

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ СЕДЬМОЙ

2

1964

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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

Выходит 6 раз в год.

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

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

СЕМЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ БУКА В ЛЕСАХ
АБХАЗСКОЙ АССР

С. Л. МАКАЦАРИЯ

Младший научный сотрудник

(Абхазская НИЛОС)

Бук восточный (*Fagus orientalis* Lipsky) — наиболее распространенная и основная лесопромышленная порода лесов Грузии. Повышение потребности в древесине привело к значительному увеличению интенсивности рубок в буковых древостоях, что отрицательно повлияло на ход их естественного возобновления [1], [7]. Недостаточная изученность последнего побудила нас заняться этим вопросом.

Исследования проводили в характерных лесных массивах Гагрского, Гудаутского, Гульрипшского и Очамчирского лесхозов по общепринятой методике учета естественного возобновления [2]. Всего заложено 60 пробных площадей размером 0,25—1,0 га в пяти типах букового леса (мертвопокровном, овсяницевом, папоротниковом, ежевичном и лавровишневом).

Эти типы леса описаны рядом авторов [3], [4], [5], [6]. Пробные площади закладывали на лесосеках выборочной рубки, проведенной в 1957—1958 гг.

Изучение естественного возобновления показало, что наибольшее количество всходов имеется в среднеполнотных мертвопокровном и овсяницевом букняках (табл. 1).

Таблица 1

Типы букняков	Полнота	Количество всходов	
		бука	прочих пород
Мертвопокровный	0,3	980	755
	0,5	12860	814
	0,8	160	270
Овсяницевый	0,3	480	890
	0,5	6100	1290
	0,8	110	240
Папоротниковый	0,3	210	300
	0,5	190	1528
	0,7	300	200
Ежевичный	0,3	100	50
	0,5	320	230
	0,7	620	620
Лавровишневый	0,3	50	50
	0,5	100	2
	0,7	400	150

Это объясняется отрицательным влиянием развитого травяного покрова при низких полнотах и неблагоприятным световым режимом при высоких полнотах. Кроме того, в низкополнотных насаждениях наблюдается повреждаемость всходов заморозками и ожоги корневой шейки в жаркий период года, что особенно заметно в мертвопокровном типе леса.

Степень покрытия почвы травянистой растительностью при различных полнотах приводится в табл. 2.

Таблица 2

Типы букняков	Степень покрытия (%) при полноте		
	0,4	0,6	0,8
Мертвопокровный	33	14	1
Овсяницевоый	80	48	16
Папоротниковый	90	75	55
Ежевичный	95	70	43
Лавровишневоый	98	81	56

В папоротниковом типе леса естественное возобновление неудовлетворительно при всех полнотах древостоя, что можно объяснить неблагоприятными физическими свойствами почвы под папоротником: верхний слой почвы сильно водопродим, увеличена его аэрация и очень низка капиллярность; все это создает неблагоприятные условия для развития всходов в засушливый период года.

В ежевичном и лавровишневом типах леса степень возобновления полностью зависит от развитости подлеска (ежевика и лавровишни), которые при разрастании вытесняют не только всходы древесных пород, но и травянистую растительность. Этим и объясняется несколько лучшее возобновление при высоких полнотах, где подлесок развит слабее.

Факторы, препятствующие нормальному естественному возобновлению бука, необходимо учитывать при проведении рубок. Прежде всего, следует воздерживаться от сильного изреживания древостоя; желательны рыхление и сдирание дернины, вырубка подлеска, посев семян и пр. Все эти мероприятия нужно проводить с учетом типа леса.

В настоящий момент промышленная рубка часто носит приисковый характер. Доведение полноты древостоя до 0,3 пагубно влияет на ход естественного возобновления бука, так как способствует сильному зарастанию лесосеки сорной растительностью и ухудшению термических условий для прорастания семян и роста всходов.

При сильном изреживании насаждение часто в большой степени теряет почвозащитные и водоохраные свойства, что приводит к образованию оврагов, оползней, селевых потоков и т. п. Все это способствует значительному расширению безлесных площадей.

В отдельных случаях имеет место вырубка подроста, сохранение которого гарантировало бы достаточное возобновление бука. При рубке в большом количестве повреждаются оставляемые деревья, а при трелевке уничтожается подрост, что ярко иллюстрирует табл. 3.

Как видно из табл. 3, 28% оставленных деревьев имеют механические повреждения и часто становятся жертвой вторичных вредителей; из общего количества всходов и подроста 29% уничтожаются и 18% получают повреждения.

В лесах Кавказа желательно проводить направленную валку с применением конусообразного гидравлического клина-домкрата и спе-

Таблица 3

Лесхоз, квартал	Типы букняков	Количество деревьев, оставшихся на лесосеке		Количество всходов и подроста до рубки		
		всего	с механическими повреждениями	всего	уничтоженных	получивших механические повреждения
Гагрский, 46	Лавровишневый	78	13	2600	800	1000
Гульрипшский, 116	Овсяницевоый	116	36	4300	2000	1200
Гагрский, 40	Мертвопокровный	102	32	6480	1280	1100
38	Ежевичный	105	35	7070	1500	800
Гульрипшский, 117	Папоротниковый	90	18	4630	1800	500
Всего		491	139	25080	7380	4600

циальных валочных вилок. Следует также отказаться от тракторной трелевки и в больших масштабах внедрять в производство воздушные и полувоздушные легкие трелевочные установки переносного типа. При правильной организации работ это дает повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции, а также надежно гарантирует сохранность всходов и подроста.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Я. Л. Абашидзе, О. Гумель. Концентрированные рубки в буковых лесах Кахетии. Труды лесотехнического института Тбилиси, 1936. [2]. В. З. Гулисашили. Горное лесоводство. Гослесбумиздат, 1956. [3]. А. Г. Долуханов. Геоботанический очерк лесов устья реки Чхалта. Труды Ботанического института Грузинского филиала АН СССР, 1938. [4]. Л. Б. Махатадзе. О некоторых особенностях почв и лесовозобновления в папоротниковой бучине. Изд. АН АрмССР, т. III, № 7, 1950. [5]. В. А. Поварницын. Типы лесов Абхазии. Сб. «Абхазия», АН СССР, 1936. [6]. С. А. Соколов. Классификация типов лесов Абхазии. Сб. «Абхазия», АН СССР, 1936. [7]. Г. В. Цинамдзгришвили. Естественное возобновление в разных типах буковых лесов Кахетии. Труды института леса АН СССР, т. VII, 1957.

Поступила в редакцию
9 апреля 1963 г.

ПОВРЕЖДЕНИЯ СТВОЛОВ ЕЛИ И РАНЕВЫЕ ГНИЛИ

Н. Б. МУРАВЬЕВА

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Изучение зараженности раневыми гнилями еловых насаждений мы проводили в Плесецком лесхозе, Архангельской области. Объектом изучения были ельники-черничники с небольшой примесью лиственных пород. Для установления встречаемости пораненных деревьев в насаждении закладывали пробные площади.

Фитопатологическое обследование показало, что основным видом гнилей являются раневые, образовавшиеся в результате глубоких или поверхностных механических повреждений стволов деревьев (табл. 1).

Таблица 1

№ пробных площадей	Общее количество обследованных деревьев	Количество поврежденных и зараженных гнилями деревьев, %			
		всего	в том числе зараженных		
			раневыми гнилями	еловой губкой	прочими гнилями
1	561	9,3	7,9	1,4	—
2	566	9,2	6,2	0,9	2,1
3	573	4,6	2,8	0,8	0,8
4	506	6,3	4,7	0,9	0,5
5	483	9,5	6,8	1,5	1,2
6	507	7,5	6,5	0,7	0,1
7	416	9,6	9,2	—	0,4
8	584	8,0	6,6	0,7	0,7

Значительное количество ран на стволах и разных возраст деревьев, определенный при рубке и анализе моделей, можно объяснить тем, что в начале текущего столетия на Севере проводили главным образом выборочные рубки.

При исследовании все виды механических повреждений коры и древесины стволов мы разделяли в зависимости от их происхождения.

Затесочные раны, обычно плоские, захватывают кору и поверхностные слои древесины. Их наносит человек топором или другим режущим инструментом. Чаще всего они встречаются на высоте до 2 м, исключения редки. Затесочная рана, сделанная на стволике молодого деревца, может вызвать его гибель [6], может зарости и лишь в некоторых случаях остается заметной на стволе в возрасте дерева 60 лет и старше. Длина таких ран небольшая — от 5 до 40 см.

Сдирочные раны встречаются на стволах взрослых деревьев

и подроста. Повреждается главным образом кора, которую либо сдирают, либо она засыхает пятном и остается на поверхности ствола (при ушибе). Эти раны могут быть вызваны самыми различными причинами. Размер их весьма неодинаков: от едва заметных до охватывающих половину окружности ствола; длина их также различна. Встречаются сдирочные раны во всю длину ствола от кроны до корней; они образуются при ударе линейной молнии, а чаще всего при ошмыге упавшим соседним деревом.

Облом или механическое повреждение вершины происходит при валке деревьев или болезненном отмирании верхушки.

Раны от ожогов обычно расположены в нижней части ствола и имеют клиновидную форму (широкая часть — у поверхности земли, а острая вершина — на высоте до 1 м). Под верхним слоем твердой засинелой древесины находится труха — отработанная микроорганизмами и насекомыми древесина.

Осколочно-пулевые раны распространены в насаждениях, в которых во время войны шли бои. Эти раны расположены на разной высоте и имеют характерные рваные края.

