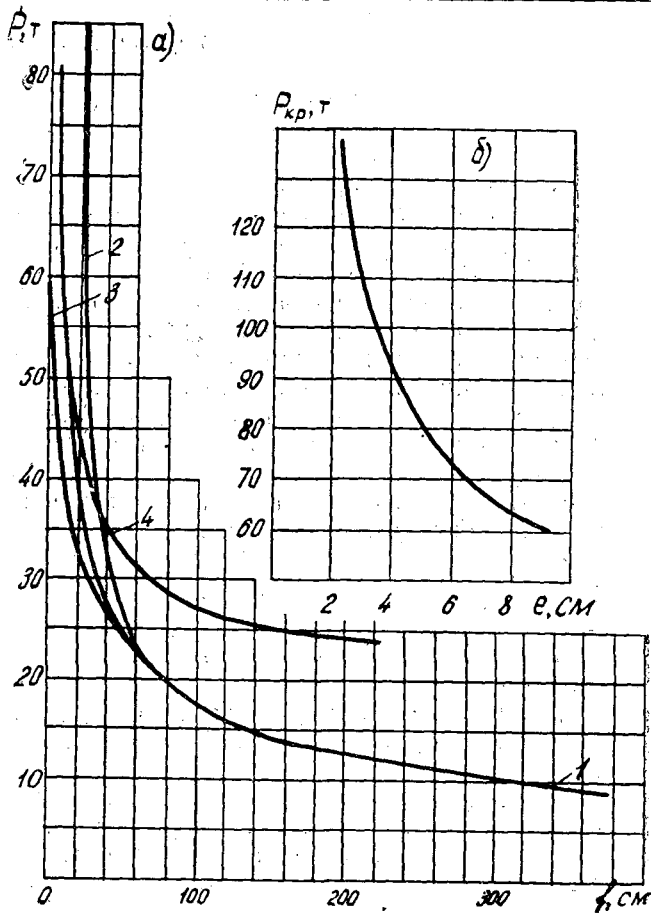


Рис. 2.

а — зависимость $P = \psi(f)$; 1 — $e = 0$; 2 — $e = 10$ см; 3 — $e = -10$ см;
4 — $r = 16$ кг/см; б — $P_{кр} = \psi(e)$ при $f = 0$.

чениях $P < 41300$ кгГ путь будет находиться в состоянии устойчивого равновесия.

7. Сопротивление перемещению шпал вдоль пути оказывает заметное влияние на величину $P_{кр}$ только при больших прогибах, так как им соответствуют значительные продольные перемещения шпал. В начальной стадии искривления первоначально прямого рельса погонное сопротивление практически не вызывает заметного роста $P_{кр}$ (рис. 2, а, кривая 4).

8. Величина критической продольной силы при расчете первоначально прямого участка пути на устойчивость в вертикальной плоскости практически зависит от трех основных факторов: жесткости рельсошпальной решетки EI , интенсивности поперечной нагрузки q и эксцентриситета e приложения сжимающей силы.

Количественные закономерности

При рассмотрении результатов решения уравнения (1) на электронно-вычислительной машине можно установить, что значения P , s_0 и f могут быть связаны друг с другом при помощи следующих простых зависимостей:

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{A}{s_0^2} & \text{а)} \\ P &= \frac{B}{\sqrt{j+e}} & \text{б)} \\ s_0 &= K\sqrt{j+e}, & \text{в)} \end{aligned} \right\} (2)$$

где A, B и K — коэффициенты, значения которых в первом приближении можно считать постоянными.

Для наших данных величины этих коэффициентов равны (табл. 1):

Таблица 1

Коэффициенты	Значения коэффициентов при $e, \text{ см}$			
	0	-3	-6	-10
A	$81,0 \cdot 10^9$	$83,3 \cdot 10^9$	$86,5 \cdot 10^9$	$88,8 \cdot 10^9$
B	$176 \cdot 10^3$	$178 \cdot 10^3$	$180 \cdot 10^3$	$183 \cdot 10^3$
K	676	683	696	700

Формулы (2) могут быть использованы для расчета факторов, характеризующих устойчивость пути, при предварительной оценке его конструкции на устойчивость.

Метод подобия

Для того чтобы можно было использовать полученные данные для определения P, j и x_0 при других значениях EI, q и e установим соотношения подобия, позволяющие производить необходимый пересчет.

С этой целью воспользуемся методикой решения дифференциальных уравнений на электронных моделирующих установках [2].

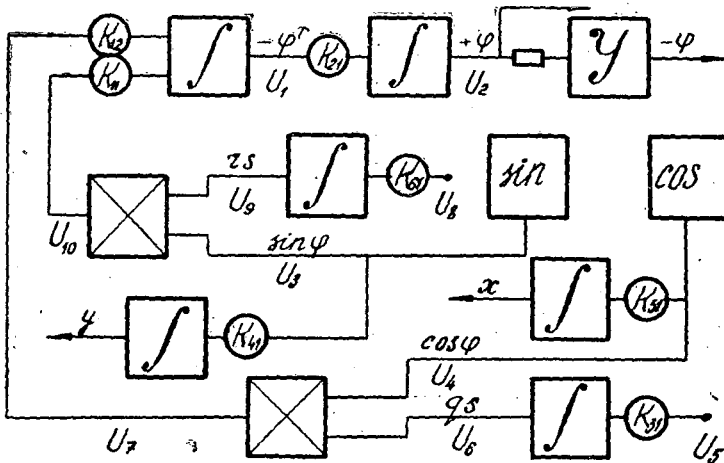


Рис. 3. Структурная схема набора дифференциального уравнения изогнутой оси стержня.

\int — интегрирующие блоки; γ — инверторы-усилители;
 x, \sin, \cos — функциональные блоки и блоки перемножения.

Структурная схема набора уравнения (1) для решения на моделирующей установке МН-7 приведена на рис. 3. Соответствующее этой

схеме машинное уравнение после подстановки масштабных коэффициентов имеет вид

$$\varphi'' = - \left(\frac{M_\varphi}{M_t^2} K_{11} K_{21} \beta \vartheta U_{90} - \frac{M_\varphi}{M_t^3} K_{11} K_{21} \beta \vartheta K_{61} U_8 s \right) \sin \varphi + \left(\frac{M_\varphi}{M_t^2} K_{12} K_{21} \beta \vartheta U_{60} - \frac{M_\varphi}{M_t^3} K_{12} K_{21} K_{31} \beta \vartheta U_5 s \right) \cos \varphi. \quad (3)$$

Уравнения (1) и (3) будут тождественно равны в случае равенства коэффициентов при соответствующих переменных величинах. Перенеся EI в левую часть, получим следующие равенства:

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{M_\varphi EI}{M_t^2} K_{11} K_{21} \beta \vartheta U_{90} & \text{а)} \\ r &= \frac{M_\varphi EI}{M_t^3} K_{11} K_{21} K_{61} \beta \vartheta U_8 & \text{б)} \\ \frac{qs_0}{2} &= \frac{M_\varphi EI}{M_t^2} K_{12} K_{21} \beta \vartheta U_{60} & \text{в)} \\ q &= \frac{M_\varphi EI}{M_t^3} K_{12} K_{21} K_{31} \beta \vartheta U_5 & \text{г)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где

M_φ — масштаб φ ;
 M_t — масштаб s ;
 $K_{11}, K_{12}, K_{21}, K_{31}, K_{61}$ — коэффициенты усиления;
 β — множитель блока произведения;
 ϑ — множитель функциональных блоков;
 U_5, U_{60}, U_8, U_{90} — напряжения, подаваемые в отдельные точки схемы.

Структурная схема, данная на рис. 3, и уравнение (3) позволяют найти решение уравнения (1) в общем виде, то есть независимо от тех значений, которые имеют EI , q , r и s_0 . Связь между напряжениями, соответствующими измеряемым величинам, и значениями этих величин выражается уравнениями (4). Особенностью решения уравнений на моделирующих установках является возможность произвольного выбора коэффициентов усиления при условии, что напряжения в набранной схеме не превысят 100 в. На основании этого полагаем $K_{21} = \text{const}$. Коэффициенты K_{12} и K_{31} , K_{11} и K_{61} изменяются в зависимости от степени деформации стержня, однако их произведение $K_{12} \cdot K_{31} = \text{const}$ и $K_{11} \cdot K_{61} = \text{const}$ при $q = \text{const}$ и $r = \text{const}$. Величины M_φ , ϑ и β постоянны по условию набора схемы. Полагаем, наконец, что методика решения не предусматривает изменения напряжений U_5 , U_{60} , U_8 , U_{90} .

Для изложенных условий решения изменение правых частей равенств (4б) и (4г) должно сопровождаться изменением масштабного коэффициента M_t . Выразим зависимость M_t от q из формулы (4г)

$$M_t = \sqrt[3]{\frac{M_\varphi EI K_{12} K_{21} K_{31} \beta \vartheta U_5}{q}}. \quad (5)$$

Величина продольной сжимающей силы в общем случае

$$P = \frac{M_\varphi EI}{M_t^2} K_{11} K_{21} \beta \vartheta U_{90}.$$

Для $q = q_2 = 2 \text{ кг/см}$, $EI = (EI)_2 = 1 \cdot 10^9 \text{ кг см}^2$

$$P_2 = \frac{M_\varphi (EI)_2}{M_t^2} K_{11} K_{21} \beta \vartheta U_{90}.$$

Составив отношение этих равенств, выразим из него P

$$P = P_2 \frac{EI M_t^2}{(EI)_2 \cdot M_t^2}.$$

Подставив M_t и M_{t_2} по выражению (5) и преобразовав, получим

$$P = P_2 \sqrt[3]{\frac{q^2 EI}{q_2^2 (EI)_2}}. \quad (6)$$

Это уравнение связывает значение сжимающей силы при данных q и EI с величиной P_2 , соответствующей $q_2 = 2 \text{ кг/см}$ и $(EI)_2 = 1 \cdot 10^9 \text{ кг см}^2$.

Определим, например, величину P при $q = 3,55 \text{ кг/см}$ и $EI = 7,7 \cdot 10^9 \text{ кг см}^2$, если известно, что для $q_2 = 2 \text{ кг/см}$ и $(EI)_2 = 1 \cdot 10^9 \text{ кг см}^2$ $P_2 = 40\,000 \text{ кг}$.

$$P = P_2 \sqrt[3]{\frac{q^2 EI}{q_2^2 (EI)_2}} = 40\,000 \sqrt[3]{\frac{3,55^2 \cdot 7,7 \cdot 10^9}{2^2 \cdot 1 \cdot 10^9}} = 116\,000 \text{ кг}.$$

Этот пример ясно показывает, как влияет q и EI на устойчивость пути. В данном случае q возросло в 1,5 раза и EI в 7,7 раза, а P увеличилось только в 3 раза.

Для того чтобы установить условие подобия s_0 , решая совместно равенства (4в) и (4г), получим выражение, определяющее s_0 в общем случае

$$s_0 = \frac{2M_t U_{60}}{K_{31} U_5}. \quad (7)$$

В частном случае $q = q_2$ и $EI = (EI)_2$

$$s_{0_2} = \frac{2M_{t_2} U_{60}}{K_{31} U_5}. \quad (7a)$$

Составив отношение этих равенств и преобразовав, получим

$$s_0 = s_{0_2} \sqrt[3]{\frac{q_2 EI}{q (EI)_2}}. \quad (8)$$

Используя равенства, определяющие r и r_2 , находим

$$r = r_2 \cdot \frac{q}{q_2}. \quad (9)$$

Для составления уравнений подобия величин f и x_0 используем дифференциальные зависимости: $\sin \varphi = \frac{dy}{ds}$; $\cos \varphi = \frac{dx}{ds}$. После необходимых преобразований и упрощений получим следующие уравнения:

$$f = f_2 \sqrt[3]{\frac{q_2 EI}{q (EI)_2}}; \quad (10)$$

$$x_0 = x_{0_2} \sqrt[3]{\frac{q_2 EI}{q (EI)_2}}. \quad (11)$$

Для приведенного выше примера находим, используя формулу (10),

$$f = f_2 \sqrt[3]{\frac{q_2 EI}{q (EI)_2}} = 18 \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 7,7 \cdot 10^9}{3,55 \cdot 1 \cdot 10^9}} = 29,4 \text{ см}.$$

Взяв зависимость $\frac{dU_2}{df} = -K_{21} U_1$, после выполнения преобразований, получим

$$e = e_2 \sqrt[3]{\frac{q_2 (EI)_2^2}{q (EI)^2}}. \quad (12)$$

Полученные уравнения подобия позволяют исследовать устойчивость лкбого пути в вертикальной плоскости, используя данные решения уравнения (1) при частных значениях q и EI . Они также могут быть применены для пересчета опытных данных, полученных на одной конструкции пути, применительно к другой конструкции при условии, что обе они соответствуют расчетной схеме, приведенной на рис. 1, з.

Обобщая изложенные результаты, можно отметить, что использование дифференциального уравнения изогнутой оси пути и теории моделирования позволяет получить ряд качественно новых зависимостей, на основании которых возможна разработка теории расчета пути на устойчивость.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. М. Бромберг. Экспериментальное изучение устойчивости бесстыкового пути. Труды ВНИИЖТ, вып. 244. Бесстыковой путь, Трансжелдориздат, 1962.
[2]. Б. Я. Коган. Электронные моделирующие устройства и их применение для исследования систем автоматического регулирования, Физматгиз, 1963.

Поступила 28 июня 1968 г.

УДК 634.0.378.44/45

УРАВНЕНИЯ УТОПА БЕРЕЗОВЫХ СОРТИМЕНТОВ ПРИ МОЛЕВОМ СПЛАВЕ

Н. Т. ЗАЙЦЕВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Зная предельные значения утопа за каждый период молевого сплава (нарастание его с течением времени), можно наметить предельные сроки сплава. Задача определения величины утопа решается только статистическим методом по опытным данным о намокании натуральных бревен в естественных условиях.

В 1961 г. в Вологодской области на р. Суде были проведены наблюдения за намоканием березовых сортиментов (15780 шт.). Исследовалась древесина разных месяцев заготовки. В результате обработки опытных данных мы получили уравнения утопа березовых сортиментов (табл. 1), в которых через U обозначен утоп в процентах, а через t — продолжительность намокания (сплава) в днях.

Уравнения (1) — (5) составлены для обыкновенных сортиментов, а уравнения (6) и (7) — для сортиментов, торцы которых обработаны гидроизоляционным составом на цементной основе. Формулы (1), (2), (3) отличаются только значениями коэффициентов.

Второй член уравнения (4) имеет положительный знак, следовательно, с увеличением t значение утопа майских сортиментов возрастает сильнее.

Различие в знаках вторых членов уравнений можно объяснить тем, что на характер образования утопа оказывают влияние сдвиги во времени намокания, изменения температуры воды, различие в объемном весе гряджей при заготовке и др.

Известно, что сортименты при сплаве более интенсивно намокают в холодной воде [4], [1]. Поэтому сортименты, заготовленные с декабря

Таблица 1

Период заготовки	Корреляционные уравнения утопа	Ошибка корреляционного уравнения σ , %	Продолжительность периода, в пределах которого справедливо уравнение, дн.	Количество опытных бревен при намокании
Зимний (XII, I, II)	$U_{\text{зимн}} = 0,33541t - 0,00115t^2$ (1)	$\pm 1,009$	130	677
Март	$U_{\text{III}} = 0,37927t - 0,00112t^2$ (2)	$\pm 1,173$	120	334
Апрель	$U_{\text{IV}} = 0,44260t - 0,00175t^2$ (3)	$\pm 0,230$	120	387
Май	$U_{\text{V}} = 0,13853t + 0,00139t^2$ (4)	$\pm 0,230$	90	131
Летний (VI, VII)	$U_{\text{летн}} = 0,15997t$ (5)	$\pm 0,685$	90	280
Март	$U_{\text{III}_{\text{ц}}} = 0,04332t$ (6)	$\pm 0,620$	120	99
Апрель	$U_{\text{IV}_{\text{ц}}} = 0,04664t$ (7)	$\pm 0,570$	120	100

по апрель, сразу начинали намокать. По мере нагревания воды интенсивность намокания уменьшалась, а соответственно, снижалось и образование утопа.

С похолоданием воды в конце лета можно было бы ожидать увеличения утопа, однако, по-видимому, к этому моменту вступает в силу известный фактор — более влажная древесина поглощает воду медленнее. Последующее неперенное увеличение утопа по времени сдвигается на осенний период (за пределами наших наблюдений).

У майских сортиментов намокание началось в июне уже в теплой воде. Температура древесины также стала несколько выше. В этих условиях интенсивность водопоглощения несколько снижается. Через некоторое время, несмотря на то, что древесина становится более влажной, влияние понижения температуры сказывается более сильно, и интенсивность утопа нарастает. Образование утопа в летний период происходит под влиянием этих же двух факторов. Колебания значений утопа, с учетом ошибки уравнения, укладываются в полосу, описываемую уравнением прямой линии.

Отмеченные причины не объясняют, конечно, всех особенностей процесса образования утопа березовых сортиментов. Для выявления главного фактора — продолжительности намокания — было исключено влияние длины сортиментов и времени их заготовки, но остались еще такие стихийно влияющие факторы, как различные доли комлевых, срединных и верхних бревен в испытываемой партии, повреждения коры, особенно при тракторной трелевке, количество сучков, диаметры и т. д. Все это пока учесть не представляется возможным.

Наши материалы охватывают период с декабря по июнь. Вероятно, березовые сортименты, заготовленные с августа по ноябрь, могут по-разному вступать в сплав. В некоторых случаях они могут быть пущены в сплав еще в текущую навигацию, и их утоп с некоторой ошибкой, вероятно, в пределах точности наших расчетов может быть определен по уравнению (5). В большинстве же случаев сортименты, заготовленные в августе — ноябре, будут сплаваться на следующий год и до начала сплава лежать на складе, где они несколько подсохнут. Пока мы не имеем данных специальных опытов, можно с некоторой погрешностью размер утопа определять также по уравнению (5).

С учетом высказанных допущений можно определить более точно общий размер утопа березовых сортиментов за год по уравнению

$$U = \frac{(U_{\text{зимн}} + 3\sigma_{\text{зимн}}) W_{\text{зимн}} + (U_{\text{III}} + 3\sigma_{\text{III}}) W_{\text{III}} + (U_{\text{IV}} + 3\sigma_{\text{IV}}) W_{\text{IV}} + (U_{\text{V}} + 3\sigma_{\text{V}}) W_{\text{V}} + (U_{\text{летн}} + 3\sigma_{\text{летн}}) W_{\text{летн}}}{W} \%, \quad (8)$$

здесь W — объем березовых сортиментов, заготовленных за соответствующий промежуток времени и подлежащих сплаву.

Если допустить, что в течение каждого месяца заготавливается и сплавляется равное количество березовой древесины, тогда по уравнению (8) получим, что при $t = 30$ дн. $U = 9,68\%$; при $t = 60$ дн. $U = 15,26\%$ и при $t = 90$ дн. $U = 20,67\%$.

Как видим, при обычном состоянии сортиментов утоп достигает значительных размеров даже и в первые дни сплава.

С целью уменьшения утопа мы обработали торцы части опытных бревен гидроизоляционным составом на цементной основе [2], [3]. Уравнения (6) и (7) характеризуют процесс образования утопа среди таких сортиментов.

Эффективность обработки торцов показана в табл. 2, из которой видно, что утоп сокращается в 4—5 раз.

Таблица 2

Месяц заготовки	Утоп, %, при продолжительности намокания, дн.		
	30	60	90
III	13,9	22,2	28,6
III _ц	3,2	4,4	5,8
IV	12,4	20,8	21,4
IV _ц	3,0	4,5	6,0

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. А. Железнов. Меры борьбы с утопом и потерями древесины. Журн. «Лесное хозяйство и лесозаготовка» № 5, 1934. [2]. В. Н. Жернакова, Н. Т. Зайцев. Отыскание новых составов для обработки торцов лиственных сортиментов, имеющих недостаточную сплавоспособность. Научные труды Ленинградской лесотехнической академии № 96, 1961. [3]. Н. Т. Зайцев, Ю. Д. Мироманов. Эффективное средство в борьбе с утопом лиственного леса при сплаве. Материалы научно-технической конференции 1966 г. Ленинградской лесотехнической академии, вып. V, 1966. [4]. А. Панков. Новые научные данные о плавучести древесины. Журн. «Лесосплав» № 2—3, 1933.

Поступила 23 февраля 1967 г.

УДК 634.0.378

ЭНЕРГИЯ СЕЧЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ С ЗАДАНЫМИ ФОРМАМИ РУСЛА И ИЗВЕСТНОЙ СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРОЙ

В. Е. СЕРГУТИН

(Красноярский политехнический институт)

Гидравлические расчеты сплавных потоков, связанные с проведением русловыправительных работ, удобно выполнять на основе изучения изменений энергетических свойств потока. Так, метод удельной энергии сечения, разработанный в СССР Г. И. Сухомелом [4], был применен для расчета уровненного режима открытого потока при сжатии русла дамбами [5]. В основу гидравлических расчетов по этому методу

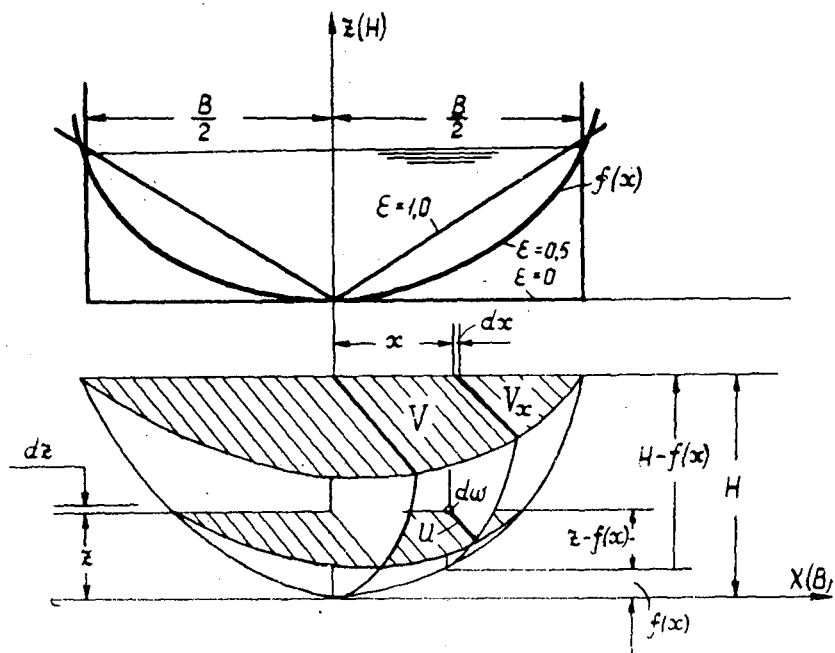


Рис. 1. Схематизация поперечного сечения и скоростной структуры открытого потока.

положено постоянство энергии в данном сечении при любых изменениях русловых форм потока в случае установившегося движения и заданного расхода. Г. И. Сухомел показал, что из всех возможных случаев движения, согласно уравнению Бернулли, в действительности установится случай, соответствующий возможно малой площади между линией энергии и линией дна, а анализ гидравлических элементов потока в измененном русле следует проводить, исходя из количественного соотношения величин энергии потока до и после изменения формы русла. В связи с этим представляет интерес получение зависимостей для полной энергии сечения открытого потока.

Пусть имеется поток шириной поверху B и максимальной глубиной H , очертание дна и боковых стенок которого аналитически задано функцией $f(x)$, характеризующей изменение профиля поперечного сечения в системе прямоугольных координат $X(B) - Z(H)$ — рис. 1. Для нахождения функции $f(x)$ применим известный в речной гидравлике метод приведенных сечений русла, по которому поперечный профиль потока аналитически описывается степенным уравнением

$$f(x) = 2\rho \cdot x^{\frac{1}{\epsilon}}. \quad (1)$$

Это уравнение с вертикальной осью симметрии по оси ординат $Z(H)$ в зависимости от величины показателя степени $\frac{1}{\epsilon}$ может описать все профили русла, например, прямоугольное (\sqcup , $\epsilon = 0$), параболическое (\cup , $\epsilon = 0,5$) и треугольное (∇ , $\epsilon = 1,0$). Параметр ρ найдем из уравнения (1) при условии $x = B/2$ и $f(x) = H$

$$\rho = \frac{H}{2} \cdot \left(\frac{2}{B}\right)^{\frac{1}{\epsilon}},$$

что даст

$$f(x) = H \left(\frac{2x}{B} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}}. \quad (2)$$

Приняв распределение скоростей по степенному закону, скорость u в произвольной точке живого сечения $d\omega = dx \cdot dz$ (рис. 1) и поверхностную скорость V_x в произвольном сечении x найдем из уравнений

$$\left. \begin{aligned} \frac{u}{V_x} &= \left[\frac{z - f(x)}{H - f(x)} \right]^{\frac{1}{m}} \\ \frac{V_x}{V} &= \left(\frac{B/2 - x}{B/2} \right)^{\frac{1}{n}}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где V — максимальная поверхностная скорость на средней вертикали;
 $z - f(x)$ и $H - f(x)$ — соответственно вертикальное расстояние площадки $d\omega$ от дна и глубина русла в сечении x ;
 $1/m$ и $1/n$ — показатели степени, характеризующие закон изменения скорости по живому сечению потока в вертикальной m и горизонтальной n плоскостях.

В результате скорость u в произвольной точке сечения $d\omega$ выразится так:

$$u = \left(1 - \frac{2x}{B} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \left[\frac{z - f(x)}{H - f(x)} \right]^{\frac{1}{m}} \cdot V. \quad (4)$$

Энергию элементарной струйки в точке $d\omega$, расположенной на расстоянии $z - f(x)$ от дна, запишем в виде суммы потенциальной (dE_p) и кинетической (dE_v) частей

$$\frac{dE}{d\omega} = [z - f(x)] + \frac{u^2}{2g}, \quad (5)$$

где g — ускорение силы тяжести.

Полная энергия сечения симметричного относительно вертикальной оси Z (H) потока составит

$$E = 2 \int_0^{\frac{B}{2}} dx \int_{f(x)}^H [z - f(x)] dz + 2 \int_0^{\frac{B}{2}} dx \int_{f(x)}^H \frac{u^2}{2g} \cdot dz. \quad (6)$$

Решение первого интеграла даст

$$E_p = \frac{1}{\varepsilon + 1} \cdot BH \cdot H, \quad (7)$$

где правая часть представлена площадью сечения для различных конфигураций русла

$$\omega = 2 \int_0^{\frac{B}{2}} dx \int_{f(x)}^H dz = \frac{1}{\varepsilon + 1} \cdot BH. \quad (8)$$

Интегрирование по вертикали второго интеграла с учетом выражения (4) для скорости u в произвольной точке $d\omega$ приводит к выражению

$$E_v = \frac{m}{m+2} \left[\frac{n}{n+2} \cdot \frac{B}{2} - \int_0^{\frac{B}{2}} \left(\frac{2x}{B} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \left(1 - \frac{2x}{B} \right)^{\frac{2}{n}} dx \right] \frac{V^2 H}{g},$$

в котором

$$\int_0^{\frac{B}{2}} \left(\frac{2x}{B} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \left(1 - \frac{2x}{B} \right)^{\frac{2}{n}} dx = \frac{B}{2} \int_0^1 t^{\frac{1}{\varepsilon}} (1-t)^{\frac{2}{n}} dt$$

$$\left(\frac{2x}{B} = t, dx = \frac{B}{2} \cdot dt; x = 0, t = 0; x = \frac{B}{2}, t = 1 \right)$$

берется как эйлеров интеграл первого рода или бэта-функция

$$\int_0^1 t^{\frac{1}{\varepsilon}} (1-t)^{\frac{2}{n}} dt = B \left(\frac{1}{\varepsilon} + 1, \frac{2}{n} + 1 \right)$$

с преобразованием его в эйлеров интеграл второго рода или гамма-функцию

$$B \left(\frac{1}{\varepsilon} + 1, \frac{2}{n} + 1 \right) = \frac{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + 1 \right) \Gamma \left(\frac{2}{n} + 1 \right)}{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{2}{n} + 2 \right)}.$$

Кинетическая энергия сечения

$$E_v = \frac{m}{m+2} \cdot \left[\frac{n}{n+2} - \frac{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + 1 \right) \Gamma \left(\frac{2}{n} + 1 \right)}{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{2}{n} + 2 \right)} \right] \frac{V^2}{2g} \cdot BH,$$

а полная энергия сечения, имеющая кубическую размерность, с учетом выражения (8) для площади сечения ω запишется

$$E = \omega H + \frac{m}{m+2} \left[\frac{n}{n+2} - \frac{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + 1 \right) \Gamma \left(\frac{2}{n} + 1 \right)}{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{2}{n} + 2 \right)} \right] \frac{V^2}{2g} \cdot BH, \quad (9)$$

или

$$E = \left[f(\varepsilon) \cdot H + f(\varepsilon, m, n) \cdot \frac{V^2}{2g} \right] \cdot BH, \quad (10)$$

где $f(\varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon + 1} \begin{cases} \text{—} = 1,0 \\ \cup = 2/3 \\ \vee = 1/2, \end{cases}$

$$f(\varepsilon, m, n) = \frac{m}{m+2} \left[\frac{n}{n+2} - \frac{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + 1 \right) \Gamma \left(\frac{2}{n} + 1 \right)}{\Gamma \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{2}{n} + 2 \right)} \right]$$

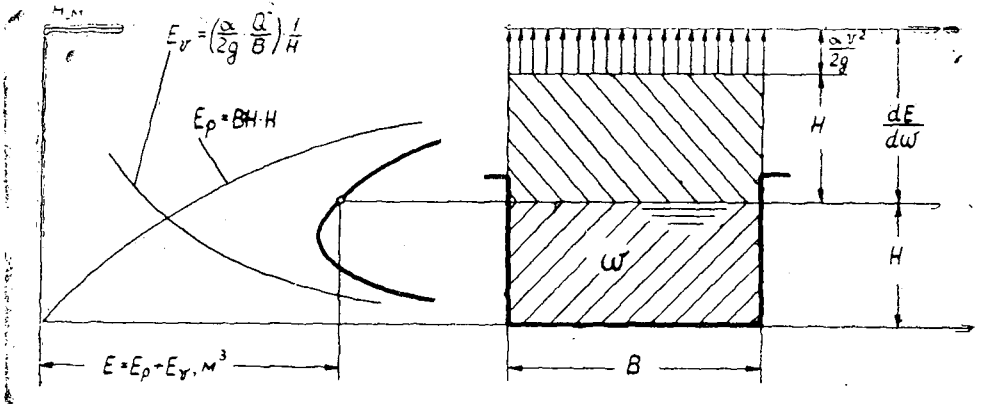


Рис. 2. График энергии сечения $E = f(H)$ для прямоугольного русла.

На основании свойства гамма-функции $\Gamma(x) = (x-1)\Gamma(x-1)$, численные значения которой приводятся в справочниках по высшей математике [2], выражения $f(\varepsilon, m, n)$ для различных форм русел преобразуются в простые зависимости

$$f(\varepsilon, m, n) = \begin{cases} \left[\frac{m}{m+2} \cdot \frac{n}{n+2} \right] _ \\ \left[\frac{m}{m+2} \cdot \frac{n(2n+1)(3n+1) - 2n^3}{(n+1)(2n+1)(3n+1)} \right] \cup \\ \left[\frac{m}{m+2} \cdot \frac{n(2n+1) - n^2}{(n+1)(2n+1)} \right] \vee. \end{cases}$$

Записав множитель кинетической составляющей энергии сечения $f(\varepsilon, m, n) \cdot \frac{V^2}{2g}$ через среднюю скорость $\frac{\alpha v^2}{2g}$, где α — корректив неравномерности распределения скоростей ($\approx 1,1 \div 1,2$ [6]), и найдя среднюю скорость по расходу

$$Q = 2 \int_0^{\frac{B}{2}} dx \int_{f(x)}^H u dz = \frac{m}{m+1} \left[\frac{n}{n+1} - \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\varepsilon} + 1\right) \Gamma\left(\frac{1}{n} + 1\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{n} + 2\right)} \right] V \cdot BH, \quad (11)$$

что с учетом выражения (8) даст ($v = Q/\omega$)

$$v = (\varepsilon + 1) \cdot \frac{m}{m+1} \left[\frac{n}{n+1} - \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\varepsilon} + 1\right) \Gamma\left(\frac{1}{n} + 1\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{n} + 2\right)} \right] V, \quad (12)$$

получим выражение для энергии сечения в виде

$$E = \left[f(\varepsilon) \cdot H + \frac{\alpha v^2}{2g} \right] \cdot BH, \quad (13)$$

графическая интерпретация которого при постоянном расходе Q для прямоугольного русла приведена на рис. 2. Эпюра потенциальной части энергии сечения является зеркальным отображением площади сечения ω относительно уровня свободной поверхности потока, кинетическая часть подсчитывается для разного наполнения русла H ($E_v = BH \cdot \frac{\alpha v^2}{2g}$, $v = Q/BH$).

Для единичной площади сечения $f(\varepsilon) \cdot BH = 1$ в случае прямоугольного русла и единичного весового расхода $\gamma Q = 1$ (γ — объемный вес жидкости) зависимость (13) преобразуется в известную формулу удельной энергии сечения, введенную в гидравлику Б. А. Бахметевым [1]

$$\mathcal{E} = H + \frac{\alpha v^2}{2g} \text{ м.} \quad (14)$$

Значения величин m и n определяются из уравнений (3)

$$m = \frac{\lg [z - f(x)] - \lg [H - f(x)]}{\lg u - \lg V_x};$$

$$n = \frac{\lg (B/2 - x) - \lg (B/2)}{\lg V_x - \lg V}.$$

Величина m определяется также по формуле Г. В. Железнякова [3]

$$m = \frac{\kappa C}{Vg},$$

где κ — «постоянная» Прандтля — Кармана;
 C — коэффициент Шези.

Численные значения величины κ , необходимой для определения m , по данным ряда исследователей, колеблются от 0,30 до 0,54. Г. В. Железняков [3], обработав гидрологические материалы для ряда равнинных рек, получил $\kappa = 0,54$. Если принять, например, $C = 30$, то $m \approx 5$, что и считается наиболее вероятным из общего диапазона значений $m = 3 \div 8$, встречающегося в литературе.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. А. Бахметев. О неравномерном движении жидкости в открытом русле. СПб., 1912. [2]. И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. Изд-во «Наука», М., 1965. [3]. Г. В. Железняков. Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1950. [4]. Г. И. Сухомел. Вопросы гидравлики открытых русел и сооружений. Изд-во АН УССР, Киев, 1949. [5]. В. Е. Сергутин. Гидравлическая эффективность выправления мелководных рек продольными и поперечными дамбами. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1958. [6]. В. Е. Сергутин. Кинетическая энергия открытых потоков с заданными формами русла и известной скоростной структурой. ИВУЗ, журн. «Энергетика» № 4, 1967.

Поступила 25 марта 1967 г.

УДК 625.7/8

УСКОРЕННЫЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОЧНОСТИ ИЗВЕСТНЯКОВОГО ЩЕБНЯ

В. Т. ОДОЕВ

(Гипролестранс)

В многолесных районах, где нередко отсутствуют гравийные мосторождения, целесообразно устраивать дорожные покрытия из известнякового щебня или грунто-щебня; гравийный материал для отсыпки защитного слоя можно подвозить лишь в исключительных случаях.

Применение неоднородных по прочности известняков для устройства покрытий лесовозных дорог потребует оперативного и надежного контроля за механической прочностью щебня, поступающего из карьера. Качество известнякового щебня очень часто оценивается показателем прочности при сжатии исходной горной породы и реже — процентом износа в полочном барабане. В связи с этим первостепенное значение приобретают ускоренные (полевые) методы оценки и контроля качества щебня, не требующие изготовления трудоемких и дорогостоящих образцов. Однако из-за слабой изученности и малой достоверности показателей, получаемых ускоренными методами, степень их применения в настоящее время весьма ограничена.

Из числа рекомендуемых полевых способов оценки прочности щебня наибольший интерес представляют методы испытаний по напряжениям при растяжении (индикатор Н. К. Тимченко), удельной работе раздробления (копер Е. М. Хомякова), объемному весу и водопоглощению. Для получения надежной характеристики щебня (камня) и выявления корреляционной зависимости, ускоренные испытания мы проводили на известняках одного природного района. Для решения поставленной задачи было отобрано послойно свыше 60 проб из забоев трех эксплуатируемых карьеров, заложенных в Орлецком месторождении известняков. Испытания проб были проведены в лаборатории Архангельского лесотехнического института. Перечень исследованных свойств и количество испытанных образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Общее количество испытанных образцов (щебенков)	Количество параллельных испытаний в каждой пробе	Общее количество испытанных слоев (проб)
Предел прочности на сжатие			
в сухом состоянии $R_{\text{сух}}$	230	3	76
в водонасыщенном $R_{\text{вод}}$	180	2—3	73
Объемный вес γ_0	380—410	5—6	76
Водопоглощение по весу W	243	3	76
Прочность щебня на износ в полочном барабане I	136	2—3	62
Напряжение при растяжении по индикатору Н. К. Тимченко $\sigma_{\text{инд}}$	350—400	6—7	58 слоев (проб)
Прочность по удельной работе раздробления на копере Е. М. Хомякова B	2500—3000	20—30	56 слоев (112 проб)

Примечание. Величину напряжений по индикатору Н. К. Тимченко устанавливали по шкале манометра и принимали в расчет без переводного коэффициента прочности в $\text{кг}/\text{см}^2$. Прочность по удельной работе раздробления измеряли в $\text{кг} \cdot \text{см}/\text{см}^2$.

Используя известные методы математической статистики, мы выявили корреляционные связи рассматриваемых свойств и вычислили корреляционные уравнения.

Для каждой рассматриваемой связи мы составляли корреляционные таблицы и вычисляли коэффициенты корреляции, корреляционные отношения и другие статистические показатели.

Наиболее простым способом первичного суждения о наличии и форме связи служит метод графического изображения.

За критерий оценки тесноты зависимости принимали величину корреляционного отношения (коэффициента корреляции), уменьшенную на трехкратную ошибку ($\eta_{yx} - 3m_\eta$).

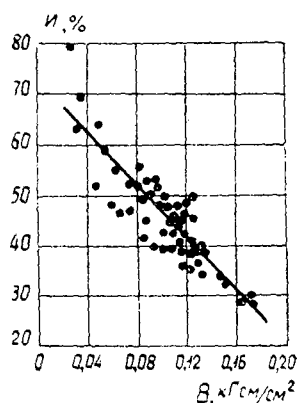


Рис. 1. Зависимость между износом в полочном барабане I и удельной работой раздробления на копре
Е. М. Хомякова В.

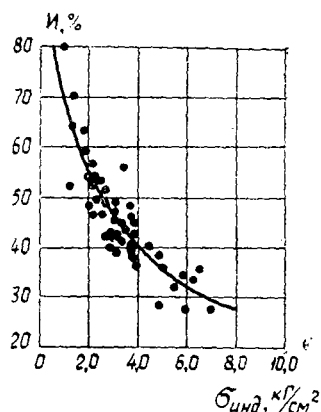


Рис. 2. Зависимость между износом в полочном барабане I и напряжением при растяжении на индикаторе
Н. К. Тимченко $\sigma_{инд}$.

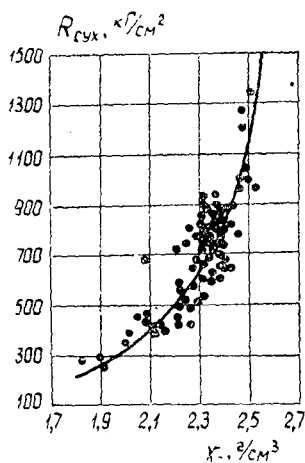


Рис. 3. Зависимость между пределом прочности на сжатие в сухом состоянии $R_{сух}$ и объемным весом γ_0 .

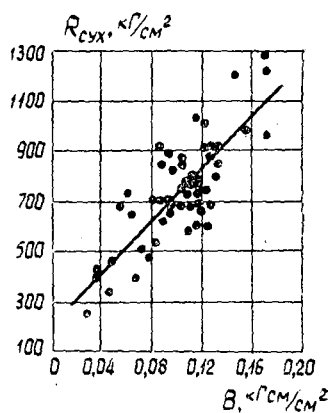


Рис. 4. Зависимость между пределом прочности на сжатие в сухом состоянии $R_{сух}$ и удельной работой раздробления на копре
Е. М. Хомякова В.

Если эта разность была в пределах от 0 до 0,5, то зависимость оценивалась как очень слабая, от 0,5 до 0,7 — слабая, от 0,7 до 0,9 — тесная, 0,9 и более — очень тесная.

При установлении уравнения связи способом наименьших квадратов решали, в основном, три задачи: выявление характера связи — вида уравнения; определение численных значений коэффициентов, входящих в уравнение; установление оценки пригодности выбранного уравнения связи по величине расхождения фактических (экспериментальных) данных с результатами, полученными по принятой формуле.

В табл. 2 даны разъяснения к принятым обозначениям в формулах, основные статистические показатели и вычисленные уравнения связи.

Вид рассматриваемой связи	Количество взаимно испытанных проб n	Теснота зависимости $(r_{yx} - 3m_\eta)$ $(r_{xy} - 3m_\eta)$	Среднее квадратическое отклонение σ_y , кг/см ²	Коэффициент вариации S , %	Ошибка среднего арифметического m , %
$I = f(\gamma_0)$	61	0,617	6,16	13,56	0,788
$I = f(B)$	55	0,758	4,73	10,37	0,637
$I = f(\sigma_{\text{инд}})$	54	0,819	4,16	9,18	0,566
$R_{\text{сух}} = f(\gamma_0)$	76	0,739	126,7	18,14	14,52
$R_{\text{сух}} = f(B)$	56	0,671	122,0	16,50	16,3
$R_{\text{сух}} = f(\sigma_{\text{инд}})$	57	0,651	152,0	20,62	20,10
$R_{\text{вод}} = f(W)$	74	0,456	98,6	24,71	11,5
$R_{\text{вод}} = f(\gamma_0)$	73	0,548	104,9	26,20	12,28

При вероятности 95% и $t = 2$ для всех показателей, приведенных в табл. 2 и на рис. 1—4, точность испытаний обеспечивается в пределах 15—20%. Все зависимости характеризуются достаточно устойчивыми и надежными статистическими показателями и отсутствием большого разброса экспериментальных точек от усредненной линии, показанной на графиках. Все точки укладываются в пределах $3\sigma_y$. Сила корреляционной связи оценивается как тесная или весьма близкая к тесной. Анализируя статистические величины и существо явления, нетрудно убедиться, что наиболее тесная, согласованная корреляционная связь износа щебня в поличном барабане с величинами γ_0 , B и $\sigma_{\text{инд}}$ наблюдается при испытании щебня экспресс-методом на индикаторе Н. К. Тимченко.

Испытание щебня на индикаторе позволяет в пределах допустимой для практики точности определить марку щебня, не прибегая к трудоемким и дорогостоящим испытаниям в поличном барабане.

Показатель объемного веса γ_0 считаем целесообразным использовать только для весьма ориентировочного определения износа щебня как в полевых, так и в производственных условиях.

Результаты испытания щебня на копре Е. М. Хомякова характеризуются лучшими статистическими показателями, чем при определении износа по объемному весу. Во всяком случае, показатель удельной работы раздробления для оценки щебня на износ можно использовать в полевых и в лабораторных условиях. Однако портативный индикатор Н. К. Тимченко имеет явное преимущество перед копром Е. М. Хомякова: он в 6—7 раз легче, а испытания пробы могут быть проведены быстрее.

Испытание щебня экспресс-методом позволяет получить также более устойчивые и точные статистические показатели. Связь предела прочности на сжатие $R_{\text{сух}}$ с γ_0 , B и $\sigma_{\text{инд}}$ несколько слабее, чем связь износа с этими же величинами. Показатель точности P_y по прочности на сжатие при установлении связи с γ оказался выше на 20%, с B — на 56% и с $\sigma_{\text{инд}}$ — на 110%, чем при износе.

Связь предела прочности на сжатие с величиной объемного веса наиболее тесная, с показателями B и $\sigma_{\text{инд}}$ — менее тесная. Таким образом, для ориентировочного определения предела прочности при сжатии можно ограничиться косвенной оценкой по объемному весу. Однако ускоренные методы испытания щебня по B и $\sigma_{\text{инд}}$ также сле-

Таблица 2

Показатель точности P_u , %	Коэффициент корреляции r_y	Корреляционное отношение η_{yx}	Ошибка r_u или η_{yx}	Достоверность r_u или η_{yx}	Принятое уравнение связи
1,73	0,772	0,753	0,0517	14,9	$I = 51(3,22 - \gamma_0)$
1,40	-0,862	0,863	0,0346	24,9	$I = 73(1,0 - 3,65 \cdot B)$
1,25	-0,762	0,898	0,0264	34,0	$I = \frac{74,9}{\sigma_{\text{инд}} \cdot 0,466}$
2,08	0,760	0,840	0,0338	24,9	$R_{\text{сух}} = \frac{280(\gamma_0 - 1,0)}{2,85 - \gamma_0}$
2,20	0,787	0,809	0,046	17,6	$R_{\text{сух}} = 212(1,0 + 24,2 \cdot B)$
2,72	0,734	0,838	0,061	12,1	$R_{\text{сух}} = 177(0,6 + \sigma_{\text{инд}})$
2,89	-0,490	0,655	0,0664	9,9	$R_{\text{вод}} = 135 + \frac{1065}{W}$
3,08	0,680	0,718	0,0567	12,6	$R_{\text{вод}} = \frac{250(\gamma_0 - 1,4)}{2,85 - \gamma_0}$

дует использовать в полевых и лабораторных условиях для ориентировочной оценки предела прочности карбонатных пород при сжатии.

В результате детальных исследований, автором* предложена дорожная классификация известняков для Северо-Запада СССР, позволяющая установить марку материала не только по износу или по показателям прочности при сжатии, но и по ускоренным методам Н. К. Тимченко и Е. М. Хомякова, а также по объемному весу и водопоглощению. Водопоглощение по весу может служить косвенным показателем предела прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, так же как и объемный вес породы, но предпочтение следует отдать последнему, так как при относительно одинаковых статистических показателях (табл. 2) определение объемного веса камня посредством объемомера менее трудоемко.

Анализ полевых методов оценки прочности щебня позволяет сделать следующие выводы.

1. Ускоренные методы оценки прочности щебня по $\sigma_{\text{инд}}$ и B лучше имитируют работу материала в дорожных конструкциях, чем способы определения на гидравлических стационарных прессах и образцах в виде цилиндров или кубиков.

2. Полевые методы оценки дают возможность осуществлять постоянный контроль за качеством щебня на притрассовых карьерах и при строительстве лесовозных дорог, что при незначительных затратах и стоимости проведения испытаний позволяет обеспечить требуемое качество и долговечность инженерных сооружений.

3. Вычисленные уравнения связи между рассматриваемыми дорожно-строительными свойствами (признаками) позволяют ориентировочно, но весьма быстро и просто определять марку щебня (камня) по износу и прочности на сжатие.

4. В многосесных районах, где гравийный материал отсутствует, следует шире использовать для дорожного и промышленного строительства карбонатные породы, изучение которых следует проводить с учетом природных географических и генетических признаков.

* В. Т. Одоев. Дорожная классификация известняков Северо-Запада СССР. Журн. «Автомобильные дороги» № 9, 1964.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.093.26.059.

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТБОРА ЛИСТОВ
СТРОГАНОГО ШПОНА ИЗ ПОЛОСТИ СУППОРТА
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ФАНЕРОСТРОГАЛЬНЫХ СТАНКОВ

А. С. СИМОНОВ, И. И. МИХЕЕВ, В. А. ВОРОНОВ, В. Я. БОЛХОВИТИН

(Брянский технологический институт)

За последнее время в СССР и за рубежом предложен целый ряд механизмов отбора листов строганого шпона из полости суппорта фанерострогальных станков [1] — [4]. По нашим данным, в работе опробован лишь механизм Лексмана, но конструкция его весьма громоздка, а листы в пакеты (кноли) он не укладывает. Для отбора листов с укладкой их в пакеты и отделением рванины и мелких настроечных срезков, на наш взгляд, наиболее целесообразно использовать выносные устройства барабанного типа. Для отработки конструкции и процесса выноса листов шпона из полости подвижного суппорта нами разработана и изготовлена лабораторная установка с механизированным суппортом (рис. 1).

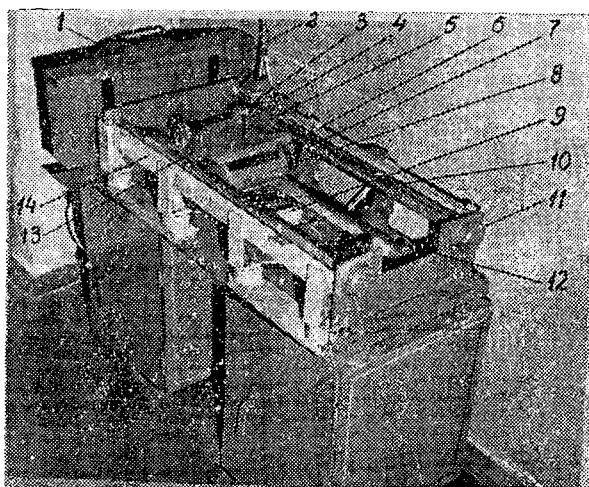


Рис. 1.

Установка состоит из электродвигателя 1, зубчатых передач, заключенных в корпусе 2, двух винтов 10, опирающихся на подшипники 11, гаек 5, которые соединены траверсой 13. На этой траверсе укреплен на шарнирах 3 и зафиксирован винтами 4 ножевая головка 8, внутри которой размещен эластичный барабан выноса 6. На конце вала барабана установлено зубчатое колесо 7 с роликовой муфтой обгона внутри. Колесо 7 обкатывается по рейке 12. Гайки перемещаются по направляющим 14. Механизм подачи образца 9 состоит из неподвижного стакана и винта. Подача осуществляется вручную за время холостого хода.

Для удобства съема, установки и настройки ножа и обжимной линейки головка откидывается вокруг шарниров 3 так, что ножи оказываются сверху. С прямого хода на обратный головка переключается выключателем. Применение муфты обгона внутри зубчатого колеса 7 обеспечивает вращение выносного барабана в период срезания шпона только в одном направлении. Установка позволяет срезать листы толщиной до 1 мм, шириной до 60 мм и длиной 150 мм.

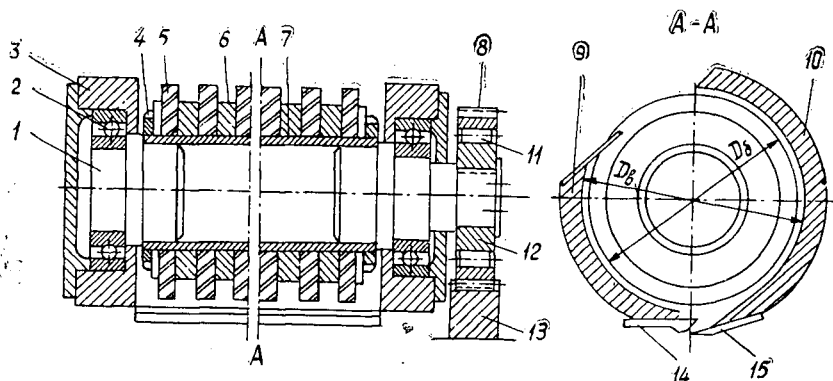


Рис. 2.

На рис. 2 представлена конструкция ножевой головки с барабанным механизмом выноса листов. Головка состоит из ножевой траверсы (направляющей выноса) 10, к нижней части которой крепится нож 15, из траверсы 9, к которой крепится обжимная линейка 14, из двух торцовых соединительных пластин 3, внутри которых установлены подшипники 2. На эти подшипники цапфами 1 опирается трубчатый вал 7 наборного эластичного барабана выноса. Барабан набирается на валу из жестких шайб 6 (алюминиевых, пластмассовых или фанерных), эластичных шайб 5 (резиновых), которые зажимаются на валу гайки 4. На конце вала барабана установлена обойма 12 муфты обгона, а зубчатый венец колеса 8 соединен с ней роликами 11. Колесо обкатывается по рейке 13. Диаметр выносного эластичного барабана D_b принят в нашем случае равным 90 мм, а размер выносной щели колеблется в пределах 1,0—1,5 мм из-за смены резиновых колец.

Как показали наши исследования, скорость выноса листа V_v должна находиться в определенном соотношении со скоростью резания V_p . Из следующих трех возможных вариантов соотношения скоростей: $V_p > V_v$, $V_p = V_v$ и $V_p < V_v$ — наиболее предпочтителен первый, причем $V_v = (0,95 \div 0,98) V_p$, так как в этом случае в период срезания лист не будет испытывать неблагоприятных для строганого шпона сил растяжения. Указанное соотношение скоростей обеспечивает первоначальное равенство диаметров выносного барабана D_b и начальной окружности зубчатого колеса, а также уменьшение диаметра выносного барабана в процессе работы вследствие деформации и износа резиновых колец. При принятом соотношении скоростей и зазоре δ , большем, чем толщина листа, процесс подразделяется на три этапа (рис. 3): захват, транспортировка и вынос листов с укладкой их в пакет.

Выносной барабан захватывает лист (рис. 3, а) при нагружении силами, стремящимися изогнуть его, если считать лист закрепленным в двух крайних точках, расстояние между которыми равно l_3 .

Обусловленное неравенством скоростей V_p и V_v приращение ширины листа между точками захвата за период резания выражается в виде

$$\Delta b = l - l_3. \quad (1)$$

Ширину (длину) изогнутой части листа определяют по формуле

$$l = B - \frac{V_v}{V_p} (B - l_3) = B - K_V (B - l_3), \quad (2)$$

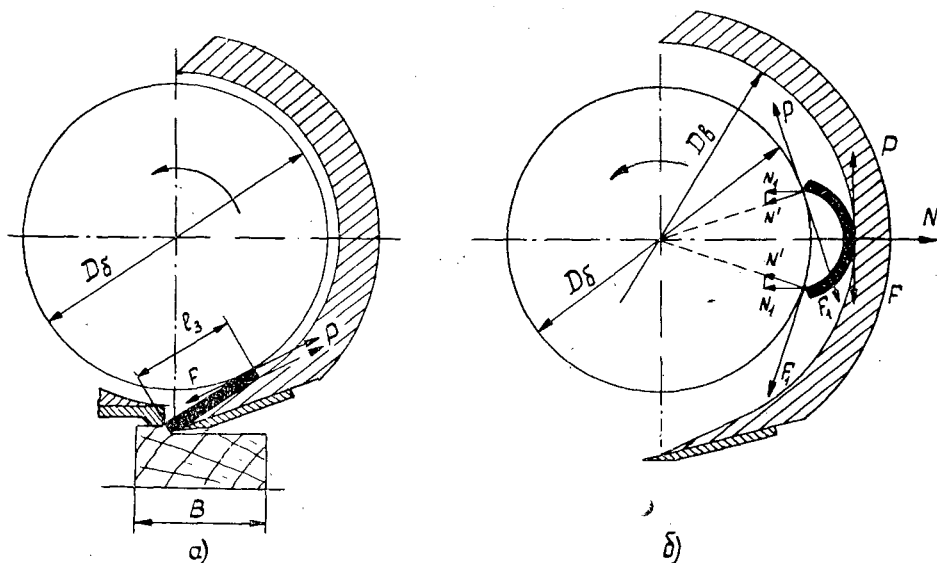


Рис. 3. Схемы захвата (а) и транспортировки (б) листов строганого шпона барабанным механизмом выноса.

где B — ширина строгаемого ванчеса;
 $K_V = 0,98 \div 0,95$.

Стрелу прогиба листа, считая изгиб по параболической кривой, находят по формуле

$$f = 0,5 \sqrt{l^2 - l_3^2} \approx 0,5 \sqrt{[B - K_V(B - l_3)]^2 - l_3^2}. \quad (3)$$

Исследование на лабораторной установке процесса закручивания листов шпона при различных толщине и степени обжима показало, что с увеличением толщины листа и степени обжима до 20% радиус закручивания становится больше, а при возрастании степени обжима с 20 до 30% он несколько увеличивается для дуба, уменьшается для березы, а листы из лиственницы разрушаются.

Графики зависимости радиуса закручивания стружки от толщины и степени обжима представлены на рис. 4. При изучении закручивания резание проводили при влажности древесины более 30%.

Проверка закручивания шпона толщиной 0,8—1,0 мм показала весьма точное совпадение данных лабораторных и производственных исследований. Дубовый шпон скручивался в трубку диаметром 70—90 мм, шпон из лиственницы — в трубку диаметром 100—120 мм. На основании этих данных допустимую стрелу прогиба листа можно принять равной 35—40 мм.

При транспортировании листов барабанным механизмом стрела прогиба не превышает 33 мм, то есть она меньше допустимой, а следовательно, при захвате листы не разрушаются.

На основании исследований диаметр выносного барабана необходимо принимать равным не менее 150 мм при толщине шпона не более 1 мм. С возрастанием толщины до 2 мм диаметр барабана нужно увеличить вдвое.

Лист транспортируется (перемещается по щели) вследствие усилия сцепления на поверхности барабана, которое определяется из условия (рис. 3, б)

$$\frac{F \cdot D_B}{2} \leq \frac{P \cdot D_B}{2} \quad \text{или} \quad P \geq F. \quad (4)$$

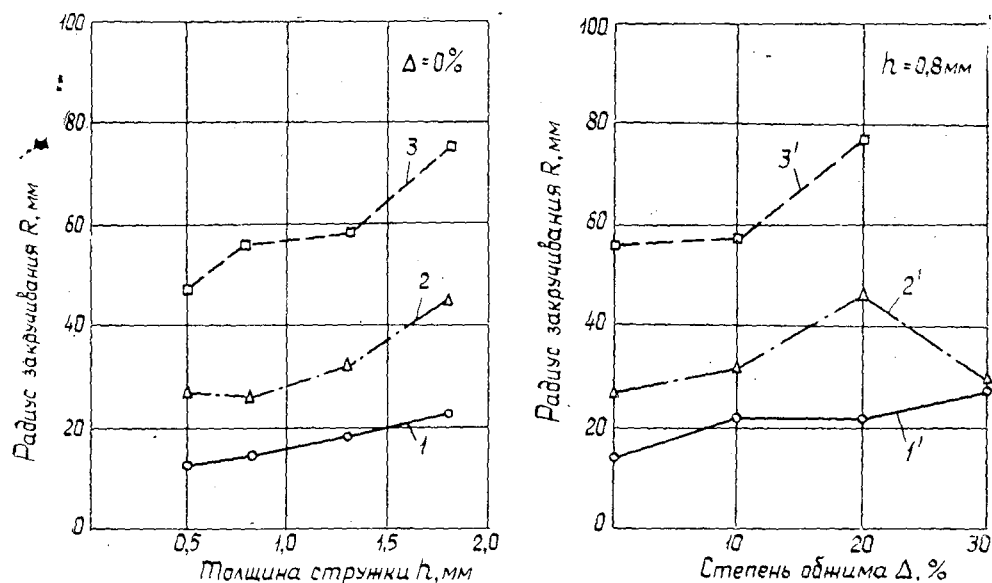


Рис. 4.

Кривые 1 и 1' — для дуба; 2 и 2' — для березы; 3 и 3' — для лиственницы.

Для соблюдения указанного соотношения коэффициент трения листа о поверхность выносного барабана должен быть больше коэффициента трения листа о поверхность выноса. С этой целью барабан выносятся из резиновых колец, а поверхность выноса делают стальной с чистотой поверхности $\nabla 6 - \nabla 7$.

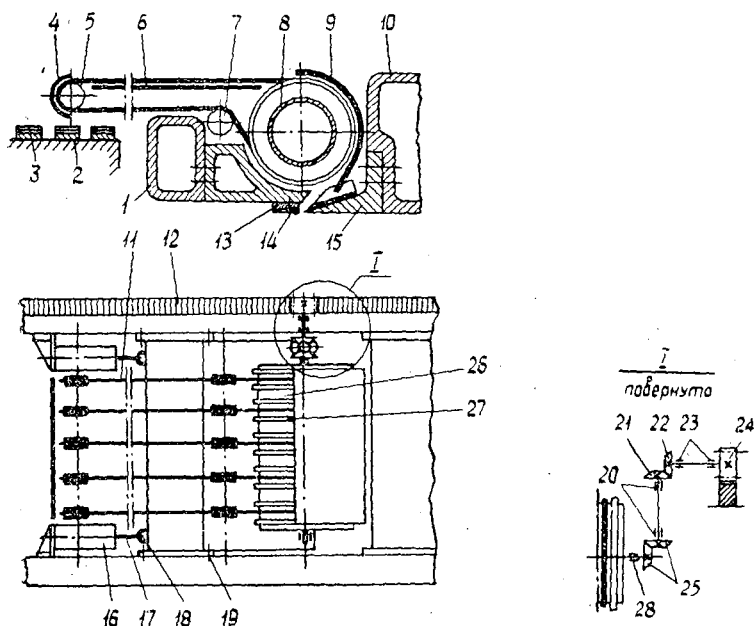


Рис. 5.

Конструктивная схема суппорта горизонтального фанерострогального станка с барабанным механизмом выноса листов представлена на рис. 5. Барабанный механизм отбора и транспортировки листов монтируется на вновь изготавливаемых траверсах 1 и 10. Для сбора листов в пакеты (кноли) 3 около станка устанавливают сортировочный стол 2, а конечные шкивы 5 консольного конвейера оборудуют направляющими 4.

Механизм состоит из барабана (диаметром 300 мм), набранного на трубчатый вал 8 из резиновых шайб 27 и металлических (алюминиевых) или пластмассовых шайб-шкивов 26, из шкивов 5 и 7, ремней 11 консольного конвейера, стальной направляющей 9 и механизма вращения барабана, состоящего из рейки 12, по которой обкатывается зубчатое колесо 24 с муфтой обгона внутри, подшипников 23, конических колес 21, 22 и 25, подшипников 20 вертикального вала.

Применение муфты обгона обеспечивает вращение барабана только в период рабочего хода суппорта. Вал барабана опирается на подшипники 23, укрепленные на траверсе 1. На этой же траверсе укреплена направляющая 9. Для того чтобы эта направляющая не выступала из траверсы 8, в ней или в прижимных башмаках ножа делают вырез.

Для удобства смены ножей, регулировки и настройки механизма на направляющих устанавливают траверсу 1, чтобы она имела возможность перемещаться по этим направляющим. В рабочем положении траверса 1 с барабанным механизмом фиксируется болтами 19. Перемещается траверса с механизмом с помощью гидроцилиндров 16, штоки 17 которых соединены с ней шарнирами 18. Гидроцилиндры устанавливают на боковой поверхности торцовых балок суппорта. Ремни 11 на горизонтальном участке поддерживаются сплошным листом 4.

Процесс выноса и укладки листов в пакет протекает следующим образом: по мере срезания лист (рванина) шпона под действием сил резания движется по щели между ножом и обжимной линейкой до момента встречи с поверхностью вращающегося выносного барабана. После встречи с барабаном лист попадает в выносную щель и захватывается вращающимся барабаном, перемещается по щели, а затем по горизонтальному участку ремней 11 консольного конвейера. В конце конвейера листы опять попадают в щель между шкивами 5 и дугообразной направляющей 4. Пройдя по этой щели, листы несколько выправляются и выбрасываются на стол 2 с нижней ветви, находясь при этом в горизонтальном положении. Применение направляющей 4 стабилизирует как движение, так и выброс и укладку листов, снижая в значительной степени явление закручивания листа.

Применение описанного устройства для съема листов шпона из суппорта и укладки их в пакет, при наличии на станке гидравлических зажимов ванчесов, позволит заменить бригаду станочников одним человеком. Этот человек будет следить за работой станка, подправлять укладку в пакет с отсортировкой отбракованных листов и осуществлять операции установки и перекантровки ванчеса и съема остатка).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Автоматизация съема листов строганой фанеры с фанерострогального станка (предложение Г. И. Гарасевича, А. А. Семеновского). «Деревообработка», сборник № 2, ЦНИИ и ТЭИМС, 1965 [2]. И. И. Грипп. Авторское свидетельство № 146477, СССР. [3]. Отбор и транспортировка строганой фанеры на фанерострогальных станках, Древо № 9, 1964. [4]. Сб. «Механическая обработка древесины», № 26, 1964.

УДК 531.8

АНАЛИЗ УСИЛИЙ В МЕХАНИЗМАХ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ПАССИВНЫМИ СВЯЗЯМИ

А. Б. ИЗРАЕЛИТ

(Ленинградская лесотехническая академия)

В настоящей статье рассмотрен силовой расчет механизма с индивидуальными пассивными связями и проведен анализ найденных усилий в зависимости от различных факторов.

Если в механизме имеются индивидуальные пассивные связи, то его нельзя разбить на структурные статически определимые группы Ассура (рис. 1 и 2). Для плоского механизма с низшими парами группа Ассура удовлетворяет условию

$$3n = 2p,$$

где n — число звеньев;

p — число низших пар.

Эта группа является статически определимой, так как число уравнений равновесия $3n$ равно числу неизвестных усилий в парах $2p$. При добавлении к группе Ассура одного звена с двумя низшими парами число уравнений равновесия возрастает на 3 [$3(n+1) = 3n+3$], а число неизвестных — на 4 [$2(p+2) = 2p+4$]. Значит каждая индивидуальная пассивная связь дает одно лишнее неизвестное, для определения которого необходимо составить добавочное уравнение из условия совместности деформаций звеньев. Для составления этих уравнений нужно отбросить лишние связи и приложить неизвестные усилия и все заданные силы к полученной статически определимой основной системе. От всех этих сил вычисляют упругие перемещения по направлению лишнего неизвестного. Суммарное перемещение вдоль каждой лишней связи равно нулю, так как в действительном механизме не происходит

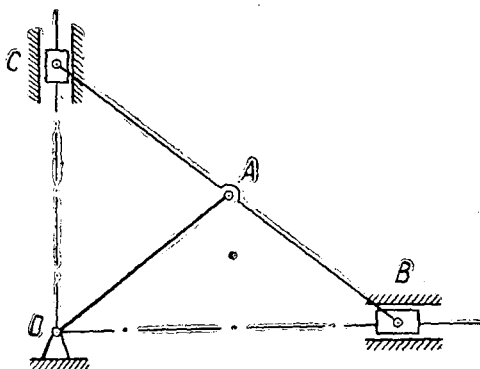


Рис. 1. Механизм эллипсографа с кривошипом.

разрывов и разъединений звеньев. Из этого условия и определяют величины лишних усилий. Таким образом, для нахождения сил, возникающих в индивидуальных пассивных связях, нужно рассчитать статически неопределимую конструкцию. В такой конструкции звенья уже нельзя считать абсолютно жесткими, так как только учет их деформационных свойств позволяет составить недостающие уравнения для определения усилий. Поэтому здесь существенную роль играет характер приложения всех сил. В деформируемых телах распределение силы нельзя заменять их равнодействующими, как это делают при кинестатическом анализе жестких тел.

При вычислении упругих перемещений в основной системе мы рассматриваем ее как неизменяемую равновесную конструкцию (в соответствии с методом кинестатики). Поэтому необходимо ввести связь по направлению уравновешивающей силы, точка приложения которой существенно влияет на распределение усилий в механизме, а значит и на величину лишних неизвестных. В связи с этим при выборе точки приложения уравновешивающей силы следует учитывать конструктивное оформление ведущего звена. Если движение передается непосредственно на вал, то связь, соответствующую уравновешивающей силе, следует вводить в крайней точке ведущего звена перпендикулярно ему, как это обычно делают при силовом анализе.

В качестве примера рассмотрим сравнительно несложный механизм с тремя кривошипами (рис. 2). Этот механизм не удалось разбить на структурные группы Ассура, а по формуле Чебышева в нем оказалась нулевая подвижность, хотя в действительности степень подвижности механизма равна единице

$$W = 3n - 2p = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 = 0.$$

Это значит, что в механизме есть одна пассивная связь. Можно отбросить любой из трех кривошипов, и движение механизма при этом не изменится. Продольное усилие X в среднем кривошипе O_1B примем за лишнее неизвестное. Внешняя нагрузка задана тремя силами: две ортогональные P_1 и P_2 , приложенные в узле C , причем сила P_1 направлена вдоль кривошипа O_2C ; вертикальная сила P_3 , приложенная к шатуну посередине между точками A и B (рис. 2, а). Все звенья механизма мы считаем однородными с постоянным прямоугольным сечением. Это предположение не нарушает общности рассуждений, но в то же время существенно упрощает определение внутренних усилий, возникающих от сил веса и сил инерции.

Основную статически определяемую систему получаем путем размыкания конструкции в шарнире B (рис. 2, б). Усилие, возникающее в среднем кривошипе X , является, таким образом, лишним неизвестным. По физическому смыслу уравнение деформаций показывает отсутствие разрыва в шарнире B и имеет вид

$$X\delta + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_p + \Delta_g = 0,$$

где δ — единичное перемещение в основной системе от $X=1$ по направлению неизвестного;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ — грузовые перемещения, вызванные силами P_1, P_2 и P_3 , по направлению лишнего неизвестного;

Δ_p, Δ_g — перемещения от сил веса и сил инерции соответственно.

Перемещения вычисляем по формуле Мора через внутренние усилия в основной системе

$$\delta = \sum \int \frac{\bar{M}^2 ds}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}^2 ds}{EF} + \sum \int \frac{\mu \bar{Q}^2 ds}{GF};$$

$$\Delta = \sum \int \frac{\bar{M}M ds}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}Nd s}{EF} + \sum \int \frac{\mu \bar{Q}Q ds}{GF},$$

где E и G — модули продольной и поперечной упругости (для стали $G = 0,4E$);

I и F — момент инерции и площадь сечения (для прямоугольника $I = \frac{bh^3}{12}$, $F = bh$);

μ — коэффициент формы сечения (для прямоугольника $\mu = 1,2$).

Для вычисления перемещений определяем внутренние усилия от всех силовых факторов. Сопрягая эпюры этих усилий по правилу Верещагина, находим перемещения

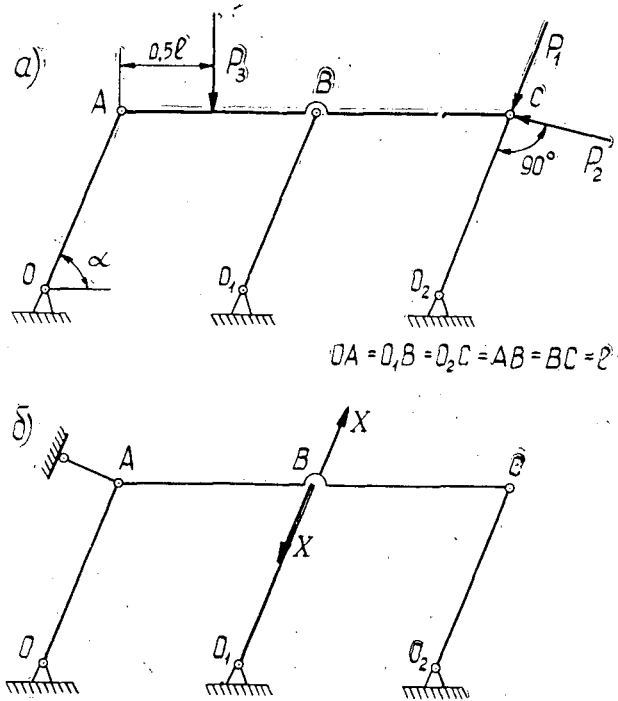


Рис. 2. Механизм с тремя кривошипами.

$$\delta = l \left[\frac{l^2 \sin^2 \alpha}{4EI} + \frac{(2 + \sin^2 \alpha)}{EF} \right]; \Delta_1 = -\frac{P_1 l}{2EF};$$

$$\Delta_2 = \frac{P_2 l}{2EF \operatorname{tg} \alpha}; \Delta_3 = -\frac{P_3 l^3 \sin \alpha}{8EI} - \frac{13P_3 l \sin \alpha}{8EF};$$

$$\Delta_p = -\frac{pl^4 \sin \alpha}{3EI} + \frac{pl^2 (\cos^2 \alpha - 1,5 \sin^2 \alpha)}{EF \sin \alpha};$$

$$\Delta_g = \frac{gl^4 \sin 2\alpha}{6EI} + \frac{gl^2 (\sin 2\alpha + 2)}{2EF};$$

где α — угол наклона кривошипов к горизонту;
 l — длина кривошипа (рис. 2).

Подставляя значения перемещений в каноническое уравнение и учитывая, что $\frac{I}{F} = \frac{h^2}{12}$, после преобразований получим выражение для лишнего неизвестного

$$X = -\frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_p + \Delta_g}{\delta} = \frac{4P_1 h^2 - 4P_2 h^2 \operatorname{ctg} \alpha + 12P_3 l^2 - 13P_3 h^2 \sin \alpha + 32pl^3 \sin \alpha - plh^2 \operatorname{csc} \alpha (\cos^2 \alpha - 1,5 \sin^2 \alpha) - 16gl^3 \sin 2\alpha - 4glh^2 (\sin 2\alpha + 2)}{3l^2 \sin^2 \alpha + (2 + \sin^2 \alpha) h^2}. \quad (1)$$

В формуле (1) члены, содержащие квадрат высоты сечения h^2 , отражают влияние продольных и поперечных сил, остальные члены показывают влияние изгибающих моментов.

Анализируя формулу (1), обнаруживаем, что при некоторых значениях угла α влияние продольных и поперечных сил может значительно превышать влияние изгибающих моментов. Влияние продольных и поперечных сил наиболее сильно проявляется в районе крайних положений механизма, то есть когда $\alpha \rightarrow 0$ или $\alpha \rightarrow 180^\circ$. При отклонении от крайних положений влияние этих сил падает и при $30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ оно практически неощутимо.

Из формулы (1) непосредственно вытекает, что значения усилий существенно зависят от высоты сечения звеньев, но не зависят от их ширины. Увеличение высоты сечения приводит к возрастанию влияния продольных и поперечных сил.

Выводы

1. При раскрытии статической неопределимости механизмов с индивидуальными пассивными связями их следует рассматривать как комбинированные стержневые системы, испытывающие одновременно изгиб и осевое растяжение или сжатие. В общем случае продольными и поперечными силами пренебрегать нельзя.

2. При вычислении перемещений собственный вес и силы инерции звеньев следует учитывать как распределенные нагрузки. Заменивать их равнодействующими нельзя, так как это вызывает существенные изменения грузовых эпюр и искажение усилий.

3. Введение пассивных связей уменьшает величины усилий в некоторых звеньях (для нашего случая в шатуне). Это, в свою очередь, приводит к снижению упругих деформаций в механизме, причем этот процесс можно регулировать. Наиболее существенный результат возможного уменьшения усилий — снижение общего веса механизма. Во многих случаях это может быть определяющим достоинством пассивных связей.

4. После определения усилий в пассивных связях дальнейший силовой расчет механизма производят обычным путем, и звенья рассматривают как абсолютно жесткие тела.

Поступила 14 марта 1967 г.

УДК 674.023

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ, ВОСПРИНИМАЕМЫХ ВПЕРЕДИРАМНОЙ ТЕЛЕЖКОЙ ПРИ ПИЛЕНИИ

Ю. И. ЮРЬЕВ, Г. М. ГЕРНЕТ,

(Архангельский лесотехнический институт)

В. А. КОНОВАЛОВ

(ЦНИИМОД)

В данной статье приведены результаты экспериментального определения величины и характера сил, воспринимаемых зажимным механизмом тележки ПРТ8-2 в процессе пиления.

Для измерения динамических усилий применяли электрический метод с использованием проволочных датчиков сопротивления. Параметры датчиков — база 20 мм, сопротивление 185 Ом, проволока константановая диаметром 30 мк. Так как усилия воспринимаются непосредственно клещами тележки, датчики наклеивали (клеем БФ-2) на одну из клешней. Чтобы устранить влияние возможного изгиба клешни в плоскости меньшего размера поперечного сечения на результат измерения, датчики наклеивали на противоположные стороны клешни и соединяли в полумостовую схему.

Питание измерительного моста и усиление сигнала производили посредством усилителя типа ТА-5. Для записи переходного процесса изменения усилия на фотопленку применяли осциллограф типа Н-102. Измерительную схему тарировали с помощью динамометрического устройства, состоящего из винтового домкрата и динамометра сжатия типа ДОСМ-3 (рис. 1). Порядок тарирования был следующим. Бревно, лежащее на основной и поддерживающей тележках, зажимали клещами тележки и торец его подводили к домкрату, опирающемуся основанием в балку. Опорами балки служила станина лесопильной рамы. (Передние ворота рамы были при этом открыты.) Между рамой тележки и стеной лесопильного цеха устанавливали брус-распорку. Датчики на клешне подключали к измерительному устройству, и с помощью винтовой пары домкрата ступенями создавалась

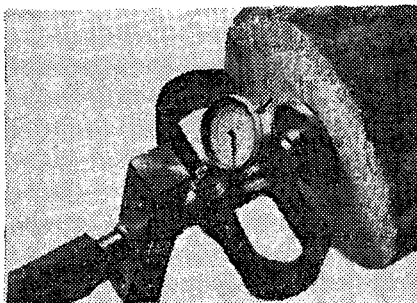


Рис. 1.

сжимающая нагрузка с одновременной записью отклонения луча вибратора осциллографа на фотопленку. Передача нагрузки через бревно при тарировании измерительной системы полностью воспроизводит реальные условия передачи усилий в процессе пиления.

Условия опыта. Сосновые бревна диаметром 24 см распиливали на лесопильной раме РД75-6. Влажность древесины сплавная. Постав пил $2 \times 2,4 \times 1$, уклон 15,6 мм, посылка (рисковая) 27 мм/ход. Угловые элементы зубьев пил соответствовали ГОСТу 5524—60, зубья плющенные с шириной лопатки 3,8 мм. Степень затупления зубьев соответствовала двум часам работы инструмента. Рассматривая фактор жесткости системы бревно — клещи — тележки, можно установить следующий характер влияния этого фактора на величину усилий, воспринимаемых зажимным механизмом тележки. В обычном случае эта система нежесткая, так как шиповые розетки шарнирно закреплены в проушинах клещей. Очевидно, когда величина свободного хода шиповых розеток больше, чем величина перемещения бревна при отжиме, тогда значение усилий, воспринимаемых клещами, будет минимальным. Однако не исключена возможность защемления шиповых розеток и создания в некоторые моменты жесткой системы, при которой клещи будут полностью воспринимать усилия, возникающие в результате изменения скорости и направления движения бревна и тележки в процессе пиления. Для установления характера изменения сил при неблагоприятных условиях в опыте принимали жесткое закрепление шиповых розеток. Давление в гидросистеме тележки составляло 25 кг/см^2 , бревно в месте зажима предварительно окоряли. Чтобы определить (при анализе осциллограмм), в какой части хода пильной рамки действуют силы, дополнительно устанавливали индукционный датчик с использованием магнитной системы ТОН-2. Для получения электрического сигнала магнитную систему на кронштейне крепили к корпусу подшипника коленчатого вала лесопильной рамы. Якорь датчика устанавливали на торце вала, и при вращении вала в магнитной системе датчика возбуждался электрический ток, который подавался на шлейф вибратора осциллографа. Датчик устанавливали так, что сигнал выдавался в момент, когда пильная рамка находилась в нижнем мертвом положении.

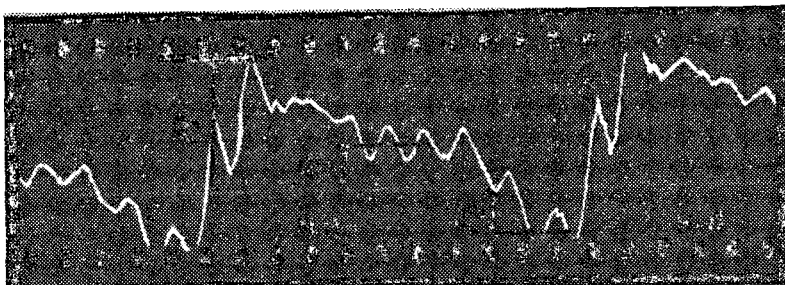


Рис. 2.

Обработка и анализ осциллограмм, одна из которых приведена на рис 2, показывают, что, когда розетки и клещи представляют собой жесткую систему, характер изменения сил, воспринимаемых зажимным механизмом тележки, соответствует характеру действия сил,

возникающих в процессе резания, и обусловленному этим характером движению бревна при пилении.

С началом холостого хода, когда бревно вследствие отжима меняет и величину скорости, и направление движения, возникает сжимающая клещи нагрузка (на осциллограмме — P_1), затем при восстановлении первоначальной скорости и направления движения бревна появляется инерционная нагрузка обратного знака (на осциллограмме — P_2). Меньшее значение величины P_2 по сравнению с P_1 можно объяснить наличием зазоров в шарнирных соединениях рычагов клещей, выбор которых сглаживает пик нагрузки. В первом же случае зазоры уже выбраны, так как при рабочем ходе нагрузка, действующая на клещи, также сжимающая. Появление сжимающей нагрузки (P_3) во время рабочего хода объясняется замедлением движения бревна с началом резания.

Таким образом, по результатам опыта можно сделать следующий вывод: зажимной механизм тележки при жестко закрепленных шиповых розетках испытывает знакопеременную нагрузку с максимальными значениями амплитуды для условий опыта + 576 кг. Поскольку для шарнирного соединения шиповых розеток с клещами при отсутствии специальных устройств, исключающих возможность их заклинивания, в отдельные моменты может возникнуть жесткая система шиповые розетки — клещи, то при расчете механизма зажима эта нагрузка должна быть учтена для обеспечения необходимой надежности узла.

Для установления корреляционной зависимости между усилиями, возникающими в зажимном механизме тележки при пилении, и факторами, влияющими на величину усилий, нужно проводить специальные исследования.

Поступила 28 февраля 1966 г.

УДК 634.0.812

АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ЛОЖНОГО ЯДРА БУКА И БЕРЕЗЫ

Ю. С. ОСТРОВСКИЙ

(Ростовский-на-Дону НИИТМ)

В узлах трения многих сельскохозяйственных машин применяют деревянные подшипники. Основным материалом для них служит древесина бука и березы как наиболее распространенных в нашей стране твердолиственных пород с высокими физико-механическими свойствами. Известно, что древесина бука и березы на 70—80% поражена ложным ядром.

В настоящей статье рассматриваются некоторые результаты исследований антифрикционных свойств и износостойкости древесины ложного ядра кавказского бука и уральской березы. Физико-механические свойства определяли в соответствии с ГОСТом 6336—52 (табл. 1).

Как видно из табл. 1, древесина ложного ядра бука и березы отличается от здоровой древесины меньшим водопоглощением и меньшим сопротивлением статическому изгибу.

Таблица 1

Порода	Древесина	Объемный вес (при $W=15\%$), $г/см^3$	Предел прочности вдоль волокон, $кг/см^2$			Водопоглощение за 64 дня, %	Набухание за 14 дней, % в направлении		
			на сжатие	на растяжение	на статический изгиб		тангентальном	радиальном	вдоль волокон
Бук	Здоровая	0,72	553	—	1017	146,62	9,39	6,15	1,0
	Ложного ядра	0,74	628	—	1139	112,0	11,14	7,78	0,7
Береза	Здоровая	0,59	528	859	1068	137,97	9,11	15,02	1,62
	Ложного ядра	0,61	538	960	879	127,90	12,67	15,88	1,34

Образец для испытаний на трение и износ (рис. 1) изготавливали из доски с таким расчетом, чтобы две контактные поверхности его были торцовыми, а две другие — с параллельным направлением волокон. Для контроля температуры во время испытаний в образце сверлили четыре отверстия (диаметром 1,5 мм на расстоянии 1 мм от центра контактных поверхностей) для ввода термомпар. Пропитывали образцы маслом АКн-10 (ГОСТ 1862—60) по способу горяче-холодных ванн: в течение 2 час — горячая ванна с температурой масла 110—120°C и в течение 1 часа — холодная ванна с температурой масла 20—30°C.

Результаты пропитки приведены в табл. 2.

Антифрикционные свойства образцов исследовали на машине трения Амслера МИ по схеме ролик — колодка. Ролик изготавливали из стали Ст 45 и термически обрабатывали до Rc 48—50. Чистота поверхности — по 8 классу точности. Схема испытания образца на машине МИ представлена на рис. 2. Каждую из четырех сторон поверхности образца испытывали по одному и тому же режиму. За действительную величину принимали среднее арифметическое из 8 измерений, чем обеспечивалась достаточная достоверность наблюдений. Линейные размеры образца контролировали перед испытанием и после пробега цапфы через 2,052; 12,32; 30,68 и 61,5 км. В течение всего периода испытаний фиксировали момент трения и температуру образца.

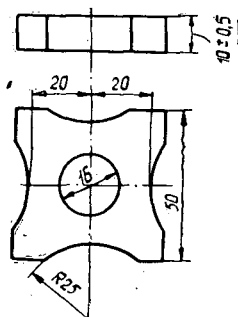


Рис. 1.

Таблица 2

Порода	№ образца	Начальный вес, г	Конечный вес, г	Привес	Пропитка, % к весу древесины в абс. сухом состоянии
Бук	7к	12,60	19,30	6,70	55,8
	12к	12,70	19,22	6,52	54,3
	15к	12,75	19,59	6,84	56,7
	8к*	13,34	18,20	5,56	44,0
	10к*	12,53	16,85	4,98	42,0
Береза	13к*	12,73	17,45	5,38	44,5
	7б	9,99	14,57	4,58	48,8
	11б	9,32	14,61	5,29	60,3
	15б	9,79	14,51	4,72	51,3
	9б*	9,51	13,54	4,03	46,2
	10б*	9,47	12,11	2,64	31,5
	13б*	10,82	14,81	3,89	39,0

Примечание. Звездочкой обозначены образцы с ложным ядром.

Результаты обрабатывали методом вариационной статистики. Ввиду сравнительно небольшого числа наблюдений средние величины вычисляли непосредственно.

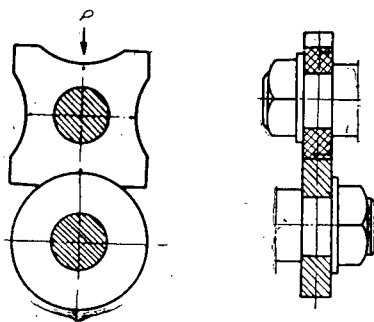


Рис. 2.

В табл. 3 приведены средние результаты отдельных наблюдений.

Таблица 3

Порода	Древесина	№ образца	Удельное давление, кг/см ²	Момент трения, кг·см	Коэффициент трения	Температура образцов, °С
Бук	Здоровая	7к	6,25	1,0	0,064	32,0
				1,04	0,067	39,5
	Ложного ядра	8к*	6,25	1,2	0,077	47,0
				1,3	0,081	50,0
Береза	Здоровая	7б	6,25	0,95	0,062	31,0
				1,02	0,066	39,0
	Ложного ядра	9б*	6,25	1,1	0,071	38,5
				1,2	0,077	44,75
Бук	Здоровая	12к	12,5	1,55	0,049	59,5
				1,72	0,055	68,0
	Ложного ядра	10к*	12,5	1,67	0,054	63,5
				1,77	0,057	71,0
Береза	Здоровая	11б	12,5	1,59	0,050	60,0
				1,81	0,058	72,5
	Ложного ядра	10б*	12,5	1,65	0,052	62,0
				1,9	0,061	73,0
Бук	Здоровая	15к	18,75	1,9	0,041	67,5
				2,05	0,043	78,0
	Ложного ядра	13к*	18,75	1,9	0,041	66,0
				2,0	0,043	83,0
Береза	Здоровая	15б	18,75	2,0	0,043	68,0
				2,2	0,047	84,5
	Ложного ядра	13б	18,75	2,0	0,043	68,5
				2,3	0,049	85,0

Примечание. В числителе — данные для торцевой стороны образца; в знаменателе — для стороны с параллельным направлением волокон.

Из данных табл. 3 видно, что величины моментов трения здоровой древесины несколько меньше, чем древесины ложного ядра как для бука, так и для березы при трении на торец и параллельно волокнам. С увеличением нагрузки коэффициенты трения для древесины бука и березы снижаются; при этом при малых нагрузках меньшее значение

коэффициента трения свойственно березе, при больших нагрузках — буку. Древесина ложного ядра имеет несколько больший коэффициент трения, чем здоровая древесина той же породы.

Износ оценивали путем контрольных замеров образцов на большом прсекторе (с точностью измерения 0,005 мм) при скорости скольжения 0,57 м/сек. В табл. 4 приведены средние значения результатов исследования износостойкости. Каждую сторону образца испытывали в течение 30 час, за это время поверхность ролика пробегала путь, равный 61,56 км.

Таблица 4

Удельное давление, кг/см ²	Путь трения, км	Износ, мк, для			
		здоровой древесины бука	ложного ядра бука	здоровой древесины березы	ложного ядра березы
6,25	9,052	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
6,25	12,32	$\frac{27}{19}$	$\frac{29}{20,5}$	$\frac{26}{16}$	$\frac{27}{16}$
		$\frac{52}{38}$	$\frac{50}{39}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{50}{35}$
6,25	30,68	$\frac{71}{60}$	$\frac{74}{60}$	$\frac{70}{49,5}$	$\frac{66,5}{50}$
		$\frac{39,5}{43}$	$\frac{32}{45,5}$	$\frac{31}{34}$	$\frac{28}{33}$
12,5	2,052	$\frac{56}{77,5}$	$\frac{65}{79,5}$	$\frac{57}{64}$	$\frac{58}{66}$
		$\frac{92}{99}$	$\frac{100}{106}$	$\frac{90}{88}$	$\frac{90}{90,5}$
12,5	12,32	$\frac{121,5}{121,0}$	$\frac{133,5}{125}$	$\frac{123}{116}$	$\frac{120}{113}$
		$\frac{51}{56}$	$\frac{53}{49,5}$	$\frac{37,0}{38,5}$	$\frac{38}{41,5}$
18,75	2,052	$\frac{74,5}{101,0}$	$\frac{79}{97}$	$\frac{67}{96,5}$	$\frac{66,0}{93,0}$
		$\frac{109}{119,5}$	$\frac{109}{118}$	$\frac{93,5}{116}$	$\frac{93}{115}$
18,75	30,68	$\frac{144,5}{143,0}$	$\frac{148}{144}$	$\frac{124}{133}$	$\frac{126}{131}$

Примечание. В числителе — данные для торцевой стороны образца; в знаменателе — для стороны с параллельным направлением волокон.

Проведенные нами исследования показали, что антифрикционные свойства древесины ложного ядра бука и березы, пропитанной маслом АКн-1С, незначительно отличаются от антифрикционных свойств здоровой древесины, а по износостойкости древесина ложного ядра в некоторых случаях даже превосходит здоровую древесину.

Следовательно, древесину ложного ядра без признаков загнивания, пропитанную автотракторными маслами, можно применять в узлах трения машин наравне со здоровой древесиной, без ограничений.

УДК 634.0.824.81/85

СТАРЕНИЕ КЛЕЕВЫХ ПРОСЛОЕК И ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. М. ХРУЛЕВ

(Новосибирский инженерно-строительный институт)

Недостаток соединений на синтетических клеях — старение клеевых прослоек, представляющее собой сложный комплекс физико-химических превращений, которые происходят под влиянием тепла, влаги, кислорода воздуха, облучения и реагентов, содержащихся в клее или на поверхности склеиваемых материалов. В результате старения снижается прочность, повышается хрупкость, возникают побочные деформации и напряжения в соединениях. Старение может протекать более активно при переменных механических напряжениях в клеевом шве. Переменные механические напряжения, возникающие при разбухании и усушке клееной древесины, сами по себе также являются причиной ослабления клеевых соединений. Они тем опаснее, чем быстрее деформируется древесина при разбухании. В определенных условиях эксплуатации ослабляющее влияние переменных напряжений может быть даже более значительным, чем влияние старения. В общем же случае старение и механические переменные напряжения совместно ослабляют клеевое соединение.

При эксплуатации клееных изделий температурно-влажностные условия нередко остаются постоянными или варьируют настолько медленно, что изменения, наблюдаемые в клеевом шве, могут быть отнесены к результатам старения. В настоящей статье приведены данные испытаний, позволяющие судить о старении клеевых прослоек, причем влияние переменных напряжений на образцы было исключено.

На рис. 1 показано изменение прочности соединений на карбамидном клее холодного отверждения в образцах березовой фанеры, выдержанных длительное время при температуре 27°С и 65%-ной относительной влажности воздуха [5]. Так как ослабление древесины катализатором, содержащимся в клеевой прослойке, незначительно (об этом свидетельствует кривая 3 на рис. 1), то причиной снижения прочности клеевых соединений следует считать старение клеевых прослоек. Это и подтверждается снижением процента разрушения соединений по древесине.

На рис. 2 показано изменение прочности соединений на резорциноформальдегидном клее холодного отверждения в образцах березовой фанеры, выдержанных длительное время при 93°С и 20%-ной относительной влажности воздуха [5]. В данном случае старение клеевых прослоек оценить труднее, так как длительное действие высокой температуры существенно ослабило древесину образцов. Однако снижение процента разрушения по древесине, отмеченное в процессе испытаний, позволяет дать относительную оценку изменения прочности не только клеевого соединения, но и собственно клеевых прослоек.

Старение клеевых прослоек при повышенной температуре заметно ускоряется, если нагревание происходит в воде. Например, образцы

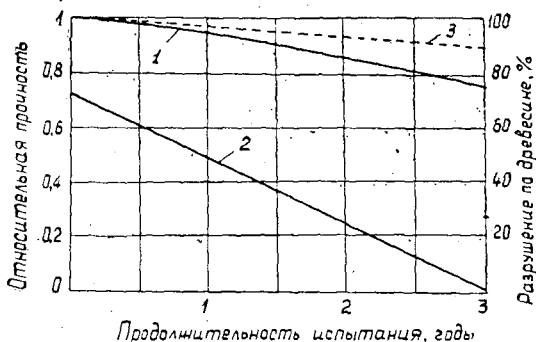


Рис. 1.

1 — прочность клеевого соединения;
2 — разрушение по древесине;
3 — прочность древесины.

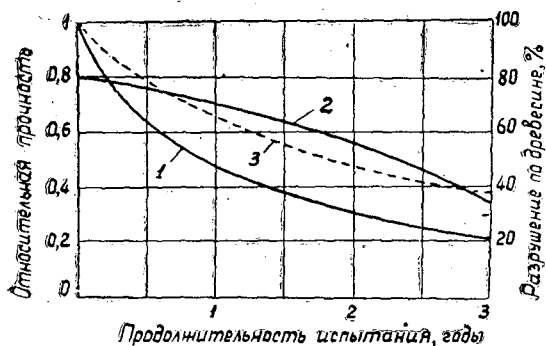


Рис. 2.

1 — прочность клеевого соединения;
2 — разрушение по древесине;
3 — прочность древесины.

березовой фанеры, склеенной карбамидными клеями, длительное время нагревали до 70°C в сухом состоянии и в воде; при этом в образцах, находившихся в воде, клеевые швы ослабли значительно быстрее [1]. Аналогичные результаты получены при нагревании до 70°C в сухом

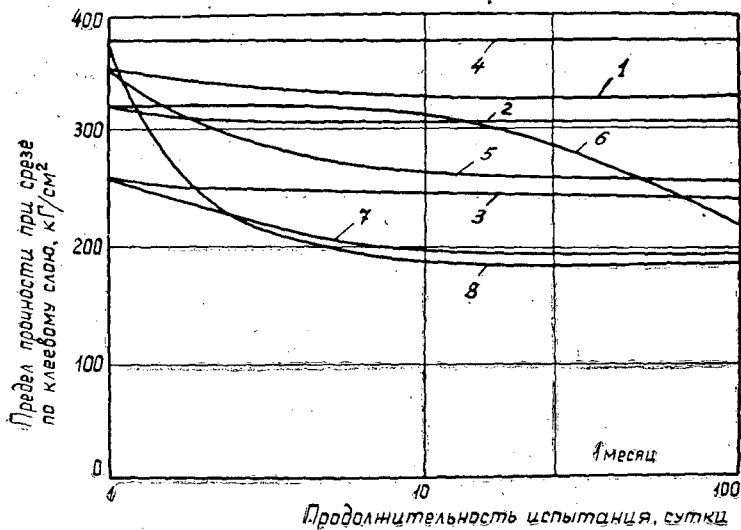


Рис. 3. Изменение прочности клеевых соединений образцов из алюминиевого сплава, выдержанных при 70°C в сушильном шкафу (кривые 1—4) и в воде (кривые 5—8).

1 и 5 — феноло-формальдегидный клей горячего отверждения;
2 и 6 — эпоксидный клей холодного отверждения; 3 и 7 — пленочный феноло-формальдегидный клей; 4 и 8 — эпоксидно-полиамидный клей горячего отверждения.

состоянии и в воде образцов из алюминиевого сплава, склеенных различными синтетическими клеями [4] (рис. 3).

Таким образом, воздействие горячей воды на клеевой шов существенно изменяет структурно-механические характеристики клея. Поэтому многие стандартные методы для испытания стойкости клеевых соединений предусматривают нагревание образцов до 60—70°C или кипячение их в воде [2]. Это — испытание на водостойкость, хотя, очевидно, при этом имеет место и ускоренное старение.

В режим контрольных испытаний нередко вводят переменные факторы (кипячение — высушивание, замораживание — нагревание) с тем, чтобы создав переменные напряжения, вызвать дополнительное снижение прочности клеевых соединений и в какой-то степени учесть этим возможное влияние эксплуатационных воздействий.

Как уже отмечалось, оценка старения клеевых прослоек в соединениях древесины осложняется тем, что сама древесина ослабляется в процессе испытаний. В связи с этим становится важным такой показатель, как процент разрушения соединения по древесине, характеризующий прочность клея относительно прочности древесины. Если процент разрушения по древесине снижается в процессе изменения прочности клевого соединения, то это свидетельствует об ослаблении прочности клея.

Зная изменения прочности клевого соединения, прочности древесины, а также процента разрушения соединения по древесине, можно определить изменение прочности клея

$$y_k = \frac{y_{к.с} - y_d \frac{P}{100}}{1 - \frac{P}{100}}, \quad (1)$$

где y_k — относительная прочность клея;
 $y_{к.с}$ — относительная прочность клевого соединения;
 y_d — относительная прочность древесины;
 P — процент разрушения соединений по древесине.

Если известны функциональные выражения $y_{к.с}$, y_d и P , то в результате подстановки их в формулу (1) получим функцию ослабления прочности клея или кривую старения клеевой прослойки. Так как в большинстве случаев абсолютное значение прочности клея в соединениях древесины остается неизвестным, то полученная по формуле (1) функция выражает относительную прочность.

Ранее нами было показано [3], что при длительном и ускоренном старении изменение относительной прочности клеевых соединений может быть выражено показательными функциями вида

$$y_{к.с} = ae^{-bt} + c, \quad (2)$$

$$y_{к.с} = ae^{-bt} + ce^{-dt} + f, \quad (3)$$

где $y_{к.с}$ — относительная прочность клевого соединения (в долях от единицы);
 t — продолжительность старения (часы, месяцы, годы, циклы);
 a, b, c, d, f — эмпирические коэффициенты.

При построении функций (2) и (3) нами не было учтено изменение процента разрушения по древесине. Между тем, это изменение существенно влияет на скорость снижения прочности клевого соединения и, как это следует из формулы (1), позволяет оценить стойкость не только клевого соединения, но и клеевой прослойки. Характеристикой стойкости может служить отношение

$$C = \frac{\int_0^t y_k dt}{\int_0^t y_d dt}. \quad (4)$$

По экспериментальным данным, показанным на рис. 2, имеем

$$y_{к.с} = 0,85e^{-0,4t} + 0,15;$$

$$y_d = 0,75e^{-0,3t} + 0,25;$$

$$\frac{P}{100} = 1 - 0,2e^{0,4t}; \quad t = 3 \text{ года.}$$

По формуле (1) получаем

$$y_k = 4,25e^{-0,8t} - 3,75e^{-0,7t} + 0,75e^{-0,3t} + 0,15.$$

По формуле (4) $C = 0,93$.

Полученная характеристика стойкости показывает, что при длительном нагревании образцов до 93°C прочность резорцино-формальдегидного клея снизилась сравнительно мало и, следовательно, более значительное уменьшение прочности клеевого соединения (наблюдаемое на рис. 2) вызвано ослаблением древесины. Отношение (4), характеризующее стойкость, можно использовать как при длительных, так и при ускоренных (цикловых) испытаниях на старение клеевых соединений древесины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Р. З. Темкина, А. Н. Михайлов, И. Р. Изранлева, Т. В. Ячина. Клеящие карбамидные смолы с наполнителями. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 11, 1956. [2]. В. М. Хрулев. Испытание фанеры. Гослесбуиздат, М., 1960. [3]. В. М. Хрулев. О функциональном выражении результатов ускоренного и длительного старения клеевых прослоек в деревянных изделиях. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 11, 1964. [4]. H. Meckelburg u. a. DFL — Bericht № 179, 1962. [5]. F. F. Wangaard. Summary of Information on the Durability of woodworking Glues, US FPL Report № 1530, Madison, 1946.