Раны любого происхождения, в зависимости от степени повреждения окружности ствола, согласно ГОСТу 2140-61 «Древесина. Пороки» [3], подразделяли на закрытую прорость, которая может образоваться как от затесочной, так и от сдирочной раны, и открытую прорость — шириной не больше 3 см на боковой поверхности ствола, которая может получиться от затесочной, сдирочной и осколочно-пулевой раны; на узкую сухобокость — шириной по боковой поверхности ствола до 8 см и широкую сухобокость, иногда занимающую до 1/3 периметра ствола. Сухобокость может образоваться от затесочных, сдирочных, осколочно-пулевых ран и от низовых лесных пожаров (пожарная подсушина).

Описанную классификацию ран мы применяли при проведении обследования на пробных площадях. При перечеке дерева подразделяли на здоровые и поврежденные (с видимыми ранами), а последние, в свою очередь, — на имеющие закрытую или открытую прорость, узкую или широкую сухобокость (табл. 2).

Таблица 2

№ пробных площадей	Количество поврежденных деревьев (%)				
	всего	с проростью		с сухобокостью	
		закрытой	открытой	узкой	широкой
1	7,9	3,6	1,8	0,2	2,3
2	6,2	2,7	1,9	0,7	0,9
3	3,1	1,2	0,7	0,4	0,8
4	5,0	2,6	1,3	0,3	0,8
5	6,8	3,7	0,6	1,0	1,5
6	6,7	1,4	2,1	1,1	2,1
7	9,2	2,4	3,1	0,2	3,5
8	6,6	1,4	1,3	0,8	3,1

Данные табл. 2 показывают, что у большого числа обследованных деревьев на стволе встречались прорости.

Но раны на стволах являются лишь внешним признаком повреждения растущего дерева. Поэтому для детального изучения времени заражения грибами, скорости роста и хода развития гнилей мы брали модельные деревья, имеющие на стволах различные ранения. Все модельные деревья распиливали на метровые отрубки, чтобы проследить распространение гнили по стволу. На каждом отрубке в двух взаимно

перпендикулярных направлениях измеряли диаметры ствола (в коре и без коры), заболони, спелой древесины, водослоя, гнили. Если были поранены корни, то их раскапывали. При анализе полученного материала гнили деревьев, возникшие после поранений, мы подразделили на пять категорий. В основу деления положена классификация А. Т. Вакина [1], [2].

Большое распространение в еловых насаждениях имеют комлевая ядровая и стволовая подзаболонная гнили [4]. Комлевая ядровая гниль встречается часто и целиком повреждает ствол. Она составляет почти половину общего количества раневых гнилей. Скорость развития этой гнили самая большая. При разделке модельных деревьев откряжевку производили до выклинивания гнили и таким образом выявляли общую длину гнили в стволе. Давность возникновения ран у модельных деревьев определяли путем подсчета числа годовичных слоев на поперечном срезе ствола. Мы вычисляли прирост раневых гнилей ели или скорость их развития по длине ствола в течение года (рис. 1).

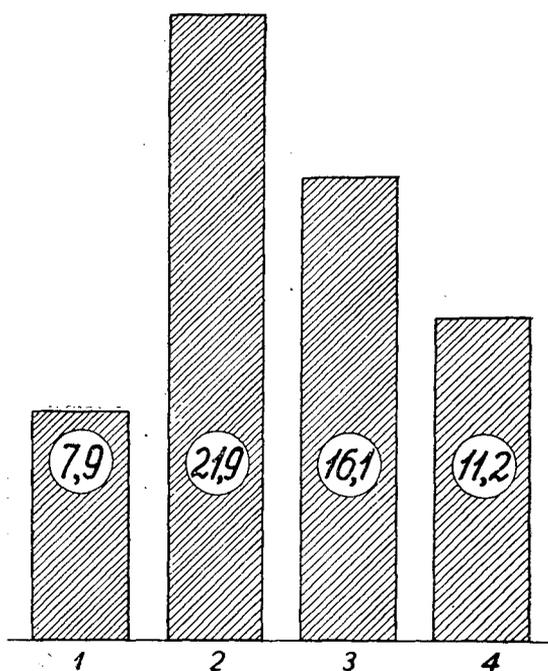


Рис. 1. Показатели скорости развития раневых гнилей по категориям (сантиметры по длине ствола за один год).

1 — стволовая подзаболонная гниль; 2 — комлевая ядровая;
3 — комлевая ядрово-заболонная; 4 — напеченная ядровая.

Для определения возбудителей раневой гнили грибы выделяли в чистую культуру. Для этого образцы брали из различных мест гнили и высевали в стерильной камере в чашки Петри на питательную среду. По мере роста определяли виды грибов.

Выявленная микрофлора оказалась весьма разнообразной по видовому составу [4]. Кроме сумчатых и несовершенных, мы обнаружили и определили некоторые виды базидиальных грибов, среди которых встретились как сапрофиты *Stereum sanguinolentum* (Alb. et Schw.) Fr.,

Stereum purpureum Pers., *Polyporus abietinus* Fr., *Fomes pinicola* Fr., *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel., так и разрушитель корней *Fomes annosus* (Fr.) Ske.

Кроме грибов, возбудителями раневой гнили оказались и бактерии *Cytofaga Hutchinsonii*, *Bacillus mesentericum* и др.

Таким образом, раневые гнили ели вызывает комплекс микроорганизмов: бактерии, сумчатые, базидиальные и несовершенные грибы. Эти данные подтверждаются и работами других авторов [5], [6].

Из всего сказанного видно, что механические ранения и развивающаяся после этого раневая гниль взаимно связаны, отрицательно влияют на растущие деревья ели, обесценивают древесину. Широкое распространение раневых гнилей в насаждениях заставляет обратить на них особое внимание, а для того чтобы уменьшить количество механических повреждений и исключить возможность развития раневых гнилей, необходимо прежде всего бережно относиться к деревьям в лесу при выполнении хозяйственных, защитных и других работ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Т. Вакин. Сердцевинная гниль ели в дачах Ржевского лесничества Тверской губернии. Известия Ленинградского лесного института, вып. XXXV, 1927. [2]. А. Т. Вакин. Раневая гниль древесного ствола и условия ее развития. Drevarsky vyskum, Zväzok, 4, 1962. [3]. ГОСТ. 2140-61. «Древесина. Пороки». М., 1962. [4]. Н. Б. Муравьева. О раневой гнили ели. Вопросы лесозащиты. (Тезисы докладов II межвузовской конференции по защите леса), М., 1963. [5] Д. В. Соколов. Повреждения ели при поранениях и их влияние на качество древесины. Труды ВЗЛТИ № 3, 1958. [6]. В. И. Щедрова. Повреждения елового подроста при лесозаготовках и раневая гниль. Труды Карельского филиала АН СССР, вып. XVI, 1959.

Поступила в редакцию
3 июля 1963 г.

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОЖАЯ СЕМЯН ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ ПО ПРОБНЫМ ВЕТВЯМ

А. Ф. ЛИСЕНКОВ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Сибирский технологический институт)

Работники лесхозов и леспромхозов урожай семян древесных и кустарниковых пород, как правило, оценивают глазомерно и реже — способом пробных ветвей или сплошным пересчетом плодов на деревьях. Лесоводы давно работают над усовершенствованием способов определения и прогнозирования урожая.

И. И. Рац [4], объединив способы глазомерной оценки урожая и пробных ветвей, разработал шкалу урожайности лиственных насаждений для юго-запада УССР. Однако эта шкала не дает возможности судить об абсолютных величинах урожая; к тому же она применима только для лиственных пород и для определенного района их произрастания. Немецкий лесовод Г. Мессер [1] разработал расчетный метод приближенного определения урожая шишек сосны, ели, лиственницы. Количество шишек на 1 га подсчитывают путем умножения числа стволов на 1 га на процент плодоносящих деревьев и на урожай одного дерева при данной интенсивности плодоношения, а затем это произведение делят на 100. Этот метод прост, но недостаточно точен. Т. П. Некрасова [3] предложила шкалу для перехода от глазомерной оценки урожая семян сосны к абсолютным величинам — количеству шишек на кроне. Недостатком этого метода является субъективизм при глазомерной оценке урожая и трудность проведения сплошного пересчета шишек на дереве.

Для нахождения метода наиболее объективной оценки урожая мы в 1962 г. на опытном лесосеменном участке, на котором произрастает 1172 семенных дерева в возрасте около 20 лет, провели работы по определению соотношения между оценкой цветения и плодоношения, произведенной по глазомерным наблюдениям, по пробным ветвям и по сплошному пересчету цветов и шишек на кронах деревьев. Разработанный метод проверен в приспевающих и спелых древостоях и типах леса лиственничник разнотравный и лиственничник горно-травяной. На лесосеменном участке по шестибалльной шкале В. Г. Каппера [2] дана глазомерная оценка цветения (в мае) и плодоношения (в июле) каждого дерева с одновременным сплошным пересчетом всех соцветий или шишек. Кроме того, у 647 деревьев на 1649 ветвях подсчитаны соцветия или шишки и измерена их длина*.

* В сборе материалов и их первичной обработке принимали участие инженеры В. В. Копылова, В. С. Пуляйкина, В. А. Рыбников и техники Л. Н. Булавкина, Э. В. Достовалова, Г. И. Колобова и Г. А. Фирсова.