Поступила 10 ноября 1966 г.

УДК 674.815-41

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ОБЛИЦОВКИ СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ СТЕКЛОПЛАСТИКОМ В ПРОЦЕССЕ ПРЕССОВАНИЯ

Н. Ф. МАРКЕВИЧ

(Московский лесотехнический институт)

В связи с широким применением стружечных плит в строительстве возникла необходимость улучшить их физико-механические свойства, повысить прочность и долговечность.

Нами разработан метод облицовки стружечных плит стеклопластиком в процессе прессования, что дает большой экономический эффект в использовании оборудования и сокращении затрат рабочего времени.

Исследовали опытные плиты размером 300×250×20 мм, объемным весом 0,7 г/см³. В качестве наполнителя служила стружка-дробленка фракции 8/2, влажностью 5—7%. Связующее — мочевино-формальдегидная смола М-60, вязкость по ВЗ-4 — 3 мин 39 сек, скорость отвердения 19 сек. В качестве облицовочного материала была выбрана стеклоткань, пропитанная бакелитовым лаком, в количестве 55% к весу ткани. Отслаивание (скорость 20 мм/мин, угол отрыва 90°) являлось методом определения прочности приклеивания. Постоянные режима прессования — давление 20 кг/см², температура 150°C, время выдержки 0,7 мин/мм толщины плиты.

Влияние удельного давления прессования на прочность приклеивания облицовочного покрытия. В процессе механического прессования преодолевается сопротивление пакета. Необходимое для этого давле-

ние определяется породой древесины, формой стружек, влагосодержанием, температурой, объемным весом. Набрызганное на стружки связующее покрывает их неполностью, а прилагаемое давление способствует установлению контакта между частицами древесины и увеличению площади контакта со связующим, особенно при повышенной температуре. Прочность же адгезионных соединений определяется произведением двух независимых величин — площади истинного контакта адгезива с субстратом и удельной адгезии. С другой стороны, по мере увеличения давления строение плиты меняется: возрастает количество уплотненных частиц, уменьшается число пустот и становится больше площадь контакта частиц, покрытых клеем. При облицовке плит в процессе прессования с увеличением давления возрастает и площадь контакта облицовочного покрытия с поверхностью стружек плиты, что приводит к повышению прочности приклеивания.

При экспериментальном исследовании влияния удельного давления p на прочность приклеивания облицовочного покрытия P мы брали следующие значения удельного давления: 9,45; 16,17; 21,2 и 28,4 кг/см². Результаты измерения показали заметный рост прочности приклеивания при увеличении давления до 20 кг/см² и меньший — при дальнейшем повышении давления до 30 кг/см² (рис. 1).

Очевидно, при давлении свыше 20 кг/см² упрессовываются сами частицы, что дает значительное увеличение площади контакта и меньший рост прочности приклеивания. Кривая зависимости прочности приклеивания от удельного давления прессования математически описывается эмпирической формулой

$$P = \frac{P}{0,463p + 1,94} \text{ кг.} \quad (1)$$

Влияние объемного веса плиты на прочность приклеивания облицовочного покрытия. Объемный вес плиты определяется количеством стружечно-клеевой смеси в единице объема. Влияние увеличения объемного веса плиты γ на прочность приклеивания облицовочного покрытия P аналогично влиянию повышения удельного давления прессования, так как в зависимости от количества стружечно-клеевой смеси в данном объеме происходит ее уплотнение в большей или меньшей степени. Это приводит к возрастанию площади контакта в плоскости склеивания.

При экспериментальном исследовании влияния этого фактора на прочность приклеивания облицовочного покрытия были взяты следующие значения объемного веса: 0,4; 0,6; 0,8 и 0,9 г/см³. Полученные результаты измерения показали значительный рост прочности приклеивания при увеличении объемного веса (рис. 2). Математическое выражение влияния этого фактора на прочность приклеивания имеет вид

$$P = \frac{\gamma}{0,12\gamma + 0,47} \text{ кг.} \quad (2)$$

Формула (2) показывает большую степень роста функции с возрастанием аргумента по сравнению с выражением (1).

Влияние температуры прессования на прочность приклеивания облицовочного покрытия. Температура, оказывая влияние на физические, химические и термомеханические свойства адгезива и субстрата, воздействует таким образом на ход процесса склеивания. В основном, влияние температуры сказывается на адгезии. Под действием температуры терморезактивный материал облицовочного слоя, а также связующего в массе плиты претерпевает химические изменения и превращается в неплавкий нерастворимый продукт, обладающий высокой когезионной прочностью.

При соединении двух полимеров (где адгезия объясняется диффузией адгезива в субстрат или взаимодиффузией) с повышением температуры адгезия увеличивается. Это объясняется ускорением броуновского движения молекул, образованием «дырок» в полимере из-за теплового расширения, активацией сегментов, вовлечением в диффузию

целых макромолекул, чему способствует укорочение сегментов макромолекул при увеличении температуры и изменение физического состояния полимера. При облицовке плит в процессе прессования особенно важно изучить влияние температуры на прочность приклеивания, так как процесс склеивания происходит в поверхностном слое пакета, где увеличение температуры сопряжено с опасностью преждевременного отверждения полимера облицовочного покрытия и снижения прочности приклеивания.

Для исследования нами были взяты температуры 130; 140; 150; 170 и 190°C. Влияние температуры прессования (T) на прочность приклеивания облицовочного покрытия (P) показано на рис. 3. Из рис. 3 видно, что прочность приклеивания повышается с увеличением температуры на всем диапазоне от 130 до 190°C. Математически эта зависимость описывается степенной функцией $P = 0,269 T^{0,35}$.

Влияние продолжительности запрессовки на прочность приклеивания облицовочного покрытия. Продолжительность запрессовки непосредственно связана с температурой плит прессы. При облицовке плит в процессе прессования нарушение режима запрессовки может привести к частичному отверждению смолы облицовочного покрытия и к снижению прочности приклеивания. Поэтому при разработке режима облицовки плит в процессе прессования мы исследовали влияние продолжительности запрессовки (τ) на прочность приклеивания облицовочного покрытия к стружечной основе (P).

Были выбраны следующие значения продолжительности запрессовки: 15; 25; 55 и 90 сек. Результаты представлены на рис. 4. Изменение продолжительности запрессовки от 15 до 25 сек вызывает некоторое увеличение прочности приклеивания. При запрессовке в течение 90 сек прочность приклеивания снижается.

Влияние продолжительности прессования на прочность приклеивания облицовочного покрытия. Продолжительность прессования плит определяется продолжительностью прогрева, скоростью отверждения смолы, а также скоростью удаления из плиты образовавшихся газособразных продуктов (паров воды и формальдегида). При облицовке плит в процессе прессования продолжительность выдержки в прессе определяется созданием условий проклеивания частиц в центральном слое пакета.

При исследовании влияния продолжительности прессования (τ) на прочность приклеивания P были взяты следующие значения времени: 7; 14; 21 и 28 мин (рис. 5).

Результаты измерений показали, что изменение продолжительности выдержки значительно изменяет прочность приклеивания. Математически эта зависимость описывается степенной функцией $P = 0,138 \tau^{0,0677}$.

Сравнение математических выражений зависимости прочности приклеивания от температуры и от продолжительности выдержки показало, что для повышения прочности приклеивания более целесообразно увеличивать температуру.

На основании полученных результатов можно сделать ряд выводов и рекомендаций, позволяющих достигнуть высокой прочности приклеивания.

1. Облицовку в процессе прессования производить на плитах объемным весом не менее 0,6—0,65 г/см³, удельное давление прессования следует принимать при этом равным 18—20 кг/см².

2. Изменение температуры прессования значительно влияет на прочность приклеивания; наибольший эффект дают повышенные температуры в области 160—180°C.

3. Продолжительность выдержки следует определять режимом продолжительности для прессования необлицованных стружечных плит.

УДК 674.023

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ РАМНОЙ РАСПИЛОВКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЕМ УСЛОВИЙ БАЗИРОВАНИЯ

В. С. МЕЛЬНИКОВ

(ЦНИИМОД)

Автором проведены экспериментальные исследования для определения влияния толщины бруса, непараллельности подающих валцов и скорости механизма подачи на точность размеров и формы пиломатериалов, выпиливаемых на лесопильной раме второго ряда. При изучении этих факторов учитывали их взаимосвязь с условиями базирования распиливаемого бруса. Были определены усилия, возникающие в механизме подачи лесопильной рамы и вызывающие перебазирование бруса в процессе распиловки. Критерием точности было принято трехсигмовое отклонение от заданного размера, а оценочным показателем формы — кривизна досок. Исследования проводили в производственных условиях на лесопильной раме РД-75-7.

Для опытных распиловок подбирали партии бревен одной длины и одного сорта; при этом в распиловку не брали бревна с ярко выраженными пороками древесины. Перед каждой серией опытов лесопильную раму выверяли (точность сборки основных узлов соответствовала установленным нормам). Рамные пилы были подготовлены к работе в полном соответствии с ГОСТом 5524—62. Шаг зубьев пил, величина уширения и угловые параметры были постоянными. Величину натяжения пил поддерживали постоянной и контролировали жесткомером конструкции М. Н. Орлова. Толщину досок замеряли штангенциркулем с ценой деления 0,05 мм через один метр, отступая от конца доски на 0,5 м. Общее число замеров в каждой серии опытов было не менее 100, что обеспечивало достоверность результатов. Величину кривизны измеряли с помощью специальной линейки, выполненной из металлического уголка 40×40 и бакелитовой фанеры. Упоры на концах линейки служили базой отсчета, а по длине линейки через каждый метр были установлены индикаторы с точностью отсчета 0,01 мм. Чтобы избежать возможных ошибок вследствие прогиба досок, кривизну определяли при выпилке брусьев. Это обеспечивало достаточную жесткость измеряемых пиломатериалов.

В опытах при изучении одного переменного фактора все остальные поддерживали постоянными. В первой группе опытов было проведено три серии с разными толщинами распиливаемого бруса — 100, 150 и 200 мм. (Принятые величины толщины бруса наиболее характерны для схем раскроя пиловочного сырья Европейского Севера нашей страны.) В данной серии опытов было учтено затупление зубьев пил в процессе распиловки. Для этого контрольные выборки досок, на которых замеряли разнотолщинность, брали через 0,5; 1; 1,5 и 2 часа после начала упряга.

На рис. 1, а приведены математически обработанные зависимости величины тройного квадратического отклонения (погрешности обработки) от толщины распиливаемого бруса (1, 2, 3, 4 — номера контрольных выборок по порядку). Полученные кривые больше всего соответствуют уравнению параболы 2-го порядка. Рассматривая рис. 1, можно отметить, что толщина распиливаемого бруса в пределах 100—200 мм практически не оказывает существенного влияния на точность размеров пиломатериалов. Во всех выборках тройное квадратическое отклонение находится в пределах поля допуска; только кривая 4 указывает на прямую связь точности распиловки с толщиной бруса, но в данном случае действует такой фактор, как затупление зубьев пил, так как кривая

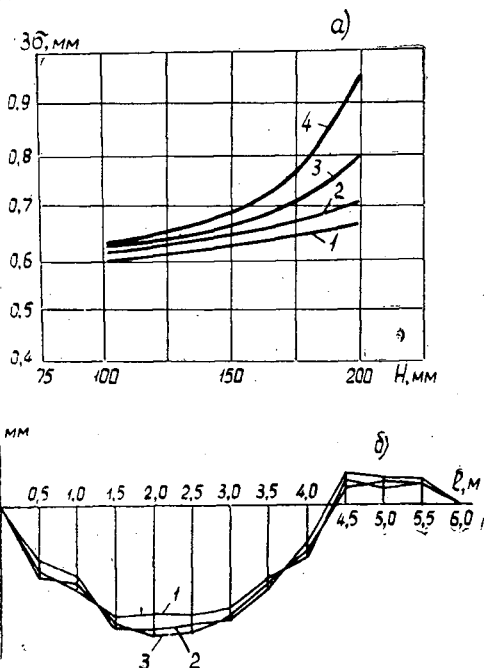


Рис. 1. Результаты распиловки брусев толщиной 100, 150 и 200 мм.

соответствует последней по времени выборке контрольных досок. На рис. 1, б приведены диаграммы кривизны для разных толщин брусев (кривые 1, 2 и 3 — при толщинах брусев соответственно 200, 150 и 100 мм). Четкой зависимости величины кривизны от толщины распиливаемого бруса не отмечено.

Во второй группе опытов было рассмотрено влияние изменения скорости подачи на размеры и форму выпиливаемых досок. Скорость подачи изменяли от 6,6 до 10,5 м/мин при постоянной толщине распиливаемого бруса 200 мм. Для учета влияния затупления зубьев пил в процессе распиловки было сделано три контрольные выборки досок, как и в первой группе опытов. Статистическая обработка полученных данных показала, что погрешность размеров растет с увеличением скорости подачи.

На рис. 2, а показана зависимость величины тройного квадратического отклонения от скорости подачи (1, 2 и 3 — номера контрольных выборок по порядку). Полученные зависимости больше всего соответствуют уравнению наклонной прямой; при этом по мере затупления зубьев пил рост погрешностей обработки увеличивается и, как видно из рисунка, с возрастанием скорости подачи может выйти за пределы поля допуска.

Эта группа опытов подтвердила исследования И. В. Соболева и его выводы о возможности улучшения точности распиловки путем регулирования скорости подачи [2]. На рис. 2, б графически представлены данные о кривизне выпиливаемых брусев в зависимости от скорости подачи (1, 2, 3 и 4 — при скоростях подачи соответственно 6; 7,5; 9 и 10,5 м/мин). Из рисунка следует, что с увеличением скорости подачи растет величина кривизны выпиливаемых пиломатериалов.

Третья группа опытов была поставлена для определения влияния непараллельности валцов подающего механизма на образование

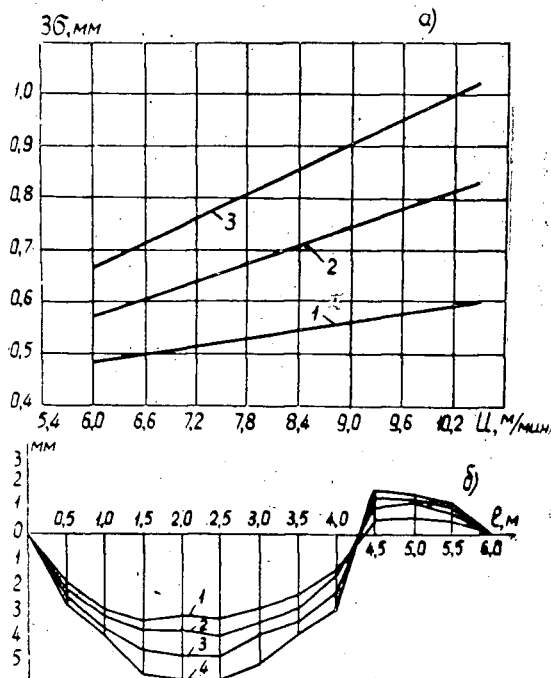


Рис. 2. Результаты наблюдений, проведенных при скоростях подачи 6; 7,5; 9 и 10,5 м/мин.

стойверной зависимости вследствие воздействия других возмущающих факторов, способных исказить истинную картину влияния непараллельности валцов на точность распиловки.

На рис. 3, а представлена зависимость величины тройного квадратического отклонения от угла непараллельности. Из рисунка видно, что изменение непараллельности в пределах 1° почти не оказывает влияния на разнотолщинность досок, при угле непараллельности более 1° погрешности обработки начинают возрастать. На рис. 3, б показан характер распределения кривизны брусев (кривые 1, 2, 3 и 4 — при углах непараллельности соответственно 20; 40; 60 и 70°). Значения кривизны резко меняются с изменением угла поворота вальца; брус имеет значительную кривизну, растущую по мере увеличения непараллельности.

Опыты показали, что факторы, связанные с условиями базирования, оказывают определенное влияние на точность размеров и формы пиломатериалов рамной распиловки. Если точность соответствия размеров выпиленных досок заданным зависит от влияния и других факторов, таких как затупление зубьев пил, то кривизна резко возрастает при изменении условий базирования. Это свидетельствует о наличии усилий в механизме подачи лесопильной рамы, вызывающих перебазировку брусев в процессе распиловки. Для определения усилий, вызывающих поперечное перебазирование бруса, было использовано специальное устройство, изготовленное в лаборатории лесопильного оборудования ЦНИИМОДа [1]. Устройство представляет собой деревянный брус с смонтированными внутри системами тензометрических датчиков. Датчики объединены в четыре группы и позволяют регистрировать две составляющие у каждого из валцов — усилие сопротивле-

разнотолщинности и кривизны получаемых пиломатериалов. В производственных условиях установка подающих валцов под большим углом представляет значительные трудности, поэтому в данной группе опытов изменение непараллельности достигали путем установки под углом только одного верхнего переднего вальца с помощью прокладок толщиной 5; 12; 16 и 20 мм, заведенных под несущий кронштейн, что соответствовало углам непараллельности 20; 40; 60 и 70° . В производстве перекосы валцов под такими углами, как правило, не встречаются, и применение указанных параметров в опытах вызвано необходимостью установить четкую зависимость влияния непараллельности на точность формы и размеров досок. Проведение опытов на малых углах непараллельности, часто имеющих место на производстве, не может обеспечить выявления до-

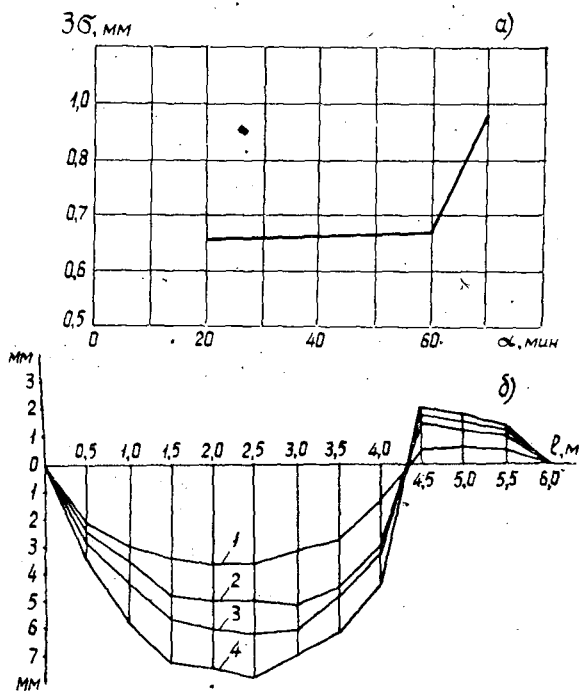


Рис. 3. Результаты наблюдений, проведенных при углах непараллельности валцов 20; 40; 60 и 70°.

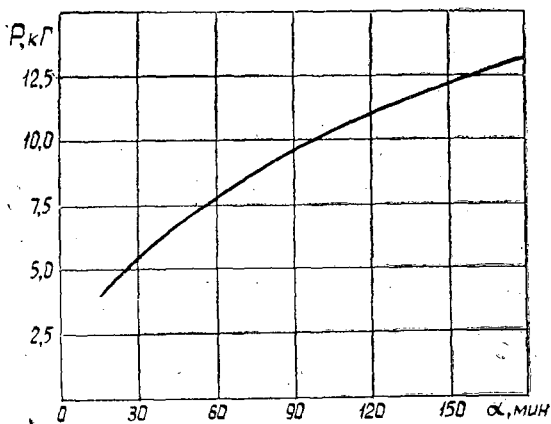


Рис. 4. Результаты наблюдений при углах непараллельности валцов 30; 60; 120 и 180°.

ния, действующее по направлению подачи, и усилие, вызывающее поперечное перебазирование бруса. Величины этих усилий регистрировали осциллографом и записывали на специальную бумагу. Усилия перебазирования измеряли на специальной экспериментальной установке, полностью имитирующей механизм подачи лесопильной рамы и позволяющей изменять параметры изучаемых факторов в заданных пределах. Углы непараллельности валцов последовательно изменяли с

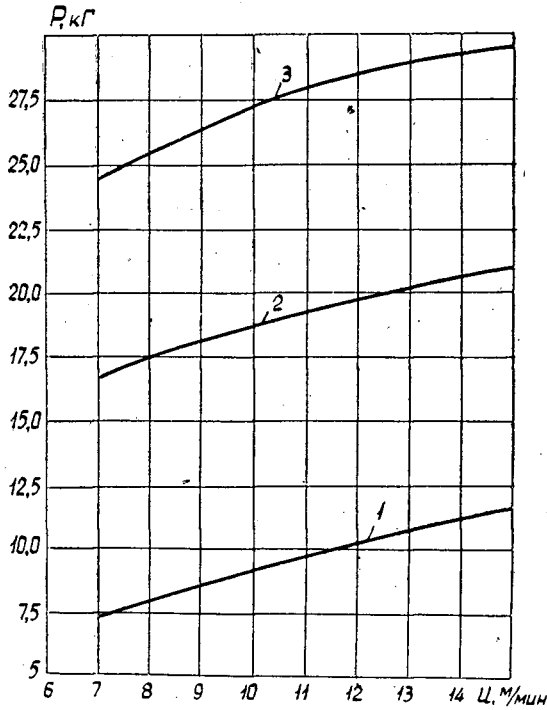


Рис. 5. Результаты наблюдений при скоростях 7; 9,2; 12 и 15 м/мин.

1 — для усилия, создаваемого передним верхним вальцом; 2 — для усилия, создаваемого задним верхним вальцом; 3 — для усилия, создаваемого передним нижним вальцом.

градацией 0,5; 1; 2 и 3°. Скорость подачи меняли от 7 до 15 м/мин (она соответствовала применяемым промышленным скоростям). Полученные данные величины усилий перебазирования были статистически обработаны.

На рис. 4 показана зависимость величины усилия перебазирования P , создаваемого передним верхним вальцом, от угла непараллельности α .

Кривая построена на основании опытных данных. Уравнение связи для этой зависимости принимает вид

$$y = 7,859x^{0,473} \quad (1)$$

Влияние скорости подающих вальцов на величину усилий перебазирования P приведено на рис. 5. Из рисунка видно, что с увеличением скорости растут усилия, вызывающие перебазирование бруса в процессе распиловки. Зависимости определены для двух верхних и переднего нижнего вальцов, а уравнения связи выражаются следующими формулами:

$$y = 2,184x^{0,62}; \quad (2)$$

$$y = 9,499x^{0,293}; \quad (3)$$

$$y = 14,8x^{0,263} \quad (4)$$

Исследованиями установлено, что факторы, связанные с изменением условий базирования бруса в процессе его распиловки, оказывают определенное влияние на точность размеров и формы пиломатериалов. В результате изменения траектории движения бруса во время распиловки одновременно с образованием кривизны происходит срез концевой части бруса — крайние боковые зоны бруса смещаются по отношению к оси поставки, что приводит к снижению полезного выхода пилопродукции. На точность размеров и формы пиломатериалов большое влияние оказывают перебазирующие усилия, возникающие в подающих вальцах лесопильной рамы вследствие геометрических неточностей и изменения скорости механизма подачи. Количественное и качественное определение этих усилий позволяет наметить пути улучшения условий базирования распиливаемых брусьев и модернизировать отдельные узлы лесопильной рамы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. И. Мелехов. Экспериментальная установка для исследования точности работы вальцовых механизмов подачи. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1968.
- [2]. И. В. Соболев. О влиянии посылки на качество рамной распиловки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1967.

Поступила 23 апреля 1968 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.892.6 : 674.032.16

О СВОЙСТВАХ И ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ СКИПИДАРА
ИЗ ЖИВИЦЫ СОСНЫ КРЮЧКОВАТОЙ*Pinus silvestris* L. subsp. *hamata* (Steven.) Fomin.И. И. БАРДЫШЕВ, Р. И. ЗЕНЬКО, А. Н. БУЛГАКОВ, И. В. ГОРБАЧЕВА,
А. Л. ПЕРЦОВСКИЙ, В. Г. КАЗУЩИК, Г. И. ВАСИЛЬКОВА,
Т. П. КАРАЧУН

(Институт физико-органической химии АН БССР)

Многими учеными [1] — [6] изучался химический состав живичного скипидара из живицы сосны *Pinus silvestris* L. Однако они не учитывали, что этот вид хвойных состоит из подвидов [7], каждый из которых может продуцировать скипидар, отличающийся от других как по своим свойствам, так и по химическому составу [8] — [10].

Как известно [11], вид *Pinus silvestris* L., произрастающий в пределах СССР, по ботаническим признакам разделяют на пять подвидов, или географических рас: 1) *Pinus silvestris* L. subsp. *silvestris* L. (сосна обыкновенная, подвид — обыкновенная, лесная) произрастает в европейской части СССР и в Западной Европе южнее 62° с. ш. (кроме Крыма и Кавказа); 2) *P. silvestris* L. subsp. *lapponica* Fries (сосна обыкновенная, подвид — лапландская) произрастает в Европе и Азии севернее 62° с. ш.; 3) *P. silvestris* L. subsp. *sibirica* Ledebour (сосна обыкновенная, подвид — сибирская) произрастает в Азии от 62 до 52° с. ш.; 4) *P. silvestris* L. subsp. *Kulundensis* Sukaczew (сосна обыкновенная, подвид — кулундинская, степная) произрастает в степной зоне азиатской части СССР, в изолированных борах, южнее 52° с. ш., а также на южных остепненных склонах Забайкалья; 5) *P. silvestris* L. subsp. *hamata* (Steven.) Fomin (сосна обыкновенная, подвид — крючковатая) образует крупные массивы в Крыму и особенно на Кавказе [12].

Рядом авторов изучена смолопродуктивность сосны крючковатой [13] — [15] и показано, что скипидар из живицы этой сосны вращает плоскость поляризации влево от 0 до 16—20° [16].

В предыдущей нашей работе [17] показано, что скипидар из живицы сосны крючковатой, произрастающей в Крыму, на 90% состоит из α - и β -пиненов, а содержание β -пинена в нем достигает 45%.

Настоящее исследование посвящено изучению свойств и состава скипидара из живицы этой сосны, произрастающей на Северном Кавказе.

Экспериментальная часть

Живицу мы добывали способом открытых ранений сосен, произрастающих в Анапском лесничестве Краснодарского края. Характеристика насаждений: состав 10С, I класс бонитета, возраст 100—110 лет, средний диаметр стволов 25,6 см. Время пребывания живицы в приемниках 30 час. Живицу хранили в темноте в запаянных стеклянных ампулах. Скипидар из живицы отгоняли с водяным паром и сушили безводным сульфатом натрия.

Скипидары анализировали методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) на приборе ХВ-2 на колонке 5000×4 мм при 116°, заполненной пропитанным трикре-

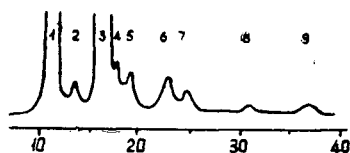


Рис. 1. ГЖХ среднего образца скипидара.

1 — α -пинен (40,7%); 2 — камфен (1,0%); 3 — β -пинен (50,8%); 4 — β -мирцен (1,0%); 5 — Δ^3 -карен (2,6%); 6 — *l*+*dl*-лимонен (2,7%); 7 — β -фелландрен (1,2%); 8 — следы γ -терпинена и *n*-цимола; 9 — терпинолен.

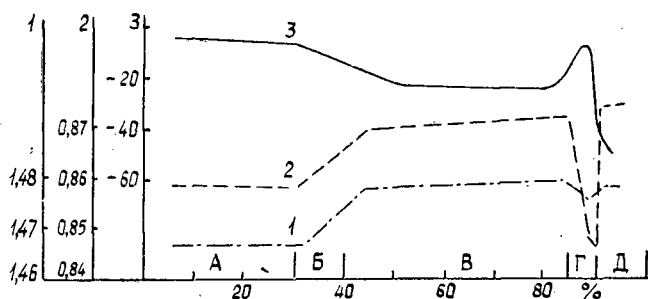


Рис. 2. Результаты ректификации скипидара на колонке 120 т. т. при флегмовом числе 120.

1 — n_D^{20} ; 2 — d_4^{20} ; 3 — $[\alpha]_D$; зона А — α -пинен; Б — камфен; В — β -пинен; Г — Δ^3 -карен; Д — смесь *l*+*dl*-лимонена с β -фелландреном.

зилфосфатом (15% от веса кирпича), дезактивированным диатомовым кирпичом «ИНЗ-600» (зернение 0,3—0,5 мм). Скорость водорода 33 мл/час.

Средний образец скипидара от пятидесяти сосен имел следующие показатели: $n_D^{20} = 1,4730$, $d_4^{20} = 0,8624$, $[\alpha]_D = -16,5^\circ$.

Как видно из рис. 1 и 2, скипидар содержит до 93% весьма ценных для химической промышленности α - и β -пиненов; α -пинен, как и скипидар, отличается левым оптическим вращением. Для наиболее чистой фракции α -пинена $n_D^{20} = 1,4658$, $d_4^{20} = 0,8593$, $[\alpha]_D = -6,7^\circ$. Из нее получены пиноновая кислота (т. пл. 66—67°C), ее семикарбазон (т. пл. 207°C) и пиненнитрозохлорид (т. пл. 106—107°C). Особенная ценность этого скипидара в том, что он содержит до 52% β -пинена, который служит ценным сырьем для синтеза душистых веществ. Наиболее чистая фракция β -пинена имела следующие показатели: $n_D^{20} = 1,4788$, $d_4^{20} = 0,8722$, $[\alpha]_D = -22,9^\circ$. Из этой фракции получены пиноновая кислота (т. пл. 122—124°C) и ее семикарбазон (т. пл. 184,5—185°C).

Скипидар содержит небольшие количества (по 1—3%) β -мирцена, Δ^3 -карена, *l*+*dl*-лимонена, β -фелландрена, а также следы (менее чем по 0,5%) γ -терпинена, *n*-цимола и терпинолена. Получены характерные химические производные со свойствами, соответствующими им температурами плавления: нитрозат с т. пл. 143°C для Δ^3 -карена, тетрабромид с т. пл. 122,5°C для *l*+*dl*-лимонена, нитрозит с т. пл. 102—102,5°C для β -фелландрена.

Для скипидаров, выделенных из живицы индивидуальных сосен, значения n_D^{20} колебались в пределах от 1,4680 до 1,4785, d_4^{20} — от 0,8600 до 0,8684, $[\alpha]_D$ — от -1,7 до -33,8°.

Из рис. 3 видно, что все скипидары из живицы индивидуальных сосен отличаются высоким содержанием суммы α - и β -пиненов.

Максимальное и минимальное количество в них α -пинена и β -пинена равняется соответственно 72 и 21% и 64 и 22%. В скипидарах индивидуальных сосен содержатся также небольшие количества Δ^3 -карена и других терпенов, которые на рис. 3 не показаны.

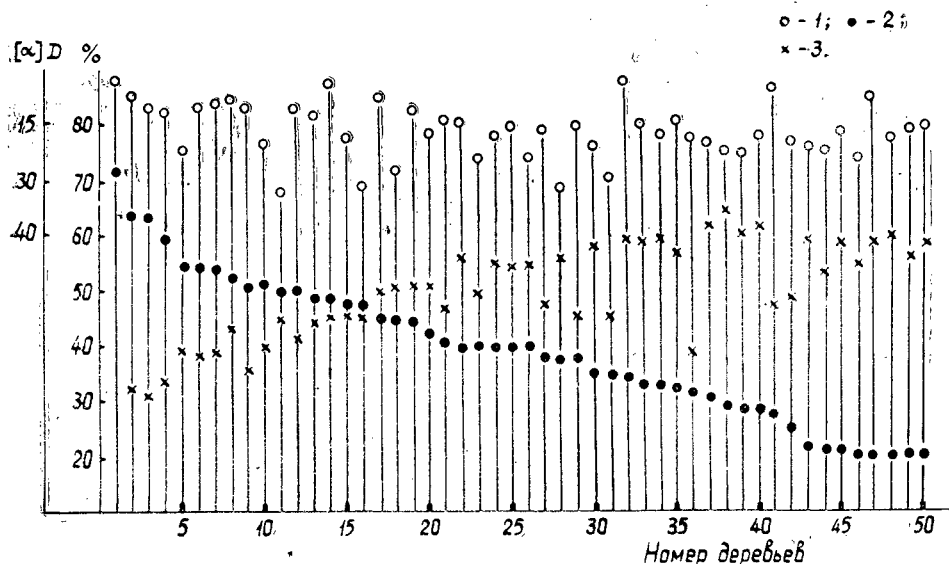


Рис. 3.

1 — колебания величины $[\alpha]_D$ и химического состава скипидаров из живицы индивидуальных сосен; 2 — содержание α -пинена; 3 — содержание β -пинена.

По предложенной нами ранее классификации [9] все эти сосны — «пиненистые». Скипидары двух сосен (№ 36 и 42) содержат значительные количества Δ^3 -карена (23,2 и 21,8%). Характерный химический состав скипидара говорит о том, что эта сосна является ясно выраженной формой, или подвидом *Pinus silvestris* L.

В средней полосе СССР некоторые деревья этого вида имеют такой же химический состав, как и сосна крючковатая. Ботаникам было бы интересно установить, относятся ли эти деревья в действительности к подвиду *Pinus silvestris* L. subsp. *hamata* (Steven.) Fomin.

Выводы

Скипидар сосны крючковатой имеет характерный химический состав. Он содержит α -пинен (40,7%), камфен (1%), β -пинен (50,8%), β -мирцен (1,0%), Δ^3 -карен (2,6%), *l* + *dl*-лимонен (2,7%), β -фелландрен (1,2%), а также следы (менее 0,5% каждого) γ -терпинена, *n*-цимола и терпинолена; $[\alpha]_D$ скипидаров из живицы индивидуальных сосен колеблется в пределах от $-1,7$ до $-33,8^\circ$, а содержание компонентов в этих скипидарах колеблется в следующих пределах (%) : α -пинена — от 21,1 до 72,0, β -пинена — от 22,9 до 64,0, β -мирцена — от 0,5 до 1,5, камфена — от 0,5 до 2,8, Δ^3 -карена — от 0,7 до 23,2, *l* + *dl*-лимонена — от 0,5 до 6,2 и β -фелландрена — от 0,3 до 4,8, а γ -терпинена, *n*-цимола и терпинолена — от 0 до 0,5.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. А. Арбузов. ЖРФХО, т. 59, в. 1, 1927, 247—264. [2]. В. Н. Крестинский, Л. Боженова-Козловская. ЖПХ, т. 3, № 5, 681—689, 1930. [3]. Г. Дюпон. Терпентинные масла, ГОНТИ, Л., 89—90, 1931. [4]. В. Н. Крестинский, С. С. Малевская, Ф. Т. Солодкий. ЖПХ, т. 5, в. 8, 1932, 950—957. [5]. А. Г. Пирятинский, И. Н. Сорокин. Журн. «Химическая переработка древесины», Гослестехиздат, М., 1936. [6]. М. М. Сорокин. Журн. «Лесохимическая промышленность»

№ 10, 61—64, 1939. [7]. Г. Гальперн. Природа. Изд. АН СССР, № 5, 51, 1949. [8]. И. И. Бардышев, А. Л. Пирятинский, К. В. Бардышева. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 87, 1949. [9]. И. И. Бардышев, А. Л. Пирятинский, К. В. Бардышева. ДАН СССР, т. 75, № 1, 75, 1950. [10]. И. И. Бардышев. Труды БЛТИ, № 9, 1957, 105—114. [11]. Л. Ф. Правдин. Сосна обыкновенная. Изд-во «Наука», 1964, 109—110. [12]. В. З. Гулисашвили. Леса Грузинской ССР. Сб. «Природные ресурсы Грузинской ССР», т. 6, 1965, 84—88. [13]. А. В. Фомин. Вестник Тифлисского ботанического сада, 34, 1914. [14]. Г. Пахарь. «Лесопромышленник» № 47, 1916, стр. 49—51. [15]. А. В. Гордеев, В. В. Лугвищик. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 3, 1965, 17—18. [16]. Л. А. Иванов. Биологические основы добывания терпентина в СССР, Гослесбумиздат, М.—Л., 19, 1961. [17]. И. И. Бардышев, Л. В. Роман. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1958, 152—155.

Поступила 25 мая 1967 г.

УДК 634.0.813.13

ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЯЗКОСТИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОТОКА ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ

А. И. КИПРИАНОВ, П. К. БУРБА

(Ленинградская лесотехническая академия)

Для расчета трубопроводов, а также насосов, мешалок и других гидравлических машин необходимо знать коэффициент трения и вязкость обрабатываемой жидкости. Волокнистая суспензия не является жидкостью Ньютона, поэтому ее коэффициент трения труднее представить в функциональной зависимости от критерия Рейнольдса, а вязкость ее оказывается функцией градиента скорости. Абсолютные значения коэффициента трения для целлюлозной и древесной массы с различной концентрацией получены некоторыми исследователями [2], [3], [4].

В настоящей работе приведены сведения по определению коэффициента трения суспензии сульфитной целлюлозы в воде, дана методика нахождения зависимости этого коэффициента от критерия Рейнольдса, а также методика расчета эффективной вязкости движущегося потока волокнистой суспензии.

Экспериментальная установка (рис. 1) состоит из стеклянного трубопровода 1 ($d = 50$ мм и $l = 3000$ мм), водяного насоса 2, мешального бассейна 3, мерного бака 4, регулирующей задвижки 5 и дифференциального манометра 6. Суспензию сульфитной целлюлозы в воде прокачивают через трубу с той или иной скоростью, на входе в трубу и на выходе из нее определяют давление потока. Степень размола целлюлозы — от 35 до 75° ШР (с интервалами в 10° ШР), изменение концентрации суспензии — от 0,15 до 0,75% (с интервалами в 0,1%), температура воды и суспензии 12°С. Результаты опытов по определению зависимости потерь напора (Δp), эффективной вязкости (μ) и коэффициента трения (λ) суспензии целлюлозы (со степенью размола 60° ШР и концентрацией 0,25 и 0,75%) от скорости потока приведены в табл. 1.

Коэффициент трения определен из уравнения

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \rho}{2}, \quad (1)$$

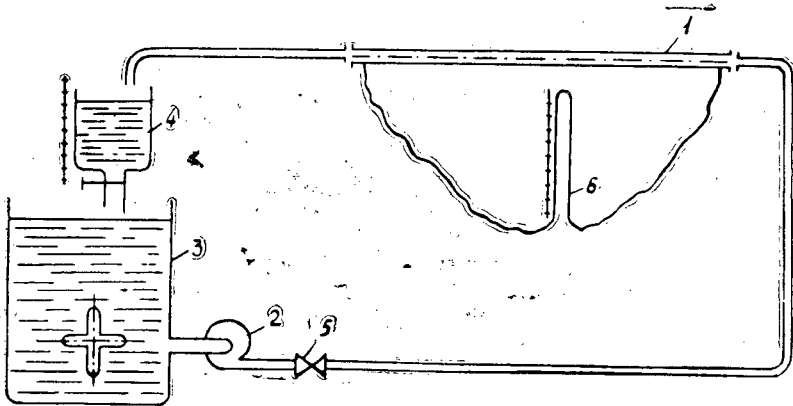


Рис. 1.

Таблица 1

Скорость потока, м/сек	Для воды		Для целлюлозной суспензии при					
	Δp , мм вод. ст.	λ_v	$C=0,25\%$			$C=0,75\%$		
			Δp , мм вод. ст.	λ_c	μ_c	Δp , мм вод. ст.	λ_c	μ_c
0,01	0,12	0,025	—	—	—	—	—	—
0,04	0,12	0,015	0,8	0,06	326	—	—	—
0,1	0,3	0,010	0,25	0,008	26,8	—	—	—
0,2	1,3	0,012	0,6	0,006	0,1	1,4	0,02	10,0
0,33	2,7	0,010	1,5	0,005	0,1	1,6	0,006	0,123
0,6	10,8	0,009	6,0	0,005	0,2	5,2	0,004	0,15
0,8	12,0	0,008	12,0	0,007	1,1	6,0	0,004	0,07
1,0	21,0	0,007	34,0	0,01	13,3	14,0	0,004	0,07
1,4	36,0	0,006	115,0	0,02	140	64,0	0,01	10,6
2,0	60	0,005	600,0	0,03	1600	120	0,04	315,0
3,0	100	0,003	—	—	—	1040	0,032	1200

где Δp — перепад давления в трубопроводе, n/m^2 ;

l — длина трубопровода, м;

w — скорость движения потока, м/сек;

ρ — плотность суспензии, $кг/м^3$.

Зависимость коэффициента трения от скорости потока для исследуемой волокнистой суспензии приведена на рис. 2. В области скоростей потока от 0,1 до 1,0 м/сек коэффициент трения суспензии λ_c меньше коэффициента трения воды λ_v . Это, на первый взгляд, парадоксальное явление может быть объяснено следующим образом.

Коэффициент трения жидкости Ньютона обусловлен силами межмолекулярного сцепления или вязкостью, а коэффициент трения волокнистой суспензии определяется, кроме того, прочностью сетевидной структуры волокон. На разрушение структуры (решетки) необходимо затратить дополнительную энергию, в этом случае λ_c выше λ_v . Но при движении волокнистой суспензии наблюдаются три режима: а) ламинарный — при небольшой скорости движения потока суспензии значения скорости и концентрации суспензии по сечению трубопровода постоянны; б) стержневое течение — около стенок трубопровода образуется кольцевой слой чистой воды, а в центре трубопровода — стержень волокнистой суспензии. Пристенный слой чистой воды неподвижен относительно трубопровода, а образовавшийся стержень движется

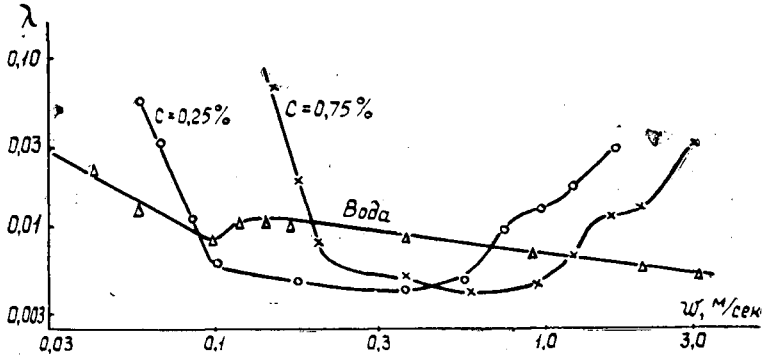


Рис. 2.

в виде монолита без разрушения структурной решетки волокон, причем поверхностью соприкосновения движущихся относительно друг друга слоев является граница раздела пристенного кольцевого слоя и стержня; в) турбулентный режим — при увеличении скорости потока структурная решетка волокон в стержне разрушается с образованием микровихрей во всем потоке.

Сила внутреннего трения, возникающая при движении слоев относительно друг друга, пропорциональна поверхности сопротивления и выражается в виде равенства

$$S = \mu F \frac{dw}{dn} n, \quad (2)$$

где μ — вязкость, $\frac{\text{н} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$;

F — поверхность соприкосновения слоев, м^2 ;

$\frac{dw}{dn}$ — градиент скорости в направлении поперечного сечения трубопровода.

При ламинарном режиме движения λ_c имеет большее значение, чем λ_b , и зависит от концентрации суспензии. При стержневом движении поверхность соприкосновения между движущимися относительно друг друга слоями имеет минимальное значение, турбулизация жидкости в стержне гасится структурной решеткой волокон, в результате чего сила внутреннего трения при движении суспензии и коэффициент трения суспензии меньше, чем воды. При дальнейшем увеличении скорости потока суспензии усилия затрачиваются на разрыв структурной решетки волокон, что сопровождается резким возрастанием значения коэффициента трения.

Образование пристенного водяного слоя до настоящего времени не объяснено. В литературе это явление именуют эффектом Вейсенберга [5]. Этот эффект приписывают эластичным свойствам волокон, которые при движении потока ориентируются продольно, в результате чего возникают радиальные течения, втягивающие волокна в центр потока [6], [7].

На наш взгляд, образование пристенного слоя можно объяснить изменением гидродинамической обстановки по поперечному сечению движущегося потока. В любой точке поперечного сечения движущегося потока гидродинамический напор имеет вид

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}, \quad (3)$$

где $\frac{p_2}{\rho \cdot g}$ — статический напор потока около стенки трубопровода, м;

$\frac{\omega_2^2}{2g}$ — скоростной напор потока около стенки трубопровода, м;

$\frac{p_2}{\rho g}$ и $\frac{\omega_2^2}{2g}$ — статический и скоростной напоры в центре потока, м.

В центре трубопровода скорость потока имеет максимальное значение, по сечению трубопровода она изменяется по параболическому закону, в любой точке сечения скорость потока выражается в виде

$$\omega_2 = \frac{p' - p''}{4\mu l} (R^2 - r^2) \text{ м/сек}, \quad (4)$$

где p' и p'' — давление на концах трубопровода, н/м²;

l — длина трубопровода, м;

R — радиус трубопровода, м;

r — текущий радиус, м.

Около стенки трубопровода при $r = R$ скорость потока равна нулю, в центре трубопровода при $r = 0$ она имеет максимальное значение и определяется по уравнению

$$\omega_2 = \frac{p' - p''}{4\mu l} \cdot R^2 \text{ м/сек}.$$

Подставив значение скорости ω_2 в уравнение (3), получим

$$\frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_2}{\rho g} + \left(\frac{p' - p''}{4\mu l} \right)^2 \cdot \frac{R^4}{2g} \text{ м}, \quad (5)$$

откуда найдем разность давлений в точках, расположенных около стенки трубопровода и в центре его,

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \left(\frac{p' - p''}{4\mu l} \right)^2 \cdot \frac{R^4 \rho}{2} \text{ н/м}^2. \quad (6)$$

Максимальное давление наблюдается около стенок трубопровода, минимальное — в центре трубопровода, в результате чего волокна втягиваются в центр потока. Для расчета коэффициента трения волокнистой суспензии необходимо определить характер зависимости его от критерия Рейнольдса. Опытным путем найдено [1], что для ламинарного режима ($Re \leq 2300$)

$$\lambda = \frac{64}{Re},$$

для переходного и турбулентного режимов ($3 \cdot 10^3 < Re < 10^5$)

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}.$$

Обработка жидкостей чаще всего происходит при турбулентном режиме, тогда отношение коэффициента трения суспензии к коэффициенту трения воды выразится

$$\frac{\lambda_c}{\lambda_B} = \frac{0,3164}{Re_c^{0,25}} \cdot \frac{0,3164}{Re_B^{0,25}}$$

или

$$\frac{\lambda_c}{\lambda_B} = \left(\frac{\omega_B d \cdot \rho_B \cdot \mu_c}{\mu_B \cdot \omega_c d \rho_c} \right)^{0,25}, \quad (7)$$

откуда при $\rho_c = \rho_B$ и одинаковой скорости движения суспензии и воды

$$\mu_c = \mu_B \left(\frac{\lambda_c}{\lambda_B} \right)^4. \quad (8)$$

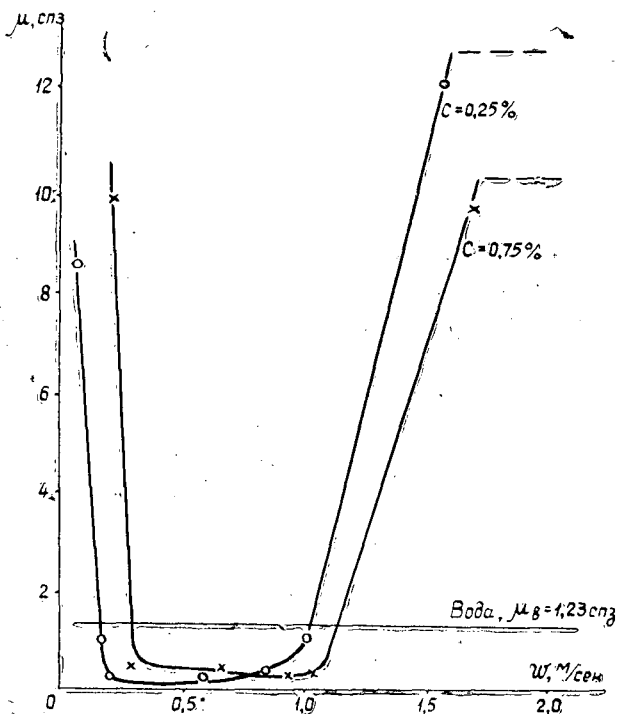


Рис. 3.

На рис. 3 дана зависимость вязкости целлюлозной суспензии от скорости потока, полученная по уравнению (8) на основании экспериментальных данных (табл. 1). Для определения вязкости волокнистой суспензии и зависимости $\lambda_c = f(Re_c)$ может быть рекомендована следующая методика.

1. На экспериментальной установке, включающей прямой участок трубопровода, определяют потери напора при движении потоков исследуемой суспензии и воды с различной скоростью.

2. По уравнению (1) вычисляют коэффициент трения суспензии, а по выражению (7) — вязкость суспензии для каждого значения скорости.

3. Применяя уравнение $Re_c = \frac{w_c \cdot d \cdot \rho_c}{\mu_c}$, находят критерий Рейнольдса для каждого значения скорости потока суспензии.

4. Дают графическую зависимость $\lambda_c = f(Re_c)$ в логарифмических координатах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. А. Бакланов. Транспортировка жидкостей в химических производствах. Машгиз, 1962. [2]. W. Brecht, H. Heller. Wochbl. Papierfabr., 66, 1935, 264. [3]. I. G. Oldroyd. Rheology: Theory and Applications, Vol. 1, (edited F. R. Eirich, Academic Press, New York), 1956, p. 653. [4]. A. A. Robertson, S. G. Mason. Tappi, 40 (5), 1957, p. 326 [5]. T. V. Starkaj. Brit. J. appl. phys., 6, 1955, p. 34. [6]. H. Tollerert. Chemie Ind. Technik, 141, 1954, p. 270. [7]. V. I. Vand. Phys. Coll. Chem., 52, 1948, p. 300.

УДК 634.0.86

**ВЛИЯНИЕ КОНЕЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ В СЛОЕ
НА ВЫХОД ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ**

Б. Н. ЛЕБЕДЕВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

В нашей предыдущей статье [2] даны результаты исследования влияния гидродинамики процесса на выход химических продуктов при пиролизе древесины в слое. На основании литературных данных [1], [3] опыты проводили при одном температурном режиме, равном 400° С. Нами [2] была выявлена зависимость выхода растворимой смолы от гидродинамических условий проведения процесса.

Настоящая работа выполнена с целью проверки полученных ранее закономерностей и определения тех температурных условий, при кото-

рых должен получаться предельный выход растворимой смолы. Так как при 400° С наибольший выход растворимой смолы (17%) получался при режиме с критерием $Re > 40$ и в дальнейшем оставался без изменения, а наименьший (~ 13%) — при $Re = 1 \div 10$, то интересно было изучить и сравнить два предельных режима при различных температурах пиролиза.

Исследования были проведены на лабораторной установке, описанной ранее [2]. Мощность электронагревателя для теплоносителя в установке позволяла получать максимальную температуру 550° С. Поэтому были изучены два гидродинамических режима ($Re = 1 \div 4$ и $Re = 40 \div 43$) при температурах от 300 до 500° С. Условия проведения опытов даны в табл. 1 (во всех опытах навеска древесины 500 г,

Примечание. В числителе данные при $Re = 1 \div 4$; в знаменателе — при $Re = 40 \div 43$.

Таблица 1

Конечная температура и температура теплоносителя, °С	Расход азота (при $P=760$ мм рт. ст., $t=20^\circ\text{C}$), л/мин
300	0—3
300	30—34
350	0—3
350	30—34
400	0—3
400	30—34
450	0—3
450	30—34
500	0—3
500	30—34

размер кусков — $\frac{1}{4}$ часть от деления цилиндра $\varnothing 3$ см и $h = 1$ см, высота слоя 25 см). Полученные продукты анализировали и данные обрабатывали по методикам, изложенным в одном из наших сообщений [2].

Результаты исследования приведены на рис. 1—3.

Из рис. 1 видно, что разность между выходами растворимой смолы при $Re = 1 \div 4$ и $Re = 40 \div 43$ остается примерно постоянной и равной 4% в границах изученных температур. При температуре от 300 до 400—450° С выход растворимой смолы увеличивается вследствие более полного разложения органической массы древесины. Дальнейшее повышение конечной температуры пиролиза не влияет на выход раство-

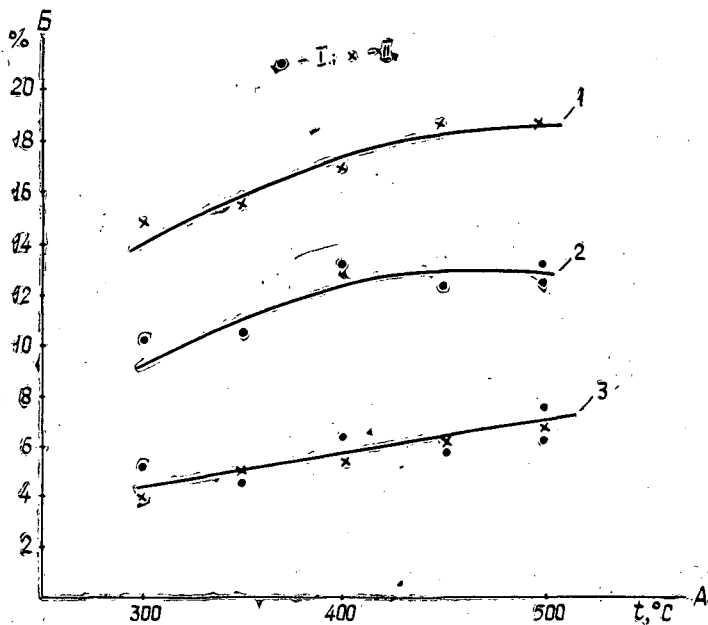


Рис. 1. Зависимость выхода химических продуктов (Б) от конечной температуры (А).

1 — растворимая смола, % к абс. сухой древесине при $Re = 40 \div 43$;
 2 — то же при $Re = 1 \div 4$; 3 — отстойная смола, % к абс. сухой
 древесине. I — $Re = 1 \div 4$; II — $Re = 40 \div 43$.

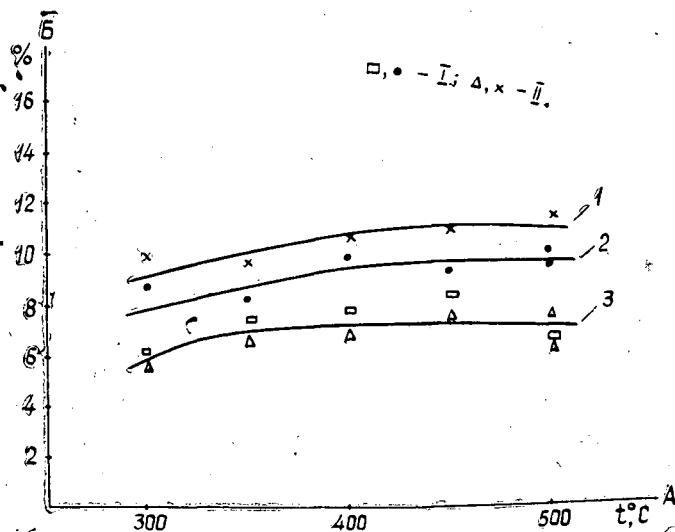


Рис. 2. Зависимость выхода химических продуктов (Б) от конечной температуры (А).

1 — общие кислоты, % к абс. сухой древесине при $Re = 40 \div 43$;
 2 — то же при $Re = 1 \div 4$; 3 — летучие кислоты, % к абс. сухой
 древесине. I — $Re = 1 \div 4$; II — $Re = 40 \div 43$.

римой смолы, так как, по-видимому, окончательно израсходовано вещество, из которого она образуется. Из рис. 1 видно также, что выход отстойной смолы не зависит от гидродинамических условий, а опреде-

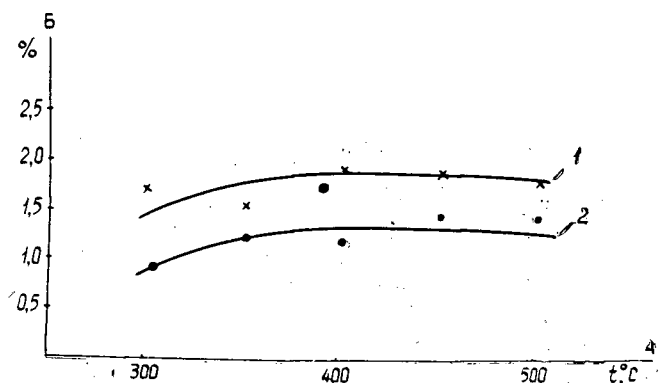


Рис. 3. Зависимость выхода левоглюкозана (Б) от конечной температуры (А).

1 — Re = 40 ÷ 43; 2 — Re = 1 ÷ 4.

ляется конечной температурой процесса. Максимальный выход ее, вероятно, следует ожидать при температурах свыше 500°C, что вполне согласуется с результатами работ ряда исследователей [1], [3], [4].

Изменение выхода общих кислот и левоглюкозана (рис. 2 и 3) в зависимости от температуры аналогично изменению выхода растворимой смолы в тех же условиях, поскольку они являются составными частями смолы. Образование летучих кислот (рис. 2) заканчивается внутри куска древесины при 350—400°C, так как при более высокой температуре (500°C) и различных гидродинамических режимах с этими кислотами не происходит видимых изменений.

Выводы

1. Подтверждена зависимость выхода растворимой смолы, общих кислот и левоглюкозана от гидродинамической обстановки процесса пиролиза.

2. Показано влияние температуры пиролиза на выход химических продуктов при различных гидродинамических режимах.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Н. Козлов, А. А. Нимвицкий. Технология пирогенетической переработки древесины. М.—Л., Гослесбумиздат, 1954. [2]. Б. Н. Лебедев, С. Я. Коротков. Влияние гидродинамических условий на выход химических продуктов при пиролизе древесины в слое. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1968. [3]. А. К. Славянский и др. Химическая технология древесины. Гослесбумиздат, М., 1962. [4]. А. К. Славянский. Новые методы пиролиза древесины. М., изд-во «Лесная промышленность», 1965.

Поступила 25 апреля 1967 г.

УДК 634.0.813

СОСТАВ ФЕНОЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ПИРОЛИЗЕ КОРЫ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ

Н. А. ЧУПРОВА, Э. Д. ЛЕВИН

(Сибирский технологический институт)

Термическое разложение коры лиственницы сибирской во взвешенном состоянии проводили на крупнолабораторной установке [1] при температурах 400, 500 и 600°C. Фенолы из смолы выделяли кислотнo-щелочным методом. Содержание пирокатехина и его гомологов определяли путем осаждения ацетатом свинца. Общая характеристика суммарных фенолов дана в табл. 1.

Таблица 1

Температура пиролиза, °С	Содержание фенолов в смоле, %	Молекулярная масса суммарных фенолов	Содержание —ОСН ₃ групп, %	Содержание пирокатехина и его гомологов, %
400	45,50	138,41	3,380	49,40
500	35,98	134,08	1,089	41,10
600	17,64	128,42	0,103	29,60

Фенолы, отделенные от пирокатехина и его гомологов, фракционировались на ректификационной колонке эффективностью 32 теоретические тарелки. Насадку колонки изготовляли из нихромовой проволоки диаметром 0,2 мм. Фенолы разгоняли под вакуумом при остаточном давлении 5—10 мм Нг.

Идентификацию фенолов во фракциях проводили методом газожидкостной хроматографии на универсальном хроматографе УХ-1. Условия разделения: длина колонки 3,0 м, диаметр 0,6 см, температура 198—204°C в зависимости от температур кипения фракций. Скорость газа-носителя (гелий) составляла 70—80 мл/мин. В качестве твердого носителя применяли диатомитовый кирпич, промытый соляной кислотой, зернением 0,25—0,50 мм. Неподвижной жидкой фазой служило вакуумное масло ВМ-4 в количестве 30% от веса кирпича. Идентификацию пиков (рис. 1 и 2) производили методом добавки предполагаемого фенола к исследуемой пробе. Содержание каждого компонента во фракции рассчитывали по площади пиков. Таким образом были получены хроматограммы всех фракций, которые имели вид, подобный представленным на рис. 1 и 2.

Для подтверждения этих данных использовали вытеснительную хроматографию на колонке в сочетании с получением арилоксиуксусных кислот. В данном случае адсорбентом служила окись алюминия, вытеснителями — бензол, эфир и метанол. Вытеснение вели до полной десорбции веществ данным растворителем с контролем по показателю преломления на рефрактометре ИРФ-22. Вытяжки сплавляли с монохлоруксусной кислотой; при этом получали фенолоксиуксусные кислоты, у которых определяли температуры плавления. Полученные данные сравнивали с описанными в справочной литературе для чистых веществ. По совпадению значений температур плавления судили о строении фенола.

Качественный и количественный состав фенолов, полученных пиролизом коры лиственницы сибирской при температурах 400, 500 и 600°C, представлен в табл. 2.

Из данных этой таблицы видно, что с ростом температуры пиролиза снижается содержание двухатомных и сложных одноатомных фенолов, таких как триметилфенолы и нафтолы. Наряду с этим монотонно возрастает содержание фенола, крезолов и п-этилфенола (рис. 3).

С повышением температуры пиролиза снижается число компонентов фенольной смеси и упрощается строение фенолов. Термически наименее устойчивыми соединениями оказались трёхзамещенные вещества, а также гваякол и нафтол. Так, при возрастании температуры пиролиза

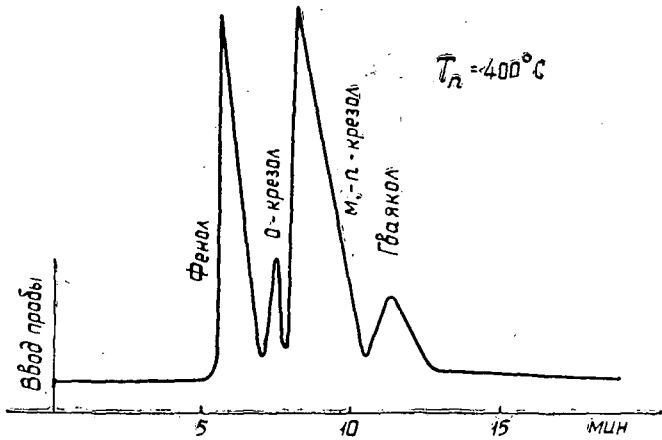


Рис. 1.

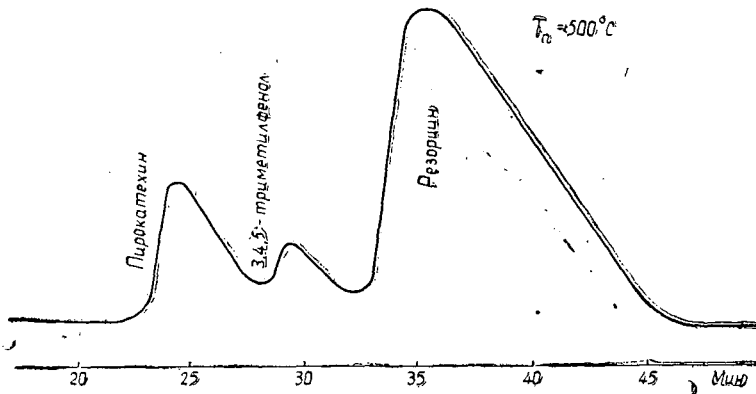


Рис. 2.

Таблица 2

Фенолы	Содержание в суммарных фенолах, %, при температуре, °C		
	400	500	600
Фенол	4,96	5,75	13,29
o-крезол	1,98	0,88	4,45
m, p-крезолы	10,86	12,20	17,29
Гваякол	1,82	—	—
2,3-диметилфенол и п-этилфенол	1,46	2,80	3,64
2,4-диметилфенол	1,85	7,60	2,83
3,5-диметилфенол	—	2,68	1,52
2, 4, 6-триметилфенол	1,56	—	—
2, 3, 5-триметилфенол	3,22	—	0,70
3, 4, 5-триметилфенол	4,06	1,22	—
Гомопирокатехин	2,14	—	—
Резорцин	0,66	3,24	—
α -нафтол	1,19	—	—
Пирокатехин и его гомологи	49,40	41,10	29,60
Неидентифицированные вещества	0,35	—	17,25
Потери	16,44	10,59	9,15

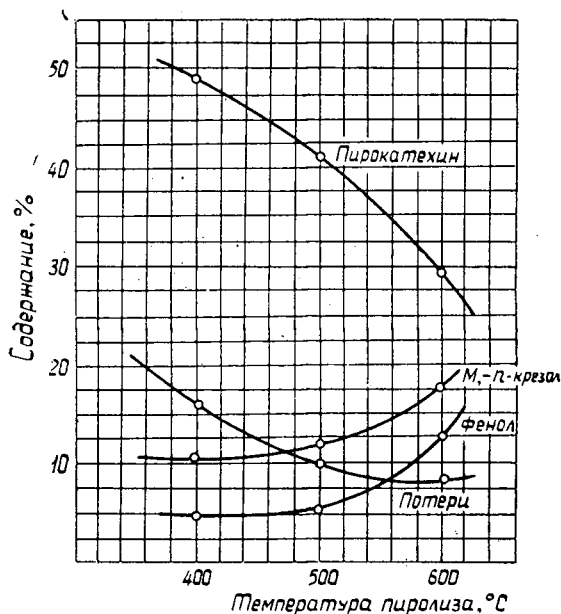


Рис. 3.

от 400 до 600°C из состава фенольной смеси полностью исчезают 2, 4, 6-триметилфенол, гваякол и α -нафтол. Количество 3, 4, 5- и 2, 3, 5-триметилфенолов сокращается почти в четыре раза.

Исчезновение α -нафтола из состава фенольной смеси дает основание допустить возможность замещения гидроксильных групп на водород с образованием нафталина. Специальными исследованиями показано [2], что с повышением температуры пиролиза снижению выхода фенолов неизбежно сопутствует увеличение выхода нафталина.

Полученные при более высокой температуре пиролиза фенолы, являясь наиболее простыми, обладают и большей стабильностью, на что указывает снижение величины потерь с повышением температуры деструкции. Достаточно стабильны фенолы, образующиеся уже при 500°C, так как сумма потерь здесь немного больше, чем при 600°C.

При сравнении состава фенолов, полученных при 400, 500 и 600°C, для практического использования оптимальной температурой следует считать 500°C. При этой температуре в составе фенольной смеси содержится достаточное количество ценных двухатомных фенолов, полностью отсутствует гваякол, содержание других метоксидов невелико. Сумма одноатомных фенолов по существу представлена семью компонентами. Фенолы, полученные при 500°C, достаточно стабильны. Образующиеся при более низких температурах пиролиза фенолы содержат значительно большее количество компонентов и обладают большей стабильностью. Фенолы, полученные при более высоких температурах пиролиза, имеют резко пониженное содержание двухатомных фенолов и повышенное содержание фенола, что нежелательно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Э. Д. Левин, Г. А. Малков. Сборник трудов Сибирского технологического института XXXVI, Красноярск, 1963, 94—100. [2]. Э. Д. Левин, Н. А. Чупрова. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1966.

Поступила 10 ноября 1967 г.

УДК 634.0.813

МЕХАНИЗМ РАЗГОНКИ ДРЕВЕСНОЙ ПИРОГЕННОЙ СМОЛЫ В ТРУБЧАТЫХ ПЕЧАХ

Сообщение 3

ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЫХОД МАСЕЛ

Н. Н. КАЛИНИН, А. И. КИПРИАНОВ, С. Я. КОРОТОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

В предыдущем сообщении [1] нами показано, что при тепловой обработке древесной смолы в трубчатой печи имеют место реакции образования масел и пека. В реакционной зоне трубчатки присутствует двухкомпонентная смесь (жидкость — пар) исходного сырья, продуктов реакции, кислоты и воды, поэтому реакции масло- и пекообразования идут в гетерогенной среде. Последовательно-параллельные реакции указанных типов возможны в кинетической и диффузионной областях [3]. Определяющими факторами протекания реакции, а следовательно, и количественного выхода продуктов разгонки являются время контакта (время пребывания смеси в реакционной зоне трубчатки) в кинетической области и степень турбулизации потока в диффузионной области.

Если реакции маслообразования идут в диффузионной области, то количество образовавшихся масел по уравнению массопередачи

$$m = K_v V \Delta \tau \text{ кг}, \quad (1)$$

где K_v — объемный коэффициент массопередачи, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{сек} \text{ кг/м}^3}$;

V — реакционный объем трубчатки, м^3 ;

Δ — движущая сила процесса массопередачи, кг/м^3 ;

τ — время контакта, сек .

Коэффициент массопередачи может быть определен из критериального уравнения

$$\text{Nu}' = A \text{Re}^n (\text{Pr}')^m, \quad (2)$$

где Nu' — диффузионный критерий Нуссельта. $\left(\text{Nu}' = \frac{K_v F}{D} \right)$;

F — поверхность массообмена, м^2 ;

D — коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{сек}$;

Pr' — диффузионный критерий Прандтля.

При работе с одним и тем же сырьем критерий Pr' остается постоянной величиной и количество образовавшихся масел зависит только от критерия Re (при одной и той же температуре).

Характер влияния гидродинамической обстановки, а также времени контакта на ход реакций маслообразования определен в модели трубчатого реактора. Установка (подробное описание ее приведено

нами ранее [1]) состоит из трубчатки, помещенной в нагревательную ванну, и из конденсационной системы. По длине трубчатку условно можно разделить на три зоны: в первой — сырье нагревается до температуры кипения; во второй — вода и «предшествующие» масла испаряются; третья зона является собственно реактором, где протекают реакции образования масел. Некоторую трудность представляет определение необходимой длины реакционной зоны трубчатки, а также скорости протекания смеси в этой части и времени контакта.

Разработанная нами методика определения требуемого объема (длины) реакционной зоны трубчатки приведена в отдельном сообщении. Необходимо отметить, что найденные значения критерия Рейнольдса и времени контакта относятся только к реакционной зоне.

При расчете критерия Рейнольдса приняты следующие допущения: а) объем жидкой фазы в реакторе бесконечно мал по сравнению с объемом паровой фазы; б) паровая фаза состоит из двух компонентов — масел и воды. В этом случае скорость паров на выходе из трубчатки выразится в виде

$$W = \frac{\Sigma V_{\text{сек}}}{f} \text{ м/сек}, \quad (3)$$

где $\Sigma V_{\text{сек}}$ — секундный объем паров, $\text{м}^3/\text{сек}$;
 f — сечение трубы реактора, м^2 .

$$\Sigma V_{\text{сек}} = V_{\text{м}} + V_{\text{в}},$$

где $V_{\text{м}}$ — секундный объем паров масел, $\text{м}^3/\text{сек}$;
 $V_{\text{в}}$ — секундный объем паров воды, $\text{м}^3/\text{сек}$.

Величины $V_{\text{м}}$ и $V_{\text{в}}$ можно определить по массовому расходу сырья

$$V_{\text{м}} = \frac{22,4 G_{\text{см}} a_{\text{м}} \rho_0 T_{\text{вых}}}{3600 \mu_{\text{м}} \rho_{\text{вых}} T_0} \text{ м}^3/\text{сек}; \quad (4)$$

$$V_{\text{в}} = \frac{22,4 G_{\text{см}} a_{\text{в}} \rho_0 T_{\text{вых}}}{3600 \mu_{\text{в}} \rho_{\text{вых}} T_0} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (5)$$

где $G_{\text{см}}$ — расход смолы, $\text{кг}/\text{час}$;

$a_{\text{м}}$ и $a_{\text{в}}$ — содержание масел и воды в смеси после трубчатки в массных долях;

$\rho_{\text{вых}}$ — давление на выходе из трубчатки, $\text{н}/\text{м}^2$;

$T_{\text{вых}}$ — температура на выходе из трубчатки, $^{\circ}\text{К}$.

Из уравнений (4) и (5) секундный объем паров выразится в виде

$$\Sigma V_{\text{сек}} = \frac{22,4 G_{\text{см}} \rho_0 T_{\text{вых}}}{3600 \rho_{\text{вых}} T_0} \left(\frac{a_{\text{м}}}{\mu_{\text{м}}} + \frac{a_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}} \right). \quad (6)$$

Аналогично плотность паровой фазы рассчитывают по формуле

$$\rho_{\text{см}} = \frac{\rho_{\text{вых}} T_0}{22,4 \rho_0 T_{\text{вых}}} (\mu_{\text{м}} a_{\text{м}} + \mu_{\text{в}} a_{\text{в}}). \quad (7)$$

Подставляя в равенство $\text{Re} = \frac{W d \rho}{\mu}$ значения входящих в него величин из уравнений (3), (6) и (7), получим выражение для определения критерия Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{G_{\text{см}} \left(\frac{a_{\text{м}}}{\mu_{\text{м}}} + \frac{a_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}} \right) (\mu_{\text{м}} a_{\text{м}} + \mu_{\text{в}} a_{\text{в}})}{0,785 \cdot 3600 d \mu}. \quad (8)$$

Обычно в справочной литературе вязкость веществ приведена в сантипуазах. Тогда

$$Re = \frac{G_{см}}{2,826\mu_{см}} \left(\frac{a_m}{\mu_m} + \frac{a_b}{\mu_b} \right) (\mu_m a_m + \mu_b a_b). \quad (9)$$

Для изучения брали газогенераторную смолу. Характеристика сырья приведена нами ранее [1]. Диапазон изменения условий проведения эксперимента (температура разгонки ОИ $t_{ОИ} = 260 \div 280^\circ\text{C}$, $Re = 10^4 \div 4 \cdot 10^4$) определяется значениями подобных величин при осуществлении процесса разгонки древесной смолы в промышленных трубчатых печах. Значение критерия Рейнольдса устанавливалось определенным расходом сырья, время контакта — изменением длины трубчатки.

Результаты исследований даны в табл. 1. Проведенные две серии опытов при 260 и 280°C не позволяют судить по выходу масел о влиянии интересующих нас факторов на процесс разгонки, поскольку оказался переменным и третий фактор — парциальная упругость масел, что указывает на неодинаковую полноту их отгона. Влияние парциальной упругости паров исключается при замене выхода масел содержанием их в смеси после тепловой обработки.

Таблица 1

Температура разгонки ОИ, °C	Показатели					
	критерий Рейнольдса Re	время контакта реакции τ , сек	парциальная упругость масел p_m , мм рт. ст.	выход масел O'_m , %	содержание масел в смеси после тепловой обработки m' , %	
260	36 600	0,0063	44,2	52,0	61,0	
	28 000	0,0086	34,0	54,5	62,5	
	18 000	0,0085	25,3	54,8	59,8	
	13 000	0,011	25,2	60,7	65,7	
	44 000	0,013	60,0	54,3	65,8	
	43 500	0,0115	90,0	47,6	64,6	
	16 500	0,0163	34,0	69,0	70,0	
	21 000	0,0286	27,2	53,5	59,0	
	25 600	0,0284	32,0	53,0	59,0	
	32 000	0,026	32,0	52,6	58,6	
	280	41 000	0,0098	72,0	55,5	69,5
		24 700	0,0117	55,5	61,4	72,4
		20 500	0,013	33,7	71,5	78,0
37 500		0,0182	67,0	58,6	71,6	
45 000		0,0159	76,4	57,8	72,8	
22 000		0,0265	56,0	60,5	71,5	

В соответствии с ранее выведенной нами формулой [2] $O_m = m - \frac{p_m}{p_{m\phi}}$, отражающей зависимость выхода масел от их парциальной упругости, на рис. 1 представлен график выхода масел O_m при различной парциальной упругости их паров p_m , построенный по экспериментальным данным при неизменных значениях критерия Рейнольдса и времени контакта. Из рис. 1 можно определить как выход масел O'_m при любом значении p_m , так и содержание масел в смоле m' после тепловой обработки ее в условиях, когда $Re = \text{const}$ и $\tau = \text{const}$. Например, при $t_{ОИ} = 260^\circ\text{C}$ и $p_m = 25$ мм рт. ст., $O_m = 65\%$ при $m = 70\%$. В этих же условиях, но при другом времени контакта ($\tau = 0,0085$ сек) выход масел составляет 54,8% (табл. 1). После тепловой обработки при $t_{ОИ} = 260^\circ\text{C}$ и $\tau = 0,0085$ сек содержание масел в смоле

$$m' = m - \Delta O_m = 70 - (65,0 - 54,8) = 59,8\%,$$

где $\Delta O_m = O_m - O'_m$.

В результате анализа экспериментальных данных замечаем, что процесс маслообразования целиком определяется временем контакта.

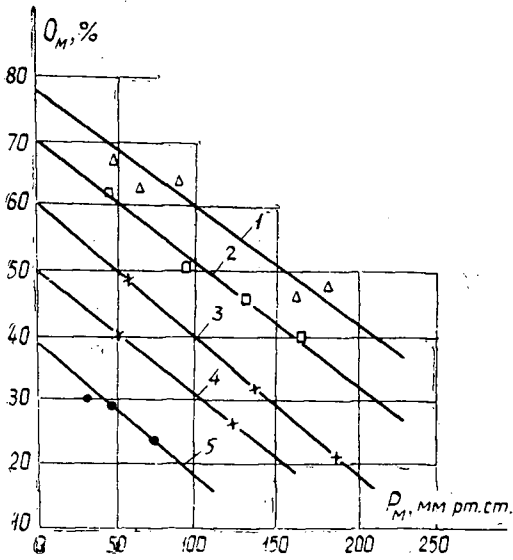


Рис. 1.
 $t_{\text{ОИ}} = 280, 2 - 260, 3 - 240, 4 - 220, 5 - 200^\circ$

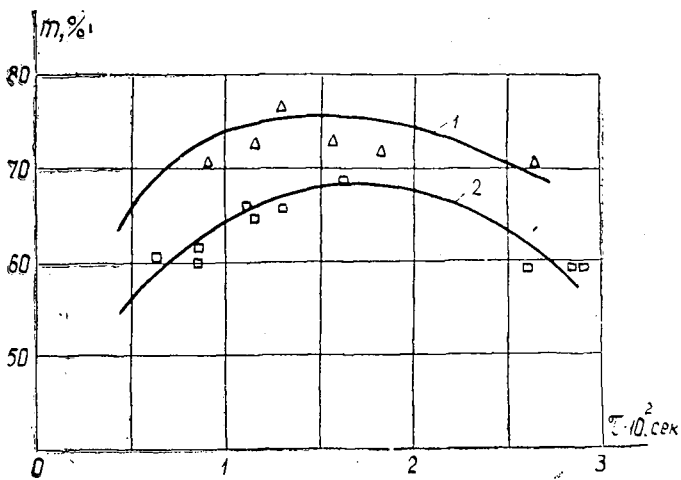


Рис. 2.
 $1 - t_{\text{ОИ}} = 280; 2 - t_{\text{ОИ}} = 260^\circ\text{C}$.

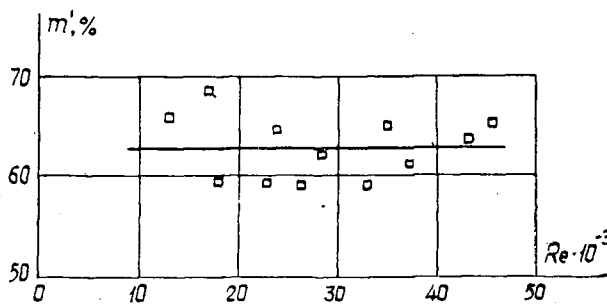


Рис. 3.

На рис. 2 представлена зависимость содержания масел m в смоле после тепловой обработки ее при разном времени контакта τ , на рис. 3 — зависимость содержания масел m в смоле после тепловой обработки ее при разном гидродинамическом режиме Re ($t_{\text{ОИ}} = 260^\circ\text{C}$). Полученные результаты позволяют считать, что при температуре разгонки ОИ 280°C и ниже и при $Re \geq 10^4$ реакции маслообразования идут в кинетической области, следовательно, оптимальный режим разгонки определяется временем пребывания сырья в реакционной зоне трубчатки. При возрастании времени контакта выше времени «максимального выхода» содержание масел начинает падать. Это результат вторичных реакций уплотнения.

Выводы

1. В условиях непрерывной разгонки древесной смолы в трубчатых печах реакции масло- и пекообразования идут в кинетической области.

2. Длину реакционной зоны трубчатки, являющейся при разгонке древесных смол химическим реактором, необходимо рассчитывать по кинетическим постоянным реакций маслообразования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Калинин, А. И. Киприанов. Механизм разгонки древесной пирогенной смолы в трубчатых печах. Сообщение 1. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966. [2]. Н. Н. Калинин, А. И. Киприанов, С. Я. Коротов. Механизм разгонки древесной пирогенной смолы в трубчатых печах. Сообщение 2. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1967. [3]. Д. А. Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике, М., 1967.

Поступила 15 декабря 1967 г.

УДК 674.817.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Н. Я. СОЛЕЧНИК, А. А. ЛЕОНОВИЧ, Л. И. БАРАШКОВА

(Ленинградская лесотехническая академия)

Один из существенных недостатков древесноволокнистых плит — их легкая возгораемость. В Лесотехнической академии разработан способ получения трудносгораемых плит воздушного формования с применением ортофосфорной кислоты H_3PO_4 в сочетании с органическими основаниями — мочевиной $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и дициандиамидом $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ [2]. В настоящей статье рассмотрено влияние этих компонентов на свойства плит. Огнезащита плит, в первую очередь, определяется содержанием H_3PO_4 , а компоненты $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$, снижая разрушающее действие кислоты, обеспечивают сохранение прочности древесного волокна и огнезащищенных плит.

Сосновое дефибраторное волокно обрабатывали водным раствором огнезащитного состава, нейтрализованного предварительным нагреванием до $\text{pH}=4,5$, затем сушили, формовали сухим способом и прессовали при температуре 180°C в течение

4,5 мин с последующей двухчасовой закалкой при 160°C. Низкая интенсивность закалики и отсутствие гидрофобных добавок обусловили высокое водопоглощение плит, которое может быть понижено до требований стандарта введением 1,0—1,5% парафина и закалкой при 170°C. Однако выбранные условия позволяют наиболее отчетливо проследить влияние компонентов огнезащитного состава на свойства плит.

На рис. 1 приведены данные о возгораемости плит, содержащих различное количество ортофосфорной кислоты (в пересчете на фосфор) при постоянном содержании мочевины и дициандиамида. Возгораемость плит определена двумя независимыми методами — огневой трубы (кривая 1) и калориметрии (кривая 2).

Критерием возгораемости является отношение количества теплоты, выделенной образцом при испытании, к количеству теплоты, подведенной от источника поджигания. Этот показатель служит основанием для классификации материалов по группам возгораемости и, в частности, указывает на то, что древесноволокнистые плиты, содержащие не менее 2,5—3,0% фосфора, относятся к трудногораемым материалам [1]. Огнезащитный состав при этом изменяет экзотермический характер горения образцов: количество выделившегося при испытании тепла недостаточно для поддержания самостоятельного горения, последнее прекращается, как только образец выносят из пламени источника поджигания.

Для обеспечения высокой прочности плит определенное количество органических оснований должно соответствовать необходимому содержанию кислоты. Было замечено, что существует определенная зависимость между соотношением компонентов состава и основными показателями плит (пределом прочности при изгибе и водопоглощением). Отсюда вытекает необходимость определить, в каком направлении в процессе прессования и закалки компоненты огнезащитного состава влияют на свойства плит.

Методически этот вопрос можно решить так: ввести в возрастающих количествах отдельные компоненты и затем данные, полученные по «частным характеристикам», распространить на поведение той или иной составляющей в огнезащитной плите. Однако только одну кислоту ввести невозможно из-за активного разрушения древесного волокна в процессе прессования и закалки.

В данной работе поставленную задачу мы выполняли с применением метода факторного анализа [3]. Эксперимент планировали, принимая количество компонентов на двух уровнях (табл. 1).

Содержание кислоты выбрано по данным рис. 1, а количество оснований — в расчете на моль кислоты (что соответствует 3%-ному содержанию фосфора в волокне). Число молей оснований на моль кислоты определяется необходимостью нейтрализации трехосновной кислоты (перед ее внесением) до $pH = 4,5$ с последующим снижением активной кислотности до $pH \approx 7$. Идея метода состоит в том, чтобы по незначительным изменениям факторов определить их влияние на свойства плит в условиях, когда оно проявляется совместно, то есть в условиях, соответствующих реальному процессу.

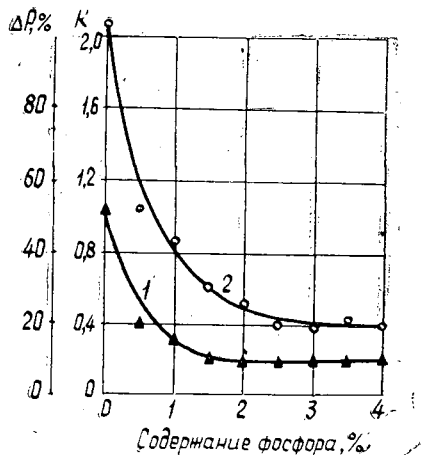


Рис. 1.

1 — потеря веса; 2 — показатель возгораемости.

Таблица 1

Факторы		Уровни варьирования	
		-1	+1
А) H_3PO_4 ,	содержание фосфора по отношению к волокну, %	2,5	3,5
	вес. части на 100 вес. частей волокна	7,9	11,1
В) $CO(NH_2)_2$,	<i>моль/моль</i> кислоты	2,0	3,0
	вес. части на 100 вес. частей волокна	11,6	17,4
С) $C_2H_4N_4$,	<i>моль/моль</i> кислоты	1,0	2,0
	вес. части на 100 вес. частей волокна	8,1	16,2

Таблица 2

Планирование эксперимента				Результаты эксперимента		
символ комбинации	уровни факторов			предел прочности при изгибе, $кг/см^2$	водопоглощение за 24 часа, %	рН водной вытяжки
	А	В	С			
<i>o</i>	-1	-1	-1	420	46,5	6,6
<i>a</i>	+1	-1	-1	295	31,8	5,6
<i>b</i>	-1	+1	-1	557	35,3	6,6
<i>c</i>	-1	-1	+1	666	28,0	7,7
<i>ab</i>	+1	+1	-1	413	51,8	6,0
<i>ac</i>	+1	-1	+1	596	33,2	7,2
<i>bc</i>	-1	+1	+1	654	32,8	7,5
<i>abc</i>	+1	+1	+1	521	35,2	7,3

В табл. 2 представлен полный факторный эксперимент для трех переменных (варьируемых на двух уровнях), состоящий из 8 опытов (по 8 образцов на каждое определение), где строчные латинские буквы означают фактор, который в данном опыте принят на верхнем уровне.

Влияние H_3PO_4 (основной эффект А) на прочность плит можно определить из сравнения комбинаций *a* и *o*, где разность (*a*—*o*) показывает изменение прочности при увеличении количества кислоты. Разности (*ab*—*b*), (*ac*—*c*) и (*abc*—*bc*) имеют соответствующие значения. Если изменение количества кислоты действует на прочность независимо от других факторов, то наиболее точно результат можно определить из суммы указанных разностей

$$A = \frac{1}{4} [(a - o) + (ab - b) + (ac - c) + (abc - bc)]$$

или

$$A = \frac{1}{4} (a + ab + ac + abc - o - b - c - bc). \quad (1)$$

Аналогично

$$B = \frac{1}{4} (b + ab + bc + abc - o - a - c - ac); \quad (2)$$

$$C = \frac{1}{4} (c + ac + bc + abc - o - a - b - ab). \quad (3)$$

Одно из преимуществ рассматриваемого планирования эксперимента — возможность определить взаимодействие факторов. Так, при

содержании $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, соответствующем верхнему уровню, влияние кислоты на прочность можно оценить посредством образования разностей $(ab - b)$ и $(abc - bc)$, на нижнем уровне — разностями $(a - o)$ и $(ac - c)$. Если существует переменное влияние кислоты (при различном содержании мочевины) или так называемое взаимодействие кислоты с мочевиной, то оно может быть представлено следующим образом:

$$AB = \frac{1}{4}(ab + abc + o + c - b - bc - a - ac). \quad (4)$$

Аналогично

$$AC = \frac{1}{4}(ac + abc + o + b - a - ab - c - bc); \quad (5)$$

$$BC = \frac{1}{4}(bc + abc + o + a - b - ab - c - ac); \quad (6)$$

$$ABC = \frac{1}{4}(abc + a + b + c - ab - ac - bc - o). \quad (7)$$

Отметим, что при таком планировании эксперимента точность в четыре раза выше, чем при традиционной однофакторной его постановке. Влияние компонентов огнезащитного состава на прочность и водопоглощение плит показано в табл. 2 и 3.

Таблица 3

Основные эффекты и взаимодействия	Предел прочности при изгибе, кг/см ²	Водопоглощение за 24 часа, %
A	-118,0	+3,48
B	+42,0	+5,02
C	+188,0	-9,42
AB	-20,5	+7,77
AC	+16,5	+0,62
BC	+85,5	-1,32
ABC	-11,0	-8,87

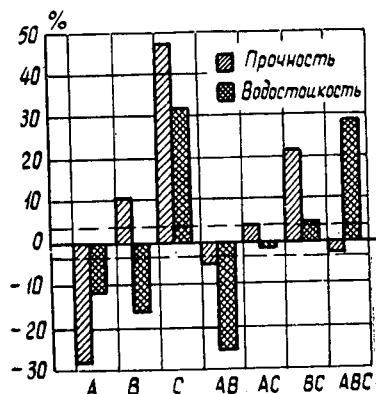


Рис. 2.

На рис. 2 графически представлены основные эффекты и взаимодействия; абсолютные значения эффектов выражены в процентах от величин показателей, установленных стандартом. Для удобства рассмотрения результатов изменения водопоглощения отложены с обратным знаком и обозначены на рисунке как изменения водостойкости. Пунктиром показаны доверительные пределы, соответствующие тройной средней ошибке среднего арифметического.

Из рис. 2 следует, что увеличение содержания H_3PO_4 закономерно приводит к понижению прочности и повышению водопоглощения. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ частично уменьшает разрушающее действие кислоты и увеличивает водопоглощение плит. $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ оказывает основное влияние на прочность и водостойкость плит, а в сочетании с $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ улучшает эти показатели. Значения pH водных вытяжек свидетельствуют о том, что дициандиамид обладает более сильными основными свойствами, чем мочевина; в процессе прессования и закалки он не подвергается термическому разложению, сохраняя свои свойства.

Таким образом, анализ результатов показал, что компоненты огнезащитного состава действуют совместно, выполняя при этом свои определенные функции. Найденные значения эффектов количественно определяют их роль в обеспечении основных свойств плит и указывают направление, в котором следует изменять огнезащитный состав для достижения того или иного показателя в зависимости от предъявляемых требований.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Временная инструкция по определению группы горючести (возгораемости) твердых веществ и материалов (16—65), М., 1966. [2]. Н. Я. Солечник, А. А. Леонович. Авторское свидетельство № 195626. Бюллетень изобретений № 10, 67, 1967. [3]. Ч. Хикс. Основные принципы планирования эксперимента. Изд-во «Мир», М., 1967.

Поступила 22 февраля 1968 г.

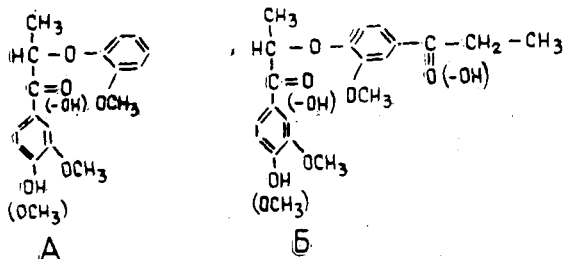
УДК 547.992.3

СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ ЛИГНИНА, СОДЕРЖАЩИХ β -ЭФИРНУЮ СВЯЗЬ

А. РАБ, М. Я. ЗАРУБИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

При изучении строения боковых цепей структурных единиц лигнина большую роль играет сравнение реакций лигнина с различными модельными веществами. Считается, что до 30% структурных единиц лигнина связано β -алкил-арильной связью. Поэтому для изучения различных реакций лигнина несомненный интерес представляют модели, содержащие β -эфирную связь. Синтезы таких моделей мало доступны из-за своей сложности, низких выходов и отсутствия подробных прописей. Нами отработан синтез моделей типа-



Модели типа А многократно приводятся в работах Адлера и Гирера [6]. Однако синтез моделей до недавнего времени не был описан, как и не были приведены константы этих соединений. Когда наша работа подходила к концу, в печати появилась статья Адлера с сотрудниками [7] по синтезу моделей типа А. Но этими авторами был избран несколько иной путь. В качестве исходного вещества для синтеза мы брали гваякол.

Схема синтеза приведена на вклейке.

Экспериментальная часть

Гваяцилпропионат (I) [4]. В круглодонную колбу, снабженную ловушкой для отбора воды и обратным холодильником, помещали 70 г гваякола (1 моль) и 70 мл пропионовой кислоты (1,3 моля), затем приливали 2 мл концентрированной серной кислоты. Для азеотропной отгонки воды к смеси добавляли 100 мл толуола. Смесь нагревали до кипения и реакцию проводили до отделения расчетного количества воды. После окончания реакции смесь последовательно обрабатывали 5%-ным раствором NaHCO_3 и 1%-ным NaOH и промывали водой до нейтральной реакции. Для лучшего расслоения добавляли количество эфира, по объему равное количеству смеси. Затем эфир отгоняли, остаток перегоняли в вакууме (20 мм рт. ст.) и отбирали фракцию с температурой кипения 120—131°C и $n_D^{20} = 1,5091$ —1,5101. Выход эфира 72%, $\lambda_{\text{max}} = 230$ и 277 мкм.

1-(3-метокси-4-оксифенил)-пропанон-1 (II). Это соединение получено нами из гваяцилпропионата методом перегруппировки Фриса [1], [10]. В круглодонную трехгорлую колбу, снабженную дефлегматором, механической мешалкой, термометром и капельной воронкой, наливали 870 мл свежеперегнанного нитробензола и порциями при интенсивном перемешивании вносили 395 г AlCl_3 (2,2 моля). К смеси при размешивании и охлаждении до комнатной температуры прибавляли 235 г гваяцилпропионата (1 моль). Затем смесь оставляли на сутки и после этого выдерживали 0,5 часа на водяной бане при 80°C. При охлаждении к смеси постепенно добавляли 1000 мл HCl (1:1) для растворения AlCl_3 и воду — до полного растворения солей. Раствор извлекали эфиром. Эфирную часть высушивали над Na_2SO_4 и эфир отгоняли. Остаток перегоняли в вакууме. Отбирали фракцию с температурой кипения 175—195°C (15 мм). Продукт — светло-желтая масса, при стоянии быстро кристаллизуется. Выход 45%. Этот продукт перекристаллизован из смеси бензол—петролейный эфир (1:1), температура плавления 60°C, $\lambda_{\text{max}} = 230$ и 276 мкм. Найдено 17,3% OCH_3 , вычислено 17,21% OCH_3 . Выход кристаллического продукта — 55% от светло-желтой массы.

1-(3-метокси-4-ацетокси-фенил)-пропанон-1 (III). Ацетилирование проведено уксусным ангидридом [2]. В круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником, к 5 г соединения II добавлено 25 мл уксусного ангидрида (8 молей). Смесь кипятили в течение 6—8 час. По окончании реакции добавляли воду для разложения непрореагировавшего уксусного ангидрида; при этом выпадали желтоватые кристаллы, которые были отделены, промыты водой, высушены и перекристаллизованы из спирта. Т. пл. 74—76°C, выход 68%. Найдено: С = 64,5%; Н = 6,45%; $\text{OCH}_3 = 14,1\%$; $\lambda_{\text{max}} = 253$ и 300 мкм. Для формулы $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_3$ вычислено: С = 64,85%; Н = 6,48%; $\text{OCH}_3 = 13,98\%$.

1-(3,4-диметокси-фенил)-пропанон-1 (III'). В круглодонную колбу, снабженную механической мешалкой, внесено 8 г соединения II, растворенного в 150 мл 5%-ного раствора NaOH , и при перемешивании и охлаждении водой добавлено 1 г диметилсульфата. В ходе реакции продукт выпал в виде белых кристаллов, которые отделены, промыты водой, высушены и перекристаллизованы из эфира. Т. пл. 67°C, выход 51%. Найдено: С = 67,96%; Н = 7,18%; $\text{OCH}_3 = 32,2\%$; $\lambda_{\text{max}} = 228$ и 272 мкм. Для формулы $\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_3$ вычислено: С = 68,04%; Н = 7,24%; $\text{OCH}_3 = 31,91\%$.

1-(3-метокси-4-оксифенил)-2-бром-пропанон-1 (IV). В 75 мл CHCl_3 растворяли 10 г продукта III (1 моль) и добавляли 7,25 г брома в 35 мл CHCl_3 (1 моль) и 2 капли концентрированной HCl в качестве катализатора. В зависимости от интенсивности дневного освещения реакция начиналась через 0,5—1 час. Смесь оставляли на ночь. По окончании реакции смесь промывали 25%-ным раствором NaHCO_3 и высушивали над Na_2SO_4 . После отгонки растворителя получено масло, кристаллизующееся при стоянии. Продукт перекристаллизован из смеси бензол—петролейный эфир. Т. пл. 102—105°C, выход 52%. Нами установлено, что в процессе бромирования полностью отщепились ацетильные группы. Найдено: $\text{OCH}_3 = 12,05\%$; $\text{Br} = 28,5\%$; $\lambda_{\text{max}} = 236$ мкм. Для формулы $(\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3\text{Br})\text{H}$ вычислено: $\text{OCH}_3 = 11,96\%$; $\text{Br} = 30,88\%$; для формулы $(\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3\text{Br})\text{COCH}_3$ $\text{OCH}_3 = 10,21\%$; $\text{Br} = 25,80\%$. Наличие свободной фенольной группы подтверждено ИК-спектром, который имеет полосу при 3540 cm^{-1} , отсутствующую в ацетате III.

1-(3,4-диметокси-фенил)-2-бром-пропанон-1 (IV'). В 75 мл CHCl_3 растворяли 10 г соединения III' и добавляли 8,3 г брома (1 моль) в 40 мл CHCl_3 . К смеси прибавляли 2 капли концентрированной HCl в качестве катализатора [9]. Реакцию проводили аналогично реакции получения продукта IV. Остаток — масло, кристаллизующееся из эфира. Т. пл. 90°C, выход 91%. Найдено: $\text{OCH}_3 = 22,10\%$; $\text{Br} = 28,2\%$; $\lambda_{\text{max}} = 233$ и 276 мкм. Для формулы $\text{C}_{11}\text{H}_{13}\text{O}_3\text{Br}$ вычислено: $\text{OCH}_3 = 22,71\%$; $\text{Br} = 28,36\%$.

1-(3-метокси-4-оксифенил)-2-[4'-(2'-метокси-фенокси)-пропанон-1]-пропанон-1 (V). В 100 мл спирта растворяли 5 г соединения II, прибавляли 0,63 г металлического натрия. Затем смесь нагревали на водяной бане до 70°C и при

постоянным перемешивании прибавляли 7,3 г продукта IV в 100 мл спирта. После достижения рН, равного 7, спирт отгоняли в вакууме, отделяли неорганическую часть (NaBr) растворением остатка в CHCl_3 . Затем при добавлении к фильтрату эфира продукт высаживали в виде белого порошка, который отделяли на фильтре и высушивали. Т. пл. 105°C. Продукт перекристаллизован из смеси этилацетат—гексан. Т. пл. 126°C, выход 32%. Оставшаяся часть, которая не высаживалась, после стгонки растворителя представляла собой маслообразный продукт. Найдено: C = 67,4%; H = 5,98%; OCH_3 = 17,01%; M = 305; λ_{max} = 230 и 278 мкм. Для формулы $\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{O}_6$ вычислено: C = 67,03%; H = 6,14%; OCH_3 = 17,31%; M = 358.

1-(3-метокси-4-оксифенил)-2-(2'-метокси-феноксид)-пропанол-1 (VI). В 90 мл спирта растворяли 4 г гваякола и добавляли 0,74 г металлического натрия по частям. Реакционную смесь нагревали до 50°C и при постоянном перемешивании по каплям прибавляли горячую смесь (8,41 г продукта IV растворяли в 90 мл спирта). После достижения рН среды, равного 7, спирт отгоняли в вакууме, неорганическую часть (NaBr) отделяли растворением остатка в CHCl_3 . Продукт высаживали эфиром из фильтрата. Полученный продукт—белый аморфный порошок. После перекристаллизации из смеси этилацетат—петролейный эфир температура плавления равнялась 132—134°C (в соответствии с литературными данными [7]). Выход 30%. Часть, которая не высаживалась из CHCl_3 после отгонки растворителей, представляла собой масло. Найдено: C = 67,1%; H = 5,8%; OCH_3 = 20,1%; M = 252; λ_{max} = 228 и 282 мкм. Для формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{18}\text{O}_5$ вычислено: C = 67,54%; H = 5,96%; OCH_3 = 20,52%; M = 302.