Деревья с соцветиями составили около 62%, а с шишками — 55% от общего количества. Встречались деревья с различной интенсивностью цветения и плодоношения от нулевого балла до балла пять. Это дало возможность определить среднее количество соцветий и шишек на одном дереве при различной интенсивности плодоношения. Полученные материалы, по всей вероятности, справедливы для годов с различной интенсивностью плодоношения. А так как у лиственницы сибирской, как показали наблюдения (1960—1962 гг.), количество соцветий и шишек во всех частях кроны примерно одинаково, то для оценки плодоношения можно срезать ветви в любой части кроны.

Результаты учета цветения и плодоношения (средние данные из двух повторностей) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Балл цветения или плодоношения	Количество деревьев, шт.	Количество соцветий (шишек) на одном дереве, шт.	Коэффициент вариации v	Точность наблюдений P	Колебания количества соцветий (шишек) на одном дереве, шт.	Округленное количество соцветий (шишек) на одном дереве, шт.
0	378	$0,4 \pm 0,05$	241,2	12,5	0—4	0—4
1	211	$10,9 \pm 0,3$	42,0	2,9	5—20	5—20
2	304	$51,1 \pm 1,2$	42,0	2,4	21—98	21—100
3	172	$170,4 \pm 3,7$	28,8	2,2	101—296	101—300
4	37	$356,8 \pm 6,2$	10,9	1,8	304—479	301—500
5	18	$654,4 \pm 84,8$	22,3	5,3	504 и больше	501 и больше

Количество соцветий на дереве, как правило, больше, чем шишек. Поэтому оценка будущего урожая семян по интенсивности цветения не равнозначна оценке по плодоношению. У деревьев со слабым плодоношением (баллы 0—3) более половины соцветий не образует шишек. У деревьев с баллом цветения 4 и 5 отмерло только 34—40% соцветий. Но одному и тому же баллу цветения и плодоношения соответствует примерно одинаковое количество соцветий и шишек на дереве. Например, при балле цветения 2 на одном дереве было $52,3 \pm 1,7$ соцветий, а при балле плодоношения 2 — $50,0 \pm 1,8$ шишек. Зная среднее количество шишек на одном дереве при различной интенсивности цветения и плодоношения, легко подсчитать, сколько шишек и семян лиственницы можно собрать с 1 га (табл. 2). Расчет производили для молодых насаждений лиственницы сибирской I—II классов возраста.

Таблица 2

Балл плодоношения	Количество шишек на 1 га, шт.			Вес семян на 1 га, кг			Округленные значения пределов урожая семян, кг	
	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное
0	—	4000	460	—	0,7	0,1	—	1
1	5000	20000	11000	0,7	3,1	1,1	1	3
2	21000	100000	50000	3,1	15,0	7,6	3	15
3	100000	300000	170000	15,0	45,0	25,6	15	45
4	300000	500000	350000	45,0	75,0	52,6	45	75
5	500000	—	650000	75,0	—	97,5	Выше 75	

Если давать прогноз урожайности семян лиственницы сибирской по цветению, то можно округленно принимать, что при цветении, равном 0—3 баллам, можно собрать 50% от количества семян, указанного в табл. 2, при баллах 4—5 — 60%.

Учитывая, что в молодых насаждениях лиственницы сибирской на 1 га имеется около 1000 деревьев, в приспевающих и спелых средней густоты — около 500, а в редианах и на опушках — 20—50, можно рассчитать, какое количество соцветий и шишек должно быть в среднем на одном дереве при различной интенсивности цветения и плодоношения (табл. 3), чтобы собрать семена в размерах, указанных в табл. 2.

Таблица 3

Глазомерная оценка урожая в баллах	Количество соцветий или шишек на одном дереве, шт.		
	в молодых насаждениях	в приспевающих и спелых насаждениях средней густоты	на отдельно стоящих деревьях и на опушках
0	0—4	0—4	0—4
1	5—20	5—100	5—500
2	21—100	101—500	501—1000
3	101—300	501—1000	1001—3000
4	301—500	1001—2000	3001—5000
5	больше 500	больше 2000	больше 5000

Для достижения большей точности и простоты определения урожая мы установили связь между количеством соцветий или шишек на 1 пог. м ветви и интенсивностью цветения или плодоношения дерева, определенными глазомерно или по подсчету всех соцветий или шишек на дереве (табл. 4).

Таблица 4

Оценка цветения в баллах	Количество соцветий (шишек) на 1 пог. м ветви, шт.	Коэффициент вариации v	Точность определения P	Округленные значения количества соцветий (шишек) на 1 пог. м, шт. (средние пределы)	Число ветвей
0	$0,09 \pm 0,01$	144,0	7,7	до 0,1	317
1	$1,00 \pm 0,16$	100,0	6,0	0,1—2,0	277
2	$3,51 \pm 0,04$	28,4	1,1	2,1—4,0	665
3	$6,39 \pm 0,09$	24,1	1,4	4,1—8,0	321
4	$9,00 \pm 0,38$	24,4	4,2	8,1—12,0	34
5	$14,67 \pm 0,66$	26,6	4,5	больше 12	35

Эта зависимость графически выражается параболой $y = ax^2 + vx + c$. Подставляя в это уравнение вместо x баллы цветения, а вместо y соответствующие им количества соцветий (шишек), определим коэффициенты a и v . Тогда уравнение будет иметь вид

$$y = 0,5x^2 + 0,4x + 0,1. \quad (1)$$

По материалам графика или по уравнению можно найти средние и предельные значения количества соцветий, приходящихся на 1 пог. м ветви для каждого балла цветения (плодоношения).

Объединив данные табл. 3 и 4, получим соотношение между интенсивностью цветения (плодоношения) в баллах, количеством соцветий (шишек) на 1 пог. м пробных ветвей и урожаем семян или шишек на 1 га (табл. 5).

Таким образом, чтобы сделать прогноз или определить величину урожая семян или шишек лиственницы сибирской в каком-либо насаждении, необходимо срезать несколько ветвей (желательно в разных частях кроны) у 10—20 средних по развитию деревьев. В годы обильных урожаев берут меньше модельных деревьев, а в годы слабых урожаев —

Таблица 5

Оценка цветения (плодоношения)	Количество соцветий (шишек) на 1 пог. м ветви, шт.	Урожай шишек на 1 га древостоя (тыс. шт.), определенный		Урожай семян на 1 га древостоя (кг), определенный	
		по цветению	по плодоношению	по цветению	по плодоношению
0	до 0,1	0—2	0—4	0—0,5	0—1
1	0,1—2,0	2—10	5—20	0,5—1,5	1—3
2	2,1—4,0	10—50	21—100	1,5—7,5	3—15
3	4,1—8,0	50—150	100—300	7,5—22,5	15—45
4	8,1—12,0	150—300	300—500	22,5—45,0	45—75
5	больше 12	больше 300	больше 500	больше 45	больше 75

больше. Длина срезанных ветвей должна составлять от $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ их общей длины. Измеряют их длину, подсчитывают соцветия или шишки, переводят на 1 пог. м ветвей и по табл. 5 находят интенсивность цветения (плодоношения) в баллах и урожай семян или шишек в кг.

Предложенный метод был проверен на деревьях лиственницы сибирской в возрасте 40, 60, 80—100 и 150—200 лет, произрастающих в горно-травяном лиственничнике и при свободном стоянии (табл. 6). Как видно из табл. 6, разница в оценке интенсивности цветения (глазомерно и по пробным ветвям) не превышала 0,5 балла в древостоях всех групп возраста.

Таблица 6

Условия произрастания	Возраст деревьев, лет	Количество учтенных ветвей на 1 пог. м	Количество женских соцветий, шт.		Балл цветения, определенный	
			всего	на 1 пог. м	глазомерно	по формуле (1)
В насаждении	40	31,9	98	3,1	2	2,1
	60	18,5	129	7,8	3	3,5
" "	80—100	24,1	39	1,6	1	1,3
	60	11,0	123	11,2	4	4,3
Отдельно стоящие	80—100	12,8	90	6,1	3	3,1
	150—200	31,9	225	7,0	3	3,3

Практическое значение данного метода заключается в том, что он позволяет давать достаточно точный прогноз урожая семян лиственницы сибирской еще весной в период цветения, а также во время летних фенологических наблюдений. Это дает возможность правильно планировать семенозаготовки в лесхозах и леспромхозах, заранее подготовиться к их проведению, а при отсутствии или гибели урожая — своевременно передавать плановые задания и выделенные средства тем хозяйствам, которые смогут использовать эти средства по прямому назначению. При этом соотношение интенсивности плодоношения и количества шишек, приходящихся на 1 пог. м ветви, в разных районах Советского Союза может изменяться; но эти изменения легко уточнить в местных условиях, используя предложенный нами метод.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. А. Истомин. Количественный способ учета урожая шишек хвойных пород. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1958. [2]. В. Г. Каппер. Лесосеменное дело. Гослестехиздат. Л., 1936. [3]. Т. П. Некрасова. Плодоношение сосны в Западной Сибири. Изд. АН СССР, Новосибирск, 1960. [4]. В. В. Огиевский, Н. И. Рубцов. Лесные культуры и лесные мелиорации. Изд. «Высшая школа», М., 1960.

Поступила в редакцию
13 февраля 1963 г.