1-(3,4-диметоксифенил)-2-[2'-метокси-феноксид]-пропанол-1 (VI'). В 70 мл спирта растворяли 2,53 г гваякола, по частям добавляли 0,47 г металлического натрия. Смесь нагревали на водяной бане до 70°C и при постоянном перемешивании добавляли по каплям 4,7 г соединения IV', растворенного в 70 мл спирта. После достижения рН, равного 7, спирт отгоняли в вакууме. NaBr отделяли растворением органической части в эфире. Эфир отгоняли, остаток закристаллизовался. Продукт перекристаллизован из спирта. Т. пл. 120—121°C, выход 70%. Найдено: C = 68,5%; H = 6,2%; OCH_3 = 30,12%; M = 288; λ_{max} = 229 и 276 мкм. Для формулы $\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{O}_5$ вычислено: C = 68,35%; H = 6,32%; OCH_3 = 29,74%; M = 316.

1-(3,4-диметоксифенил)-2-[4'-(2'-метокси-феноксид)-пропанол-1']-пропанол-1 (V'). В 75 мл спирта растворяли 3,3 г продукта II и по частям добавляли 0,42 г металлического натрия. Смесь нагревали на водяной бане до 70°C и при постоянном перемешивании добавляли по каплям 5 г соединения IV', растворенного в 100 мл спирта. (Брალი подогретый раствор, так как продукт ограниченно растворяется в спирте.) После достижения рН, равного 7, реакция заканчивалась. Спирт отгоняли, NaBr отделяли путем растворения остатка в CHCl_3 , CHCl_3 отгоняли. Остаток—масло, кристаллизующееся из спирта. Т. пл. 156°C, выход 48%. Найдено: C = 68,01%; H = 6,45%; OCH_3 = 25,04%; M = 320; λ_{max} = 227 и 276 мкм. Для формулы $\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{O}_6$ вычислено: C = 67,79%; H = 6,5%; OCH_3 = 25,0%; M = 372.

1-(3-метокси-4-оксифенил)-2-[4'-(2'-метокси-феноксид)-пропанол-1']-пропанол-1 (VII). В смеси спирт—хлороформ (3:1) растворяли 2 г соединения V и добавляли 14 г NaBH_4 [3]. Смесь оставляли на сутки при комнатной температуре. Затем растворитель отгоняли в вакууме (температура бани 30°C). Остаток растворяли в воде и органическую часть извлекали эфиром. Эфир отгоняли. Остаток—стекловидный продукт, трудно кристаллизующийся. Выход 68%. Найдено: C = 66,4%; H = 7,3%; OCH_3 = 17,1%; λ_{max} = 232 и 278 мкм. Для формулы $\text{C}_{20}\text{H}_{26}\text{O}_6$ вычислено: C = 66,29%; H = 7,18%; OCH_3 = 17,15%.

1-(3,4-диметоксифенил)-2-[4'-(2'-метокси-феноксид)-пропанол-1']-пропанол-1 (VII'). Гидрирование продукта V' проводили указанным выше способом. Найдено: C = 67,1%; H = 7,5%; OCH_3 = 25,6%; λ_{max} = 228 и 276 мкм. Для формулы $\text{C}_{21}\text{H}_{28}\text{O}_6$ вычислено: C = 67,02%; H = 7,44%; OCH_3 = 24,74%.

Для этих продуктов сняты ИК-спектры. В спектрах VII и VII' полностью отсутствовала полоса 1685 cm^{-1} (имеющаяся в спектрах VI и V'), но отчетливо обнаружена новая полоса 3582 cm^{-1} , характерная для спиртовых групп. В спектрах V и V' последняя полоса отсутствует [5].

1-(3-метокси-4-оксифенил)-2-(2-метокси-феноксид)-пропанол-1 (VIII). К 2 г соединения VI, растворенного в смеси спирт—хлороформ (4:1), добавляли 16 г NaBH_4 . Смесь оставляли на сутки при комнатной температуре. Затем растворители отгоняли в вакууме. Остаток растворяли в воде и органическую часть извлекали эфиром. Эфир отгоняли и получали стеклообразный продукт с т. пл. 48—58°C. Выход 50%. Найдено: C = 66,8%; H = 6,6%; OCH_3 = 19,9%; λ_{max} = 230 и 282 мкм. Для формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{20}\text{O}_5$ вычислено: C = 67,1%; H = 6,57%; OCH_3 = 20,36%. В ИК-спектре полоса 1685 cm^{-1} кетонной группы полностью отсутствовала, отчетливо обнаружена новая полоса 3580 cm^{-1} , характерная для спиртовой группы.

1-(3,4-диметоксифенил)-2-(2-метокси-феноксид)-пропанол-1 (VIII'). В 100 мл спирта растворяли 2 г соединения VI, добавляли 20 г NaBH_4 и оставляли на сутки при комнатной температуре. Неорганическая часть отфильтрована, спирт

отогнан в вакууме, продукт извлечен эфиром, из которого выпадали кристаллы с т. пл. 58°C. После перекристаллизации из смеси эфир—гексан т. пл. 63—65°C (в соответствии с литературными данными [7], [8]). Выход 40%. Найден: С = 67,15%; Н = 7,4%; ОСН₃ = 30,2%, λ_{max} = 228 и 276 мкм. Для формулы C₁₈H₂₂O₅ вычислено: С = 67,92%; Н = 6,92%; ОСН₃ = 29,2%. В ИК-спектре обнаружена четкая полоса при 3498 см⁻¹, характерная для ОН-группы, и отсутствовала полоса 1674 см⁻¹ (СО-группа), присутствующая в исходном соединении. ИК-спектры сняты на ИКС-14 в хлороформе. Концентрация 5%. УФ-спектры сняты на СФ-4а. Растворитель — спирт.

Фенолокетоны V и VI и фенолоспирты VII и VIII — трудно кристаллизующиеся соединения. Для доказательства строения продуктов V и VI данные соединения метилированы диметилсульфатом на холоду. После метилирования получены продукты, которые идентичны соответствующим соединениям V' и VI'.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Р. Адамс. Органические реакции. Т. I. ИЛ, 1948. [2]. С. Вайбел. Идентификация органических соединений. ИЛ, 1957. [3]. А. Гейлорд. Восстановление комплексами гидридами металлов. 1959. [4]. И. М. Лебедева, В. Д. Горчакова. Авторское свидетельство СССР 103727. 1953. [5]. К. Накониси. ИК-спектры и строение органических соединений. Изд-во «Мир», 1965. [6]. Adler und Marton. Act. Chem. Scand., 15, 1961, 35, 218—357; 15, 1961, 357—392; Adler, Bengt, Ulla Saaden. Svensk Papperstining. Nr. 7, 1500, 1952, 245—252; Gierer und Noren. Act. Chem. Scand., 1962, 1976—1988; Gierer und Alfredson. Act. Chem. Scand., 11, 1957, 1516; Adler, Marton, Falkehag. Act. Chem. Scand., 18, 1964, 1313—1314; 18, 1964, 1469—1976; Gierer und Noren. Act. Chem. Scand., 1962, 1713—1729. [7]. Adler, Sune Delin, E. Miksche. Act. Chem. Scand., 20, 1966, 1035—1037. [8]. Adler, Becher. Ishiara Holzforschung, 20, 3, 1966. [9]. Erdtman and Bengt. Act. Chem. Scand., 3, 1949, 1358—1374. [10]. Schapp and Dohme. Journal of Am. Ch. Soc., vol. 60, № 1, 7, 1938.

Поступила 5 июня 1967 г.

УДК 668.545:634.0.824

ПОВЕДЕНИЕ ФЕНОЛОВ ОТСТОЙНОЙ СМОЛЫ ХВОЙНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В УСЛОВИЯХ ОДНОКРАТНОГО ИСПАРЕНИЯ

А. Н. БАГАЕВ, Ю. К. ШАПОШНИКОВ

(ЦНИЛХИ)

При разгонке древесных смол в условиях однократного испарения (ОИ) могут изменяться качественные показатели получаемых масел по сравнению с показателями исходной смолы вследствие химических реакций термической деструкции и конденсации компонентов смолы или перераспределения их при дистилляции в условиях ОИ.

Мы исследовали поведение суммарных фенолов (наиболее реакционноспособной части древесной смолы) в зависимости от температуры ОИ. При этом оценивали содержание метоксильных групп в маслах с пересчетом на исходную смолу и состав фенолов смолы и масел.

Однократное испарение смолы проводили на приборе по методике, описанной нами ранее [1]—[3]. Состав фенолов определяли методом газо-жидкостной хроматографии. Для подтверждения достоверности идентификации фенолов были получены их метиловые эфиры (по Зандерману [4]), которые также анализировали методом газо-жидкостной хроматографии. Условия газохроматографического анализа фенолов и их метиловых эфиров приведены в табл. 1.

Для исследования была взята газогенераторная отстойная смола, полученная из лесосеменных отходов хвойных пород древесины. Смола имела следующую характеристику: относительный удельный вес при 20°C — 1,096, содержание воды 12,3 вес. %; летучих с паром кислот 1,74; фенолов 56,9; карбоновых кислот 4,5; нейтральных веществ 25,0; метоксильных групп 5,4; механических примесей 0,68 вес. %. Фракционный состав по Энглеру исходной отстойной смолы хвойных приведен в табл. 2.

Таблица 1

Показатели	Единицы измерений	Величина показателей для разделения	
		фенолов	метилвых эфиров фенолов*
Длина колонки	м	4	2,2
Диаметр колонки	см	0,4	0,4
Неподвижная нижняя фаза	—	30% ПФМС-4	8% ПФМС-4 + 12% ПЭГА-4000
Газ-носитель	—	Водород	Гелий
Скорость газа-носителя	мл/мин	35	60
Температура колонки	°С	200—203	190—193
Давление: на входе	ати	1,7—1,8	1,4
на выходе	"	1,0	1,0

* В экспериментальной части работы принимала участие мл. научный сотрудник Л. В. Косюкова.

Таблица 2

Температура, °С	До 120	До 200	До 280	До 310	До 330	До конца кипения
Выход фракции, вес. %	7,5	20,3	27,9	34,4	52,0	71,8

Количество сухого остатка после разгона составило 25,3%, потери 2,9%. В табл. 3 приведены результаты разгонки смолы в условиях ОИ при остаточном давлении 100 мм рт. ст.

Температура однократного испарения, °С	Количество натурального отгона, вес. %	Количество безводного отгона в пересчете на безводную смолу, вес. %	Относительный удельный вес масел при температуре 20°С	Динамическая вязкость масел, спз	Средний молекулярный вес масел при их концентрации 2г/100 г бензола
166	33,0	23,6	1,0489	14,1	156
202	48,0	40,7	1,0529	25,2	175
225	58,5	52,7	1,0541	40,8	190
250	70,0	65,8	1,0585	96,0	211
265	76,0	72,6	1,0595	119,0	—
275	81,8	79,2	1,0631	157,0	224

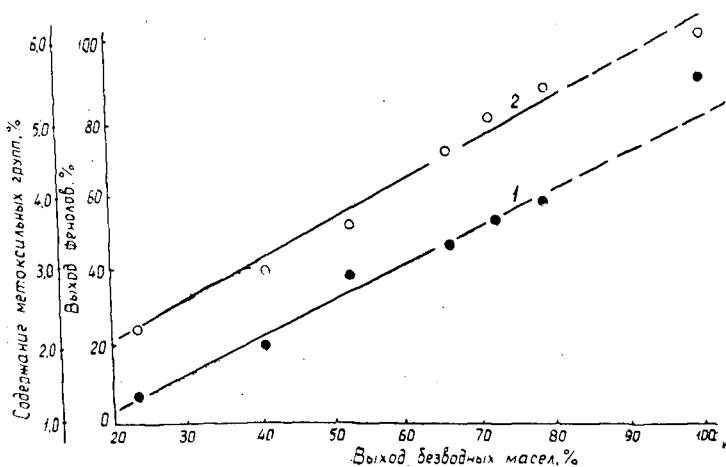


Рис. 1.

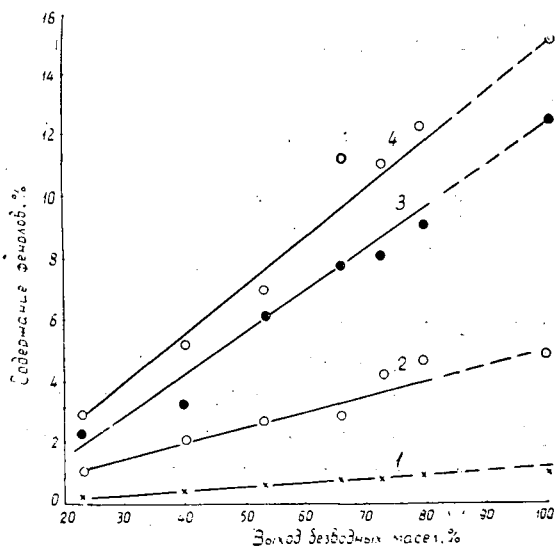


Рис. 2.

1 — для пирокатехина; 2 — для фенола;
3 — для гваякола; 4 — для 4-этилгваякола.

На рис. 1 показана зависимость выхода фенолов (кривая 2) и содержания метоксигрупп (кривая 1) в маслах (в пересчете на смолу)

Таблица 3

Степень ассоциации масел	Содержание в маслах, вес. %					Температура размягчения пека, °С
	фенолов	карбоновых кислот	нейтральных веществ	метоксильных групп	воды	
1,50	53,0	6,4	30,3	5,9	4,3	Жидкий
1,48	54,0	6,2	30,5	4,9	4,8	
1,45	55,9	5,3	30,9	4,5	5,7	23
1,50	60,7	5,1	27,4	4,9	6,0	45
—	62,0	5,0	27,2	4,9	5,9	63
1,39	62,0	4,2	30,1	4,8	5,8	70

от выхода масел, полученных при однократном испарении древесной смолы. За потенциальный выход масел принята сама безводная смола, содержание компонентов в которой принято за потенциальное. На рис. 1 пунктирные части линий обозначают экстраполяцию к потенциальным значениям.

В табл. 4 приведены данные химического состава (в процентах) фенолов отстойной смолы хвойных и масел ОИ, рассчитанные из хроматограмм фенолов. Хроматограммы фенолов находили по методу внутренней нормализации с введением поправочных коэффициентов.

Из табл. 4 следует, что в состав суммарных фенолов смолы и масел входят одни и те же индивидуальные фенолы примерно в равных количественных соотношениях и их выход прямо пропорционален выходу масел. Выход почти всех индивидуальных фенолов стремится к их потенциальному содержанию в исходной смоле (за исключением 4-метилгваякола и неидентифицированного вещества и изоэвгенола, что объясняется определенными ошибками анализа фенолов).

Таблица 4

Индивидуальные фенолы	Содержание индивидуальных фенолов, %, в фенолах												
	исходной смолы	масел при температуре ОИ, °С					масел с пересчетом на фенолы смолы при температуре ОИ, °С						
		166	202	225	250	265	275	166	202	225	250	265	275
Фенол	4,8	5,8	5,2	5,3	4,0	5,3	5,5	1,0	2,1	2,7	2,8	4,2	4,7
о-крезол	2,6	2,0	2,2	3,0	2,0	2,4	2,5	0,3	0,9	1,5	1,4	1,9	2,2
п+м-крезолы	9,1	6,8	5,8	8,8	6,0	9,3	9,2	1,1	2,3	4,5	4,2	7,4	7,9
Гваякол	12,1	13,6	8,1	12,2	11,1	10,2	10,6	2,3	3,2	6,2	7,8	8,1	9,1
2,4 + 2,5-ксиленолы	6,1	8,3	5,2	6,4	6,0	5,5	5,4	1,4	2,1	3,3	4,2	4,3	4,7
2,3 + 3,5-ксиленолы	6,3	7,5	5,1	6,0	5,8	5,0	5,0	1,3	2,0	3,0	4,1	4,0	4,3
4-метилгваякол + 3,4-ксиленол	23,0	20,0	23,0	22,0	18,0	19,5	17,6	3,4	9,2	11,2	12,7	15,4	15,1
Пирокатехин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9
4-этилгваякол	15,0	12,3	13,0	13,7	16,0	14,0	14,3	2,9	5,2	7,0	11,3	11,1	12,3
4-метилпирокатехин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9
4-пропилгваякол + эвгенол	5,6	6,3	11,1	8,2	7,5	7,8	6,7	1,1	4,4	4,2	5,3	6,2	5,8
Диметиловый эфир пирагаллола	1,2	—	5,6	0,4	3,3	1,6	1,0	—	2,2	0,2	2,3	1,3	0,9
Неидентифицированное вещество + изоэвгенол	10,5	15,0	13,7	12,0	12,8	12,4	16,5	2,5	5,5	6,1	9,0	9,8	14,2
Диметиловый эфир 4-метилпирагаллола	1,0	—	—	—	2,4	2,0	1,0	—	—	—	1,7	1,6	0,9
Неидентифицированное вещество	—	—	—	—	2,0	1,7	1,0	—	—	—	1,4	1,3	0,9
Диметиловый эфир 4-этилпирагаллола	—	—	—	—	1,3	1,2	1,0	—	—	—	0,9	0,9	0,9

На рис. 2 в качестве примера показана зависимость содержания индивидуальных фенолов (в пересчете на исходную смолу) от выхода масел при разгонке смолы в условиях ОИ.

Из приведенного экспериментального материала следует, что при разгонке отстойной древесной смолы хвойных в условиях ОИ не происходит химических реакций деструкции молекул компонентов исходной смолы, ведущих к образованию преимущественно определенных фенолов. Если бы такие реакции имели место, то в маслах должно бы быть обнаружено больше легкокипящих компонентов (по сравнению с исходной смолой) и меньше (при преобладании реакции конденсации) определенных компонентов.

Можно считать, что реакции деструкции и конденсации протекают одновременно и в них участвуют молекулы одних и тех же веществ, поскольку химический состав фенолов масел и фенолов исходной смолы практически одинаков. Преобладают реакции конденсации, которые приводят к пекообразованию. Пекообразование, в основном, протекает за счет всех групп веществ смолы, на что указывает распределение фенолов и веществ, содержащих метоксильные группы.

Изменение качественных показателей получаемых масел по сравнению с показателями исходной смолы практически происходит вследствие перераспределения компонентов смолы в условиях однократного испарения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Багаев. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 2, 1964 и № 7, 1965. [2]. А. Н. Багаев. Журн. «Химическая переработка древесины» № 28 и 32, 1964, [3]. А. Н. Багаев, Ю. В. Водзинский, А. М. Пырякова. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 4, 1965. [4]. W. Sandertshapp, G. Weissmann. «Fresenius Z. für anal. Chem.», 189, № 1, 1962.

Поступила 18 марта 1967 г.

УДК 634.0.813

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КАНИФОЛИ ХЛОРНЫМ ОЛОВОМ

А. Е. КАЗАНИНА

(Уральский лесотехнический институт)

В. Б. СМОЛЕНСКИЙ, Р. П. КИРПИЧНИКОВА

(Уральский государственный университет)

О полимеризации канифоли под влиянием хлорного олова в литературе имеются ограниченные сведения [1], [2], [3]. В данной статье приведены результаты исследований процесса полимеризации канифоли в условиях повышенных и низких температур под влиянием хлорного олова в зависимости от его количества, а также от количества и природы растворителя на физико-химические показатели полимеризованной канифоли. Для изучения была взята живичная канифоль лесохимического комбината. Ее физико-химические показатели — молекулярный вес по Раути 317; йодное число по Ганусу 160,20; кислотное число 162,18; число омыления 199,00; температура размягчения 71°C; содержание абиетиновой кислоты 54%; групповой состав (%): неомыляемых

веществ 5,90, смоляных кислот 91,38, жирных кислот 2,70, окисленных веществ - нет.

Полимеризацию канифоли проводили в бензоле и петролейном эфире в присутствии хлорного олова в количестве 20 и 40% по весу от канифоли. Опыты выполняли в трехгорлой колбе с мешалкой, обратным холодильником и капельной воронкой в атмосфере углекислого газа при температуре кипения раствора и при пониженной температуре; продолжительность их составляла 4 часа. По окончании опытов продукт переносили в делительную воронку, где 4—5 раз промывали 5%-ной соляной кислотой во избежание гидролиза SnCl_4 , затем отмывали водой до отрицательной реакции на ион хлора, растворитель отгоняли и полученный продукт сушили в шкафу при 110—120°C.

Количество SnCl_4 , % по весу от канифоли	Температура опыта (в растворе), °C	Выход полимеризованной канифоли, %	Йодное число по Ганусу	Молекулярный вес по Расту	Температура размягчения, °C	Содержание абиетиновой кислоты, %
20	20	87,23	114,23	312	73	34,7
20	-15	83,51	59,42	316	78	20,81
20	59	88,72	46,95	411	83	10,5
40	20	86,90	27,00	353	80	14,4
40	-15	87,40	30,47	623	78	7,81
40	59	86,52	19,58	1319	85	2,71
40	59	88,20	69,64	502	78	10,81
Холостые опыты	20	—	159,71	310	71	54,2
	20	—	159,00	312	71	53,81

Количество SnCl_4 , % по весу от канифоли	Температура опыта (в растворе), °C	Выход полимеризованной канифоли	Йодное число по Ганусу	Молекулярный вес по Расту	Температура размягчения, °C	Содержание абиетиновой кислоты, %
20	20	78,75	91,76	308	66	34,85
20	0	83,23	146,86	370	77	45,85
20	80	81,40	87,98	447	67	28,28
40	20	82,61	71,42	325	65	27,19
40	0	81,78	127,69	366	73	38,25
40	80	82,01	18,26	1346	67	3,46
40	80	83,51	30,98	574	68	7,52

Растворитель	Температура опыта (в растворе), °C	Выход полимеризованной канифоли, %	Йодное число по Ганусу	Молекулярный вес по Расту	Температура размягчения, °C
Петролейный эфир	59	86,50	33,78	339	76
Бензол	80	84,40	37,68	447	73
Четыреххлористый углерод	76	85,12	30,19	366	82
"	-15	84,70	70,84	344	86

* Примечание. Опыты проведены в присутствии SnCl_4 в количестве 40%

Спектральный анализ показал отсутствие олова в полимеризованной канифоли. Выход и физико-химические показатели канифоли, полимеризованной в петролейном эфире, приведены в табл. 1, а полимеризованной в бензоле — в табл. 2. Соотношение растворителя и канифоли в опытах было 1:1. Из данных табл. 1 и 2 видно, что петролейный эфир более выгоден для полимеризации, так как полученная при этом канифоль имеет более низкое йодное число (особенно при пониженной температуре), минимальное содержание абиетиновой кислоты и более высокую температуру размягчения по сравнению с канифолью, полимеризованной в бензоле.

Таблица 1

Кислотное число	Число омыления	Групповой состав, %				Примечание
		неомыляемых веществ	окисленных веществ	смоляных кислот	жирных кислот	
159,88	197,63	6,50	5,53	85,77	2,23	Продолжительность опыта 2 часа
158,28	196,09	7,78	4,90	84,92	2,32	
109,98	146,79	14,13	4,32	78,31	2,68	
155,68	193,49	7,80	3,68	86,36	2,04	
96,08	133,89	16,14	2,55	77,91	2,59	
73,38	111,19	19,58	4,44	72,58	2,44	
118,63	156,29	17,27	3,38	76,60	2,04	
161,71	203,58	6,11	5,88	85,25	2,37	С промывкой 5%-ной HCl
162,64	207,58	8,22	4,76	84,25	2,37	Без промывки

Таблица 2

Кислотное число	Число омыления	Групповой состав, %				Примечание
		неомыляемых веществ	окисленных веществ	смоляных кислот	жирных кислот	
138,27	176,06	10,30	3,57	83,15	2,60	Продолжительность опыта 2 часа
156,84	184,47	8,26	4,06	85,09	2,16	
123,48	156,94	15,90	4,13	76,92	2,48	
153,64	166,02	8,80	4,14	83,95	2,32	
147,65	175,61	8,40	3,21	85,05	2,44	
124,48	153,40	14,80	3,82	78,41	2,29	
134,85	163,79	12,01	4,66	80,72	2,46	

Таблица 3

Содержание абиетиновой кислоты, %	Кислотное число	Число омыления	Групповой состав, %			
			неомыляемых веществ	окисленных веществ	смоляных кислот	жирных кислот
3,40	118,98	179,06	17,99	1,11	78,29	2,69
4,65	105,14	171,91	22,17	3,31	71,34	2,98
4,10	113,60	181,40	20,51	3,38	72,85	2,62
9,16	105,02	174,00	14,79	4,93	77,08	2,82

по весу от канифоли.

В табл. 3 приведены данные влияния количества растворителя на физико-химические показатели полимеризованной канифоли при соотношении растворителя и канифоли 3:1 по весу. При таком соотношении растворителя и канифоли (табл. 3) идет процесс диспропорционирования, так как во всех растворителях йодное число уменьшается при постоянном молекулярном весе, в то время как в аналогичных условиях при соотношении растворителя и канифоли 1:1 по весу молекулярный вес увеличивается. В опытах с четыреххлористым углеродом значительно возрастает температура размягчения полимеризованной канифоли.

Выводы

1. Оптимальные условия полимеризации канифоли — температура кипения растворителя и 40% хлорного олова по весу канифоли.
2. При соотношении растворителя и канифоли 1:1 в условиях пониженной температуры наибольшее снижение неопределенности и повышения молекулярного веса отмечено в среде петролейного эфира. При полимеризации в среде бензола канифоль имеет более низкую температуру размягчения по сравнению с исходной канифолью.
3. При соотношении растворителя и канифоли 3:1 наибольшее снижение неопределенности отмечено в среде петролейного эфира и четыреххлористого углерода, а увеличение температуры размягчения полимеризованной канифоли в среде четыреххлористого углерода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Зандерманн. Природные смолы, скипидары, талловое масло (химия и технология). Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964, 263. [2]. Синтетические продукты из канифоли и скипидара. Изд-во «Наука и техника», Минск, 1964, 55—66. [3]. Патент США № 255 1436 от 1.V.1951. С.А. 7366. 1951.

Поступила 24 января 1968 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРОЯ ХЛЫСТОВ

Ф. В. ПУГОВКИН, Г. А. СТЕПАКОВ

(Карельский НИИ лесной промышленности)

В ряде работ [2], [6], [7], [8] показано, что оператор раскряжевочного агрегата не в состоянии разделять хлысты по оптимальным схемам. Оптимизировать эту операцию можно лишь на основе специальных управляющих устройств. При этом, как показано в одной из работ [1], в основу построения устройства управления раскряжевочным агрегатом может быть положено два различных принципа — использование стандартных, заранее найденных схем раскроя и их расчет непосредственно перед раскряжкой каждого очередного хлыста. Для реализации второго принципа построения системы управления предложены [1], [4], [9], [10] ряд алгоритмов расчета оптимальной схемы раскроя отдельно взятого хлыста. Однако правильный выбор схем раскроя не может быть осуществлен без анализа возможностей выполнения, сортиментного задания из всей имеющейся совокупности сырья [11].

Можно выделить две взаимно связанные задачи оптимизации использования лесосырьевых ресурсов: 1) распределение сортиментных заданий между предприятиями в соответствии с характеристикой лесосечного фонда и формирование планов реализации сортиментов с учетом последовательности разработки лесосек; 2) определение оптимального набора схем раскроя (расчет плана раскроя), обеспечивающего выполнение сортиментного задания из сырья, поступившего из конкретных делянок. По условиям работы лесозаготовительного предприятия (ЛЗП) первая задача определяет содержание планового задания на сравнительно большой период (квартал, год), вторая относится к задачам оперативного планирования. Результаты решения второй задачи должны служить основой программы работы устройства управления раскряжевочным агрегатом; при этом целесообразен первый принцип построения устройства управления.

Рассмотрим возможные математические модели, позволяющие решить поставленные задачи при помощи электронно-вычислительных машин (ЭВМ). В настоящее время наиболее разработаны методы линейного программирования [3], [5]. Применение этих методов в данном случае имеет свои особенности, которые обусловлены, в основном, следующим: раскраиваемое сырье чрезвычайно разнообразно по качеству и размерам; оно комплексно, так как большая часть хлыстов при раскрое дает несколько видов лесоматериалов; вырабатываемые лесоматериалы частично взаимозаменяемы; всю вывозимую на разделочные пункты древесину ежесменно полностью разделявают; раскройные планы нужно составлять для стоящего на корню леса.

С учетом этих особенностей алгоритм решения второй задачи должен обеспечивать: 1) подготовку исходных данных по сырью (обработку таксационных показателей); 2) расчет возможного выхода специфици-

кационных сортиментов из имеющихся типов хлыстов; 3) расчет плана раскроя. Реализация первых двух пунктов, по существу, обеспечивает наполнение математической модели планирования. Поэтому, прежде всего, следует сформулировать возможные модели, чтобы определить вид требуемой исходной информации. В простейшем случае задачу отыскания оптимального плана раскроя можно сформулировать следующим образом. Требуется найти максимум функции

$$F = \sum_{jl} c_{jl} x_{jl} \quad (1)$$

при ограничениях:

а) по ассортименту продукции

$$\sum_{jl} q_{ijl} x_{jl} \geq Q_i; \quad (2)$$

б) по составу сырья и требованию его полной переработки

$$\sum_l x_{jl} = N_j. \quad (3)$$

В формулах (1), (2) и (3):

c_{jl} — значение оценочного показателя, получаемое при раскрое хлыста j -го типоразмера по l -й схеме;

x_{jl} — количество хлыстов j -го типоразмера, подлежащее раскрою по l -й схеме ($x_{jl} \geq 0$);

N_j — количество имеющихся хлыстов j -го типа;

q_{ijl} — объем i -го сортимента, получаемый при раскрое хлыста j -го типа по l -й схеме;

Q_i — заданный объем выработки i -го сортимента.

Для отыскания значений x_{jl} используют симплексный метод.

В приведенной формулировке вследствие значительного числа типов хлыстов (в реальных условиях около 300) и большого числа возможных схем раскроя (порядка нескольких тысяч) задача имеет размеры, превышающие возможности ЭВМ среднего класса, например, «Минск-22». По этой причине требуется разработать модели, позволяющие сократить размеры этой задачи.

Допустим, что на хлысте j -го типа можно выделить границы зон качества и участков, используемых на различные сортименты. Эти границы разделяют хлыст на зоны взаимозаменяемости. Объемы указанных зон обозначим через V_{jk} , цену сортиментов, заготавливаемых из этих зон — через c_{ik} , а множество сортиментов, на которые можно использовать каждую зону, — через I_k (k — индекс зоны взаимозаменяемости).

В этом случае задача сводится к нахождению максимума функции

$$F = \sum_{i,j,k} c_{ik} x_{ijk} \quad (4)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i \in I_k} x_{ijk} \leq V_{jk} N_j, \quad (5)$$

$$\sum_{i,k} x_{ijk} = Q_i, \quad (6)$$

где x_{ijk} — искомый объем i -го сортимента, который следует заготовить из k -й зоны взаимозаменяемости j -й группы хлыстов ($x_{ijk} \geq 0$).

При такой формулировке задача имеет вид открытой транспортной, для решения которой существуют более эффективные, с вычислительной точки зрения, алгоритмы, чем симплексный метод. Размеры задачи значительно уменьшаются из-за немногочисленности вариантов раскроя хлыстов. Но полученные значения x_{ijk} не всегда можно реализовать практически, так как при их расчете не учтены длины заданных сортиментов. Чтобы учесть это, к ограничениям (5) и (6) необходимо добавить ограничения по целочисленности для частичных сумм переменных, что намного усложняет решение задачи [5]. Практически для решения подобных задач нет приемлемых алгоритмов. Однако результаты исследования модели (4)—(6), даже без выполнения условий целочисленности, вполне точно отражают тенденцию оптимального использования определенных групп сырья для выработки тех или иных сортиментов. Этим можно воспользоваться для сокращения размеров задачи в первоначальной формулировке, осуществляя целенаправленный отбор схем раскроя для включения в модель (1)—(3).

Кроме того, результаты исследования модели (4)—(6) позволяют из имеющейся совокупности сырья выделить группы, из которых вырабатывают суженный список сортиментов. Для каждой из таких групп легко найти схемы раскроя, применяя модель (1)—(3). В этом случае правые части ограничений (2) формируются на основании полученных значений x_{ijk} ; при этом задача большого размера распадается на ряд более мелких, что позволяет выполнять задачу на менее мощных ЭВМ и сократить время ее решения. Возможность такого расчленения задачи вытекает из ограничений взаимозаменяемости сортиментов по породам и размерам.

Безвариантная модель планирования раскроя типа (4)—(6) дает возможность решить задачу распределения сортиментных заданий между ЛЗП. Допустим, что нам известны c_{irt} — стоимость перевозки единицы i -го сортимента от r -го ЛЗП до t -го потребителя; N_{jr} — наличие хлыстов j -й группы в r -ом ЛЗП; P_{it} — потребность в i -ом сортименте у t -го потребителя и Q_{ir} — максимально возможный объем выпуска i -го сортимента в r -ом ЛЗП. Предположим для определенности, что стоимостный выход сортиментов максимизируется при минимизации общих транспортных расходов на перевозку лесоматериалов от ЛЗП до потребителей. Тогда задача оптимального распределения сортиментных заданий между ЛЗП сводится к минимизации

$$F = \sum_{i, j, k, r, t} (c_{ik}^* + c_{irt}) x_{ijkrt} \quad (7)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i, t} x_{ijkrt} \leq V_{jk} N_{jr}, \quad (8)$$

$$\sum_{i, k, t} x_{ijkrt} \leq Q_{ir}, \quad (9)$$

$$\sum_{i, k, r} x_{ijkrt} = P_{it}, \quad (10)$$

где $c_{ik}^* = \max c_{ik} - c_{ik}$;

x_{ijkrt} — объем i -го сортимента, который следует заготовить в r -ом ЛЗП из k -й зоны взаимозаменяемости j -го типа хлыстов для поставки t -му потребителю ($x_{ijkrt} \geq 0$).

Как видно из выражений (7) — (10), мы получили задачу типа открытой транспортной с фиктивной диагональю. Поскольку величины c_{ik}^* не зависят от ЛЗП (индекса r), то размеры задачи можно сократить, просуммировав ограничения (8) по r , то есть

$$\sum_{i, t, r} x_{ijkrt} \leq \sum_r V_{jk} N_{jr} = V_{jk} N_j. \quad (8')$$

Модель (7) — (10) не учитывает ограничений по целочисленности накладываемых на группы неизвестных x_{ijkrt} . Эти ограничения практически трудно реализовать, например, на ЭВМ класса «Минск-22». Следует отметить, что в данном случае, по условиям планирования, не требуется вводить ограничения по целочисленности.

При необходимости довести распределения сортиментных заданий до конкретных схем раскроя можно воспользоваться следующим алгоритмом: 1) решить задачу с использованием модели (7) — (10); 2) в соответствии с полученным решением для каждой группы сырья отобрать схемы раскроя для включения в модель (1) — (3); 3) при помощи модели (1) — (3) для всей совокупности сырья (без деления по ЛЗП) найти план раскроя; 4) по наличию соответствующих групп сырья и найденных для них оптимальных схем раскроя для каждого ЛЗП определить сортиментное задание; 5) найти оптимальные грузопотоки путем решения транспортных задач для каждого сортимента.

Зная значения x_{ijkrt} , очередность разработки делянок и их таксационные характеристики, можно сформулировать план реализации лесоматериалов.

В заключение следует отметить, что изложенные в статье модели дают возможность решать задачи большого объема по рациональному использованию комплексного сырья и в других отраслях промышленности. В частности, предлагаемые методы целесообразно применять при планировании раскроя бревен на пиломатериалы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. А. Вильке. Основы автоматизации и автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий, ч. 2, изд-во «Лесная промышленность», 1964.
- [2]. Г. А. Вильке. О психологической нагрузке оператора раскряжевочного агрегата. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1966. [3]. Д. Ж. Данциг. Линейное программирование, его обобщения и применения. Изд-во «Прогресс», М., 1966. [4]. И. Т. Дворецкий. Алгоритм самопрограммирующего устройства раскряжевочных агрегатов. Труды ЦНИИМЭ. Сб. 30, 1961. [5]. Л. В. Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. Изд-во АН СССР, М., 1960. [6]. А. А. Кудинов. Определение критериев психологической нагрузки человека-оператора раскряжевочных агрегатов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1966. [7]. Л. В. Леонов. О количестве информации, определяющей сучковатость хлыстов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1966. [8]. Л. В. Леонов. Экспериментальная проверка психологической нагрузки оператора раскряжевочного агрегата. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1967. [9]. В. С. Петровский. Алгоритмизация раскряжевки хлыстов. Журн. «Лесная промышленность» № 7, 1963. [10]. В. С. Петровский. О построении САО раскроя древесных стволов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964. [11]. Г. А. Степаков. К вопросу построения системы оптимального управления технологическим процессом нижнего склада. Рефераты докладов научно-технической конференции, МЛТИ, 1967.

УДК 65.011.56

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВОЗДУШНО-ПАРОВОЙ ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ КАК ДВУХЪЕМКОСТНОГО ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

А. А. СМИРНОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Как известно, на основании исследований П. И. Ананьина, В. Н. Петри и Г. Р. Урванова, установлена взаимосвязь между влажностью высушиваемой древесины и ее температурой. Г. Р. Урванов разработал устройство для дистанционного измерения влажности древесины в процессе сушки. Появилась реальная возможность создания автоматического регулятора процесса сушки по влажности древесины на основе измерения температуры пиломатериалов. Для решения этой задачи, прежде всего, необходимо дать математическое описание лесосушильной камеры как объекта автоматического регулирования, то есть найти дифференциальное уравнение, устанавливающее зависимости между выходными и входными величинами. По регулируемому параметру — температуре $\vartheta_1^{др}$ высушиваемой древесины воздушно-паровую лесосушильную камеру, периодического действия будем считать двухъемкостным объектом автоматического регулирования с тепловой емкостью металла калориферов на стороне подачи и тепловой емкостью древесины штабеля пиломатериалов на стороне потребления тепла.

Скорость изменения температуры древесины в штабеле выразим уравнением

$$\frac{d\vartheta_1^{др}}{d\tau} = \frac{\alpha_{др} F_{др} (\vartheta_1^c - \vartheta_1^{др})}{A_{др}}, \quad (1)$$

где $\vartheta_1^{др}$ — температура древесины, °С;

$\alpha_{др}$ — коэффициент теплообмена агента сушки с древесиной, $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$;

$F_{др}$ — площадь поверхности теплообмена пиломатериалов, м^2 ;

ϑ_1^c — температура агента сушки по сухому термометру, °С;

$A_{др}$ — коэффициент тепловой емкости древесины в штабеле в процессе сушки

$$A_{др} = G_0 (1 + u) c_{др}^{вл} \frac{\text{ккал}}{\text{град}}, \quad (2)$$

здесь G_0 — вес древесины в абс. сухом состоянии, кг;

u — относительная влажность пиломатериалов на данной ступени сушки;

$c_{др}^{вл}$ — удельная теплоемкость влажной древесины

$$c_{др}^{вл} = 0,28 \left[W_{др} \left(1 + \frac{\vartheta_1^{др}}{100} \right) \right]^{0,2} \frac{\text{ккал}}{\text{град}}, \quad (3)$$

где $W_{др}$ — влажность пиломатериалов, %;
 $\vartheta_{вл}^{др}$ — температура влажной древесины, °С.

Уравнение (1) представим в виде

$$\frac{A_{др}}{\alpha_{др}F_{др}} \cdot \frac{d\vartheta_1^{др}}{d\tau} + \vartheta_1^{др} = \vartheta_1^c. \quad (4)$$

Для переходного режима уравнение (4) выразим в приращениях

$$\frac{A_{др}}{\alpha_{др}F_{др}} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} + \Delta\vartheta_1^{др} = \Delta\vartheta_1^c. \quad (5)$$

Продифференцируем уравнение (5) по τ

$$\frac{A_{др}}{\alpha_{др}F_{др}} \cdot \frac{d^2(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau^2} + \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} = \frac{d(\Delta\vartheta_1^c)}{d\tau}. \quad (6)$$

Чтобы исключить ϑ_1^c , введем коэффициент передачи

$$k_2 = \frac{\Delta\vartheta_1^c}{\Delta\vartheta_{ст.к}}, \quad (7)$$

здесь $\vartheta_{ст.к}$ — температура стенки калорифера, °С.

Из уравнения (7) получим

$$\Delta\vartheta_1^c = k_2 \Delta\vartheta_{ст.к}. \quad (8)$$

Продифференцируем выражение (8) по τ

$$\frac{d(\Delta\vartheta_1^c)}{d\tau} = k_2 \frac{d(\Delta\vartheta_{ст.к})}{d\tau}. \quad (9)$$

Подставив значение производной $\frac{d(\Delta\vartheta_1^c)}{d\tau}$ из уравнения (9) в выражение (6), получим

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др}F_{др}} \cdot \frac{d^2(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} = \frac{d(\Delta\vartheta_{ст.к})}{d\tau}. \quad (10)$$

В переходном режиме скорость нагрева металла калориферов прямо пропорциональна притоку тепла и обратно пропорциональна коэффициенту тепловой емкости

$$\frac{d\vartheta_{ст.к}}{d\tau} = \frac{\alpha_1 F_1 (\vartheta_1 - \vartheta_{ст.к})}{A_{кал}}, \quad (11)$$

где α_1 — коэффициент теплоотдачи от греющего пара к стенке калориферов, $ккал/м^2 \cdot час \cdot град$;

F_1 — площадь внутренней поверхности калориферов, $м^2$;

ϑ_1 — температура греющего пара в состоянии перед входом в калориферы, °С.

Преобразовав уравнение (11), получим

$$\frac{d\vartheta_{ст.к}}{d\tau} = \frac{\alpha_1 F_1 \vartheta_1}{A_{кал}} - \frac{\alpha_1 F_1 \vartheta_{ст.к}}{A_{кал}}. \quad (12)$$

Для переходного режима напишем уравнение (12) в приращениях

$$\frac{d(\Delta\vartheta_{ст.к})}{d\tau} = \frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_1}{A_{кал}} - \frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_{ст.к}}{A_{кал}}. \quad (13)$$

Приравняв уравнения (10) и (13), получим

$$\frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_1}{A_{кал}} - \frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_{ст.к}}{A_{кал}} = \frac{1}{k_2} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др}F_{др}} \cdot \frac{d^2(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau}. \quad (14)$$

В уравнение (5) подставим значение для $\Delta\vartheta_1^c$ из выражения (8)

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} + \frac{1}{k_2} \Delta\vartheta_1^{др} = \Delta\vartheta_{ст.к.} \quad (15)$$

Значение для $\Delta\vartheta_{ст.к.}$ из выражения (15) подставим в уравнение (14), тогда получим

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_1}{A_{кал}} - \frac{\alpha_1 F_1}{A_{кал}} \left[\frac{1}{k_2} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} + \frac{1}{k_2} \Delta\vartheta_1^{др} \right] = \\ = \frac{1}{k_2} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \cdot \frac{d^2(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{k_2} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \cdot \frac{d^2(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau^2} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \cdot \frac{\alpha_1 F_1}{A_{кал}} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} + \\ + \frac{1}{k_2} \cdot \frac{\alpha_1 F_1}{A_{кал}} \Delta\vartheta_1^{др} - \frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_1}{A_{кал}} = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

Уравнение (17) умножим на величину $\frac{A_{кал} \cdot k_2}{Q_0^{суш} \cdot \alpha_1 \cdot F_1}$; произведя некоторые преобразования, получим

$$\begin{aligned} \frac{1}{Q_0^{суш}} \cdot \frac{A_{кал}}{\alpha_1 F_1} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \cdot \frac{d^2(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau^2} + \left(\frac{A_{кал}}{\alpha_1 F_1} + \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \right) \frac{1}{Q_0^{суш}} \cdot \frac{d(\Delta\vartheta_1^{др})}{d\tau} + \\ + \frac{\Delta\vartheta_1^{др}}{Q_0^{суш}} = \frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_1}{Q_0^{суш}} \cdot \frac{k_2}{\alpha_1 F_1} \end{aligned} \quad (18)$$

Выражение (18) умножим на отношение $\frac{Q_0^{суш}}{\vartheta_0^{др}}$

$$\begin{aligned} \frac{A_{кал}}{\alpha_1 F_1} \cdot \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \cdot \frac{d^2}{d\tau^2} \left(\frac{\Delta\vartheta_1^{др}}{\vartheta_0^{др}} \right) + \left(\frac{A_{кал}}{\alpha_1 F_1} + \frac{A_{др}}{\alpha_{др} F_{др}} \right) \frac{d}{d\tau} \cdot \left(\frac{\Delta\vartheta_1^{др}}{\vartheta_0^{др}} \right) + \\ + \frac{\Delta\vartheta_1^{др}}{\vartheta_0^{др}} = \frac{\alpha_1 F_1 \Delta\vartheta_1}{Q_0^{суш}} \cdot \frac{Q_0^{суш} k_2}{\alpha_1 F_1 \vartheta_0^{др}} \end{aligned} \quad (19)$$

где k_2 зависит от режима сушки.

Из уравнения

$$Q_0^{суш} = \alpha_{кал} F_{кал} (\vartheta_{ст.к.} - \vartheta_1^c) \quad (20)$$

имеем в приращениях

$$\Delta\vartheta_{ст.к.} = \Delta\vartheta_1^c + \frac{\Delta Q_0^{суш}}{\alpha_{кал} F_{кал}} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (21)$$

Подставив значение $\Delta\vartheta_{ст.к.}$ из выражения (21) в уравнение (7), получим

$$k_2 = \frac{\Delta\vartheta_1^c}{\Delta\vartheta_1^c + \frac{\Delta Q_0^{суш}}{\alpha_{кал} F_{кал}}} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta Q_0^{суш}}{\alpha_{кал} F_{кал} \Delta\vartheta_1^c}} \quad (22)$$

Для ребристых чугунных труб длиной 2 м и площадью поверхности ребер 4 м², из которых собирают калориферы воздушно-паровых лесосушильных камер периодического действия, коэффициент оребрения

$$r_{кал} = \frac{F_{кал}}{F_1} = 9,1, \quad (23)$$

где $F_{\text{кал}}$ — площадь оребренной поверхности теплоотдачи трубы калорифера, м^2 ;
 F_1 — площадь неоребренной (внутренней) поверхности трубы калорифера, м^2 .

Из уравнения (23) имеем

$$F_1 = \frac{F_{\text{кал}}}{9,1} \text{ м}^2. \quad (24)$$

Коэффициент теплоотдачи от пара к внутренней стенке вертикальной трубы калорифера при конденсации пара выразится

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,94 \sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \lambda^3 r}{\mu H (\vartheta_1 - \vartheta_{\text{ст.к}})}} = 0,94 \frac{\sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \lambda^3}{\mu}} \cdot \sqrt[4]{Vr}}{\sqrt[4]{H (\vartheta_1 - \vartheta_{\text{ст.к}})}} = \\ &= 0,94 V \frac{\sqrt[4]{Vr}}{\sqrt[4]{H (\vartheta_1 - \vartheta_{\text{ст.к}})}} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}, \end{aligned} \quad (25)$$

здесь γ — удельный вес конденсата, $\text{кг}/\text{м}^3$;

λ — теплопроводность конденсата, $\text{ккал}/\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$;

μ — коэффициент абсолютной вязкости конденсата, $\text{кг} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$;

r — скрытая теплота парообразования, $\text{ккал}/\text{кг}$;

H — высота калорифера, м ;

ϑ_1 — температура насыщения пара, $^{\circ}\text{C}$;

$\vartheta_{\text{ст.к}}$ — температура стенки трубы калорифера со стороны пара, $^{\circ}\text{C}$.

Обозначив

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_{\text{кал}}} = \varepsilon_{\alpha}, \quad (26)$$

получим

$$\alpha_1 = \varepsilon_{\alpha} \alpha_{\text{кал}}, \quad (27)$$

тогда

$$\alpha_1 F_1 = \varepsilon_{\alpha} \alpha_{\text{кал}} \frac{F_{\text{кал}}}{9,1}. \quad (28)$$

Обозначив

$$\frac{\varepsilon_{\alpha}}{9,1} = \varepsilon_1, \quad (29)$$

получим

$$\alpha_1 F_1 = \varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}}. \quad (30)$$

В результате уравнение (19) примет вид

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{кал}}}{\varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}}} \cdot \frac{A_{\text{др}}}{\alpha_{\text{др}} F_{\text{др}}} \cdot \frac{d^2}{d\tau^2} \left(\frac{\Delta \vartheta_1^{\text{др}}}{\vartheta_0^{\text{др}}} \right) + \left(\frac{A_{\text{кал}}}{\varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}}} + \frac{A_{\text{др}}}{\alpha_{\text{др}} F_{\text{др}}} \right) \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\Delta \vartheta_1^{\text{др}}}{\vartheta_0^{\text{др}}} \right) + \\ + \frac{\Delta \vartheta_1^{\text{др}}}{\vartheta_0^{\text{др}}} = \frac{\alpha_1 F_1 \Delta \vartheta_1}{Q_0^{\text{суш}}} \cdot \frac{Q_0^{\text{суш}}}{\varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}} \vartheta_0^{\text{др}}} \left(1 + \frac{\Delta Q_0^{\text{суш}}}{\alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}} \Delta \vartheta_1^{\text{с}}} \right). \end{aligned} \quad (31)$$

В уравнении (31) величину $\frac{\alpha_1 F_1 \cdot \Delta \vartheta_1}{\varepsilon_1}$ следует рассматривать как приращение тепла агента сушки в результате возмущения, то есть

$$\frac{\alpha_1 F_1 \Delta \vartheta_1}{\varepsilon_1} = \Delta Q_0^{\text{суш}}. \quad (32)$$

Подставив уравнение (32) в уравнение (31), получим

$$\frac{A_{\text{кал}}}{\varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}}} \cdot \frac{A_{\text{др}}}{\alpha_{\text{др}} F_{\text{др}}} \cdot \frac{d^2}{d\tau^2} \left(\frac{\Delta \vartheta_1^{\text{др}}}{\vartheta_0^{\text{др}}} \right) + \left(\frac{A_{\text{кал}}}{\varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}}} + \frac{A_{\text{др}}}{\alpha_{\text{др}} F_{\text{др}}} \right) \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\Delta \vartheta_1^{\text{др}}}{\vartheta_0^{\text{др}}} \right) + \frac{\Delta \vartheta_1^{\text{др}}}{\vartheta_0^{\text{др}}} = \frac{\Delta Q_0^{\text{суш}}}{Q_0^{\text{суш}}} \cdot \frac{Q_0^{\text{суш}}}{\vartheta_0^{\text{др}} \left(\alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}} + \frac{\Delta Q_0^{\text{суш}}}{\Delta \vartheta_1^{\text{с}}} \right)} \quad (33)$$

Введем следующие обозначения.