ОБЪЕМНЫЕ И СБЕГОВЫЕ ТАБЛИЦЫ АКАЦИИ БЕЛОЙ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Л. В. БИЦИН

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Северо-Кавказская ЛОС)

В последние годы Б. И. Гаврилов для УССР [1] и И. П. Дмитриев для Молдавской ССР [3] опубликовали объемные и сортиментные таблицы белоакациевых насаждений I—II разряда высот с возрастом рубок 16—20 лет. Составленные на местном материале эти таблицы служат хорошим пособием при материальной оценке лесосек и проведении научно-исследовательских работ. Предварительный анализ таблиц показывает, что они не могут полностью удовлетворить запросы практики на Северном Кавказе, поскольку здесь произрастают более производительные (на I—II класса бонитета) и крупномерные белоакациевые древостои с возрастом рубок 31—35 лет. В связи с этим возникла необходимость в проведении аналогичных исследований на Северном Кавказе.

В четырех лесхозах Краснодарского края (Красногвардейском, Курганинском, Кропоткинском и Крымском) нами было заложено 19 пробных площадей и взято 185 модельных деревьев. Исследования проводили в чистых 5—28-летних культурах Iг—Iд классов бонитета (по общепониманию шкале проф. М. М. Орлова), в свежей и влажной пойменной дубравах (Д₂, Д₃) с кратковременным затоплением (до трех недель). Дополнительно при установлении соотношений между диаметрами и высотами использованы материалы шести пробных площадей [7], [8], заложенных в 7—24-летних белоакациевых культурах I—Iа классов бонитета. Срубленные и обмеренные модельные деревья

Таблица 1

Диаметры стволов на высоте 1,3 м см	Высоты стволов. м											Итого стволов	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26		
4													16
8	10	5	1										44
12		11	16	16	1								48
16					18	6	4						33
20					7	11	12	2	1				21
24						4	5	7	5				21
28							1	2	3	1			7
32								3	1	3	1		7
36									1	2	1	1	4
									2	1		2	5
Итого	10	16	17	36	26	21	22	14	13	7	3		185

распределяются по четырехсантиметровым ступеням толщины и двухметровым ступеням высоты следующим образом (табл. 1).

В основу исследований положен метод В. К. Захарова [4], [5].

Средние значения относительного сбega акации белой и основные статистические показатели варьирования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические показатели	Относительные высоты									
	0,00	0,05	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Средние значения относительного сбega, <i>m</i>	137,7	105,4	90,6	82,5	75,9	66,1	56,6	45,5	32,0	18,1
Средние значения относительной толщины коры	118,1	103,6	92,1	82,6	75,1	68,8	59,8	48,5	38,4	29,0
Ошибка средней $\pm m$			0,22	0,29	0,32	0,39	0,46	0,53	0,46	0,44
Среднее квадратическое отклонение σ			2,6	4,0	4,5	5,4	6,4	7,5	6,5	6,2
Коэффициент вариации <i>C</i>			2,9	4,8	6,1	8,1	11,6	16,9	20,9	35,4
Точность исследования <i>P</i>			0,24	0,35	0,43	0,59	0,81	1,2	1,4	2,4

Для перехода от относительного сбega к абсолютному были установлены линейные связи между диаметрами на высоте груди и диаметрами (толщиной коры) на относительных высотах. (Коэффициенты корреляции были высокими — 0,95—0,96.)

Уравнения связи для относительных высот 0,1 и 0,5 следующие:

для ствола

$$d_{0,1} = 0,95x + 0,7; \quad (1)$$

$$d_{0,5} = 0,61x + 0,7; \quad (2)$$

для толщины коры

$$T_{0,1} = 0,0945x + 0,23, \quad (3)$$

где *x* — ступени толщины по диаметрам на высоте 1,3 м.

При составлении разрядных таблиц использовали соотношения между диаметрами и высотами обмеренных модельных деревьев и пробных площадей, полученные рядом авторов [7], [8].

Эти материалы наносили на график высот и точечным способом в сочетании с методом А. В. Тюрина [9] установили четыре разряда с амплитудой колебания высот 1,5—2,0 м в пределах отдельных ступеней толщины. Имея эти данные, а также абсолютный сбег ствола и толщины коры по относительным высотам, были построены графики образующих древесного ствола и на их основе составлены таблицы сбega в коре и без коры (табл. 3).

Качественная оценка собранного нами материала может быть сделана путем сравнения полученных результатов с выводами предшествующих исследований. С этой целью для каждого ствола, а затем по ступеням высот были вычислены коэффициенты формы q_2 и на их основе определены видовые числа по таблицам М. Е. Ткаченко. Отклонения колеблются в пределах $\pm 0,4$ —2,6%, что вполне допустимо при проведении такого рода исследований.

Соотношения между коэффициентами формы q_2 и видовыми числами для стволов высотой 10 м и выше выражаются формулой

$$f = q_2 - 0,94. \quad (4)$$

Таблица 3
Объем и сбег стволов акании белой

Диаметр на высоте груди, см	Высота, м	Объем ствола, м ³	d	v	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	% коры
I разряд высот																		
8	12,5	0,031	d	v	8,5	7,3 ¹	6,4 ³	5,1 ¹⁰	3,6	1,8								23
		0,011	v		0,008	0,006	0,004	0,002	0,002	—								
		7,4	d	v	6,4	5,7	4,5	3,0	1,4									
		0,009	v		0,006	0,005	0,003	0,001	—									
10	14,5	0,055	d	v	10,4	9,2	8,1	7,0	5,6	3,8	1,7							23
		0,017	v		0,013	0,010	0,008	0,005	0,002	0,002	—							
		9,2	d	v	8,2	2,2	6,2	5,0	3,4	3,4	1,5							
		0,013	v		0,010	0,008	0,006	0,004	0,002	0,002	—							
12	16	0,086	d	v	12,5	11,1	10,0	8,8	7,3	5,6	3,6	1,4						22
		0,024	v		0,019	0,016	0,012	0,008	0,005	0,005	0,002	—						
		11,1	d	v	9,9	8,8	7,7	6,5	4,9	3,0	3,0	1,1						
		0,019	v		0,015	0,012	0,009	0,007	0,004	0,004	0,001	—						
14	17,5	0,126	d	v	14,4	13,0	11,8	10,5	9,1	7,5	5,7	3,4	0,7					22
		0,032	v		0,026	0,022	0,017	0,013	0,009	0,009	0,005	0,002	—					
		12,8	d	v	11,4	10,5	9,5	8,1	6,6	5,0	2,9	—						
		0,026	v		0,020	0,017	0,014	0,010	0,007	0,007	0,004	0,001	—					
16	19	0,177	d	v	16,8	14,9	13,7	12,4	11,0	9,2	7,5	5,3	3,0					21
		0,044	v		0,034	0,029	0,024	0,019	0,019	0,013	0,009	0,004	0,001					
		15,0	d	v	13,3	12,3	11,1	9,7	8,2	6,6	4,7	2,6	2,6					
		0,035	v		0,027	0,024	0,019	0,014	0,010	0,010	0,007	0,003	0,001					
18	20	0,234	d	v	18,7	17,0	15,5	13,9	12,5	11,0	9,2	6,9	4,4	1,6				21
		0,055	v		0,045	0,038	0,030	0,024	0,024	0,019	0,013	0,007	0,003	—				
		16,7	d	v	15,2	13,8	12,4	11,1	9,7	8,1	6,1	3,8	3,8	1,3				
		0,043	v		0,036	0,030	0,024	0,019	0,014	0,014	0,010	0,006	0,002	—				
20	21	0,302	d	v	20,7	18,9	17,2	15,9	14,3	12,5	10,8	8,5	5,9	3,4				21
		0,067	v		0,056	0,046	0,040	0,032	0,032	0,024	0,018	0,011	0,005	0,002				
		18,5	d	v	16,9	15,3	14,2	12,7	11,1	9,6	7,5	5,2	2,8	2,8				
		0,053	v		0,045	0,037	0,032	0,025	0,019	0,019	0,014	0,009	0,004	0,001				

24	23	0,475	d	25,1	22,8	21,0	19,4	17,8	15,8	13,9	12,0	9,5	6,8	3,8	20
		0,378	v	0,99	0,082	0,069	0,059	0,050	0,039	0,030	0,023	0,015	0,007	0,002	
28	24	0,671	d	22,5	20,4	18,7	17,3	15,9	14,0	12,4	10,7	8,5	5,9	3,2	20
		0,55	v	0,079	0,065	0,055	0,047	0,040	0,031	0,024	0,018	0,011	0,006	0,002	
32	25,0	0,905	d	29,5	26,7	24,6	22,8	21,1	19,0	16,8	14,7	12,0	8,8	5,8	20
		0,725	v	0,136	0,112	0,095	0,082	0,070	0,057	0,044	0,034	0,023	0,012	0,005	
36	26	1,197	d	26,5	23,9	22,0	20,4	18,9	17,0	15,0	13,1	10,6	7,7	4,9	20
		0,959	v	0,110	0,090	0,076	0,065	0,056	0,045	0,035	0,027	0,018	0,009	—	
			d	33,0	30,6	28,2	26,0	24,3	22,4	20,5	17,5	14,9	11,6	8,2	20
			v	0,171	0,147	0,125	0,106	0,093	0,079	0,066	0,048	0,035	0,021	0,011	
			d	29,6	27,5	25,3	23,2	21,7	20,0	18,3	15,7	13,3	10,2	7,1	20
			v	0,138	0,119	0,101	0,084	0,074	0,063	0,053	0,039	0,028	0,016	0,008	
			d	38,6	34,4	31,8	29,8	27,7	25,4	22,8	20,5	17,7	14,4	10,7	20
			v	0,234	0,186	0,159	0,140	0,120	0,101	0,082	0,066	0,049	0,033	0,018	
			d	34,7	30,8	28,5	26,7	24,8	22,7	20,3	18,3	15,8	12,8	9,4	20
			v	0,189	0,149	0,128	0,112	0,097	0,081	0,065	0,053	0,039	0,026	0,014	
														2,4	
														0,001	
														2,0	
														5,9	
														0,005	