Постоянная времени при второй производной

$$T_3^2 = T_1 T_2 = \frac{A_{\text{кал}}}{\varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}}} \cdot \frac{A_{\text{др}}}{\alpha_{\text{др}} F_{\text{др}}} r^2; \quad (34)$$

постоянная времени при первой производной

$$T_4 = T_1 + T_2 = \frac{A_{\text{кал}}}{\varepsilon_1 \alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}}} + \frac{A_{\text{др}}}{\alpha_{\text{др}} F_{\text{др}}} r; \quad (35)$$

относительное отклонение температуры древесины

$$\varphi_{\text{др}} = \frac{\Delta \vartheta_1^{\text{др}}}{\vartheta_0^{\text{др}}}; \quad (36)$$

относительная величина возмущающего воздействия

$$\mu = \frac{\Delta Q_0^{\text{суш}}}{Q_0^{\text{суш}}}; \quad (37)$$

коэффициент передачи объекта

$$k_{\text{об}}^{\text{др}} = \frac{Q_0^{\text{суш}}}{\vartheta_0^{\text{др}} \left(\alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}} + \frac{\Delta Q_0^{\text{суш}}}{\Delta \vartheta_1^{\text{с}}} \right)}; \quad (38)$$

коэффициент самовыравнивания

$$\delta_{\text{об}}^{\text{др}} = \frac{1}{k_{\text{об}}^{\text{др}}} = \frac{\vartheta_0^{\text{др}} \left(\alpha_{\text{кал}} F_{\text{кал}} + \frac{\Delta Q_0^{\text{суш}}}{\Delta \vartheta_1^{\text{с}}} \right)}{Q_0^{\text{суш}}}. \quad (39)$$

Подставив эти обозначения в выражение (33), получим уравнение в канонической форме

$$T_3^2 \cdot \frac{d^2 \varphi_{\text{др}}}{d\tau^2} + T_4 \frac{d\varphi_{\text{др}}}{d\tau} + \varphi_{\text{др}} = k_{\text{об}}^{\text{др}} \mu. \quad (40)$$

Предлагаемое приближенное математическое описание лесосушильной камеры как двухъемкостного объекта по температуре высушиваемой древесины можно применять в случае, когда автоматическое регулирование ведется по обобщенной координате разности температур древесины в процессе сушки, а именно разности температур древесины в конце периода испарения свободной влаги и в период испарения связанной влаги (метод П. И. Ананьина, В. Н. Петри и Г. Р. Урванова).

Вследствие нелинейности лесосушильных камер величины постоянных времени и коэффициента передачи будут изменяться в процессе сушки, что необходимо учитывать при практических расчетах. Приближенно эти величины можно принять постоянными на протяжении данного этапа сушки.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.78

ОБ УЧЕТЕ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ ВЫВОЗКИ ЛЕСА
НА СТОИМОСТЬ ПОЕЗДО-СМЕНЫ.
ПРИ СРАВНЕНИИ ПРОЕКТНЫХ ВАРИАНТОВ

Б. А. ИЛЬИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

Работники проектных организаций лесной промышленности при сравнении проектных вариантов, как правило, не учитывают влияния изменения расстояния вывозки леса на стоимость машино-смены автопоезда, что, в ряде случаев, может привести к ошибочным решениям. Стоимость машино-смены автопоезда можно выразить так:

$$M = M_1 + M_2 + M_3,$$

где M_1 — затраты, зависящие в основном от годового режима работы;
 M_2 — затраты, зависящие в основном от расстояния вывозки;
 M_3 — зарплата водителей с соответствующими дополнительными расходами.

В свою очередь,

$$M_1 = \frac{1,2k_1N + k_2B}{100T_0m} \text{ руб./смена,}$$

где k_1 — амортизационные отчисления на полное восстановление стоимости автопоезда, %;
 k_2 — амортизационные отчисления по гаражному хозяйству, %;
 N — стоимость автопоезда с учетом затрат на доставку;
 B — сметная стоимость гаражного хозяйства, отнесенная к одному списочному автомобилю;
 T_0 — расчетное число рабочих дней в году;
 m — число смен в рабочем дне;
1,2 — коэффициент, учитывающий прочие производственные расходы.

К затратам второй группы следует отнести расходы на текущий и капитальный ремонт $C_{\text{рем}}$, на горючее и смазочные C_r и на замену изношенных шин $C_{\text{ш}}$, то есть

$$M_2 = C_{\text{рем}} + C_r + C_{\text{ш}} \text{ руб./смена.}$$

Затраты по текущему ремонту и амортизационные отчисления на капитальный ремонт

$$C_{\text{рем}} = \left(\delta + \frac{k_3N}{100000} \right) L = \frac{Tk_B v_{\text{ср}} l_{\text{ср}}}{120l_{\text{ср}} + v_{\text{ср}} \Sigma t_{\text{пр}}} \left(2\delta + \frac{k_3N}{50000} \right) \text{ руб./смена,}$$

где δ — расходы на текущий ремонт, руб./км пробега;
 k_3 — размер отчислений на капитальный ремонт, %;
 L — пробег автопоезда за смену, км;

- T — продолжительность рабочей смены, мин;
 k_v — коэффициент использования рабочего времени;
 v_{cp} — средняя скорость движения в обоих направлениях, км/час;
 l_{cp} — среднее расстояние вывозки, км;
 Σt_{np} — суммарные простои автомобиля за рейс, мин.

По данным Гипролестранса [2], расход горючего на вывозке дрезсины зависит от типа автопоезда, величины полезной нагрузки $Q_{пол}$ и прямо пропорционален выполненной грузовой работе.

С учетом этого

$$C_r = \frac{b \rho q_n T k_v v_{cp} l_{cp} Q_{пол}}{100 (120 l_{cp} + v_{cp} \Sigma t_{np})} \text{ руб./смена,}$$

- где b — стоимость горючего, руб./кг;
 ρ — коэффициент, учитывающий расходы на смазочные материалы;
 q_n — норма расхода горючего на 100 м³ км грузовой работы, кг.
 Расходы на замену изношенных шин определяются выражением

$$C_{ш} = \frac{2 T k_{вA} (n_{ав} + \mu n_{пр}) l_{cp} v_{cp}}{D (120 l_{cp} + v_{cp} \Sigma t_{np})} \text{ руб./смена,}$$

- где A — стоимость одной шины в сборе, руб.;
- $n_{ав}$ — количество шин на колесах автомобиля;
- $n_{пр}$ — количество шин на колесах прицепного состава;
- D — нормативный пробег автомобильных шин, км;
- μ — коэффициент, учитывающий применение в зимнее время санного прицепного состава.

Расходы по зарплате водителей автопоездов выражаются так:

$$M_3 = k_{р.к} T_{ст} k_d k_{д.р} \text{ руб./смена,}$$

- где $k_{р.к}$ — районный коэффициент;
- $T_{ст}$ — тарифная ставка, руб.;
- k_d — коэффициент учета различных доплат к зарплате;
- $k_{д.р}$ — коэффициент учета дополнительных расходов на зарплату.

Полная стоимость машино-смены автопоезда будет равна

$$M = \frac{1,2 k_1 N + k_2 B}{100 T_0 m} + \frac{T k_v v_{cp} l_{cp}}{120 l_{cp} + v_{cp} \Sigma t_{np}} \left[2\delta + \frac{k_3 N}{50000} + \frac{q_n Q_{пол} b \rho}{100} + \frac{2A (n_{ав} + \mu n_{пр})}{D} \right] + k_{р.к} T_{ст} k_d k_{д.р} \text{ руб./смена.}$$

Значения входящих в эту формулу укрупненных измерителей и коэффициентов можно принимать по данным Гипролестранса [1], [2].

Введем обозначения

$$s = \frac{1,2 k_1 N + k_2 B}{100 T_0 m} + k_{р.к} T_{ст} k_d k_{д.р}; \quad (1)$$

$$t = \frac{T k_v v_{cp}}{120} \left[2\delta + \frac{k_3 N}{50000} + \frac{q_n Q_{пол} b \rho}{100} + \frac{2A (n_{ав} + \mu n_{пр})}{D} \right]; \quad (2)$$

$$r = \frac{v_{cp} \Sigma t_{np}}{120}. \quad (3)$$

Тогда получим, что

$$M = s + \frac{t l_{cp}}{l_{cp} + r} \text{ руб./смена.} \quad (4)$$

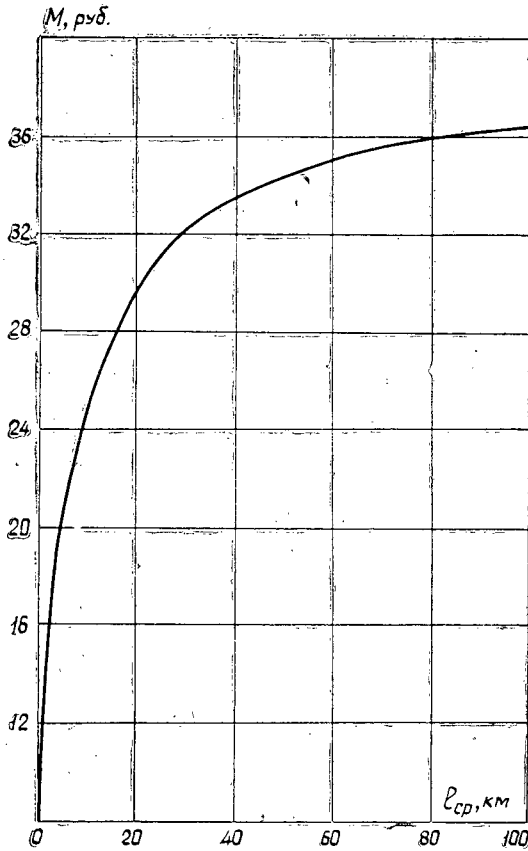


Рис. 1. Зависимость стоимости поездно-смены лесовозного поезда в составе автомобиля МАЗ-509 плюс роспуск 2-Р-15 от расстояния вывозки. Районный коэффициент принят равным единице.

Результаты расчетов стоимости поездно-смены по этой формуле при различных расстояниях вывозки приведены на рис. 1, из которого видно, что в пределах от 5 до 40 км стоимость поездно-смены рассматриваемого поезда увеличивается весьма значительно (в 1,75 раза), что необходимо учитывать в проектных расчетах. При больших расстояниях вывозки она нарастает медленнее, например, в диапазоне от 50 до 100 км — лишь на 7%.

Выведем формулу себестоимости вывозки 1 м³ древесины с учетом зависимости M от $l_{ср}$.

За основу примем формулу, предложенную автором [3],

$$x = a + \left(b + \frac{c}{Q}\right) l_{ср} + \frac{d}{Q} \text{ руб./м}^3, \quad (5)$$

где
$$a = \frac{M \Sigma t_{пр}}{T k_v Q_{пол}} + 0,0085 \frac{k_{ус}}{\gamma_{ус}} \text{ руб./м}^3; \quad (6)$$

$$b = \frac{120M}{T k_v Q_{пол} v_{ср}} \text{ руб./м}^3 \cdot \text{км}; \quad (7)$$

$$c = \frac{B_{пут} + 0,01 n C_{ср}}{a_{пр}} \text{ руб./км}; \quad (8)$$

d — размер годовых затрат на содержание управления дороги и вспомогательного персонала, зависящих в основном от режима работы;

- Q — годовой грузооборот дороги, $m^3/год$;
 k_{yc} — стоимость постройки и содержания 1 км уса, руб.;
 γ — запас древесины (ликвидный) на 1 га, m^3 ;
 l_{yc} — среднее расстояние между усами, км;
 $B_{пут}$ — стоимость годового содержания 1 км пути, руб.;
 n — средний процент амортизационных отчислений от стоимости строительства дороги;
 C_{cp} — средняя стоимость строительства 1 км пути постоянного типа;
 $\alpha_{пр}$ — коэффициент пробега.

Расчет выполнен для автопоезда типа МАЗ-509 плюс роспуск 2-Р-15 с использованием показателей и данных, приведенных выше.

Кроме того, принято, что $d = 56000$ руб., $k_{yc} = 1700$ руб., $\gamma = 160 m^3/га$, $B_{пут} = 1150$ руб., $n = 6\%$, $C_{cp} = 8000$ руб. (с учетом постройки части зимних дорог), $\alpha_{пр} = 0,6$, $l_{yc} = 0,9$ км.

Тогда

$$x = 0,148 + \frac{0,149l_{cp}}{l_{cp} + 9,3} + \left(0,00513 + \frac{0,0159l_{cp}}{l_{cp} + 9,3} + \frac{2720}{Q}\right) l_{cp} + \frac{56000}{Q} \text{ руб./}m^3. \quad (9)$$

Исследуя выражение (9), можно убедиться в том, что зависимость стоимости вывозки 1 m^3 от расстояния вывозки осталась прямолинейной. В связи с этим можно предложить следующий простой способ учета влияния расстояния вывозки при выводе уравнения (5).

Из выражения (4) можно получить

$$M = s + t - \frac{rt}{l_{cp} + r} \text{ руб./смена.} \quad (10)$$

Принимая в этой формуле $l_{cp} = 0$, можно найти условную стоимость машино-смены автопоезда во время простоев под погрузкой и разгрузкой, то есть

$$M_{пр} = s \text{ руб./смена.}$$

Принимая в формуле (10) $l_{cp} = \infty$, можно получить условную стоимость поездо-смены во время движения

$$M_{дв} = s + t \text{ руб./смена.}$$

Если при вычислении величины a по формуле (6) принять $M = M_{пр}$, а при вычислении b по формуле (7) $M = M_{дв}$, то этим самым мы учтем влияние рассматриваемых факторов на величину себестоимости вывозки древесины.

Наша методика расчета при определении себестоимости вывозки древесины не исключает использования формул, предложенных другими авторами (Д. А. Поповым, С. А. Сыромятниковым, М. И. Кишинским и др.).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гипролестранс. Методические указания к разработке экономических показателей при проектировании предприятий лесной промышленности. 1966. [2]. Гипролестранс. Нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий, 1966. [3]. Б. А. Ильин. Обоснование основных параметров и размещения путей лесотранспорта. Изд-во «Лесная промышленность», 1965.

УДК 634.0.79 : 547.992.3

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИГНОПРОДУКЦИИ

В. И. МОСЯГИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

Возможности использования гидролизного лигнина очень разнообразны [2], [8], [12], [11], [9], [3], [7], [6], [10], а потребность народного хозяйства в отдельных видах лигнопродукции * достигает значительных размеров.

Сложность и специфика методики определения экономической эффективности производства и потребления лигнопродукции объясняется особенностью формирования себестоимости гидролизной продукции при комплексном использовании сырья. При гидролизе растительного материала, как известно, получается совокупный продукт, состоящий из двух основных неоднородных компонентов — углеводной части (редуцирующих веществ) и негидролизуемой — лигнина. Определить величину затрат труда по каждому компоненту в отдельности прямым счетом не удастся. При расчете себестоимости лигнопродукции основная задача заключается в том, чтобы правильно определить величину затрат живого и овеществленного труда совокупного продукта гидролиза, которая должна быть перенесена на лигнин. Зная стоимость лигнина, нетрудно определить себестоимость лигнопродукции, так как все последующие затраты труда непосредственно относятся на ее производство. Все предложения по оценке лигнина как сырья для промышленной переработки направлены на поиски критерия, при помощи которого можно было бы найти правильный подход к определению величины его стоимости. Однако ни один из предлагаемых методов оценки лигнина не является достаточно обоснованным с экономической точки зрения. Каждый из них имеет те или иные недостатки, в силу которых оказывается непригодным для практического использования.

Мы считаем, что разработка методики расчета эффективности производства лигнопродукции должна базироваться не на строго определенной и заранее известной величине стоимости лигнина, а на предельно допустимых (максимальном и минимальном) значениях этого показателя, устанавливающего границы эффективного промышленного использования лигнина в народнохозяйственном аспекте.

Действительная стоимость (цена) лигнопродукции C в общем виде определяется следующим образом:

$$C = C_{\lambda a} + S + \lambda \Phi + Z_{1\text{тр}}. \quad (1)$$

Исходя из сформулированного выше положения, имеем

* В понятие «лигнопродукция» входит продукция, получаемая различными способами из гидролизного лигнина.

$$C_{max} > C; \quad (2)$$

$$C_{min} < C. \quad (3)$$

Подставив значение C из уравнения (1) в неравенство (2) и решив данное неравенство относительно величины $C_{л}$, получим

$$C_{л} < \frac{C_{max} - (S + \lambda\Phi + Z_1^{TP})}{\alpha} = C_{л}^{max}. \quad (4)$$

Аналогичным образом находим

$$C_{л} > \frac{C_{min} - (S + \lambda\Phi + Z_1^{TP})}{\alpha} = C_{л}^{min}; \quad (5)$$

где $C, C_{л}$ — действительная стоимость (цена) лигнопродукции и соответствующая ей стоимость единицы лигнина;

C_{max} и C_{min} — максимальная и минимальная предельно допустимая стоимость (цена) лигнопродукции;

$C_{л}^{max}$ и $C_{л}^{min}$ — максимальная и минимальная стоимость единицы лигнина;

S — себестоимость переработки лигнина в расчете на единицу лигнопродукции;

α — норма расхода лигнина на единицу лигнопродукции;

λ — коэффициент, учитывающий норму прибыли в производстве гидролизной продукции;

Φ — стоимость производственных фондов, приходящаяся на единицу лигнопродукции;

Z_1^{TP} — расходы по доставке единицы лигнопродукции потребителю.

Следовательно, организация производства лигнопродукции может быть признана экономически целесообразной лишь в том случае, если действительная стоимость лигнина будет находиться в диапазоне ее предельно допустимых стоимостей. Аналитически это требование можно выразить так:

$$C_{л}^{max} > C_{л} > C_{л}^{min}.$$

Если производство лигнопродукции окажется экономически целесообразным, то в этом случае определенный интерес представляет исчисление условно-годовой экономии \mathcal{E} от его реализации. Эта величина может быть определена из следующего выражения:

$$\mathcal{E} = \{[(C_0 + E_n^0 K_0) k - (C_1^p + E_n^1 K_1)] + [(C_{max} - Z_1^{TP}) - C_0 k]\} A, \quad (6)$$

где C_0 — себестоимость единицы традиционных материалов, заменяемых лигнопродукцией;

C_1^p — расчетная себестоимость единицы лигнопродукции, в которой оценка лигнина произведена в зависимости от фактического состояния его использования;

K_1 и K_0 — удельные капиталовложения в производство лигнопродукции и заменяемых ею традиционных материалов (с учетом сопряженных затрат и стоимости оборотных фондов);

E_n^1 и E_n^0 — нормативные коэффициенты экономической эффективности капиталовложений в производство лигнопродукции и заменяемых ею традиционных материалов;

C_0 — отпускная стоимость (цена) единицы традиционных материалов франко-поставщик;

Z_1^{TP} — транспортные расходы по доставке единицы лигнопродукции потребителям;

A — годовой объем производства лигнопродукции;
 k — коэффициент, учитывающий нормы расхода традиционных материалов и лигнопродукции на производство конечного продукта.

Только по результатам неравенств и уравнений (4), (5), (6), как нам представляется, можно судить о целесообразности организации производства того или иного вида лигнопродукции, о необходимости или неправомерности внедрения его в промышленность. Но вместе с тем без правильного определения величин, входящих в эти формулы, невозможно получить достоверный результат, несмотря на совершенно правильную постановку вопроса в целом. Возникает, таким образом, необходимость в разработке методов определения исходных показателей, необходимых для практического использования формул (4), (5), (6), а именно: годового объема производства лигнина и промышленной продукции из него; максимальной и минимальной предельно допустимой стоимости (цены) лигнопродукции; расчетной себестоимости единицы лигнопродукции; удельных капиталовложений в организацию производства лигнопродукции; транспортных расходов по доставке лигнопродукции потребителю. Приводим краткую характеристику расчета этих показателей.

1. Годовой объем производства лигнина находится в непосредственной зависимости от перерабатываемого на гидролизных заводах количества сырья и выражается следующей зависимостью:

$$L = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \gamma_i, \quad (7)$$

где L — годовой объем производства абс. сухого лигнина, т;
 Q_i — годовая потребность i -го предприятия в абс. сухом сырье франко-гидролизаппарат, т;
 γ_i — коэффициент выхода лигнина из единицы перерабатываемого сырья на i -ом предприятии;
 n — количество гидролизных заводов в отрасли.

Для определения годовой потребности в лигнопродукции определенного вида A можно воспользоваться формулой

$$A = \Pi \cdot k \cdot \beta, \quad (8)$$

где Π — годовая потребность (франко-потребитель) в заменяемых лигнопродукцией материалах (в натуральных сопоставимых единицах измерения);

k — коэффициент эквивалентности, определяемый из отношения расхода лигнопродукции к расходу традиционных продуктов, используемых для одних и тех же целей;

β — коэффициент, учитывающий потери лигнопродукции при транспортировке.

2. В основе максимальной предельно допустимой стоимости (цены) лигнопродукции лежит требование, чтобы уровень приведенных затрат у потребителя на производство готовой продукции из традиционных материалов и лигнопродукции был неодинаковым.

Математически это условие удовлетворительно выражается следующей формулой:

$$C_{max} = \frac{C_0 \cdot q_0 - (S_1 - S_0) + E_n^s (K_0^s - K_1^s) + Z_0^{TP} \cdot q_0}{q_1}, \quad (9)$$

где C_0 — отпускная цена на заменяемые лигнопродукцией материалы франко-поставщик;

K_1^s и K_0^s — стоимость производственных фондов, занятых в производстве готовых изделий соответственно из лигнопродукции и традиционных материалов;

S_1 и S_0 — себестоимость конечной продукции без стоимости сырья соответственно из лигнопродукции и традиционных материалов;

E_n^s — нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений в производство конечной продукции;

q_1 и q_0 — нормы расхода лигнопродукции и традиционных материалов на единицу конечной продукции;

$Z_0^{тр}$ — транспортные расходы по доставке потребителям единицы традиционных материалов.

3. При определении предельно допустимой стоимости (цены) на лигнопродукцию необходимо исходить из условия, при котором обеспечивалась бы гидролизным заводам равновыгодность промышленной переработки лигнина и использование его в качестве топлива, являющегося основным, определяющим направлением утилизации лигнина в настоящее время. В этом случае минимально допустимая стоимость (цена) лигнопродукции C_{min} равна

$$C_{min} = C_n^{top} \cdot \alpha + S + Z_1^{тр}, \quad (10)$$

где C_n^{top} — стоимость единицы лигнина при топливном использовании;

S — себестоимость переработки лигнина в расчете на единицу лигнопродукции;

α — норма расхода лигнина на единицу лигнопродукции;

$Z_1^{тр}$ — транспортные расходы по доставке единицы лигнопродукции потребителю.

4. При определении экономической эффективности организации производства лигнопродукции необходимо по возможности учитывать все виды экономии, в том числе и ту, которая достигается путем улучшенного использования самого лигнина. Формула (6) должна базироваться на так называемой расчетной себестоимости лигнопродукции C_p^r , которая складывается из фактической стоимости лигнина C_n^f с учетом нормы расхода α и затрат по его переработке S . При этом под фактической стоимостью лигнина следует понимать оценку в зависимости от существующих направлений его использования, то есть до переработки на промышленную продукцию.

5. Для определения капиталовложений в производство лигнопродукции необходимо учитывать сопряженные затраты и стоимость оборотных фондов, потребных для организации такого производства [4]. Изменение стоимости производственных фондов $K_0^s - K_1^s$ у потребителя лигнопродукции, вызванное заменой ею традиционных изделий, может быть найдено с помощью следующих слагаемых: остаточной стоимости оборудования Φ_0 , подлежащего ликвидации в связи с введением лигнопродукции; суммы от реализации ликвидируемого оборудования Φ_p ; новых капитальных вложений K_n , необходимых для замены традиционных материалов лигнопродукцией; изменения стоимости оборотных фондов $\Delta\Phi_{об}$.

Используя буквенные обозначения, зависимость между показателями K_0^s и K_1^s и перечисленными выше величинами можно записать так:

$$K_0^s - K_1^s = \Phi_p - (\Phi_0 + K_n) \pm \Delta\Phi_{об}. \quad (11)$$

6. Затраты на транспортировку лигнопродукции от каждого возможного поставщика до конкретных потребителей следует определять

по методике института комплексных транспортных проблем [5]. Вопрос о нахождении оптимального значения величины Z_{TP} отдельно для каждого вида лигнопродукции может быть решен одним из методов дискретного программирования. Более сложным является случай установления аналогичного оптимума сразу для нескольких видов лигнопродукции. Такая задача также практически разрешима по схеме многопродуктовой дискретной задачи размещения, но требуется разработка специального алгоритма.

Рассмотренные положения являются лишь попыткой наметить некоторые пути создания единой, теоретически приемлемой и практически пригодной методики для определения эффективности организации производства продукции на базе промышленной переработки гидролизного лигнина.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Д. Беляев. Гидролизная промышленность на новом этапе развития. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 4, 1967. [2]. А. П. Закощиков. Новые возможности использования гидролизного лигнина. М., 1963. [3]. Т. В. Изумрудова и др. Реагенты из гидролизного лигнина, применяемые при бурении нефтяных и газовых скважин. Журн. «Химическая переработка древесины» № 3, 1965. [4]. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений в производство взаимозаменяемой продукции. М., 1965. [5]. Методика расчетов и экономические показатели для распределения перевозок между видами транспорта. М., 1966. [6]. Насоки за комплексно използване на буковата дървесина. Материали от международния симпозиум, проведен в София от 12 до 14 април 1966 г.; София, 1967. [7]. С. Н. Сухановский и др. Лигниновый уголь как восстановитель при выплавке алюминийно-кремниевых сплавов. Сборник трудов ВНИИГС, т. XIV, 1965. [8]. М. И. Чудakov. Использование лигнина и лигносодержащих отходов за рубежом. М., 1960. [9]. М. И. Чудakov. Промышленное использование лигнина. М., 1962. [10]. М. И. Чудakov. Пути химической переработки гидролизного лигнина. Сборник трудов ВНИИГС, т. XVI, 1967. [11]. K. K r a t z, Holzforschung und Holzverwertung, Bd., 15, № 1, 1961. [12]. M. Oshim a, K. Kashim a. Annual Report of the Noguchi institute. Tokyo, 1960.

Поступила 20 мая 1968 г.

УДК 634.0.79

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН

В. Г. ЗОЛОТОГОРОВ

(Белорусский технологический институт)

В статье приводятся результаты сравнительной оценки новых модификаций трелевочных машин, создаваемых на базе трелевочных тракторов ТДТ-55 и ТТ-4: машины для бесчokerной трелевки леса ТБ-55, валочно-трелевочных машин ВТМ-55 и ВТТ-4.

Сравнительную оценку новых машин мы производили на основе сопоставления их фактической средней производительности с минимальной (предельной), при которой достигается равенство приведенных затрат по вариантам $(C_i + E_n K_i)$, где $K_i = C'_i + E'_n K'_i$.*

Учитывая стоимость изготовления и соответствующие капитальные вложения, а также эксплуатационные затраты, определяли минималь-

* В. Г. Золотогоров. Экономические показатели использования тракторов на трелевке — погрузке леса. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966, стр 63—64.

ные (предельные) значения сменной производительности машин, при которых они более эффективны, чем базовые тракторы ТДТ-55 и ТТ-4. Затем по данным производственных испытаний находили фактическую сменную производительность — среднюю для условий фактически имевшего место размера простоев по техническим причинам и среднюю улучшенную для условий доведения простоев по техническим причинам до уровня этих простоев базовых тракторов.

В связи с тем, что бензопилы и трелевочные тракторы на лесосечных работах заменяются валочно-трелевочными машинами ВТМ-55 и ВТТ-4, показатели новых машин сравнивали с показателями базовых тракторов и пилы «Дружба».

Стоимость изготовления новых машин устанавливали, исходя из их конструктивного веса, серийности изготовления и цены за единицу веса базовых тракторов. По стоимости изготовления и удельным вложениям на один рубль товарной продукции определяли удельные капитальные вложения в расчете на одну машину, которые затем приводили к годовой базе по формуле приведенных затрат (табл. 1).

Таблица 1

Показатели	Величина показателей для машин				
	ТДТ-55	ТБ-55	ВТМ-55	ТТ-4	ВТТ-4
Конструктивный вес, кг	8200	9900	10700	12200	14700
Полная себестоимость изготовления, руб.	3776	5009	5514	4982	6600
Удельные вложения в производственные фонды, руб. на одну машину	3927	5210	5630	4384	5808
Число машино-смен работы в году	234	234	234	234	234
Удельные вложения в производственные фонды, приведенные к годовой базе, руб. — коп.	952	1262	1364	1216	1610
на одну машину					
на одну машино-смену	4—08	5—40	5—83	5—20	6—89

Размер вложений в основные производственные фонды и оборотные средства определен по данным Онежского и Алтайского тракторных заводов, исходя из среднегодовой стоимости производственных фондов, отнесенных к товарной продукции.

В составе эксплуатационных затрат по каждому из сравниваемых вариантов машин были учтены затраты по заработной плате с отчислениями по содержанию машин, строительству лесовозных путей и верхних складов.

Таблица 2

Градации объема хлыста, м ³	Сменная производительность базового трактора ТДТ-55, м ³	Сменная производительность ТБ-55, м ³		
		определяющая границу эффективности	фактическая средняя улучшенная	фактическая средняя
До 0,21	41	41	39	32
0,22—0,29	46	46	45	40
0,30—0,39	56	55	54	45
0,40—0,49	57	58	56	46
0,50—0,75	65	66	64	53
0,76—1,10	75	77	71	58
1,11—1,50	82	84	75	61

Таблица 3

Градации объема хлыста, м ³	Выработка, м ³ , на 1 чел.-день			
	при трелевке трактором ТДТ-55	при трелевке ТБ-55, при сменной производительности		
		определяющей границу эффективности	фактической средней улучшенной	фактической средней
До 0,21	14,6	27,4	26,0	21,3
0,22—0,29	16,8	30,7	30,0	26,7
0,30—0,39	20,4	37,4	36,0	30,0
0,40—0,49	21,4	38,2	37,9	30,7
0,50—0,75	24,8	43,9	42,7	35,3
0,76—1,10	28,9	52,0	47,3	38,7
1,11—1,50	31,1	56,0	50,0	40,8

Полученные для оптимальных расстояний трелевки значения сменной производительности, а также производительности труда при работе бесчokerной машины ТБ-55 и трелевочного трактора ТДТ-55 сведены в табл. 2 и 3.

Как видно из табл. 2, минимальные значения сменной производительности ТБ-55, определяющие границу эффективности этой машины, практически совпадают со сменной производительностью базового трактора ТДТ-55. Это означает, что машина ТБ-55 может быть эффективна только в том случае, если ее сменная производительность будет не менее сменной производительности трактора ТДТ-55. Данный вывод действителен, конечно, только для тех значений стоимости изготовления машины ТБ-55 (5009 руб.) и расходов по содержанию (20—25 руб. на одну машино-смену), которые приняты в расчетах.

Фактическая средняя улучшенная производительность машины ТБ-55, рассчитанная по данным предварительных производственных испытаний, для первых четырех градаций среднего объема хлыста очень близка к расчетной минимальной. Наряду с этим, применение бесчokerной машины на трелевке леса обеспечивает большую экономию затрат живого труда в лесозаготовительных предприятиях (табл. 3), что дает основание рассматривать ТБ-55 как весьма прогрессивную машину. Для того чтобы такая оценка соответствовала действительности, необходимо при доработке конструкции машины ТБ-55 устранить все недостатки, обусловившие низкую эксплуатационную надежность ее первого опытного образца (фактический средний размер внутрисменных простоев по техническим причинам составил 89 мин в смену).

В табл. 4 приведены минимальные значения сменной производительности валочно-трелевочных машин ВТМ-55 и ВТТ-4, при которых их применение эффективно сравнительно с базовыми тракторами и пилой «Дружба».

Таблица 4.

Градации объема хлыста, м ³	Сменная производительность, м ³	
	ВТМ-55	ВТТ-4
До 0,21	31	32
0,22—0,29	37	38
0,30—0,39	45	47
0,40—0,49	48	55
0,50—0,75	56	65
0,76—1,10	65	78
1,11—1,50	71	98

Показатели фактической сменной производительности валочно-трелевочной машины ВТМ-55 рассчитаны при градации объема хлыста 0,30—0,39 м³ и приведены к оптимальным расстояниям трелевки 201—300 м, а по ВТТ-4 соответственно 0,40—0,49 м³ и 301—400 м.

Фактическая сменная производительность машин при размере простоев во время предварительных испытаний (по ВТМ-55 — 135 мин, по ВТТ-4 — 138 мин на смену) составила по ВТМ-55 — 18,3 м³ и по ВТТ-4 — 32 м³.

Фактическая средняя улучшенная производительность машин, при условии доведения времени подготовительно-заключительной работы и простоев по техническим причинам до уровня соответствующих затрат времени по базовым трелевочным тракторам, составит: по ВТМ-55 — 26 м³, по ВТТ-4 — 51 м³.

Минимальная сменная производительность, определяющая эффективность ВТМ-55, для рассмотренных производственных условий равна 45 м³. Фактическая сменная производительность ВТМ-55, достигнутая во время испытаний, значительно ниже этой границы.

Результаты предварительных испытаний валочно-трелевочной машины ВТМ-55 показывают, что ее конструкция требует серьезной доработки.

Рассчитанная средняя улучшенная сменная производительность валочно-трелевочной машины ВТТ-4 (51 м³) несколько ниже минимального значения (55 м³), при котором ее применение эффективно по сравнению с базовым трактором ТТ-4 и бензиномоторной пилой «Дружба». Однако это не может и не должно служить основанием для вывода о том, что ВТТ-4 не является прогрессивной машиной. Есть все основания считать, что сменная производительность ВТТ-4 после доработки ее конструкции превысит нижнюю границу эффективности этой машины. Основанием для такого предположения служит тот факт, что в отдельные дни сменная производительность ВТТ-4 достигала 60 м³ и более, то есть на 15—20% превышала минимально необходимую производительность. Применение ВТТ-4 обеспечивает также резкое повышение производительности труда по комплексу валка — трелевка. Выработка на 1 чел.-день у основных и вспомогательных рабочих повышается примерно в два раза.

При доработке конструкции ВТТ-4 необходимо обратить особое внимание на повышение эксплуатационной надежности машины, так как в период предварительных испытаний внутрисменные простои по техническим причинам составляли в среднем 138 мин в смену. Кроме того, при пилении в 41 случае из 100 имели место сколы.

Обобщая сравнительную оценку машин, можно отметить следующее.

1. Машины ТБ-55 и ВТТ-4 являются наиболее прогрессивными из рассмотренных. Результаты предварительных испытаний первых опытных образцов подтверждают реальную возможность и целесообразность быстрой доработки их конструкций и достижение в их работе более высоких экономических показателей, чем по базовым трелевочным тракторам ТДТ-55 и ТТ-4. В минимально короткий срок необходимо довести конструкции ТБ-55 и ВТТ-4, представить их на государственные испытания с целью более широкой проверки технико-экономических показателей и окончательного решения вопроса о целесообразности запуска в серийное производство.

2. Конструкция машины ВТМ-55 требует серьезной доработки.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 581.9 (234.9)

ОСОБЕННОСТИ ДРЕВНЕТРЕТИЧНЫХ ЛЕСОВ ТАЛЫША

И. С. САФАРОВ

(АН Азербайджанской ССР)

Ввиду удобной ориентации восточных лесистых склонов Эльбурса и его северо-западных отрогов — Талышских гор — по отношению к влагоносным воздушным массам, идущим с Каспия, в Приморской низменности и в нижнем горном поясе выпадает 1500—2000 мм осадков в год.

Горная система Эльбурса одновременно служит надежным щитом, преграждающим пути сухим, резко континентальным воздушным массам, идущим со стороны внутреннего Ирана. Благодаря этому, в Прикаспийской низменности среднегодовая температура составляет $+14-15^{\circ}\text{C}$, а средняя за январь от $+6,5^{\circ}\text{C}$ (на юге) до $+3^{\circ}\text{C}$ (на севере Талыша).

Решающим фактором сохранения древней растительности в Талыше служит тот факт, что его пределов не могло достигнуть ни одно из оледенений, уничтоживших теплолюбивую третичную растительность в других районах.

Оледенение гор Большого, Малого Кавказа и высокой части Эльбурса (гора Демовенд) способствовало охлаждению климата Гирканской провинции, что привело к вытеснению вечнозеленых и теплолюбивых видов и господству листопадных, более холодостойких. Надо полагать, что под влиянием охлаждения климата некоторые виды постепенно адаптировались к изменившимся условиям и стали листопадными, например, дуб каштанolistный и железное дерево.

В Талыше железное дерево (*Parrotia persica* С. А. М.) распространено в Приморской низменности и в нижнем горном поясе — до 500—600 м над уровнем моря (рис. 1). В южной части ареала (Гильян, Мазандаран) оно поднимается значительно выше — до 1000 м. Всюду ареал железного дерева связан с распространением желтоземных почв. Железному дереву свойственны очень оригинальные биологические особенности: оно цветет с 15—20 января до наступления устойчивой весны. Как показывают многолетние наблюдения, кратковременные морозы $5-6^{\circ}$ не опасны для цветущих деревьев, так как все генеративные органы находятся под защитой густой, полусухой прошлогодней листвы. Цветение предшествует листопаду, оба эти процесса происходят последовательно и продолжаются до конца марта. Более сильные морозы в Талыше очень редки и обычно несколько задерживают цветение железняка, которое затем становится еще интенсивнее. Поэтому железное дерево почти ежегодно обильно плодоносит и обеспечивает хорошее семенное возобновление. Железное дерево хорошо возобновляется порослью от пня и корневыми отпрысками, на одном пне насчитывается по 50—70 порослевин. Наблюдаются случаи, когда ветки деревьев, сгибаясь и соприкасаясь с землей, укореняются и образуют новые стволы, очень часто возникают придаточные корни, свойственные тропическим лесам. Характерной биологической особенностью железного дерева является также массовое срастание его стволов и ветвей, продолжающееся в течение всей жизни деревьев. Особенно интенсивно оно в начале вегетации, в период обильного сокодвижения. Основная причина этого явления состоит в том, что кора железного дерева очень тонкая и при соприкосновении стволов и веток сдвигается, в результате чего устанавливается связь между древесными клетками. Процесс срастания ускоряют лианы, опутывающие и сближающие отдельные ветви в железняковых лесах. Между собой срастаются также корни железняков, и тогда образуется как бы огромное семейство, живущее сообща.

В лесах Талыша с ареалом железного дерева связаны наиболее характерные особенности древнетретичных гирканских лесов. Это прежде всего высокий эндемизм, богатство видового состава на отдельных участках, равномерное участие всех лесообразующих видов в составе насаждений и многоярусные насаждения. Лесам Талыша свойственно также обилие внеярусных растений — лиан и эпифитов, каулифлория (цветение и плодоношение непосредственно на главных стволах), встречающаяся у каспийской гледичии, лапыны, инжира и др. (рис. 2).

Одна из главных лесообразующих пород в гирканских лесах — дуб каштанolistный (*Quercus castaneifolia* С. А. М.). Он широко распространен от Приморской низ-



Рис. 1.

менности до верхней границы лесной растительности (2200—2400 м над уровнем моря). Дуб этот достигает крупных размеров (до 50 м в высоту и 1,5—2 м в диаметре). Он относится к мезофильной группе дубов и характеризуется более длительным вегетационным периодом и исключительно быстрым ростом. Он дает 2—3-кратный прирост за год, что имеет важное значение в условиях юга, с длительным вегетационным периодом. В хозяйственном отношении дуб этот является самым ценным из всех дубов Кавказа, в возрасте 10—15 лет достигает 15—17 м в высоту. Техническая спелость наступает в 25 лет.

В лесах Талыша дуб каштанолистный образует как чистые, так и смешанные насаждения. Больше всего распространены дубово-железняковые леса, часто спутниками дуба являются дзельква, граб и др. В настоящее время самым крупным ареалом каштанолистного дуба является гирканский, где на долю дуба приходится около 45% всей лесной площади. Кроме этого, небольшие рощи дуба сохранились и на южных отрогах восточной части Большого Кавказа.

Одним из характерных эдификаторов лесов Талыша является дзельква (*Zelkova carpinifolia* (Pall.) Dipp.), широко распространенная в лесах нижнего, среднего и верхнего горных поясов. В прошлом ареал дзельквы простирался от Черного до Каспийского моря. В настоящее время, кроме Талыша, она растет в лесах Колхиды и отдельными фрагментами сохранилась в лесах Большого и Малого Кавказа. В лесах Талыша дзельква достигает 25—30 м в высоту, стволы ее прямые, гладкие, колоннообразные. Железное дерево, дуб каштанолистный и дзельква являются ценными породами, подлежащими охране.

Важнейшей отличительной чертой гирканских лесов является то, что в его составе до наших дней сохранилась типичная порода тропиков — шелковая акация (*Albizia julibrissin* Durazz.). Она отличается от других видов оригинальностью фенологии. Облиственные и цветение ее начинаются позже, чем у всех других видов. Во второй половине мая она только покрывается листвой, а через месяц (15—20 июня) зонтикообразные кроны сплошь



Рис. 2.

украшаются цветами различных оттенков, придающих шелковой акации исключительную декоративность. В лесах Талыша шелковая акация выше 300 м над уровнем моря не подымается. Будучи светолюбивой породой, она предпочитает склоны восточной и юго-восточной экспозиции, сухие, открытые и каменистые, где спасается от угнетения широколиственными породами.

Весьма своеобразны приречные леса и леса глухих ущелий Талыша, состоящие из эндемичной ольхи сердцелистной (*Alnus subcordata* С. А. М.), хурмы кавказской (*Diospyros lotus* L.), клена величественного (*Acer velutinum* С. А. М.), тополя гирканского (*Populus hyrcana* А. Grossh.), ореха грецкого (*Juglans regia* L.), лапины (*Pterocarya pterocarpa* (Mchx.) Kntb.), инжира (*Ficus hyrcana* А. Grossh.), ивы козьей (*Salix caprea* L.) и др. В приречных лесах клен величественный и хурма кавказская достигают 30—50 м в высоту. На юге Талыша характерной породой приречных лесов является каспийская гледичия (*Gleditschia caspica* Desf.) — редчайший реликт наших лесов. Одним из ценных третичных реликтов являются гранат, который образует чистые заросли на Приморской низменности южного Талыша и иногда заходит в леса нижнего горного пояса.

Характерная особенность лесов Талыша — присутствие в нем ряда вечнозеленых видов, образующих более или менее крупные массивы. Это, прежде всего, самшит гирканский (*Buxus hyrcana* Pojark.), распространенный в предгорном и нижнегорном поясах. На юге ареала, в лесах Ирана, самшит образует самостоятельные лесные формации, где господствуют полумрак и сырость. В Приморской низменности и в нижнем горном поясе много гирканской иглицы (*Ruscus hyrcana* G. Wor.), которая растет группами под железняковыми и смешанными лесами. В среднем и верхнем горных поясах значительное распространение имеет падуб (*Ilex hyrcana* Pojark.), образующий кустарниковый ярус под буком и смешанными лесами.

В Талыше отсутствуют виды, свойственные лесам Колхиды. По всей вероятности, еще в геологическом прошлом эти виды в своем распространении не успели дойти до Гирканской провинции и сохраниться там. Флора Гирканики более насыщена восточно-азиатскими элементами, а флора Колхиды — средиземноморскими. Это имеет большое значение при освещении вопроса истории и географии сохранившихся третичных лесов Закавказья.

Поступила 19 декабря 1966 г.

УДК 634.0.432.1

ИЗ ОПЫТА СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО УСТРОЙСТВА ЛЕСОВ

Г. В. СНЫТКИН

(Магаданская лесная опытная станция)

Для определения степени изменения числа пожаров на 1 млн. га, горимости и средней площади одного пожара нами были составлены уравнения регрессии (данные взяты на Красноярской базе авиационной охраны лесов от пожаров).

Если к среднему числу пожаров к началу рассматриваемого периода (a) прибавить средний ежегодный прирост числа пожаров (b), умноженный на число лет в этом же периоде (x), то получим среднее число пожаров одного года (y):

Уравнения регрессии, вычисленные по лесопожарным районам, даны в табл. 1.

Таблица 1

Район	Уравнения регрессии по		
	числу пожаров	горимости	средней площади одного пожара
Приангарье	$y = 0,3x + 13,0$	$y = 0,019x + 0,128$	$y = 7,8x + 98,0$
Равнинной темной хвойной тайги	$y = 1,9x + 24,9$	$y = 0,004x + 0,105$	$y = 40,2 - 0,7x$
Лесостепной	$y = 4,2x + 29,1$	$y = 0,205 - 0,009x$	$y = 56,6 - 3,9x$
Горной темной хвойной тайги	$y = 21,9 - 0,9x$	$y = 0,238 - 0,012x$	$y = 148,1 - 4,3x$

Приведенные уравнения регрессии позволяют сделать обоснованное заключение о динамике лесопожарного состояния территории по районам. Так, число пожаров в Приангарье, в районе равнинной темнохвойной тайги и в лесостепном увеличивается, а в районе горной темнохвойной тайги уменьшается. Наибольшее нарастание числа пожаров происходит в лесостепном районе. В Приангарье и районе равнинной темнохвойной тайги горимость незначительно увеличивается, а в лесостепном и горном — несколько уменьшается. Средняя площадь одного пожара уменьшается во всех районах, кроме Приангарья, где она продолжает увеличиваться.

С учетом динамики лесопожарного состояния территории и экономических возможностей для каждого лесопожарного района разработаны противопожарные комплексы. Основные направления развития охраны лесов от пожаров приведены в табл. 2.

Таблица 2

Район	Направление развития охраны лесов и способы борьбы с пожарами
Приангарье	Интенсификация авиационной охраны лесов; строительство авиационных пожарно-химических станций. Противопожарное устройство территорий, прилегающих к поселкам. Применение взрывчатых материалов при тушении удаленных пожаров
Равнинной темнохвойной тайги	Снижение пожароопасности шелкопрядников. Интенсификация авиационной охраны
Лесостепной	Развитие наземной охраны и замена авиационной. Строительство пожарно-химических станций
Горной темнохвойной тайги	Развитие авиационной охраны с использованием легких вертолетов. Использование элементов рельефа при тушении пожаров

Во всех лесопожарных районах организация охраны лесов должна опережать хозяйственное освоение лесных территорий.

Поступила 1 июня 1967 г.

УДК 634.0.232

ВЫРАЩИВАНИЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР С ПОСАДКОЙ КАРТОФЕЛЯ В МЕЖДУРЯДЬЯХ

С. И. ТОЛСТОПЯТОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

В районе Зеленогорска (лесопарковая зона г. Ленинграда) на трех пробных площадях (каждая размером 0,15 га) были проведены опыты по созданию культур дуба черешчатого, клена остролистного и лиственницы сибирской в междурядьях картофеля. Была поставлена задача выявить показатели роста и развития древесных пород в идентичных лесорастительных условиях при одинаковой обработке почвы и разном уходе, а также уточнить вопрос об уменьшении питательных запасов в почве основных минеральных соединений под воздействием культурной растительности. Полученные результаты обработаны по принципу сравнимости показателей; выводы сделаны с учетом данных, опубликованных в литературе [1]—[5].

С 25 по 30 октября 1962 г. на всех трех участках были произведены посадки 2-летних сеянцев под меч Колесова с размещением в ряду 1,5 м и между рядами 2 м. Обработка почвы сплошная конная с последующим дискованием и боронованием. Схема смешения

Д — Лц — К — Д; — Лц — К
К — Д — Лц — Д — Лц — К
Д — К — Д — Лц — К — Д

Всего было высажено 1500 сеянцев, которые доставлены из посевного отделения питомника, расположенного в 250 м от опытных участков. Весной 1963 г. на всех трех участках приживаемость равнялась 98%. Впоследствии из-за множества вариантов ухода за культурами (различного количества в почве фосфора, азота и калия) сохранность, рост и развитие растений на опытных участках были разные.

Участок	Порода	Размеры посадочного материала, см		Диаметр шейки корня, см, через 3 года	Высота, см, через 3 года
		диаметр шейки корня	высота		
Без ухода	Дуб черешчатый	0,82	21,5	1,7	51,5
	Клен остролиственный	0,68	12,0	0,7	19,4
	Лиственница сибирская	0,87	11,0	1,5	84,0
С уходом (контроль)	Дуб черешчатый	0,82	21,5	1,7	53,7
	Клен остролиственный	0,68	12,0	1,69	62,7
	Лиственница сибирская	0,87	11,0	1,9	97,0
С междурядьями, занятыми картофелем	Дуб черешчатый	0,82	21,5	1,92	69,1
	Клен остролиственный	0,68	12,0	1,91	78,8
	Лиственница сибирская	0,87	11,0	1,75	103,0

Картофель (сорт «Ранняя роза») высаживали в междурядьях вручную с внесением на участок ежегодно 0,5 т дворового перегнойного мусора с древесными опилками. Тщательный химический анализ почвенных разрезов показал, что на всех трех экспериментируемых участках почвы супесчаные, развивались на озерно-ледниковых песках, подстилаемых суглинистой мореной, кратковременно избыточного увлажнения. Исходными были сенокосные угодья на участках, вышедших из-под леса.

Из данных трех разрезов видно, что по механическому составу генетические горизонты довольно однородны и являются супесями на песках. На всех трех участках почвы имеют повышенную кислотность. Постоянная обработка почвы и выращивание картофеля значительно сократили запасы органического вещества, уменьшили мощность гумусового горизонта, произошло типичное «выпахивание».

В низлежащих генетических горизонтах участков, подвергающихся постоянной обработке, подвижный фосфор не прослеживается. Агротехнические свойства указывают на сильное обеднение поглощаемого комплекса обменными катионами и на накопление поглощенных оснований. Наличие поглощенных ионов водорода в этом комплексе вызывает ненасыщенность почвы и означает, что большая часть поглощаемого комплекса в почвах на глубине до 50 см не занята основаниями и замещена ионами водорода. Чем больше эта часть, тем кислее почва, так как ионы водорода занимают больше места в ее поглощенном комплексе. Отсюда следует, что смена луговой растительности на сельскохозяйственные культуры не оживляет дерновые процессы, не увеличивает абсолютных запасов органических веществ. Нижний горизонт у всех разрезов отличается наименьшей гидролитической кислотностью и большей степенью насыщенности основаниями.

Почвы участка с картофелем (разрез № 3) отличаются относительно высоким содержанием аниона P_2O_5 по всему профилю, исключая подзолистые горизонты. Началось восстановление гумусового горизонта. Этот процесс находится в прямой связи с количеством внесенных органических удобрений. В состав гумусовых веществ входят наиболее устойчивые формы азотистых соединений. Количественное распределение запасов фосфорного ангидрида и гумуса сильно меняется в зависимости от обработки почвы. Многократная обработка, без внесения органических веществ, очень сильно обедняет почву этими веществами.