II разряд высот

8	10,5	0,028	d	8,4	7,1	5,8	4,2	2,0							25
		0,021	d	0,011	0,008	0,005	0,003	0,001							
			d	7,4	6,3	5,1	3,7	1,7							
			v	0,009	0,006	0,004	0,002	—							
10	12	0,047	d	10,4	8,8	7,4	6,0	4,0	1,4						23
		0,036	v	0,017	0,012	0,009	0,006	0,003	—						
			d	9,2	7,8	6,6	5,3	3,5	1,1						
			v	0,013	0,010	0,007	0,004	0,002	—						
12	14	0,078	d	12,5	10,9	9,6	8,0	6,3	4,2	1,9					23
		0,060	v	0,025	0,019	0,014	0,010	0,006	0,003	0,001					
			d	11,1	9,7	8,5	7,1	5,5	3,6	1,5					
			v	0,019	0,015	0,011	0,008	0,005	0,002	—					
14	15,5	0,114	d	14,6	12,8	11,4	9,9	8,1	6,2	3,7	1,0				22
		0,089	v	0,034	0,026	0,020	0,016	0,010	0,006	0,002	—				
			d	13,0	11,4	10,2	8,8	7,2	5,5	3,2	0,8				
			v	0,026	0,020	0,016	0,012	0,008	0,005	0,002	—				
16	16,5	0,157	d	16,6	14,7	13,2	11,7	9,9	7,8	5,4	2,6				22
		0,125	v	0,043	0,034	0,027	0,022	0,015	0,010	0,005	0,001				
			d	14,8	13,1	11,7	10,4	8,7	6,9	5,7	2,1				
			v	0,034	0,027	0,022	0,017	0,012	0,007	0,005	0,001				

Полученные нами видовые числа белоакациевых насаждений Северного Кавказа были сравнены с аналогичными данными Г. Ф. Карпенко, И. П. Дмитриева для Молдавской ССР [6] и А. М. Гусейнова по Азербайджанской ССР [2]. Видовые числа по ступеням высот для всех трех объектов очень близки; в Молдавской ССР они в среднем на 1,3% выше, в Азербайджанской ССР — на 1,5% ниже наших, а средневзвешенные видовые числа для Молдавии и Азербайджана, с одной стороны, и Северного Кавказа, с другой, почти полностью совпадают. Таким образом, проведенный анализ убеждает нас в том, что при широких таксационных обобщениях представляется возможность составить единые объемные таблицы для трех объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Гаврилов. Сортиментные таблицы акации белой. Справочник Д. П. Логутова, Ф. П. Моисеенко «Сортиментные таблицы для таксации леса на корню», Гостехиздат, УССР, Киев, 1959. [2]. А. М. Гусейнов. Ход роста семенных белоакациевых насаждений в Азербайджанской ССР. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1962. [3]. И. П. Дмитриев. Массовые таблицы сбega и сортиментные таблицы акации белой Молдавской ССР. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1962. [4]. В. К. Захаров. Новое в методике исследования формы древесных стволов и составлении таблиц объема и сбega. «Сборник научных работ по лесному хозяйству института леса» АН БССР, вып. VI, 1955. [5]. В. К. Захаров. Новое в методике определения объема коры древесных стволов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1960. [6]. Г. Ф. Карпенко, И. П. Дмитриев. Опытные таблицы хода роста и динамики товарности семенных насаждений акации белой Молдавской ССР. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 6, 1960. [7]. И. С. Матюк. Результаты изучения древесной растительности на песках юго-востока европейской части СССР. «Освоение песков», ВНИАЛМИ, М., 1960. [8]. Н. А. Смирнов. Закрепление и облесение Терско-Кумских песков. «Освоение песков», ВНИАЛМИ, М., 1960. [9]. А. В. Тюрин. Таблица объема и сбega стволов березы по бонитетам. «Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины», Сельколхозгиз, М.-Л., 1931.

Поступила в редакцию
2 октября 1962 г.

КОЛИЧЕСТВО ХЛОРОФИЛЛА И ФОТОСИНТЕЗ ПРИВИТЫХ И МАТОЧНЫХ КЕДРОВ

Г. Ш. КАМАЛТИНОВ

Аспирант

(Поволжский лесотехнический институт)

В лесобиологической лаборатории Поволжского лесотехнического института под руководством М. Д. Данилова мы проводим исследования хода роста и развития привитых кедров. В данной статье изложены результаты определения количества хлорофилла и изучения фотосинтеза привитых и маточных кедров. Количество хлорофилла находили колориметрическим способом на ФЭКН-57 по Т. Н. Годневу. Фотосинтез изучали по методу Л. А. Иванова и Н. Л. Коссович.

Многочисленные исследования показывают, что содержание хлорофилла в различных растениях неодинаково. Так, светолюбивые растения по сравнению с теневыносливыми содержат меньше хлорофилла. Но в условиях достаточной освещенности они имеют высокую фотосинтетическую способность [6]. Можно предположить, что из двух растений одного и того же вида при прочих равных условиях большей фотосинтетической способностью обладает то, которое содержит больше хлорофилла. Однако известны случаи, когда привитое растение, содержащее меньше хлорофилла, чем контрольное, накапливает больше органического вещества, что указывает на повышенную интенсивность фотосинтеза [8], [1].

Лучшие по росту привитые кедровые саженцы за сравнительно короткий срок накапливают значительное количество органического вещества, имеют более темную зеленую окраску хвои, что дает повод высказать предположение о большем содержании хлорофилла и высокой фотосинтетической способности. Для выявления этих особенностей привитых кедров мы и провели настоящее исследование.

Объектом изучения были три маточных и три (лучших по росту) привитых кедров. Маточные деревья в год прививки имели возраст 20—25 лет и еще не вступили в пору плодоношения. Согласно учению И. В. Мичурина [9] о возрастных этапах развития плодовых деревьев, до начала массового плодоношения деревья относятся к юношескому этапу роста и более подвергаются изменениям. М. Д. Данилов к юношескому периоду относит сосну в возрасте до 20—30 лет, а ель — до 30—40 лет [3]. Кедр по своим биологическим свойствам (медленный рост, позднее вступление в пору плодоношения, долговечность) более близок к ели, и, следовательно, пределом юношеского периода кедров можно считать 30—40 лет, а, возможно, даже более высокий возраст. Таким образом, для прививок мы использовали черенки с кедров, находя-

шихся на юношеском возрастном этапе. В то же время следует отметить, что кедр так же, как и другие лесные дикорастущие деревья, имеет резко выраженную консервативную наследственность. Об этом свидетельствуют исследования семенного потомства 100-летних самопрививок [9] и искусственных прививок кедра [10].

Кедры прививали черенками, срезанными из нижней части кроны местных кедров, весной 1956 г. в расщеп осевого побега. Привитые кедры сильно дифференцируются по росту. Их средние приросты по годам составляют: в 1956 г. — 3 см; 1957 г. — 31 см; 1958 г. — 34 см; 1959 г. — 31 см; 1960 г. — 31 см; 1961 г. — 30 см; 1962 г. — 31 см; 1963 г. — 34 см. Подвой — 5-летняя сосна обыкновенная. Привитые и маточные кедры произрастают в дендросаду ПЛТИ, на суглинистых почвах в более или менее одинаковых условиях.

Для определения количества хлорофилла хвою у маточных деревьев брали с 2-летних побегов, расположенных в нижней части кроны, с хорошо освещенной его стороны, то есть там же, где заготавливали черенки для прививок 1956 г. У привитых кедров хвою брали одновременно с таких же побегов, но со средней части кроны, как наиболее точно отражающей средние признаки привоя. Из взятых таким образом образцов отвешивали навеску 200 мг. Вес навески опытным путем был подобран с таким расчетом, чтобы с кюветками, имеющими объем 20 мл, можно было работать в наиболее чувствительной части ФЭКН, то есть при оптической плотности исследуемых растворов, близкой к 0,3—0,5. Хвою измельчали и растирали в фарфоровой ступке с небольшим количеством спирта. Полученную кашицу фильтровали через стеклянный фильтр № 3 «Дружная горка» с применением вакуума. Ступку, пестик и осадок на фильтре промывали спиртом, который после этого также пропускали через фильтр. После фильтрования вытяжку хлорофилла переносили в мерную колбу и объем ее доводили до 25 мл.