Уровень грунтовых вод в 1965 г. колебался в следующих пределах: в марте 40 см, в апреле 0, в мае 60, в июне и июле 70—80, в августе и сентябре 25—35, в октябре и ноябре 35—45 см; с декабря 1965 г. по февраль 1966 г. он равнялся 80—90 см. В соответствии с амплитудой колебания 5—8—40 см в воде содержатся в значительных количествах в доступной для растений форме окись калия и фосфорный ангидрид, в меньших количествах — нитратный и аммиачный азот и фосфор. В грунтовой воде обнаружено немного вредных для растений веществ: сульфат- и хлор-ионов. Обработанные средние таксационные показатели, характеризующие рост и развитие культур, сведены в табл. 1.

Из-за действия сорняков и луговых трав на участке без ухода отпад за три года равнялся 30% и в настоящее время состояние культур плохое. В варианте с уходом в междурядьях с картофелем отпад составил всего лишь 2%, состояние культур хорошее. На участке без ухода дуб и клен особенно отстают в росте. Культивируемые древесные породы лучше развиваются и растут на участке, где между-

рядья заняты картофелем, несколько хуже рост и развитие идут на участке с трехкратным уходом в течение вегетационного периода и совершенно неудовлетворительно — на участке без ухода.

Лучший рост и развитие культур на участке, где междурядья заняты картофелем, можно объяснить более глубокой и лучшей обработкой почвы междурядий, а так-

Таблица 1

Прирост по высоте, см, за годы			Размер крон, см, в направлении		Коэффициент вариации высот σ , %	Показатель точности вычисления высот ρ , см
1963	1964	1965	С — Ю	В — З		
9,0	7,0	11,5	—	—	15,3	2,03
4,7	2,4	2,1	—	—	17,0	2,26
15,6	16,5	33,0	41,0	44,0	18,9	1,92
10,5	9,7	12,0	36,8	40,1	15,3	2,03
11,3	17,5	21,9	15,2	14,9	17,0	2,26
20,5	31,0	35,4	48,0	50,0	18,9	1,92
14,0	14,6	19,0	41,8	46,4	15,3	2,03
13,5	20,0	33,3	15,9	17,7	17,0	2,26
21,0	33,0	38,0	49,0	52,0	18,9	1,92

же тем, что культура картофеля усиленно развивается во второй половине лета, в то время как лесные культуры растут и развиваются, согласно литературным данным, в конце июня — начале июля; кроме того, ботва картофеля затеняет почву, защищает ее от иссушающего действия солнечных лучей и является для дуба «шубой», а для других пород — подгоном. Расчеты показали, что в пригородной зоне Ленинграда при освоении земель, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования, целесообразно создавать культуры широколиственных с использованием междурядий под выращивание картофеля. Это позволит на уходах на 1 га культур сэкономить 20 руб. и эффективнее использовать лесные площади.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. Бронницкий. Выращивание лесных культур с посадкой в междурядьях картофеля. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1951. [2]. В. А. Долотов. Влияние культурной растительности на почву. «Ботанический журнал» № 10, 1963. [3]. А. В. Петербургский. Как и чем питаются растения. 1964. [4]. А. Д. Тарабрин. Усвоение фосфора сеянцами древесных пород в зависимости от глубины заделки удобрения и роль микоризы в фосфорном питании сеянцев дуба. Физиология растений. Агрехимия, почвоведение, 1958. [5]. В. С. Шайдубров, С. А. Станко. Влияние повышенных доз фосфорных удобрений на физиологические показатели и урожай картофеля в Заполярье. Роль минеральных элементов в обмене веществ и продуктивности растений, 1964.

Поступила 25 марта 1968 г.

УДК 634.0.232.32/329 : 674.031.632.26

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОТКЛОНЕНИЯ В СЕЯНЦАХ

Quercus robur L.

КАК РЕЗУЛЬТАТ ОБРАБОТКИ ЖЕЛУДЕЙ ЛУЧАМИ РЕНТГЕНА *

М. М. КОТОВ

(Марийский политехнический институт)

Цель настоящей работы — показать изменчивость ряда морфологических признаков сеянцев дуба, полученных из обработанных гамма-лучами желудей.

* Работа выполнена под руководством канд. биологических наук Б. М. Алмбека.

Таблица 1

Доза облучения, ρ	Количество семян в варианте, шт.	Количество наименований морфологических отклонений, шт.	Количество семян с отклонениями, %					всего
			по форме створика	по расположению листьев на створике	по цвету листьев	по форме листовых пластинок		
Контроль	477	13	7,77 ± 1,23	0,42 ± 0,29	1,25 ± 0,51	33,75 ± 2,24	37,9 ± 2,22	
500	393	22	8,91 ± 1,42	0,00 ± 0,00	2,03 ± 0,71	48,10 ± 2,52	55,1 ± 2,52	
1000	531	26	4,52 ± 2,07	0,38 ± 0,27	4,90 ± 0,94	46,80 ± 2,16	50,1 ± 2,16	
3000	223	25	14,31 ± 2,29	1,79 ± 0,89	7,16 ± 1,72	60,10 ± 3,26	71,1 ± 3,03	
5000	176	23	10,21 ± 2,25	2,84 ± 1,25	7,95 ± 2,04	59,10 ± 3,67	71,8 ± 3,39	

Таблица 2

Доза облучения, ρ	Количество листьев в варианте, шт.	Количество листьев с отклонениями в листовой пластинке, %			Количество листьев, %, с отклонениями		
		по цвету	по форме	всего	одним	двумя	тремя
Контроль	3147	1,08 ± 0,184	8,59 ± 0,247	9,64 ± 0,525	9,61 ± 0,525	0,03 ± 0,003	0,00 ± 0,00
500	3300	0,94 ± 0,168	10,94 ± 0,548	11,09 ± 0,550	10,30 ± 0,530	0,73 ± 0,015	0,06 ± 0,004
1000	3599	1,25 ± 0,185	13,34 ± 0,565	13,92 ± 0,576	13,25 ± 0,565	0,61 ± 0,130	0,06 ± 0,004
3000	1467	2,99 ± 0,443	20,46 ± 1,041	21,40 ± 1,070	19,35 ± 1,030	1,91 ± 0,357	0,14 ± 0,097
5000	1186	4,98 ± 0,632	22,48 ± 1,200	25,94 ± 1,270	24,42 ± 1,250	1,35 ± 0,334	0,17 ± 0,012

Желуди были собраны осенью 1965 г. с одного дерева, протрапированы во влажном песке, 13 апреля 1966 г. облучены в Институте цитологии и генетики СО АН СССР *, 6 мая 1966 г. высеяны на питомнике дендрария Поволжского лесотехнического института. Облучение произведено на аппарате РУТ-200-20-3 при напряжении 200 кВ, силе тока 15 мА, мощности дозы 32 р/мин, с фильтром А1 3,0. Обработка однократная. В варианте 360—680 желудей. Морфологические отклонения учитывали индивидуально по каждому сеянцу и листу.

Количество наименований морфологических отклонений у семян, несущих эти отклонения, по группам дано в табл. 1. Из данных табл. 1 вытекает, что облучение желудей почти в 2 раза расширяет спектр морфологических отклонений в сеянцах по сравнению с контролем, причем максимум спектра падает на 1000 р, при дальнейшем увеличении дозы облучения спектр снова сужается. Это связано, по-видимому, с тем, что дозы 3000 и 5000 р летальны для желудей соответственно на 27,6 и 69,8%. Поскольку возможность внешнего проявления точковых мутаций не исключена, частичное сужение спектра при больших дозах облучения может быть вызвано понижением мутационной способности генетического материала [1].

Необходимо отметить, что 25—30% наименований морфологических отклонений в облученных растениях относятся к месту возникновения отклонений. Отмеченные моменты вуалируют истинную картину влияния различных доз рентгенооблучения на фенотип семян дуба. Облучение увеличивает также количество семян с морфологическими отклонениями, причем это увеличение тем больше, чем выше доза облучения. Сказанное характерно как в целом, так и по группам морфологических отклонений, особенно по цвету листьев, где количество дубков в 6,35 раза больше при

* Автор приносит глубокую благодарность Г. Ф. Привалову за помощь в организации экспериментов.

дозе облучения 5000 p, чем в контроле. У сеянцев дуба наибольшей морфологической изменчивости подвержены листья, что было отмечено и для других древесных пород [2]—[5].

Данные по изменчивости листьев сеянцев дуба в зависимости от дозы облучения желудей приведены в табл. 2. Анализируя данные табл. 2, нетрудно заметить, что в контроле количество измененных листьев в 1,15 раза меньше, чем при дозе облучения 500 p и в 2,7 раза меньше, чем при 5000 p. Такая же картина наблюдается по группам отклонений. Следовательно, облучение желудей увеличивает изменчивость листьев сеянцев дуба, это увеличение тем значительнее, чем выше доза облучения. Из табл. 2 вытекает также, что в контроле листья с двумя отклонениями составляют 0,31% от всех измененных листьев, при дозе облучения 500 p — 6,61%, при 5000 p — 5,20%, листьев с тремя отклонениями в контроле нет, тогда как при облучении желудей любой дозой такие листья составляют 0,5—0,7% от всех измененных листьев. Следовательно, обработка желудей гамма-лучами способствует увеличению в сеянцах листьев, содержащих морфологические отклонения в различных комбинациях. Количество сложных комбинаций возрастает с увеличением дозы облучения. Более того, гамма-облучение вызывает отклонения, отсутствующие в листьях с естественной изменчивостью, в частности, белые и бледно-зеленые участки на листовой пластинке, образование «рукавов» центральной жилкой, килеобразные, ланцетные и желобкообразные листья и др. Большинство морфологических отклонений — следствие хромосомных aberrаций, число которых резко увеличивается при облучении.

Некоторые морфологические отклонения, в частности, мутовчатое (по 3 шт.) расположение листьев, листья зеленые с бледно-зелеными и белыми участками, гофрированные и двухвершинные, раздвоенные до черешка, и со всевозможными нехватками в листовой пластинке, а также листья с комбинацией различных отклонений представляют интерес не только с научной, но и с практической точки зрения (в работах на декоративность).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Дубинин. Проблемы радиационной генетики. Госатомиздат, М., 1961. [2]. Г. Ф. Привалов. Изменчивость клена ясенелистного под влиянием γ -лучей и нейтронов. Известия СО АН СССР, № 9, 1961. [3]. Г. Ф. Привалов. Экспериментальные мутации вегетативных органов древесных растений. ДАН СССР, № 3, т. 150, 1963. [4]. Г. Ф. Привалов. Соматические радиомутации клена ясенелистного (*Acer Negundo* L.). Бюллетень МОИП, отдел биологии, т. LXX (1), 1965. [5]. В. Н. Сукачев. Из работ по селекции ивы. Сборник трудов ЦНИИЛХа, 1, 1934.

Поступила 3 марта 1967 г.

УДК 634.0.531

ОБЪЕМ МАЛОМЕРНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

В. В. ГОЛИКОВ

(Сибирский технологический институт)

Использование всех составных частей дерева имеет большое народнохозяйственное значение. В связи с этим важно организовать правильный учет ветвей, сучьев, коры и хвои.

Мы провели специальные исследования по учету сучьев в разных типах пихтовых лесов: зеленомошниковом, разнотравном и пойменном. В каждом из них было заложено по 5 пробных площадей, близких по составу и сомкнутости крон.

Насаждения имеют следующую характеристику. Пихтач зеленомошниковый: класс бонитета — II—III, возраст 60—80 лет, средняя высота — 19—20 м, диаметр на высоте груди — 17—19 см, состав от 6П до 8П, в качестве примеси выступают К, Е, Б и Ос, запас — 160—190 м³ на 1 га. Пихтач разнотравный: класс бонитета — II—III, возраст — 70—90 лет, средняя высота — 19—22 м, диаметр — 19—22 см, состав от 5П до 6П, в примеси К, Е, Б и Ос, запас — 180—220 м³ на 1 га. Пихтач пойменный: класс бонитета — III—IV, возраст — 140—180 лет, высота — 16—20 м, диаметр — 17—20 см, состав аналогичен составу предыдущего типа, запас — 140—180 м³ на 1 га.

В соответствии с нашей методикой [2] на каждой пробной площади срубали и обмеривали по три модельных дерева из ступеней толщины 16; 20; 24 и 28 см (всего 180 моделей). Объем ствола определяли по сложной формуле среднего сечения, а все срубленные с модели сучья таксировали по ранее составленным таблицам для индивидуального определения объема маломерной древесины [1].

Полученные данные затем обрабатывали методами математической статистики. В результате представилось возможным найти общий объем моделей на каждой пробной площади и определить массу ветвей на них (табл. 1).

Таблица 1

№ пробы	Объем стволов, м ³	Объем живых сучьев, м ³
Пихтач зеленомошниковый		
309	4,9620	0,447629
313	5,0237	0,413146
314	5,1093	0,447486
317	4,9694	0,370465
322	4,3864	0,362805
Итого	24,4508	2,041531
Пихтач разнотравный		
323	5,0978	0,385271
324	4,9152	0,329801
325	4,7368	0,342515
326	4,8012	0,319099
327	4,7507	0,325358
Итого	24,3017	1,702044
Пихтач пойменный		
328	4,4391	0,365244
329	4,5816	0,316386
330	4,4519	0,320379
331	4,5339	0,308953
332	4,5812	0,317864
Итого	22,5877	1,628826

Таблица 2

Статистические показатели	Объем маломерной древесины, % от объема стволов, в пихтачах		
	зеленомошниковом	разнотравном	пойменном
Среднее значение M . . .	10,6	9,5	10,1
Среднее квадратическое отклонение σ	8,1	7,0	7,3
	2,7	2,1	2,2
	2,2	1,7	1,9
Коэффициент вариации W	25,5	22,2	28,8
	27,1	24,3	26,0
Ошибка средней m	0,34	0,27	0,31
	0,28	0,22	0,24
Показатель точности P . . .	3,2	2,8	3,0
	3,5	3,0	3,3
Коэффициент различия t . . .	—	2,4	1,1
		2,9	2,2

Примечание. В числителе — общий процент сучьев; в знаменателе — живых.

Наибольшую абсолютную массу живых ветвей имеют деревья в пихтачах-зеленомошниках, наименьшую — в пихтачах пойменных. Различия эти довольно существенны (10—20%) и объясняются неодинаковой производительностью насаждений.

Далее мы определяли объем маломерной древесины в процентах от общего объема срубленных модельных деревьев. При этом выяснилась очень важная закономерность. Деревья близких размеров, растущие в насаждениях различных типов леса, имеют близкие относительные объемы ветвей (табл. 2). Поэтому можно составить таблицы относительного объема ветвей, общие для различных лесорастительных условий (табл. 3).

Таблица 3

Диаметр ствола на высоте груди, см	Относительный объем сучьев по разрядам насаждений								
	I			II			III		
	общий	живых	мерт- вых	общий	живых	мерт- вых	общий	живых	мерт- вых
4	11,9	10,1	1,8	26,3	23,2	3,1	41,2	36,5	4,7
8	11,5	9,6	1,9	25,1	21,7	3,4	39,4	34,1	5,3
12	10,9	9,0	1,9	24,0	20,2	3,8	37,6	31,8	5,8
16	10,4	8,5	1,9	22,8	18,8	4,0	35,5	29,2	6,3
20	9,9	7,9	2,0	21,7	17,7	4,3	34,0	27,1	6,9
24	9,4	7,4	2,0	20,5	16,0	4,5	32,2	24,7	7,5
28	8,9	6,8	2,1	19,4	14,5	4,9	30,4	22,4	8,0
32	8,4	6,3	2,1	18,3	13,0	5,3	28,6	20,0	8,6
36	7,9	5,8	2,1	17,1	11,6	5,5	26,8	17,7	9,1
40	7,4	5,2	2,2	15,9	10,2	5,7	25,0	15,3	9,7
44	6,9	4,7	2,2	14,8	8,7	6,1	23,2	13,0	10,2
48	6,3	4,1	2,2	13,6	7,3	6,3	21,4	10,7	10,7
52	5,8	3,5	2,3	12,5	5,9	6,6	19,6	8,3	11,3
56	5,3	3,0	2,3	11,3	4,5	6,8	17,8	6,0	11,8
60	4,8	2,5	2,3	10,2	3,0	7,2	16,1	3,6	12,5

Для построения таблиц мы воспользовались графическим методом. По оси абсцисс откладывали диаметры деревьев на высоте груди, а по оси ординат — относительные объемы маломерной древесины. Контур нанесенных точек напоминал неправильный четырехугольник. Разность ординат разбивали на три разряда, так как модельные деревья брали в различных по сомкнутости насаждениях (от 0,4 до 0,9 включительно), в которых процент объема сучьев к объему ствола варьирует в значительных пределах.

К первому разряду относили модельные деревья, срубленные в насаждениях с сомкнутостью полога 0,8 и выше, ко второму — 0,6—0,7, к третьему — до 0,5.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. В. Голиков. Таблицы для индивидуальной таксации ветвей пихты сибирской. Сб. «Темнохвойные леса» № XXXV, СибТИ, Красноярск, 1963. [2]. В. В. Голиков. Таксация маломерной древесины и охвоенной части кроны пихты сибирской. СибТИ, Красноярск, 1964.

Поступила 15 ноября 1967 г.

УДК 634.0.24

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗМЕРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В КУЛЬТУРАХ ДУБА

В. И. БЕЛОУС

(Винницкая лесная опытная станция)

Учитывая все возрастающие потребности народного хозяйства в древесине, мы исследовали состояние насаждений, пройденных рубками ухода, и возможности увеличения промежуточного пользования в культурах дуба в наиболее распространенных условиях местообитаний лесостепных районов грабовой дубравы с ясенем (табл. 1).

№ пробной площади	Область, лесхоз, лесничество, квартал	Возраст, лет	Состав	Размещение посадочных мест, м ²
1	Винницкая, Тульчинский, Шпиковское, 35	47	7ДЗГ, ед. Яс	2×2
2	Винницкая, Тульчинский, Орловское, 34	49	6Д4Г	4×1
3	Винницкая, Тульчинский, Шпиковское, 38	58	7Д1Яс2Г	2×2
4	Хмельницкая, Летичевский, Тархомовецкое, 41	53	9Д1Г	4×1,5
5	Винницкая, Винницкий, Шкуринецкое, 9	47	10Г	Естественное
6		38	10Д	2×0,5
7	Винницкая, Тульчинский, Шпиковское, 34	43	10Д	2×0,5
8	Винницкая, Ильинецкий, Дашевское, 25	70	10Д	2×1

Существующие придежки, связывающие интенсивность рубок ухода с полнотой древостоев, являются довольно общими, и ими успешно можно пользоваться только на пробных площадях. Глазомерная оценка полноты, как это часто бывает на практике, иногда приводит к тому, что пройденный рубками ухода древостой может иметь полноту 0,9—1,0 или 1,20, как в описанных нами чистых дубовых насаждениях. Поэтому мы придерживаемся мнения М. С. Чернобровцева* о том, что при проведении рубок ухода в ряде случаев большее значение имеет густота древостоя, чем полнота и сомкнутость полога.

По нашему мнению, определение степени изреживания и отметку деревьев в рубку можно значительно облегчить, составив таблицы изреженных рубками ухода насаждений для каждой древесной породы в определенных лесорастительных условиях. Используя таксационные материалы наших исследований и таблицы хода роста, предложенные Вимменауэром, мы составили таблицу для оставляемой части культуры дуба, произрастающей в условиях свежей грабовой дубравы с ясенем (табл. 2).

Пользуясь приведенными в таблице числом деревьев, площадью питания и расстояниями в рядах, можно не только сравнить степень изреживания насаждений и тем самым проверить качество рубки, но и практически облегчить отбор деревьев в рубку. Определив возраст и класс бонитета насаждения, поступающего в рубку, по таблице устанавливают среднее расстояние в рядах между оставляемыми деревьями.

* М. С. Чернобровцев. Предпосылки промежуточного пользования в лесу. Тезисы докладов «Современное состояние дубрав, перспективы выращивания и повышения их продуктивности», Харьков, 1964.

Таблица 1

Порода	Сумма площадей сечений, м ²	Полнота	Средние		Число стволов	Запас, м ³
			диаметр, см	высота, м		
Д Г	14,24	0,55	21	20	492	157
	7,45	0,30	13	18	600	73
Д Г	21,69	0,85	—	—	1092	230
	13,48	0,50	21	21	388	138
Д Г	11,93	0,50	13,5	18	840	110
	25,41	1,0	—	—	1228	248
Д Яс Г	19,18	0,50	28	22	312	203
	2,96	0,10	21	24	84	33
Д Г	6,43	0,27	13	17	468	54
	28,57	0,87	—	—	864	290
Д Г	25,20	0,90	21,5	22	692	263
	4,66	0,20	13,5	17	320	38
Г	29,86	1,10	—	—	1012	301
	19,08	0,72	13	18	1476	175
Д	29,0	1,20	16,7	17	1325	245
	23,0	1,0	14,6	17,4	1330	235
Д	29,26	1,20	17	19	1308	277
	24,45	1,0	17	19,4	1120	275
Д	32,33	1,06	28	27	518	438
	30,60	1,0	29	26,3	463	450

Таблица 2

Возраст, лет	Высота, м	Число деревьев	Площадь питания одного дерева, м ²	Среднее расстояние между деревьями в рядах, м, при различной ширине междурядий, м			
				2	4	6	8

I класс бонитета

20	9,3	3400—3900	3,0—2,5	1,5—1,3	—	—	—
30	14,1	1500—1700	6,7—5,9	3,4—3,0	—	—	—
40	18,3	875—1000	11,4—10,0	5,7—5,0	2,9—2,5	—	—
50	21,8	560—640	17,7—15,9	8,8—7,8	4,4—3,9	3,0—2,6	—
60	24,2	400—470	25,0—21,0	12,5—10,5	6,2—5,2	4,2—3,5	3,1—2,6
70	26,3	325—370	31,0—27,0	15,5—13,5	7,7—6,9	5,2—4,5	3,9—3,4
80	28,1	270—310	37,0—32,0	18,5—16,0	9,2—8,0	6,1—5,3	4,6—4,0

II класс бонитета

20	7,5	4700—5400	2,1—1,8	1,0—0,9	—	—	—
30	11,4	1970—2250	5,1—4,5	2,6—2,2	—	—	—
40	14,9	1140—1290	8,7—7,9	4,4—3,9	2,2—2,0	—	—
50	17,9	730—830	13,7—12,0	6,8—6,0	3,4—3,0	2,3—2,0	—
60	20,3	530—620	18,9—16,0	9,4—8,0	4,7—4,0	3,2—2,9	2,4—2,0
70	22,4	420—475	24,0—21,0	12,0—10,5	6,0—5,2	4,0—3,8	3,0—2,6
80	24,1	330—390	30,4—25,7	15,2—13,0	7,6—6,4	5,0—4,3	3,8—3,2

Возраст, лет	Высота, м	Число деревьев	Площадь питания одного дерева, м ²	Среднее расстояние между деревьями в рядах, м, при различной ширине междурядий, м			
				2	4	6	8
III класс бонитета							
30	8,3	3200 — 3640	3,1 — 2,6	1,5 — 1,3	—	—	—
40	11,2	1750 — 2000	5,7 — 5,0	2,8 — 2,5	1,4 — 1,2	—	—
50	13,9	1050 — 1200	9,5 — 8,3	4,8 — 4,1	2,4 — 2,1	1,6 — 1,4	—
60	16,2	740 — 850	13,5 — 11,8	6,8 — 5,9	3,4 — 3,0	2,2 — 2,0	1,7 — 1,5
70	18,2	570 — 650	17,5 — 15,4	8,8 — 7,7	4,4 — 3,9	2,9 — 2,6	2,2 — 1,9
80	19,9	450 — 515	22,2 — 19,4	11,1 — 9,7	5,6 — 4,9	3,7 — 3,2	2,8 — 2,4

Поступила 18 ноября 1965 г.

УДК 581.8

ФОТОПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК

Г. И. МАРГАЙЛИК, А. А. КИРИЛЬЧУК, Э. Г. МИЛЕШКЕВИЧ

(Институт экспериментальной ботаники АН Белорусской ССР)

При морфолого-анатомических и физиологических исследованиях листьев древесных растений часто бывает необходимо знать величину поверхности листовых пластинок (при пересчете содержания хлорофилла на единицу площади, для изучения динамики роста и развития листа, при описании дендрологических особенностей породы, для постановки различных вегетационных и полевых опытов).

Как известно, методов измерения листовой поверхности довольно много. Были предложены различные приспособления. Однако все они широкого распространения не получили.

В 1963—1965 гг. нами был сконструирован фотоприбор для измерения площадей листьев древесных растений. Опытный образец изготовлен на экспериментальном заводе АН БССР и испытан в отделе древесных растений Института ботаники. Фотоприбор ИПЛ-5-ММ состоит из пяти основных частей: корпуса, панели, осветителя, пирамиды и рамки-экрана. Корпус представляет собой коробку, разделенную перегородкой на две части: в одной находится панель с измерительной схемой и фотоспротивлением, во второй — фотоспротивление и рамка-экран. Сверху на корпус насажена пирамида, на которой установлен осветитель (любого типа). Панель соединена с шасси. На панели находятся измерительный гальванометр со специально отградуированной шкалой, ручка потенциометра «Установка нуля», потенциометр «Чувствительность» и тумблер выключения прибора, а также предохранитель. На шасси смонтированы фотоспротивления с конусом и измерительная схема. Пирамида служит для соединения осветителя с корпусом и для светозащиты объекта измерения. Рамка-экран состоит из двух молочных стекол, заключенных в металлическую основу. В рамку помещают объект измерения (лист).

Принцип работы данного прибора заключается в следующем. На подготовленный к работе прибор монтируют осветитель, обеспечивающий равномерную подачу света. Свет падает сверху и попадает на два фотоспротивления, находящиеся внизу в обеих частях корпуса. Одна из двух неравных частей светового потока попадает на рамку-экран и на находящееся за ним фотоспротивление, а вторая — непосредственно на фотоспротивление в другой части корпуса.

Регулировкой потенциометра «Установка нуля» стрелку прибора устанавливают на нуль. Фотоспротивления присоединены таким образом, что исключается возможность возникновения погрешностей в измерениях при изменении напряжения сети. Если измеряемый объект поместить в рамку-экран, то соотношение освещенностей двух фотоспротивлений изменяется и разность их фиксируется гальванометром, шкала которого отградуирована в квадратных сантиметрах. Точность измерений поверхностей листовых пластинок древесных растений находится в пределах 1—3%.

Данный фотоприбор может найти применение также при определении поверхностей любых плоских непрозрачных предметов.

Поступила 15 сентября 1966 г.

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 378

ВЫСШЕЕ ЛЕСНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ЗА РУБЕЖОМ

Г. А. НОВИЦКАЯ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Для составления данного небольшого обзора мы воспользовались материалами, большая часть которых была любезно прислана нам Отделом лесоводства и лесных продуктов Организации продовольствия и сельского хозяйства ООН (FAO). Кроме того, мы пользовались кратким справочником по всем лесным вузам мира, который был выпущен в 1960 г. американским лесным обществом совместно с FAO (World Directory, 1960 г.). За истекшие 7 лет были созданы некоторые новые школы, сведения о которых нам сообщил директор Отдела лесоводства и лесных продуктов FAO, доктор Н. А. Озара. По этим данным, в мире, не считая СССР, Китая и Северной Кореи, всего насчитывалось 143 лесных вуза.

По существующим в большинстве зарубежных стран традициям лесные вузы, как правило, связаны с университетами и реже существуют как самостоятельные институты.

В Европе, за исключением очень малых стран (например, Люксембурга), все страны имеют свои лесные вузы. Так, в Англии квалификацию лесоведа можно получить в трех университетах — Абердинском, Эдинбургском и Оксфордском. Кроме того, в университетском колледже Северного Уэллса имеется департамент лесоводства*. Эти четыре вуза ежегодно выпускают около 70 специалистов, а также около 30 специалистов высшей квалификации (докторов наук и докторов философии).

Франция располагает только одной высшей лесной школой, знаменитой школой «Вод и лесов» в г. Нанси. В 1966 г. эта школа претерпела некоторую реорганизацию и вошла как составная часть в сельскохозяйственную инженерную высшую школу, сохранив, однако, свое местопребывание в Нанси. Эта школа выпускает ежегодно 15 инженеров вод и лесов (не считая иностранцев). Число принимаемых иностранных студентов практически не ограничивается, но обычно составляет около 10 человек в год, причем преимущественно из стран франкоязычной Африки.

В ФРГ существует четыре университета, при которых имеются лесные факультеты. Это университет Фрайбург-Брейсгау с 30 (примерно) выпускниками в год, лесной факультет университета им. Георга Августа в Геттингене (45—40 специалистов), лесные факультеты Гамбургского университета (15 выпускников) и Баварская лесная школа университета им. Людвига Максимилиана в Мюнхене (75 специалистов). Всего Западная Германия выпускает около 160—170 лесоводов в год.

Довольно широко лесное образование поставлено в Бельгии, где существует три вуза, выпускающих лесоводов, — Государственный сельскохозяйственный университет в Жамблу, Ловенский католический университет и Высшая сельскохозяйственная школа в Генте. Однако общий выпуск этих трех вузов — всего 24 человека в год. При этом значительная часть специалистов ранее направляли в тропики (Конго, Киншаса).

Такие страны, как Австрия, Дания, Финляндия, Греция, Италия, Испания, Голландия, Норвегия, Португалия, Швейцария, имеют каждая по одному лесному вузу с общим выпуском 258 специалистов в год. Таким образом, все страны капиталистической Европы выпускают в год около 570 лесоводов высшей квалификации.

Несколько иная картина наблюдается в социалистических странах Европы. Две старейшие немецкие лесные школы Эберсвальд и Тарандт находятся в ГДР. В организационном отношении обе они сейчас являются факультетами университетов: Тарандт — Дрезденского технического университета, Эберсвальд — Берлинского университета им. Гумбольдта. Эти два вуза ежегодно выпускают около 80 лесоводов.

В Югославии существует четыре лесных факультета при университетах — Белградском (выпуск 50 лесоводов), Люблянском (45), Сараевском (20) и Загребском (60).

* В странах английского языка под «департаментом» понимают нечто среднее между нашим факультетом и кафедрой.

Чехословакия в настоящее время располагает двумя вузами. Высшая техническая школа лесоводства и деревообработки в Зволене ежегодно выпускает около 55 специалистов и факультет лесоводства при Сельскохозяйственном и лесном университете в Брно — 55 человек в год.

В Польше имеется 3 лесных вуза. Факультет лесоводства и технологии леса Главной сельскохозяйственной школы в Варшаве выпускает 72 человека в год. Кроме того, лесные факультеты существуют в сельскохозяйственной школе в Познани (выпуск 109 человек в год) и в Кракове — (около 50 человек в год). Всего в Польше ежегодный выпуск — около 200—210 специалистов.

Болгария, Венгрия и Румыния имеют по одному лесному вузу: в Венгрии — Школа лесных инженеров (г. Шопрон, 80 выпускников); в Болгарии — Лесной институт (г. София, 120—130 специалистов); в Румынии — Лесной институт (г. Брашов, около 100 выпускников).

Таким образом, социалистическая Европа (не считая СССР) ежегодно выпускает около 850—900 лесоводов. Это намного больше, чем выпуск специалистов лесных вузов в капиталистической Европе.

Континент Азия столь обширен и разнообразен, что по нему трудно привести общие данные. В Западной Азии лесные вузы имеются только в Иране и Турции. В Турции существует лесной факультет при Стамбульском университете с общим выпуском в 50 человек. Иран располагает двумя лесными вузами, один из которых находится в Горгане (выпуск 30 человек в год) со специализацией для работ в североиранских лесах (побережье Каспийского моря). При Тегеранском университете лесное образование можно получить в лаборатории лесоводства и технологии дерева сельскохозяйственного колледжа. Лаборатория выпускает 14 специалистов в год. Любопытно, что весь остальной Ближний Восток до самого последнего времени вовсе не имел лесных высших учебных заведений.

В тропической Азии высшие лесные школы существуют в Бирме при Рангунском университете (14 специалистов в год); в Индии — знаменитый лесной институт Декрадуна (30—40 человек в год), а также ряд учебных заведений, выпускающих специалистов средней квалификации; в Пакистане — лесной колледж при Пешеварском университете (50 выпускников), на Филиппинах — при Филиппинском университете в Лагуна (50 человек) и в Таиланде — лесной факультет Касертартского университета в Бангкоке (25 человек).

Северо-Восточная Азия располагает лесными вузами в Южной Корее и в Японии. Обе эти страны отличаются весьма большим количеством высших учебных заведений, в Южной Корее их восемь, с общим числом выпускников 185 человек в год. Особенно многочисленны лесные вузы в Японии, где их 25, с общим ежегодным выпуском 821 человек. Часть этих вузов — государственные, а другая часть принадлежит частным фирмам; в некоторых число выпускников очень невелико — 4—10, в других 30—50.

В социалистических странах Азии вузы существуют в каждой из республик — ДРВ, КНР, КДНР и Монголии. В Китае существует Пекинский лесной институт, в котором на двух факультетах — лесного хозяйства и озеленения городов — ежегодно выпускалось около 100 специалистов. В остальных странах число выпускников равно 50—150 в год.

Таким образом, наиболее бедна специалистами лесного хозяйства богатая лесом тропическая Азия, где общий выпуск лесных специалистов составляет около 180 человек в год.

Десять лет назад в Африке существовал всего один лесной колледж — в Южно-Африканской республике при Университете Стеленбош с выпуском около 10 человек ежегодно. Затем открылись вузы в ОАР при университете в Александрии и при Либерианском университете в Монровии. И, наконец, совсем недавно лесные факультеты созданы в Нигерии при Ибаданском университете, в Судане — в Хартуме и в Танзании — в Мовека. Выпуск их пока еще очень незначителен — в каждом 10—15 человек в год.

В Западном полушарии существует резкое различие между лесными высшими учебными заведениями Северной и Южной Америки. В Канаде существует 4 лесных вуза с ежегодным выпуском около 160 лесоводов высшей квалификации. США располагает 40 высшими учебными заведениями. Почти все большие университеты США имеют свои лесные факультеты. Квалификация и число выпускаемых специалистов в них весьма различны. Некоторые, такие как Гарвардский университет, выпускают в год всего 3—4 специалиста лесного хозяйства высокой квалификации (Master of Forest Science), другие — по 160 человек (лесной колледж университета штата Нью-Йорк), по 120 (Мичиганский университет в Ист-Ленсинге) или по 100 (Мичиганский университет в Энн Арбор) специалистов обычной квалификации (Bachelor of Forestry). Следовательно, США ежегодно получают около 1600 дипломированных специалистов в области лесного хозяйства и лесной промышленности.

Мексика располагает всего одним лесным вузом — лесным факультетом при Высшей национальной школе сельского хозяйства в Мехико, выпускающим всего 7 специалистов в год. В Центральной Америке лесной вуз существует только в

Коста-Рика при Межамериканском институте сельскохозяйственных наук с выпуском 4-6 специалистов в год. Южная Америка также бедна лесными вузами. По данным 1966 г. (Vademecum, 1966) их всего 11 — два в Аргентине (около 10 выпускников в год), один в Бразилии (Куритиба), три в Колумбии, три в Чили, один в Перу и один в Венесуэле. В среднем эти школы выпускают по 10—15 человек в год, и только Андийский университет в Венесуэле (Мерида) выпускает 70 лесоводов. Всего в 11 вузах заканчивают образование примерно 200 человек в год.

В Австралии имеется 8 лесных факультетов при университетах и две специальные школы лесного хозяйства — Австралийская в Канбере и Виктория — в Кресвике. Для университетских факультетов характерно малое количество выпускников (всего 2—4 человека в год). Австралийская лесная школа выпускает 20 человек в год. Виктория — 10. Общий выпуск лесоводов в Австралии — 50 человек в год.

Таким образом, во всем мире (не считая СССР) квалификацию лесоводов ежегодно получают около 4000 человек, но распределение специалистов чрезвычайно неравномерное. В основном, лесное образование сосредоточено в умеренных широтах, в то время как огромные области тропической и субтропической зоны остаются почти без лесных специалистов.

При подготовке статьи использованы приведенные ниже литературные источники: [1]. Hardy L. Shirley. Organisation of professional education in forestry for developing countries. FAO, Advisory Committee on Forestry Education, Appendix 11, Rome, 1964. [2]. Vademecum forestal para America latina. FAO, Santiago de Chile, 1966. [3]. World Directory of Forestry Schools. Society of American Foresters, Baltimore, 1960.

Поступила 5 мая 1968 г.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 634.0.813

**НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИТОГИ РАБОТЫ
ПРОБЛЕМНОЙ ЛАБОРАТОРИИ
ПО МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ СИНТЕТИЧЕСКИМИ
СМОЛАМИ****В. Е. ВИХРОВ**

(Белорусский технологический институт)

В 1967 г. в Белорусском технологическом институте была создана Проблемная лаборатория по модификации древесины синтетическими смолами. Перед сотрудниками лаборатории были поставлены следующие задачи: а) разработать научные принципы выбора мономеров и олигомеров, пригодных для целей модификации древесины, исследовать действие различных добавок (в виде катализаторов, пластификаторов, соотношений компонентов, составляющих мономеры и олигомеры) на процессы поликонденсации и полимеризации, а также на физические, механические и химические свойства смол; б) изучить как можно полнее природу и механизм процессов, происходящих при полимеризации и поликонденсации мономеров и олигомеров в древесине при тех или иных способах иницирования и взаимодействия смол с компонентами древесины; в) определить физические и механические показатели свойств модифицированной смолами древесины и найти характер общих физических, химических и биологических закономерностей в процессах, возникающих в материале при воздействии на него различных внешних факторов (высокие и низкие температуры, электрический ток, взаимодействие древесины с водой); г) разработать технологию получения модифицированной древесины с определением технологических параметров процессов пропитки, полимеризации и поликонденсации смол; д) определить экономическую эффективность модификации древесины синтетическими смолами и конкурентную способность нового материала по сравнению с другими материалами для различных отраслей народного хозяйства.

Такая обширная и сложная тематика при ее разработке требует участия специалистов различного профиля. Конечно, за короткое время мы смогли найти решение и достигнуть определенных теоретических и практических результатов только по некоторым вопросам, по другим — установить лишь принципы их решения и разработать методы исследований.

При пропитке древесины смолами наиболее положительный эффект может быть достигнут при проникновении их в межмолекулярные пространства клеточных стенок. Было установлено, что смолы следует применять в виде олигомеров и мономеров с сравнительно небольшим молекулярным весом с последующим переводом их в полимеры в самой древесине. В качестве таких импрингаторов были выбраны фенолоспирты — начальные продукты поликонденсации фенола и формальдегида, а также смолы фуранового ряда. Исследования показали, что пропитка древесины мономерами и олигомерами значительно повышает ее гидрофобность, стабильность формы и размеров деревянных изделий, многие прочностные показатели (при статических нагрузках), приросты древесины и ее способность противостоять агрессивным средам. В то же время выяснилось, что наряду с повышением прочности (при действии статических нагрузок) значительно возрастает хрупкость древесины при модификации ее фенолоспиртами. В результате исследований, проведенных в лаборатории, были выбраны смолы, обеспечивающие наиболее высокие показатели положительных свойств модифицированной древесины.

При изучении вопросов взаимодействия компонентов древесины со смолой мы выяснили, что наилучший эффект при облагораживании древесины следует ожидать при прививке синтетических полимеров к компонентам древесины. Однако процессы взаимодействия феноло-формальдегидных и фурановых смол с компонентами древесины не ясны. Решением этих вопросов занимаются работники кафедр химической технологии древесины и органической химии Белорусского технологического института.

Для выполнения поставленных задач сотрудники лаборатории применяют комплекс современных физико-химических методов исследования — электронный парамагнитный резонанс, инфракрасную спектроскопию, газо-жидкостную хроматографию. С

помощью этих методов изучено влияние различных факторов на образование и стабильность свободных радикалов, получающихся при облучении древесных полисахаридов γ -лучами.

Исследовано влияние природы и концентрации катализатора, температуры и других параметров процесса на отверждение фурановых смол. Изучена кинетика отверждения фурановых смол в присутствии измельченной древесины. На кафедре органической химии ведутся исследования, посвященные выяснению химизма процессов модификации древесины фенольными соединениями.

Исходя из того, что в древесине только лигнин может реагировать с фенолом, нами была исследована кинетика их взаимодействия в кислой и щелочной среде. Найденные кинетические параметры свидетельствуют о том, что скорость реагирования фенола с протолигнином почти на четыре порядка меньше, чем скорость поликонденсации фенолоспиртов. Это дает основание полагать, что при модификации древесины феноло-формальдегидными смолами они не прививаются к древесине. Между тем прививка к лигнину фенольных соединений существенно улучшила бы физико-механические свойства древесины. Поэтому в настоящее время изучаются пути повышения реакционной способности протолигнина и синтезируются сополимеры феноло-формальдегидных смол, обладающие активными группами, способными взаимодействовать с компонентами древесины. Эти исследования предполагают получение феноло-формальдегидных сополимеров, обладающих повышенной пластичностью.

Для определения эффекта модификации древесины синтетическими смолами в лаборатории широко развернуты работы по исследованию физических, механических, биологических свойств модифицированной древесины. В результате модификации древесины смолами водопоглощение уменьшается в 3—4 раза, влагопоглощение — в 2 раза, усушка и разбухание — в 6—8 раз, прочность на сжатие древесины в воздушном сухом состоянии возрастает в 2 раза, твердость — в 3—4 раза, значительно уменьшается анизотропия прочности, усушки и разбухания. Показатели свойств древесины еще более улучшаются при совмещении пропитки древесины смолами с последующим ее прессованием, а также при комбинированной обработке древесины вначале смолой, а затем низкоплавкими металлами. Такая обработка дала возможность получить древесину с показателями по сопротивлению и сжатию 2500 кГ/см^2 , с твердостью до 5000 кГ/см^2 для всех плоскостей при удельном весе 4,00 г/см^3 .

Многие процессы, определяющие взаимодействие древесины с водой, изучены в динамике (влаго- и водопоглощение, разбухание, поведение древесины в средах с переменной влажностью, характер деформативных и прочностных свойств, процессы пропитки и термообработки при получении модифицированной древесины), что очень важно для раскрытия и объяснения сущности физических явлений.

В результате была получена модифицированная древесина с большим диапазоном физико-механических свойств, что позволяет предварительно рекомендовать ее для практического применения в различных отраслях производства.

Исследования биологических свойств модифицированной древесины фенолоспиртами и смолами на основе фурановых соединений показали ее абсолютную грибостойкость, что значительно расширяет область использования облагороженной древесины. Изучение свойств облагороженной древесины с различным содержанием введенных смол и разными режимами их поликонденсации и полимеризации позволили выработать наиболее эффективные режимы технологии и получения облагороженной древесины, которые могут быть рекомендованы предприятиям для практического внедрения. В настоящее время очень трудно дать подробный расчет экономической эффективности применения облагороженной древесины и ее конкурентной способности сравнительно с другими материалами. Учитывая водо-, влаго- и грибостойкость, а также повышенную прочность модифицированной древесины, можно предположить, что срок ее эксплуатации значительно возрастет и даст возможность расширить сферу использования древесины. Кроме того, модификация древесины наряду с дефицитными породами позволит применять породы малоценные и отходы лесопильной и деревообрабатывающей промышленности.

За время работы лаборатории ее сотрудники опубликовали 9 печатных работ, сдали в печать 6 статей, составили монографию «Модификация древесины синтетическими смолами». Получено одно авторское свидетельство и поданы две заявки в комитет по изобретениям. Работа в лаборатории ведется комплексно с участием сотрудников следующих кафедр института: древесиноведения, химической технологии древесины, органической химии, сопротивления материалов, технической механики, физики; часто приходится обращаться нам к работникам кафедры пластических масс. Мы работаем в контакте с сотрудниками Института ядерной энергетики Академии наук БССР, а также с представителями предприятий Министерства лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности БССР.

В лаборатории ведется подготовка 6 аспирантов под руководством проф. В. Е. Вихрова, доц. А. Т. Моисеева и доц. Ю. И. Холькина. Кроме того, мы выполняем две хозяйственные темы.

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 001

**ЗНАЧЕНИЕ ИДЕЙ Г. Ф. МОРОЗОВА
ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ
И ПРАКТИКИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА****Н. Е. ДЕКАТОВ**

(ЛенНИИЛХ)

Прошло более полувека со времени первого опубликования «Учения о лесе», созданного Г. Ф. Морозовым. За истекший период многое изменилось в лесном мире нашей страны, но идеи и принципы, заложенные Г. Ф. Морозовым в его «Учении о лесе», не устарели. Они выдержали испытание временем и не утратили своего направляющего значения для современной науки и практики лесного хозяйства.

В первых же строках введения автор говорит о постоянстве пользования как о «счастливой и великой идее», «которая проникает все лесоводство и составляет его душу и самую характерную черту», «о такой организации пользования лесами, которая не вела бы к истощению». И здесь же он указывает на различие в пользовании лесами и недрами земли.

Принцип непрерывности пользования лесом в настоящее время общепризнан, но до сих пор не применяется при эксплуатации таежных лесов в нашей стране. Поэтому высказывания Г. Ф. Морозова о неистощительной рубке лесов справедливы и в наши дни.

Георгий Федорович указывал на необходимость создания научной базы для практики лесного хозяйства, предлагал выделить в особую часть раздел лесоведения.

Г. Ф. Морозов считал лес явлением географическим. Он учил рассматривать лес во взаимной связи и взаимодействии со средой, лесорастительными условиями, в частности, с почвой. Эти его идеи, о которых много говорят теоретики, в практике лесного хозяйства учитываются и используются недостаточно. Так, например, лесоустроители до сих пор производят организацию хозяйства по господствующей породе, независимо от того, соответствует ли она лесорастительным условиям, может ли она дать наилучшую и наивысшую продукцию по сравнению с другими породами, способными произрастать в рассматриваемом районе. При создании лесных культур далеко не всегда учитывается соответствие особенностей культивируемой породы лесорастительным условиям.

Большой заслугой Г. Ф. Морозова является созданное им учение о смене пород, выполненное с глубоким анализом причин происходящих процессов.

Это учение имеет и теперь большое значение, так как нежелательные смены пород происходят на громадных площадях в связи с несоответствием применяемых способов рубок и свойств главных пород.

В тридцатые годы суровой критике подвергалась известная формула Г. Ф. Морозова «Рубка и возобновление леса — синонимы», символизирующая постоянство пользования. За последние годы этот принцип получил официальное признание и стал девизом лесоводов.

Жестоким нападкам подвергались положения Г. Ф. Морозова о наличии «гармонии» и «подвижного равновесия» в девственных лесах. Безусловно, девственные таежные леса далеко не совершенны. Но если отбросить тенденциозность в оценке положений Г. Ф. Морозова и не учитывать отдельных случаев, то факт подвижного равновесия и относительной гармонии нельзя не признать. Так, например, установлено, что в таежных девственных лесах еловые, пихтовые, а часто и сосновые древостои разновозрастны. В ельниках, как правило, поколения непрерывно сменяют друг друга. Такие разновозрастные древостои в таксационных описаниях представлены как высоковозрастные (перестойные), с низкой полнотой и отрицательным приростом, так как в них много деревьев усохших и усыхающих. Однако они столь же стары, сколь и вечно молоды, а отмирающие деревья все время заменяются другими. Гибель древостоя в целом не происходит.

Высказывания Г. Ф. Морозова о подвижном равновесии и относительной гармонии в первобытных лесах послужило поводом к обвинению его в преклонении перед природой, в пассивном, созерцательном отношении к ней. Однако эти нападки не обоснованы. В своей работе «О лесоводственных устоях» Г. Ф. Морозов писал:

«По мере развития науки культурная деятельность человечества будет приводить ко все более и более глубокому познанию свойств внешнего мира и все лучше и глубже будет оценивать принципы воздействия на этот внешний мир, а потом будет находить и лучшие пути, чтобы овладеть природой и покорить ее, пользуясь ее же стихийными силами и сохраняя на иной несколько лад ту гармонию отношений, какая в ней господствует». Далее в той же работе Георгий Федорович говорит о лесных культурах, о необходимости селекции, сознательного отбора.

Г. Ф. Морозов известен как основоположник учения о типах леса. Его учение о типах насаждений, о биоценозах развито в трудах акад. В. Н. Сукачева и его учеников. Разработанное в нашей стране учение о типах леса получило признание и в зарубежных странах.

Весьма назидательны и ценны пожелания Г. Ф. Морозова, заключающиеся в том, чтобы работники науки глубже изучали труды предшественников, а производственники занимались исследовательской работой.

Труды Г. Ф. Морозова, его идеи, принципы, методы не только не утратили своей силы, своего значения, но заслуживают глубокого внимания со стороны специалистов руководящих лесных органов, науки и практики лесного хозяйства. Их надо воспринимать диалектически, памятуя, что, как часто повторял сам Г. Ф. Морозов, все течет, все изменяется, что труды его написаны языком того времени с терминологией, требующей изменения.

Г. Ф. Морозов был не только выдающимся ученым, но и страстным пропагандистом лесохозяйственных идей. Беспредельная преданность делу придает его облику особое обаяние.

В слове, посвященном памяти Г. Ф. Морозова, его учитель, товарищ и друг акад. И. П. Бородин писал: «Поколение за поколением русских лесоводов будет развиваться под благотворным влиянием твоей книги, заражаясь горячей любовью к родному лесу, которую проникнут был ее автор». Он прав: «Учение о лесе» Г. Ф. Морозова долго будет любимой настольной книгой лесоводов.

УДК 001

Г. Ф. МОРОЗОВ О ВЗАИМОСВЯЗЯХ ЖИВОТНЫХ С ЛЕСОМ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ *

П. А. ПОЛОЖЕНЦЕВ

(Воронежский лесотехнический институт)

Основоположник отечественного научного лесоводства Г. Ф. Морозов оставил глубокий след в учении о единстве животных с лесом и леса с животными. Вскрытию взаимосвязей леса с фауной и философскому их обобщению способствовало не только глубоко воспринятое Морозовым эволюционное учение Ч. Дарвина, а также идеи В. В. Докучаева, но и непосредственное общение его с природой леса. Высказывания Г. Ф. Морозова о роли животных в лесах важны в лесоисторическом, познавательном и практическом отношениях.

Прошло 70 лет с момента появления первых работ ученого по лесным вредителям, но его высказывания свежи и теперь. Еще тогда он отметил, что в лесу шпанская муха сильнее повреждает деревья одного вида ясеня (обыкновенного) и меньше — ясеня другого вида (американского). В данный момент подобные явления занимают энтомологов и физиологов, пытающихся вскрыть причину, имеющую значение для селекционеров. В культурах сосны Г. Ф. Морозов отмечал групповое отмирание деревьев при наличии отдельных деревьев или групп, хорошо растущих и не повреждавшихся личинками майского хруща. Распространение и вред хрущей (майского и июльского) в Хреновском бору Воронежской губернии Морозов называл эпидемией.