Колориметрирование вытяжки производили на приборе ФЭКН-57 за красным светофильтром, имеющим максимальную полосу пропускания света для хлорофилла. Для каждого дерева было сделано трехкратное определение количества хлорофилла в три срока: 1 июня, 1 июля и 1 августа 1963 г. Из полученных данных вычисляли среднее значение. Для перехода от относительных величин оптических плотностей к абсолютным величинам содержание хлорофилла в хвое была составлена стандартная кривая с использованием раствора Гетри. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ дерева	Оптическая плотность хвои			Количество хлорофилла, мг на 1 г сырого веса хвои		
	кедра-привоя	кедра-маточника	сосны-подвоя	кедра-привоя	кедра-маточника	сосны-подвоя
1	0,460	0,325	0,336	3,1	1,7	1,8
2	0,443	0,357	0,336	2,8	2,4	1,8
3	0,448	0,320	0,346	2,9	1,6	1,9
Среднее	0,450	0,333	0,337	2,9	1,9	1,8

Из приведенных данных видно, что у трех исследуемых деревьев каждой категории содержание хлорофилла в хвое более или менее одинаково. Больше всего хлорофилла имеет хвоя привитого кедра, значительно меньше хвоя кедр-маточника и сосны обыкновенной. Из этого можно заключить, что одной из причин быстрого роста приви-

тых кедров, по-видимому, является повышенное количество хлорофилла и связанная с этим повышенная фотосинтетическая деятельность.

Для изучения процесса фотосинтеза были выбраны один из лучших по росту 8-летних привитых кедров и один маточник-кедр сибирский. Для изучения ассимиляции брали 2-летние побеги с хорошо освещенной стороны кроны (у маточника с нижней ее части, а привитого кедра — со средней).

Для определения количества накопленного сухого вещества мы дважды предприняли попытку применить метод Сакса с некоторыми изменениями применительно к пятихвойным соснам.

Некоторые исследователи применяли этот метод для изучения накопления сухого вещества сосной обыкновенной и получили хорошие результаты ([5] и др.).

Методика нашей работы заключалась в том, что из укороченного побега кедра с пятью хвоинками (брахибласта) рано утром осторожно выдергивали две хвоинки. Вечером брали еще две хвоинки, и по разности абсолютно сухих весов определяли количество накопленного сухого вещества. Одновременно путем затенения побегов таким же способом исследовали дыхание и отток. Однако обработка полученных данных показала, что этот метод для кедра не дает положительных результатов. По-видимому, точность опыта снижается за счет нанесения побегу повреждения при взятии первых образцов хвои. Наблюдения показали, что на местах поранения сильно выделяется живица, которая покрывает эти места, а также пристаёт к основаниям оставшихся хвоинок. Количество выделившейся живицы у разных побегов неодинаково. Поскольку количество органического вещества, накопленного за день, по весу очень мало, то ясно, что наличие живицы вносит путаницу в результаты опыта. Кроме того, можно предположить, что нанесение поранений нарушает нормальный ход фотосинтеза побега, что может зависеть от степени поранения. И последней причиной, снижающей точность опыта, может быть разница в весе отдельных хвоинок.

Лучшие результаты мы получили при изучении фотосинтеза по методу Л. А. Иванова и Н. Л. Коссович. Побег, помещаемый в четырехлитровую круглую колбу, по длине выбирали с таким расчетом, чтобы его вес был около 5 г, а количество хвои не слишком большим. Продолжительность экспозиции, с учетом литературных указаний [4], [2], была принята равной 5 мин. Во время опыта внутри колбы измеряли температуру воздуха, определяли относительную влажность и люксметром измеряли интенсивность света. Опыт проводили 1 июня 1963 г., повторность четырехкратная. Так как изучение фотосинтеза носило сравнительный характер, то опыты проводили на обоих деревьях одновременно. Перед каждым опытом с помощью мехов кол-

Таблица 2

№ повторностей опыта	Характеристика условий опыта				Количество углекислого газа, поглощенного за 1 час на 1 г сырого веса	
	время начала опыта, час	температура воздуха в колбе, °С	относительная влажность воздуха, %	освещенность, лк	кедр-привой	кедр-маточник
1	10	15	58	9600	1,46	1,08
2	11	14	56	16800	1,56	1,08
3	12	24	51	48000	1,16	0,84
4	13	18	55	20800	1,16	1,68
Среднее					1,38	1,17

бы тщательно продували, чтобы заполнить их лесным воздухом. Количества углекислого газа в лесном воздухе определяли также и в контрольной колбе. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Сравнивая полученные результаты, видим, что привитый кедр с 10 до 12 час поглощал больше углекислого газа, чем кедр-маточник, что подтверждает лучшую фотосинтетическую деятельность привоя. Повидимому, это и является одной из причин хорошего роста части привитых кедров. Результаты наших исследований и выводы согласуются с данными исследований И. В. Гулидовой [2], В. Н. Любименко [6], Т. А. Леухиной [5], доказавших, что хороший рост растений обусловлен повышенной фотосинтетической деятельностью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. З. Н. Брянцева. Исследования биохимических, физиологических и морфологических изменений у растений под влиянием прививки. Автореферат кандидатской диссертации. Изд-во АН СССР, Новосибирск, 1958. [2]. И. В. Гулидова. К вопросу о физиологических причинах дифференциации деревьев по классам роста. Сб. «Физиологические основы роста древесных растений». М., 1960. [3]. М. Д. Данилов. Закономерности роста и развития древесных пород. Автореферат докторской диссертации, 1950. [4]. Л. А. Иванов, Н. Л. Коссович. Полевой метод определения фотосинтеза. «Ботанический журнал», т. 31, вып. 5, 1946. [5]. Т. А. Леухина. Физиологические особенности сеянцев сосны обыкновенной в зависимости от стадийно-возрастного состояния материнских деревьев. Труды ПЛТИ, 1958. [6]. В. Н. Любименко. Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире. М.-Л., 1935. [7]. И. В. Мичурин. Сочинения. Изд. второе, дополненное, т. 1, ОГИЗ, Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, М., 1948. [8]. С. К. Овечкин. Бюллетень Украинского института растениеводства, селекции и генетики, № 2, 1958. [9]. Л. Ф. Правдин, В. И. Некрасов. Самопрививки кедра на сосне. «Ботанический журнал» № 6, 1953. [10]. А. И. Северова. Вегетативное размножение хвойных древесных пород. М., 1958.

Поступила в редакцию
20 сентября 1963 г.

К ВОПРОСУ ОБ АКУСТИКЕ ЛЕСА

К. И. РУДИК

Аспирант

(Тульский пединститут)

Вопросам акустики леса, таким, как выяснение причины образования шума леса или отдельного дерева, посвящено немного работ. Так, В. И. Арабаджи и С. Д. Зинчук [1] показали, что шум деревьев не обязан своим происхождением видимому колебанию листвы, а обусловлен ударным механизмом и вихреобразованием за кромками листьев и ветвями. Частота, несущая максимум энергии, при увеличении скорости ветра становится более высокой. В другой работе В. И. Арабаджи и автора [2] приведена кривая распределения интенсивности шума по частотам акустического спектра. Нет еще ответа на вопрос, почему разные породы имеют характерный для себя шум. Из повседневной жизни известно, что шум дуба более низкочастотен, чем у осины, а шум хвойных насаждений в сравнении с лиственными более тонален и равномерен по интенсивности.

Одной из важнейших особенностей шума является распределение его интенсивности по частотам в сплошном участке спектра, характерного для определенного случая.

В данной работе мы производили спектральный анализ шума леса и отдельных деревьев в зависимости от скорости ветра и породы. Для этого в середине лета 1962 г. записывали шум при помощи магнитофона «Репортер-2» с динамическим микрофоном МД-55 (полоса пропускания 50—10000 гц). При записи шума отдельного дерева микрофон размещали в средней части кроны, а в случае комплекса деревьев — между ними на высоте 2 м. Большинство записей производили на опушке с наветренной стороны, где шум наиболее интенсивен. Во избежание аэродинамических помех во всех случаях применяли ветрозащиту микрофона. Среднюю скорость ветра измеряли до и после записи при помощи ручного анемометра, который размещали на уровне микрофона на расстоянии 1—2 м от дерева или опушки.

Полученные записи анализировали в Акустической лаборатории Московского государственного университета на анализаторе фирмы Брюэль и Кьер. Так как шум является нестационарным процессом, частоты и амплитуды его компонентов беспорядочно изменяются в некотором интервале, то при одинаковых условиях записи отдельные участки будут отличаться друг от друга. Поэтому при анализе на каждой частоте воспроизводили один и тот же участок записи. Выбирали несколько участков, на которых записи производили при одинаковых условиях, и затем результаты усредняли.

Из анализа большого количества записей видно, что частотный состав шума и распределение интенсивности по составляющим зависят от скорости ветра и типа насаждения. Зависимость частотного состава от скорости ветра для березы приведена на рис. 1, где по оси абсцисс отложены частоты в логарифмическом масштабе, а по оси ординат — интенсивность шума над условным нулевым уровнем. Из рис. 1 видно, что при увеличении скорости ветра от 2 м/сек (кривая 1) до 4,5 м/сек (кривая 2) спектр шума расширяется до 4000 гц и больше, и максимум сдвигается с интервала 160—250 гц на 1000—2500 гц. Ширина самого максимума становится намного больше. Это характерно для любого типа насаждения и объясняется тем, что сила и частота удара листьев о листья и о ветви при увеличении скорости ветра возрастает и, кроме того, добавляются составляющие вихревого звука.

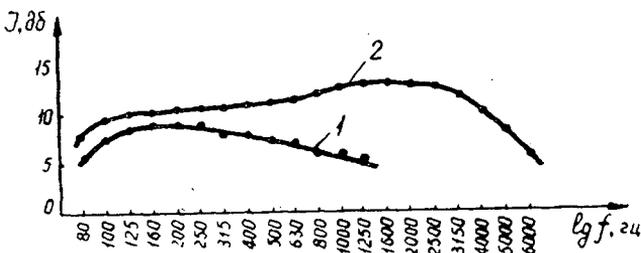


Рис. 1.

Характерные особенности шума для разных пород при одинаковых внешних условиях зависят от интенсивности механических колебаний листы, а последняя — от размеров черешка листа. При тонком и длинном черешке сила сопротивления колебанию незначительна, и интенсивность соударения велика. Для выяснения характера шума для разных пород мы производили его записи при одной и той же скорости ветра; в последующем делали анализ. Результаты измерений при скорости ветра 3 м/сек приведены в табл. 1.

Таблица 1

Порода	Длина черешка, мм	Диаметр черешка, мм	Вес листа, г	Средняя частота максимума интенсивности, гц
Дуб	3—5	1,5—2,0	0,24—0,60	250—400
Липа	21—30	1,5—2,0	0,32—0,40	400—500
Клен	60—153	1,5—2,5	1,20—3,10	400—630
Береза	15—23	0,8—1,2	0,14—0,20	500—800
Осина	35—40	0,6—0,8	0,27—0,38	630—1200

Деревья подбирали по возможности с одинаковым облиствением. Если сравнить размеры черешков листьев дуба и осины, то становится понятным, что наиболее благоприятными условиями для ударного механизма образования шума обладает осина, худшими — дуб. По этой же причине трепетание листьев осины наблюдается при очень малых скоростях потока, в то время как листья деревьев других пород в этих условиях неподвижны. Как известно, при обтекании воздушным потоком тонких препятствий, кромок и щелей, вследствие периодического образования вихрей и последующего их срыва, образуется вихревой звук [3], частота которого определяется формулой Струхала

$$f = 0,185 \frac{v}{d},$$

где v — скорость потока;

d — проекция ширины лобовой поверхности тела на плоскость, перпендикулярную скорости v .

При наличии ветра как потока нестационарного и в случае, когда обтекаемые тела, по-разному ориентированные к направлению потока, имеют неодинаковые размеры, спектр из тонального превращается в сплошной. Таковую характеристику имеет шум хвойного леса в ветреную погоду. На рис. 2 приведена кривая распределения интенсивности по частотам шума соснового леса при средней скорости ветра 3 м/сек. Если принять диаметр иголок хвои 1 мм, то из формулы Струхаля для данного случая основная частота ($f = 555$ гц) примерно приходится на максимум кривой.

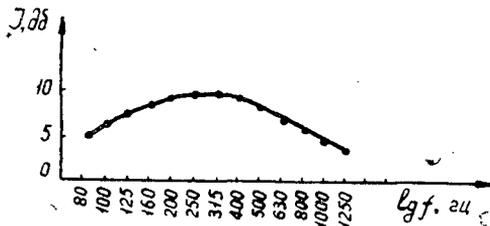


Рис. 2.

Распределение интенсивности шума лиственного леса в безветренную погоду во время дождя приведено на рис. 3. Максимум интенсивности в этом случае выражен ярче, так как условия образования шума более однообразны. То, что акустический спектр и в этом случае является сплошным, обусловлено, по-видимому, вкладом шума дробящихся капель дождя.

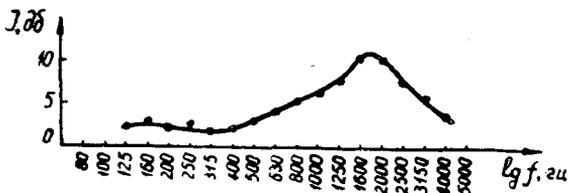


Рис. 3.

Почти все полученные нами результаты отражают действие ветра. С изменением порывов ветра неразрывно связаны характерные особенности акустического спектра шума, что фиксировалось при записи, а потом и при анализе. Показания же анемометра давали среднюю скорость ветра за некоторый промежуток времени (2—3 мин). Это несоответствие вносит существенную ошибку в измерения; уменьшение ее в некоторой мере достигается усреднением.

Полученные результаты позволяют сделать некоторые выводы. Главной причиной образования шума лиственного леса является соударение листьев о листья и о ветви. У разных пород условия для колебания листьев неодинаковы, что в итоге отражается на особенностях

акустического спектра их шума. Шум хвойного леса по своей природе является вихревым. Полученные результаты интересны и тем, что они позволяют анализировать не только основную частоту шума, но и все составляющие его.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. И. Арабаджи, С. Д. Зинчук. Акустика деревьев. Журн. «Природа» № 9, 1961, стр. 91—92. [2] В. И. Арабаджи, К. И. Рудник. О спектрах некоторых шумов естественного происхождения. «Акустический журнал», т. 4, 1962, стр. 466—468. [3]. Б. И. Блохинцев. Акустика неоднородной движущейся среды. ОГИЗ-Гостехиздат, М.,-Л., 1946.

Поступила в редакцию
30 января 1963 г.

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕОДНОРОДНОСТИ ДРЕВОСТОЯ ТАКСАЦИОННОГО ВЫДЕЛА И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ

А. Г. МОШКАЛЕВ

Старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

(Ленинградский НИИ лесного хозяйства)

Ошибки таксации выдела любым измерительным или глазомерным способом зависят от неоднородности древостоя — степени неравномерности распределения по площади деревьев разных пород, размеров и качества.

Эту неоднородность до сих пор почти не исследовали. Для ее выявления мы заложили 3960 площадок размерами 20×10 м, частично 30×30 м и 50×50 м.

Площадки заложены в 166 инструментально отграниченных выделах сплошного перечета в Сиверском лесхозе Ленинградской области. Площадь выделов от 1 до 20 га (в среднем 4 га).

Преобладающими породами являются ель, сосна, береза, осина; древостой разнообразны по полноте (от 0,1 до 1,0), составу, производительности (I—Va классы бонитета), форме и возрасту (III—IX классы).

В каждом выделе площадки располагали по прямым линиям. Они примыкали друг к другу и размещались в 1—2 ряда в одном направлении через весь выдел и перпендикулярно к нему. Небольшая часть площадок была заложена вдоль граничных линий выделов. Площадь всех площадок составляет в среднем 15% от величины выдела и колеблется от 5 до 50%.

Сплошной перечет на площадках и на выделе производили по элементам леса, ступеням толщины и категориям технической годности. В каждом выделе и отдельно на каждой полосе площадок измеряли высоты 12—15 деревьев основного элемента леса и 3—5 деревьев каждого из второстепенных элементов. Таксационные показатели всех площадок на выделе, полученные при камеральной обработке, были сопоставлены с показателями сплошного перечета на выделе. Оказалось, что площадки достаточно полно характеризуют выделы.

Сопоставление таксационных показателей разных площадок в пределах выделов показало, что неоднородность последних велика.

Для иллюстрации описываемой неоднородности на рис. 1 показаны запасы яруса на площадках 20×10 м, расположенных рядом по прямой линии. Приведенный пример типичен для древостоев однородных согласно требованиям к таксации по I (II) рядам лесоустройства.

Из рис. 1 видно, что даже в однородном, почти чистом, древостое с высокой полнотой запасы на соседних площадках часто различаются

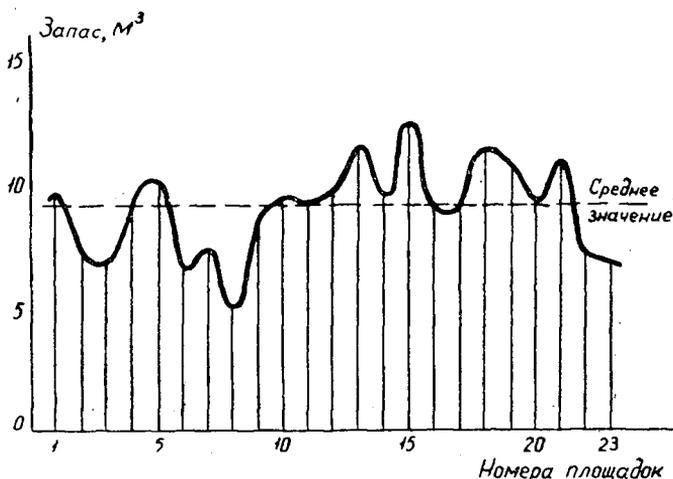


Рис. 1. Колебания запаса яруса на площадках 20×10 м, расположенных на 10-метровой ленточной пробе. Квартал 33, участок 9, площадь 8 га, смешанный ельник (ФЕ1Б), I класс бонитета, IV класс возраста, однородный по полноте (0,8), запас 400 м^3 на 1 га.

в 1,5—2 раза. В неоднородных древостоях эта разница выражена еще более резко.

Неравномерность распределения деревьев по площади выдела можно характеризовать коэффициентами варьирования и средними квадратическими отклонениями таксационных показателей на площадках, примыкающих непосредственно одна к другой. В табл. 1 приведены коэффициенты варьирования запаса яруса, в табл. 2 — средних диаметров по элементам леса, в табл. 3 — средние квадратические отклонения коэффициентов состава на площадках разной величины в однородных древостоях.

В неоднородных древостоях коэффициенты варьирования примерно в 1,2—1,5 раза выше, чем в однородных.

Из табл. 1 видно, что коэффициенты варьирования запаса на площадках почти не зависят от преобладающей породы, очень мало — от группы бонитетов и состава древостоя.

Величина коэффициентов несколько повышается при увеличении площади выдела и резко — при уменьшении полноты древостоя. Уменьшение их наблюдается при увеличении размера площадок. Аналогично меняются средние диаметры и коэффициенты состава.

Согласно имеющимся материалам, варьирование запасов, сумм площадей сечений, средних диаметров и коэффициентов состава повышается в пределах 40—60-метровой полосы вдоль края выдела и обычно ниже в остальных его частях.