В «Учении о лесе» Г. Ф. Морозов впервые высказал замечательную мысль о том, что «лес, создавая свою внутреннюю структуру, создает вместе с тем особую биологическую обстановку для животного царства». По его мнению, «лес со своей внутренней средой играл в течение веков отбирающую роль: лишь те организмы сохранились в нем, которые приспособились к особенностям его внутренней среды.

* Доложено на торжественном заседании Ученого совета Воронежского лесотехнического института, посвященном 100-летию со дня рождения Г. Ф. Морозова.

Фауна в лесу есть один из факторов в жизни леса, в успешности его возобновления и долговечности его в частности».

«В лесу не только растения приспособились друг к другу, — говорил Георгий Федорович, — но и животные к растениям и растения к животным, все взаимно приспособлено друг к другу и все находится под влиянием внешней среды». Непревзойденный знаток отечественных лесов, в особенности Хреновского и не в меньшей мере Бузулукского боров, ставших известнейшими на весь мир из-за трудности их возобновления в связи с засухой и хрущами, Г. Ф. Морозов страстно призывал лесоводов к изучению всех факторов лесообразования, в том числе и отношений между растениями и животными, рассматривая лес как единство организмов и среды. Он глубоко понимал значение хозяйственной деятельности человека в лесу. По его мнению, «даже разумно хозяйничая в лесу, человек невольно и неизбежно нарушает ту гармонию (называемую теперь биогеоценозом), которая установилась веками между лесом и той внешней средой, в которой он живет, между лесом и теми животными, в частности насекомыми, которые в нем живут».

В природе, говорил Георгий Федорович, не существует полезных и вредных птиц, полезных и вредных насекомых, там все служит друг другу и взаимно приспособлено. При вмешательстве же человека, когда это вмешательство проявляется в неразумной, разрушающей лес форме, «...короеды, майский жук и др., в силу некоторых им присущих жизненных свойств, начинают усиленно размножаться... Почти вся лесная и сельскохозяйственная энтомология обязаны своим существованием только что сказанному явлению». Эти замечательные высказывания теперь снова положительно оцениваются в связи с состоянием наших лесов. В Воронежском и Хоперском заповедниках, например, где биоценотические нарушения сведены к минимуму, насекомые наносят слабый вред, а в рядом расположенных лесхозах с нарушенными биоценозами действия этих насекомых весьма пагубны, несмотря на применяемые против них химические отравляющие вещества. Разрушение естественной обстановки в лесу изменяет состав не только растений, но и животных, одни из которых могут как бы исчезнуть, другие появляться вновь. Например, хищнические, разрушительные рубки прошлого столетия, проводившиеся в Хреновском бору, способствовали возникновению в нем пустырей и крупнейшего очага майского хруща, а затем и июльского. Неправильно осуществлявшиеся сложилососечные и постепенные рубки, имевшие целью улучшить хозяйство, в действительности, по признанию Г. Ф. Морозова, содействовали еще большей опустыренности бора со всеми вредными для него последствиями.

Вскрытые и глубоко осознанные Г. Ф. Морозовым закономерности развития и существования лесов призывали лесоводов овладеть природой и покорить ее, пользоваться ее же стихийными силами и сохраняя на несколько иной лад ту гармонию отношений, какие в ней господствуют. Именно с этих позиций ученый оценил и значение насекомых в Хреновском бору, Каменной Степи, в Чертовичском отрезке, окрестностях Воронежа, Липецка и др. Учение Георгия Федоровича о лесе диалектично, в особенности учение о биологических свойствах древесных пород, учение о лесе как явлении географическом, о взаимозависимости и взаимообусловленности леса, с одной стороны, и климата и почвы, с другой, учение о лесонасаждениях и местной изоляции и смене пород. Вот почему это учение о лесе было положено в основу всех лесных наук и в том числе лесной энтомологии, которая приняла новое хозяйственно-экологическое направление. Насекомых стали изучать как неотделимую часть определенного лесного сообщества в конкретных условиях хозяйства. Практиковавшиеся в борах юго-востока нашей страны, заимствованные с запада узколососечные рубки были заменены широколососечными с немедленным их закультивированием, чтобы предотвратить заселение их майским жуком. Лес начали рассматривать как биоценоз, который, не будучи расстроенным, таит в себе защитные силы против внешних невзгод. Виды, жизнь и размножение насекомых стали изучать не в отрыве от древесных растений, а в связи с ними, с их биологическими свойствами, с типами леса. Все это помогло лучше познать вредителей и облегчить борьбу с ними на бескрайних лесных просторах нашей страны.

Работы Г. Ф. Морозова «История культур в Хреновском бору» и «Майский хрущ и культуры» представляют собой историю борьбы с майским хрущом, одним из самых жестоких врагов молодого леса в нашей стране. Эти работы не потеряли своей актуальности и теперь.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

«БОТАНИКА» Г. В. МАТВЕЕВОЙ *

Выход в свет учебника по ботанике, написанного специально для лесоводов средней квалификации по программе для лесных техникумов, — радостное событие. Огромная армия тружеников леса, от которой в значительной степени зависит состояние наших лесов, в течение многих лет фактически не имела своего учебника по дисциплине, являющейся фундаментом для будущего лесовода любой категории. При малом объеме (всего 14,5 печ. листов) учебник содержит все основные разделы ботаники: морфологию, анатомию, физиологию и систематику растений.

Во введении изложены сведения о ботанике как науке, ее задачах и целях. Показана роль растений в природе и жизни человека. Коротко сказано и о лесе как главной сфере деятельности лесовода. Дается краткое, но последовательное изложение истории развития ботаники.

Раздел «Морфология растений» начинается с изложения общих понятий о растениях. На первом же рисунке рядом с общим видом травянистого растения для сравнения изображен и всход березы. Этим сравнением подчеркивается сходство и различие представителей двух важнейших групп растительного мира. Далее рассматривается морфологическое строение и метаболизм основных органов растений: стебля, корня, листа, дается понятие о гомологичных и аналогичных органах, естественном и искусственном вегетативном размножении растений. Очень доходчиво изложена морфология цветков, плодов, семян и всходов. Даны удачные рисунки и схемы. К сожалению, на стр. 54, на рис. 24 оказался почти незаметным всход березы. В заключении раздела морфологии описаны основные жизненные формы растений.

В разделе «Анатомия растений» рассматривается клеточное строение растений. Показана клетка как основа анатомического строения растений, ее части и их роль. Особо выделена оболочка клетки как основа строения древесины.

Описано строение оболочки, ее физические свойства, химический состав, видоизменения, которые она претерпевает в процессе жизнедеятельности: одревеснение, опробковение, кутинизация, ослизнение, минерализация. Желательно было бы дать пример ослизнения оболочек клеток у семян (льна, айвы), способствующего их прикреплению к почве, или у водорослей. Достаточно четко и последовательно изложен трудный для понимания и усвоения раздел о делении ядра (кариокинетическом и редукционном) и значении этих процессов в жизни растения.

Раздел «Ткани растений» вполне логично начинается с характеристики образовательных тканей. На рис. 30 (стр. 76) устьице на продольном разрезе лучше было бы изобразить вместе с межклетником, в который ведет устьичная щель. В целом удачно описана покровная ткань, характерная в основном для древесных (пробка); здесь хорошо было бы дать хотя бы маленький рисунок строения корки на продольном разрезе. Краткое описание механических тканей хорошо дополняет рис. 32 (стр. 80). На схеме строения ситовидной трубки (рис. 33, стр. 81) надо бы показать ее живое содержимое — протоплазму. Далее дается строение ассимилирующей, всасывающей, запасающей и выделительной тканей. Можно было бы поярче выделить запасающую ткань дерева — клетки древесной паренхимы и сердцевинных лучей луба и древесины ствола и корней.

При описании анатомического строения стебля очень удачно показана схема образования закрытого и открытого пучков (рис. 37 и 38). Еще важнее рис. 41, дающий наглядное представление о переходе первичного строения стебля во вторичное. Насколько нам известно, такая схема приводится впервые. С элементами новизны в методическом отношении изложен и раздел о строении и деятельности камбия.

В целом хорошо показано вторичное строение стебля хвойных и лиственных. Однако схемы строения стебля сосны и липы (рис. 46 и 50) надо было бы дать крупнее и отчетливее.

Столь же удачно изложено анатомическое строение...

* Учебник для лесных техникумов. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968.

схемой перехода первичного строения корня во вторичное (рис. 52). При описании строения хвой следовало бы подчеркнуть неоднородность трансфузионной ткани, деление ее на пустые трахеидные клетки, служащие для проведения воды из древесины пучка хвой к складчатой паренхиме, и живые клетки проводящей паренхимы — для проведения органических веществ из складчатой паренхимы в луб пучка. Иначе у учащихся может сложиться впечатление, что эти два противоположно направленных потока движутся по одним и тем же или, по крайней мере, одинаковым клеткам.

В разделе о водном режиме, по-видимому, вкралась опечатка (стр. 118). Корневое давление достигает 2—3 атм у древесных, но не у травянистых растений. У последних оно составляет всего лишь доли атмосферы. При сравнении траты воды на образование органического вещества и на транспирацию приведенный пример (стр. 119) будет более наглядным и показательным, если трату воды выразить в одних единицах (г или л).

Рис. 59 (стр. 127) служит не столько для характеристики активности фотосинтеза, сколько доказательством образования растением крахмала только на свету. При описании методов определения интенсивности фотосинтеза вместо радиоактивного лучше было

бы привести весьма простой и наглядный метод листовых половинок, прямо показывающий и доказывающий накопление органического вещества растением в процессе фотосинтеза.

Пример с открыванием и закрыванием корзинок одуванчика, пожалуй, больше относится к ростовым движениям, чем к движениям органов растений, закончивших рост (стр. 147). В качестве примера тургорных движений хорошо было бы привести очень показательный, ставший уже классическим, случай складывания листочков у стыдливой мимозы.

Раздел «Систематика растений» написан хорошо. Удачно иллюстрирован схемами и рисунками наиболее трудный для понимания и в то же время ключевой вопрос систематики растений — чередование полового и бесполого поколений при размножении. Имеется одно пожелание. На рис. 78 надо бы не так условно изобразить мужской колосок и женскую шишечку хвойного (например, дать такую схему для сосны). Предметный указатель намного облегчает пользование учебником.

Учебник Г. В. Матвеевой — хороший подарок не только учащимся техникумов, но и студентам высших учебных заведений, в особенности заочникам.

А. Д. Тарабрин.

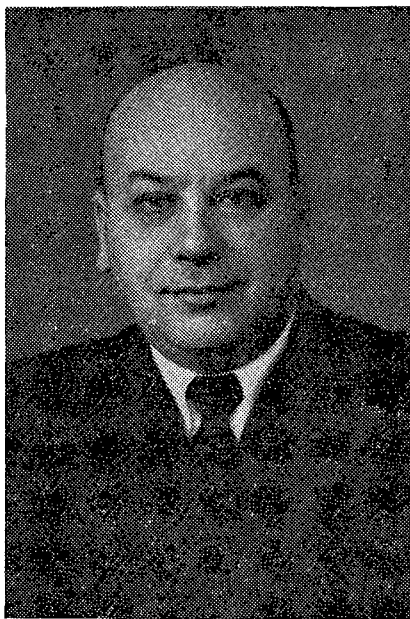
(Московский лесотехнический институт)

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА

Г. А. МАНУХИНА

На 58 году жизни скоропостижно скончался заведующий кафедрой водного транспорта леса Архангельского лесотехнического института профессор Герман Александрович Манухин.

Вся творческая жизнь Г. А. Манухина была связана с развитием лесной промышленности Европейского Севера. Герман Александрович был учителем многих выпусков инженеров лесной промышленности, воспитателем научной смены. Выполняя большую педагогическую работу, Г. А. Манухин плодотворно занимался вопросами развития лесосплавной науки. Его перу принадлежит более 50 научных работ. Герман Александрович являлся руководителем и непосредственным участником значительных науч-



ных исследований, способствовавших техническому прогрессу водного транспорта леса. Широкую известность получили его теоретические труды по вопросам сопротивления плотов движению, определению оптимальных габаритов и расчетам прочности секционных плотов. Большое внимание уделял Герман Александрович освоению рек Европейского Севера, разработке и внедрению наиболее рациональных схем сплава и рейдов в Северодвинском, Вычегодском и Печорском бассейнах. За создание и внедрение в практику сплава конструкций секционных речных плотов для этих бассейнов проф. Г. А. Манухин в 1962 г. был награжден Большой серебряной медалью ВДНХ.

Герман Александрович является автором ряда учебных пособий и учебников по водному транспорту леса. Совместно с А. Н. Пименовым им создан один из основных учебников по этой специальности: «Механизация лесосплавных работ и флот», в соавторстве с А. Н. Пименовым и С. Х. Будыкой подготовлен и написан учебник «Водный транспорт леса и механизация лесосплавных работ».

За плодотворную научно-педагогическую деятельность Г. А. Манухин был награжден орденом «Знак почета» и медалями.

Светлая память о нашем товарище и друге, ученом и педагоге навсегда сохранится в наших сердцах.

Ректор Архангельского лесотехнического института
профессор **И. М. Боховкин.**

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. М. Иванюта. К вопросу главного пользования лесом	3
П. Н. Львов, Р. Н. Климов. Некоторые качественные показатели древесины ели в древостоях, формирующихся из подроста и тонкомера предварительных генераций	8
Г. С. Тутыгин, А. В. Веретенников. О влиянии продолжительности хранения семян в леднике на их приживаемость и рост	11
В. А. Елагина. Зимне-весенние ожоги у хвойных	15
А. З. Швиденко. Строение каменноберезовых лесов Сахалина	18
А. А. Макаренко. Особенности таксации загущенных сосновых древостоев Казахского мелкосопочника	21
А. М. Шутяев. Некоторые биологические особенности ранней и поздней форм дуба в географических культурах Курской области	24
А. П. Травлев. Об особой роли лесной подстилки в натурализации искусственного лесного сообщества в степи	26
А. Г. Лузганов, А. С. Солодыко. Форма кроны и рассеянный свет	29
А. П. Царев. К характеристике рано и поздно распускающихся форм осины в Центральной лесостепи	33
В. Ф. Цветков. О связи возобновления сосны с лесными пожарами в сосняках Кольского полуострова	37

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

И. И. Леонович. Графический метод определения пути следования роспуска при статическом вписывании автомобиля в кривые	41
Ю. Н. Селянин. Прочностной расчет обвязок пучков	44
Н. Н. Буторин. Динамика соударения плавающего бревенного пучка с наплавленными сооружениями поточной линии формирования плотов	48
С. И. Морозов. К вопросу об устойчивости пути в вертикальной плоскости	53
Н. Т. Зайцев. Уравнение уклона березовых сортиментов при молевом сплаве	60
В. Е. Сергутин. Энергия сечения открытых потоков с заданными формами русла и известной скоростной структурой	62
Б. Т. Одоев. Ускоренные методы испытаний прочности известнякового щебня	67

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. С. Симонов, И. И. Михеев, В. А. Воронов, В. Я. Болховитин. Механизация процесса отбора листов строганого шпона из полости суппорта горизонтальных фанерострогальных станков	72
А. Б. Израелит. Анализ усилий в механизмах с индивидуальными пассивными связями	77
Ю. И. Юрьев, Г. М. Гернет, В. А. Коновалов. Определение динамических усилий, воспринимаемых впередирамной тележкой при пилении	80
Ю. С. Островский. Антифрикционные свойства и износостойкость древесины ложного ядра бука и березы	82
В. М. Хрулев. Старение клеевых прослоек и оценка стойкости клеевых соединений древесины	86
Н. Ф. Маркевич. Экспериментальное исследование режима облицовки стружечных плит стеклопластиком в процессе прессования	89
В. С. Мельников. Исследование точности размеров и формы пиломатериалов рамной распиловки в зависимости от факторов, связанных с изменением условий базирования	92

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И. И. Бардышев, Р. И. Зенько, А. Н. Булгаков, И. В. Горбачева, А. Л. Перцовский, В. Г. Казушник, Г. И. Василькова, Т. П. Карачун. О свойствах и химическом составе скипидара из живицы сосны крючковатой <i>Pinus silvestris</i> L subsp. <i>hamata</i> (Steven.) Fomin	98
А. И. Крипианов, П. К. Бурба. Об эффективной вязкости движущегося потока волокнистой массы	101
Б. Н. Лебедев. Влияние конечной температуры пиролиза древесины в слое на выход химических продуктов	106

<i>Н. А. Чупрова, Э. Д. Левин.</i> Состав фенолов, получаемых при пиролизе коры лиственницы сибирской во взвешенном состоянии	109
<i>Н. Н. Калинин, А. И. Кирьянов, С. Я. Коротов.</i> Механизм разгонки древесной пирогенной смолы в трубчатых печах. Сообщение 3. Влияние гидродинамических факторов на выход масел	112
<i>Н. Я. Солечник, А. А. Леонович, Л. И. Барашкова.</i> Исследование влияния компонентов огнезащитного состава на свойства древесноволокнистых плит	116
<i>А. Раб, М. Я. Зарубин.</i> Синтез моделей лигнина, содержащих β -эфирную связь	120
<i>А. Н. Багаев, Ю. К. Шапошников.</i> Поведение фенолов отстойной смолы хвойной древесины в условиях однократного испарения	123
<i>А. Е. Казанина, В. Б. Смоленский, Р. П. Кирпичникова.</i> Влияние природы растворителя и температуры на процесс полимеризации канифоли хлорным оловом	127

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

<i>Ф. В. Пуговкин, Г. А. Степаков.</i> Математические модели оптимизации раскроя хлыстов	131
<i>А. А. Смирнов.</i> Математическое описание воздушно-паровой лесосушильной камеры периодического действия как двухъемкостного объекта регулирования влажности древесины	135

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Б. А. Ильин.</i> Об учете влияния расстояния вывозки леса на стоимость поезда-смены при сравнении проектных вариантов	140
<i>В. И. Мосягин.</i> Основы методики определения экономической эффективности организации производства лигнопродукции	144
<i>В. Г. Золотогоров.</i> Сравнительная оценка новых трелевочных машин	148

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>И. С. Сафаров.</i> Особенности древнетретичных лесов Талыша	152
<i>Г. Б. Сныткин.</i> Из опыта составления схем противопожарного устройства лесов	154
<i>С. И. Толстопятов.</i> Выращивание лесных культур с посадкой картофеля в междурядьях	155
<i>М. М. Котов.</i> Морфологические отклонения в сеянцах <i>Quercus robur</i> L. как результат обработки желудей лучами Рентгена	157
<i>В. В. Голиков.</i> Объем маломерной древесины пихты сибирской в зависимости от лесорастительных условий	159
<i>В. И. Белоус.</i> Увеличение размера промежуточного пользования в культурах дуба	161
<i>Г. И. Маргайлик, А. А. Кирильчук, Э. Г. Милешкевич.</i> Фотоприбор для определения поверхности листовых пластинок	164

ЗА РУБЕЖОМ

<i>Г. А. Новицкая.</i> Высшее лесное образование за рубежом	165
---	-----

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

<i>В. Е. Вихров.</i> Направление исследований и итоги работы Проблемной лаборатории по модификации древесины синтетическими смолами	168
---	-----

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

<i>Н. Е. Декатов.</i> Значение идей Г. Ф. Морозова для современной науки и практики лесного хозяйства	170
<i>П. А. Положенцев.</i> Г. Ф. Морозов о взаимосвязях животных с лесом в Воронежской области	171

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

<i>А. Д. Тарабрин.</i> «Ботаника» Г. В. Матвеевой	173
---	-----

<i>И. М. Боховкин.</i> Памяти профессора Г. А. Манухина	175
---	-----

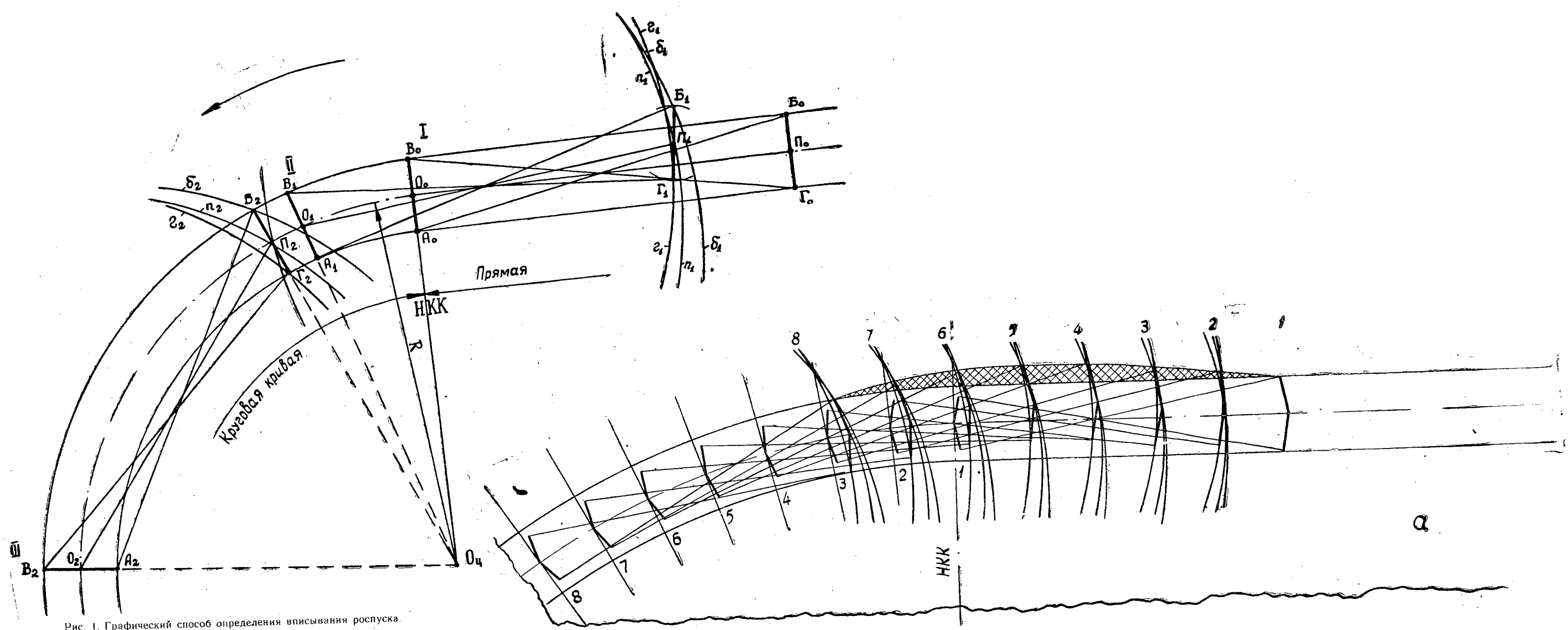


Рис. 1. Графический способ определения вписывания руспуска.

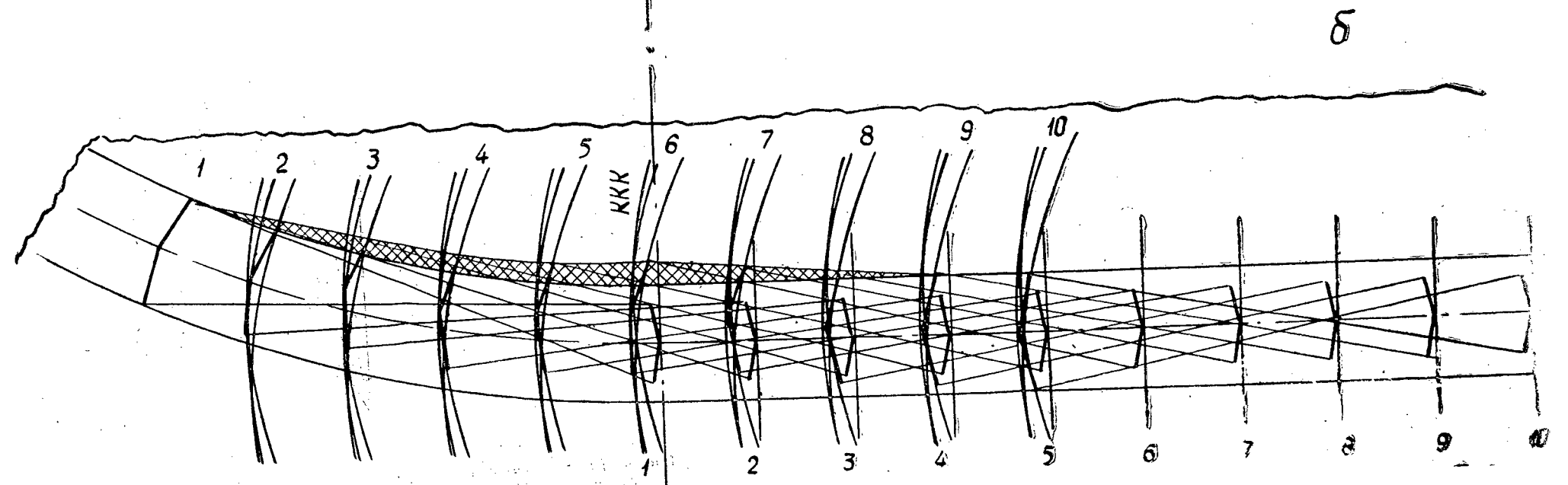


Рис. 2. Путь следования руспуска 2-Р-8 за автомобилем ЗИЛ-151 при вписывании в кривую $R = 20$ м.
 а — при въезде в кривую; б — при въезде из кривой.

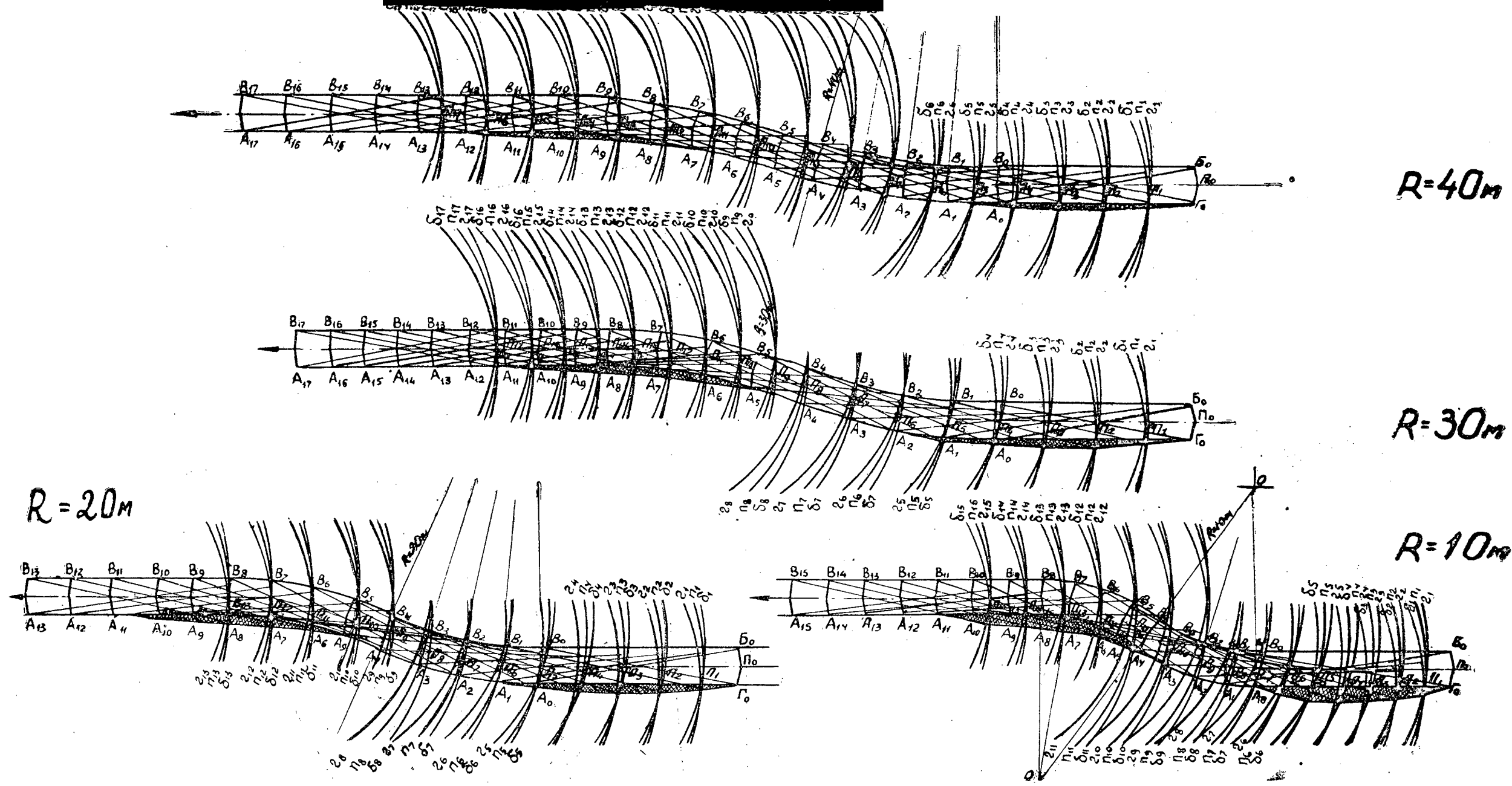


Рис. 3. Изменение величины уширения в зависимости от радиуса круговых кривых.

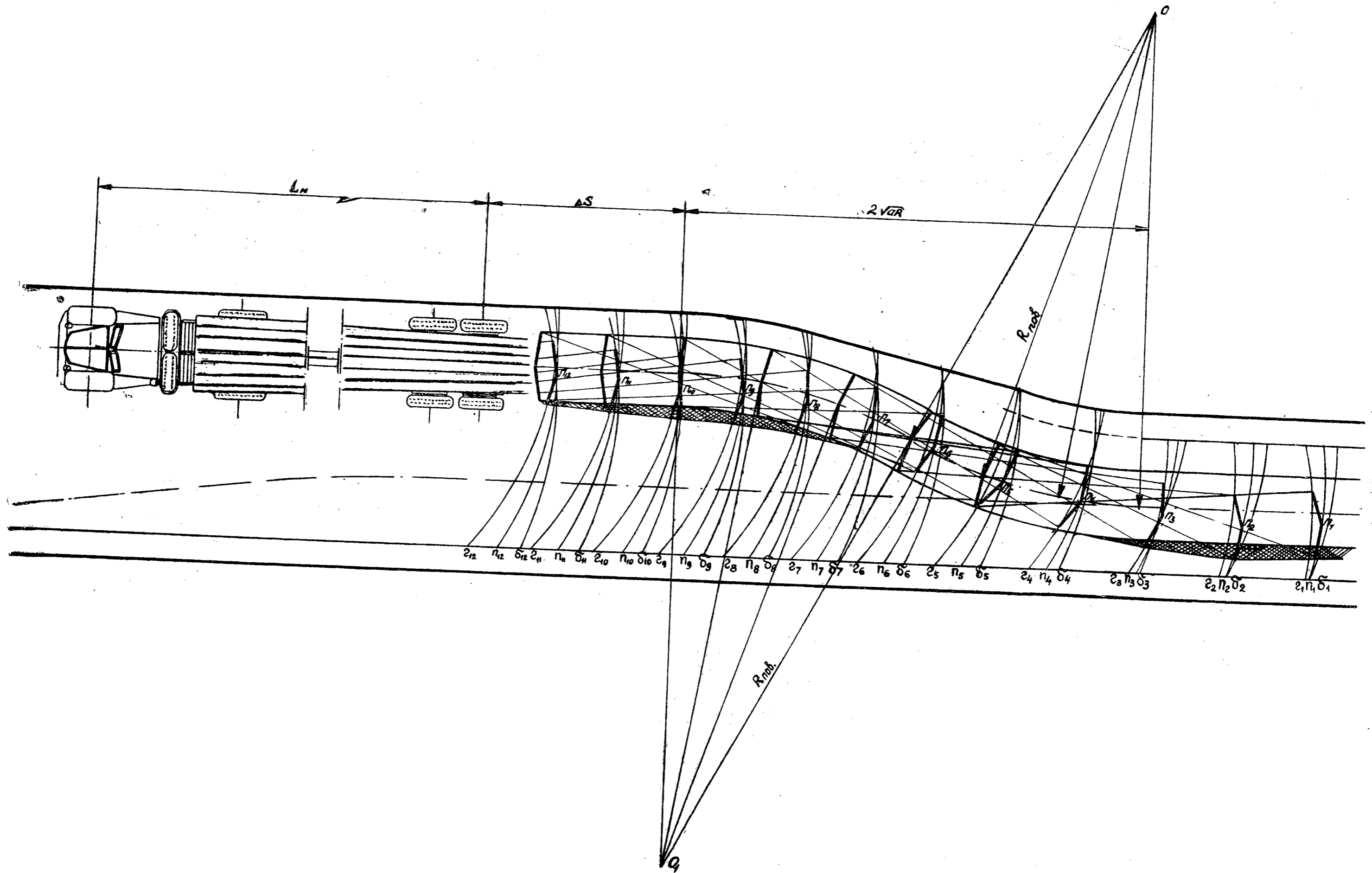


Рис. 4. Влияние смещения роспуска на длину разъездов, устраиваемых на автомобильных лесовозных дорогах с однопослойной проезжей частью.

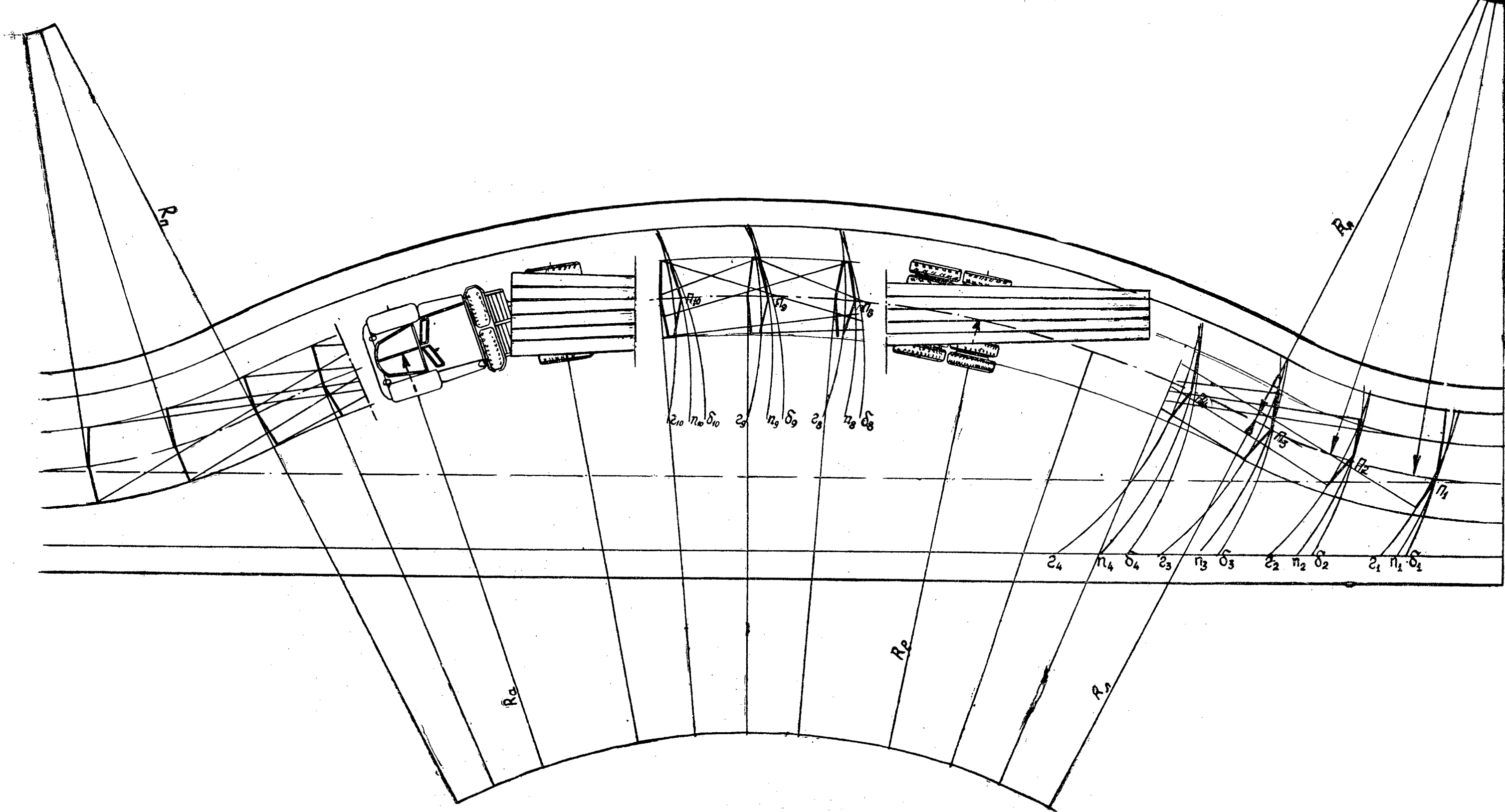


Рис. 5. Разъезд овальной формы.

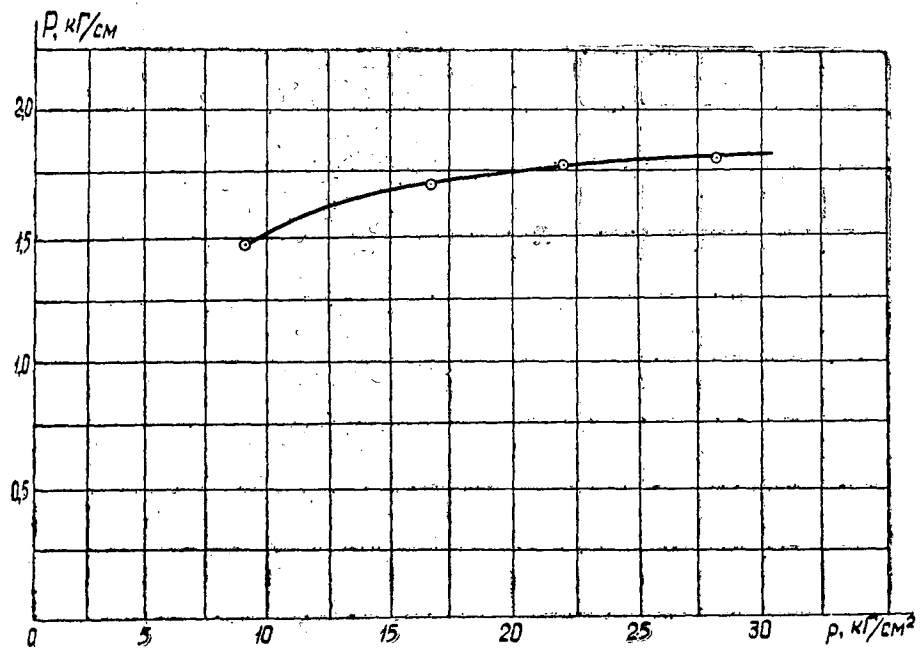


Рис. 1.

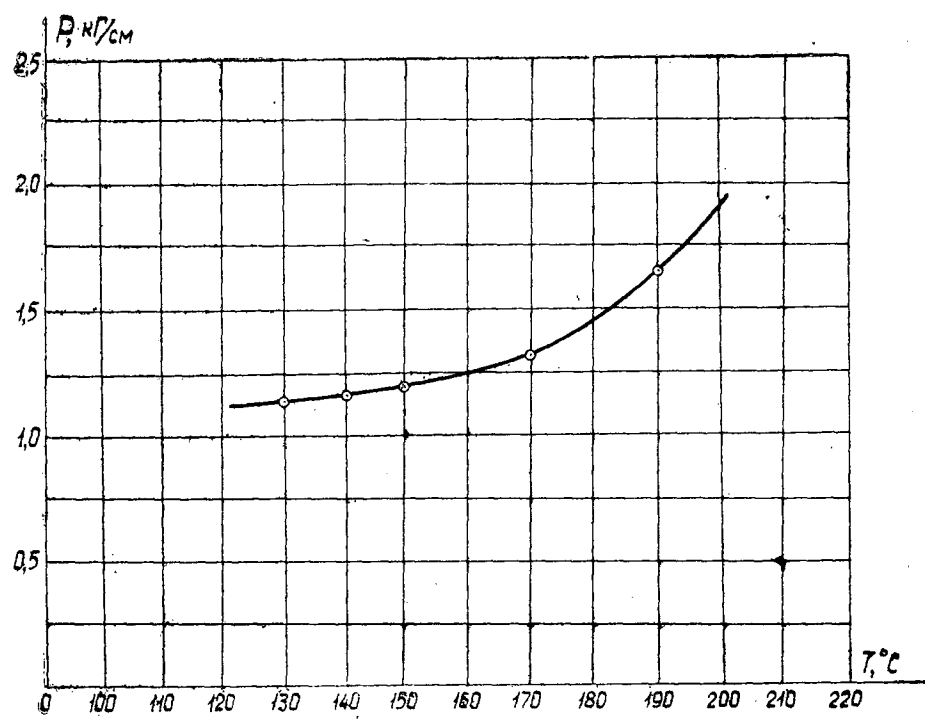


Рис. 3.

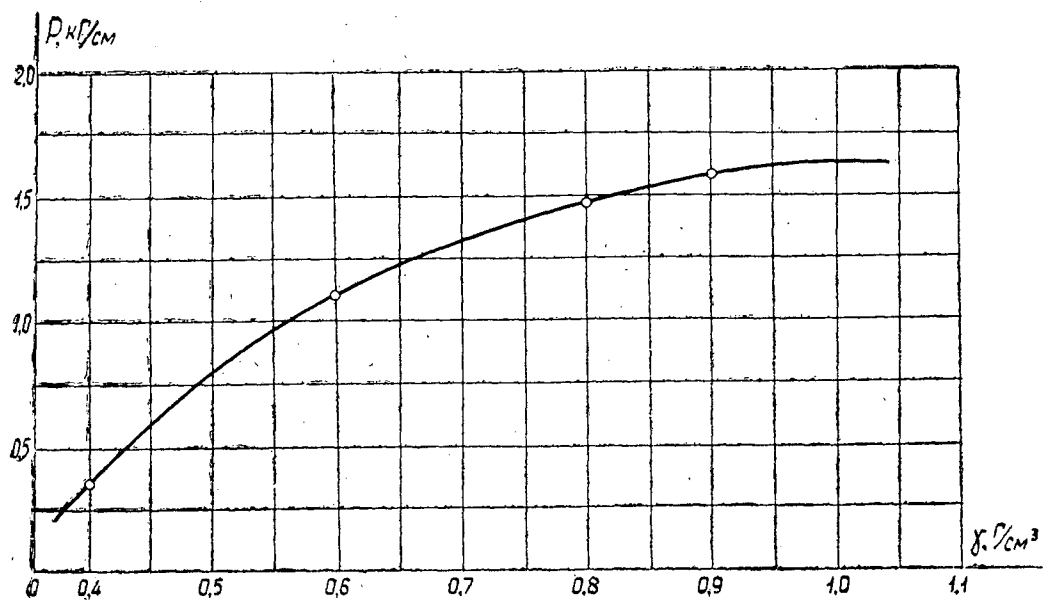


Рис. 2.

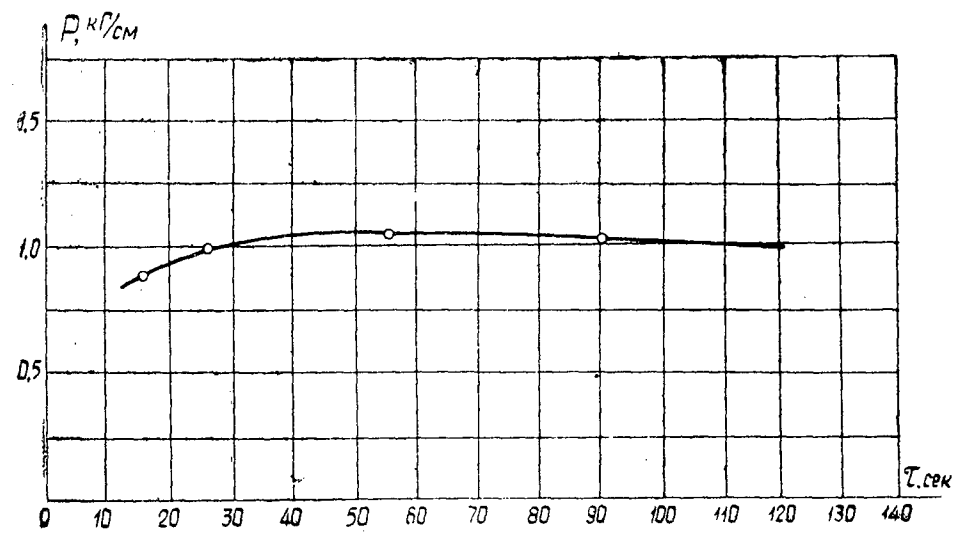


Рис. 4.

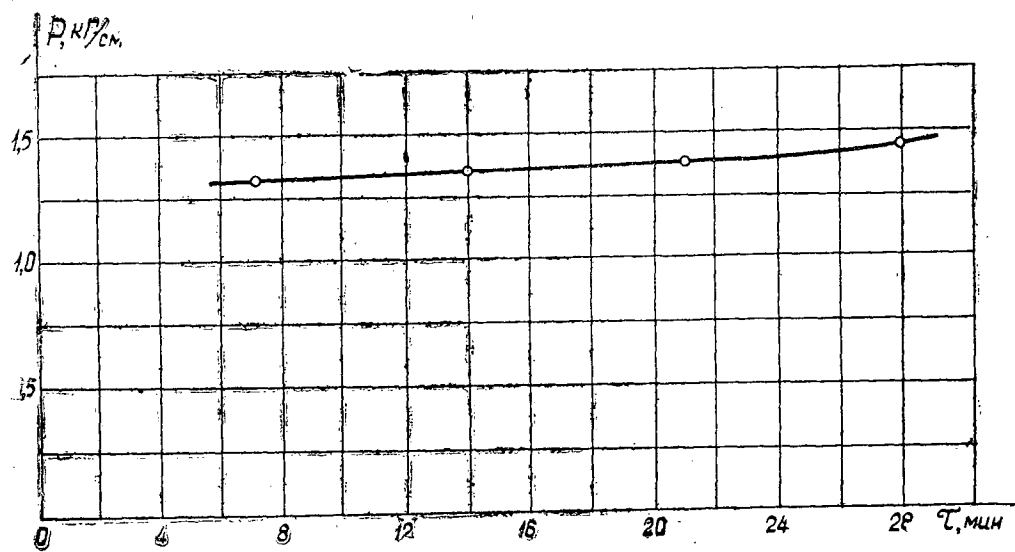
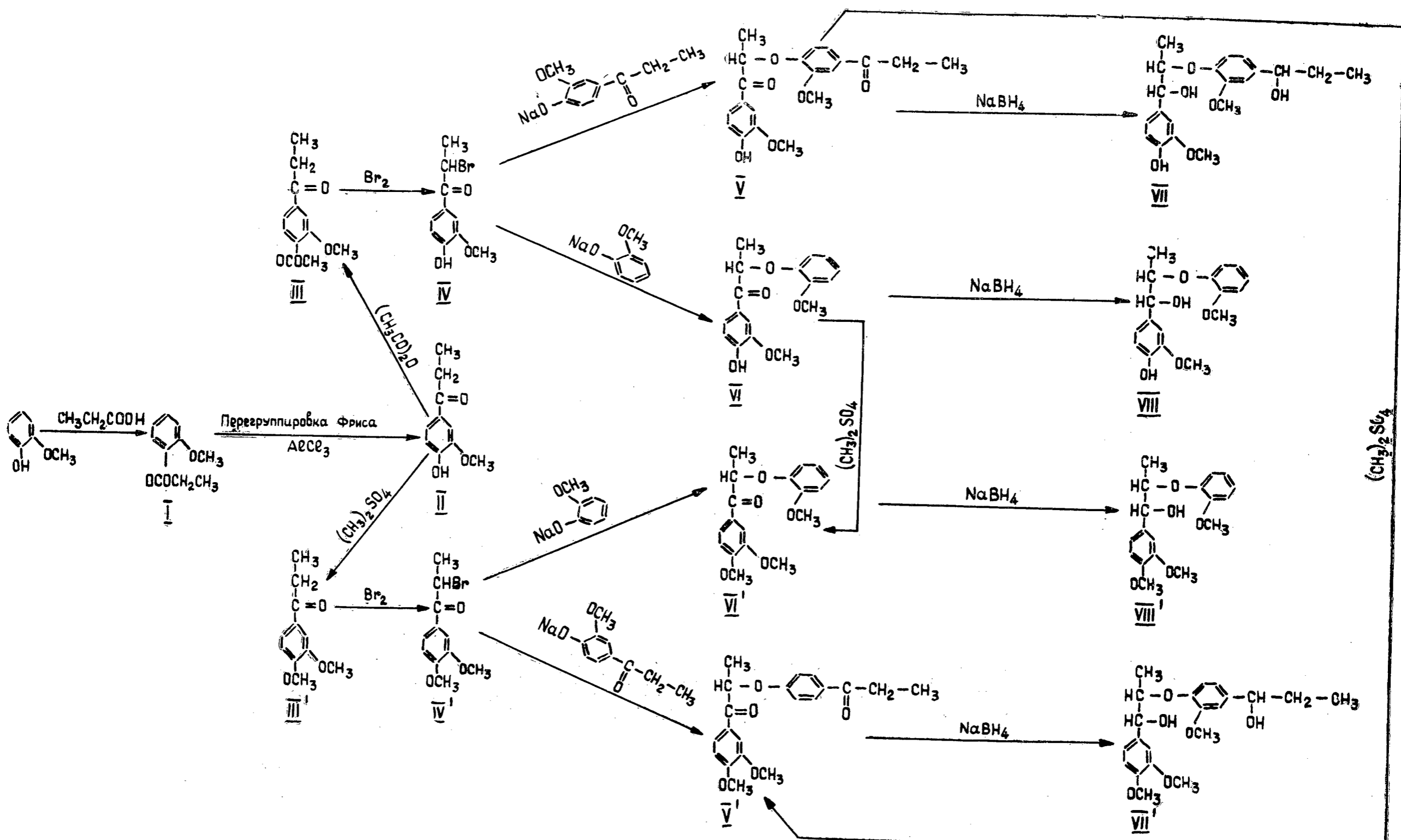
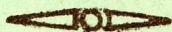


Рис. 5.



МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА

**Подписывайтесь
на журнал на 1969 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Р а з д е л

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».