Приведенные материалы имеют значение при решении ряда практических вопросов. Так, например, при определении ошибок таксации разными способами нужно учитывать факторы, влияющие на них. Наиболее существенными факторами являются полнота и степень неоднородности древостоя. Между тем, в ранее проведенных исследованиях их в достаточной мере не учитывали.

В 24 выделах в характерных местах мы заложили пробы квадратные или близкие к ним по форме, а также ленточные такой же

Таблица 1

Категория лесовосоев	Преобладающая порода	Класс бонитета	Полнота	Площадь выдела, га	Число выделов	Число площадок величиной 200 м ²	Средний коэффициент варьирования запаса в пределах одного выдела на площадках разной величины (м ²)					
							200	400	600	800	900	2500
Однородные по полноте, смешанные	С	I-III	0,5 и более	До 2,0	10	185	34	25	22	—	—	—
	Е	"	"	"	21	396	32	25	22	—	—	—
	Б	"	"	"	13	154	30	22	19	—	—	—
"	С	"	"	2,1—8,0	5	250	35	25	21	—	—	—
	Е	"	"	"	8	309	33	24	20	18	—	—
	Б	"	"	"	5	230	36	22	19	—	—	—
"	Е	"	"	8,1—15,5	8	327	39	26	23	20	—	12
	Б	"	"	"	3	65	38	29	23	—	—	—
	С, Б	IV-V	"	До 2,0 2,1—8,0	4	67	30	19	—	—	—	—
Однородные, чистые	Е	I-III	"	2,1—8,0	3	102	33	25	—	—	—	—
	С	IV-V	"	2,1—8,0	3	168	35	25	21	—	—	—
	С	IV-V	"	2,1—8,0	2	85	28	20	—	—	—	—
Однородные, смешанные	С	I-III	0,2—0,4	До 2,0	3	50	50	36	—	—	—	—
	Е	"	"	"	7	141	48	32	25	—	—	—
	Б	"	"	"	4	43	42	28	—	—	—	—
"	С	"	"	2,1—8,0	2	76	51	35	30	—	—	—
	Е	"	"	"	5	200	46	33	28	—	—	—

* Число площадок величиной 400 м² вдвое меньше, 600 м² — втрое меньше, 800 м² — вчетверо меньше, 900 м² — 7 шт., 2500 м² — 43 шт.

Таблица 2

Категория древостоев	Преобладающая порода	Класс бонитета	Полнота	Площадь выдела, га	Число выделов	Число площадок величиной 200 м ² *	Средние коэффициенты варьирования средних диаметров в пределах одного выдела при величине площадок (м ²) и доле участка породы в формуле состава элемента леса (единица)					
							200			400		
							5-8	3-4	1-2	5-8	3-4	1-2
Однородные по полноте и составу, смешанные	С, Е, Б	I-III	0,5 и более	До 2,0 2,1-8,0 8,1-15,5	44	735	12	15	16	9	11	12
							14	17	19	11	12	14
							14	17	20	11	12	15
"	С, Б	IV-III	"	До 2,0 2,1-8,0	4	67	12	—	18	10	—	14
							14	—	20	11	—	14
Однородные, чистые	Е	I-III	0,2-0,4	2,1-8,0	3	102	13	—	—	—	—	—
							17	21	25	13	15	18
Однородные, смешанные	С, Е, Б	I-III	0,2-0,4	2,1-8,0	7	276	17	21	25	13	15	18

Таблица 3

Категория древостоев	Преобладающая порода	Класс бонитета	Полнота	Площадь выдела, га	Число выделов	Число площадок величиной 200 м ² *	Средние квадратические отклонения коэффициентов состава в пределах одного выдела при величине площадок (м ²) и доле участка породы в формуле состава элемента леса (единица)					
							200			400		
							5-8	3-4	1-2	5-8	3-4	1-2
Однородные по полноте и составу, смешанные	С, Е, Б	I-III	0,5 и более	До 2,0 2,1-8,0 8,1-15,5	44	735	2,7	2,6	1,9	1,9	1,9	1,4
							2,8	2,8	2,2	1,9	2,0	1,5
							3,0	3,0	2,6	2,1	2,1	1,8
"	С, Б	IV-V	"	До 2,0 2,1-8,0	4	67	2,5	—	2,0	1,7	—	1,4
							2,2	—	2,1	1,7	—	1,5
Однородные, смешанные	С, Е, Б	I-III	0,2-0,4	2,1-8,0	7	276	3,3	3,4	2,5	2,4	2,4	1,9

* Число площадок величиной 400 м² вдвое меньше.

величины (по одной обычной и одной ленточной на выделе). Полученные показатели были сопоставлены с данными сплошного перечета.

Ошибки при таксации выдела с помощью ленточных проб оказались в 1,5 раза ниже, чем при помощи обычных проб. Поэтому глазомер нужно тренировать не только на обычных пробах, которые представляют собой более однородные части выдела, но и на ленточных, лучше характеризующих выдел.

Изучение неоднородности древостоя выдела, на наш взгляд, нужно продолжать. Следует провести подобные работы в других лесорастительных условиях, при разной степени укрупнения таксационных выделов, что обычно имеет место при III—IV разрядах лесоустройства.

Поступила в редакцию
8 декабря 1962 г.

ПСЕВДОТСУГА ТИССОЛИСТНАЯ НА НЕУДОБНЫХ ЗЕМЛЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ

Н. Г. АКИМОЧКИН

Зам. директора по научной работе

(Лесостепная опытная станция Липецкой области)

Автор занимается изучением псевдотсуги тиссолистной с 1955 г. В данной статье изложены материалы по росту и естественному семенному возобновлению псевдотсуги, произрастающей на станции в различных условиях рельефа и почв. В условиях станции цвести и плодоносить она начала с 17—20 лет. Приводим описание участков, на которых произрастает изучаемая порода.

1. Наиболее старые посадки (1924 г.) псевдотсуги размещаются в парке станции на выщелоченном черноземе удовлетворительного увлажнения. Здесь она произрастает в виде маточных деревьев на расстоянии 5—6 м друг от друга и защищена с боков дубом, липой, кленом, ясенем, орехом серым, черемухой пенсильванской и др.

2. В условиях высокого приводораздельного плато псевдотсуга была посажена в 1930 г. 5—6-летними саженцами на площади 600 м². Живой напочвенный покров отсутствует, подлесок — единичный из бузины красной и жимолости обыкновенной, лесная подстилка мощностью 1—3 см состоит из хвои, сучьев, коры и пр.

3. На склоне северной экспозиции псевдотсуга введена весной 1933 г. посадкой 4-летних саженцев на площади 1,40 га. Кроны в сомкнутом состоянии, живой покров и подлесок отсутствуют. Мощность лесной подстилки 4—5 см, в радиусе 1 м от стволов она достигает 7—8 см.

4. На склоне южной экспозиции посадка псевдотсуги произведена весной 1933 г. 4-летними саженцами в смещении в рядах с другими хвойными породами на площади 1,32 га. Кроны в сомкнутом состоянии, но в местах отпада разомкнуты. Мощность лесной подстилки 4—6 см.

5. В условиях приводораздельного плато на семенной плантации с недостаточным увлажнением псевдотсуга была введена посадкой в 1939 г. 10-летними саженцами на площади 0,50 га.

6. На северо-западном крутосклоне псевдотсуга посажена в 1935 г. 5-летними саженцами на площади 200 м². Ввиду сомкнутости крон и сильно затенения почвы в верхней части крутосклона живой напочвенный покров и подлесок под пологом отсутствуют. В нижней части склона с доступом света живой напочвенный покров состоит из кипрея, полыни горькой, мышинного горошка, крапивы и др. Из подлесочных пород ближе к опушкам встречается рябина, бузина красная и жимолость обыкновенная. Мощность лесной подстилки 1—3 см.

Экспозиция	Крутизна склона, °	Глубина грунтовых вод, м	Почва	Размещение деревьев, м	Возраст культур, лет
Юго-западная	5—7	25—30	Выщелоченный чернозем	5×5 и 6×6	50
Юго-западная	"	"	"	"	36
Приводораздельное плато Северная	1—2	35—40	"	1,5×1,5	34
нижняя половина склона	10—12	20—25	Оподзоленный чернозем	2×2	31
верхняя половина склона	"	"	"	"	31
Южная	"	"	"	"	"
нижняя половина склона	"	30—35	Выщелоченный чернозем	4×4	31
верхняя половина склона	"	"	"	"	31
Приводораздельное плато	1—2	40—45	"	7×7 3 в один ряд (аллея)	31
Южная	5—6	35—40	"	"	30
Северо-западная	"	"	"	"	"
нижняя половина склона	16—17	25—30	Оподзоленный чернозем	1×1	29
верхняя половина склона	"	"	"	"	29
Северо-западная	"	"	"	"	12

7. На склоне южной экспозиции (уклон 5—6°) имеется однорядная аллеяная посадка псевдотсуги, высаженной весной 1936 г. 6-летними саженцами с расстоянием между растениями 3 м.

8. На северо-западном крутосклоне псевдотсуга посажена весной 1952 г. 2-летними саженцами (выращенными из местных семян) на площади 700 м². На этом участке она начала плодоносить с 12 лет.

Живые сучья у отдельно стоящих и опушечных деревьев начинаются от самой земли, а внутри участков с сомкнутыми кронами — на высоте 3—5 м. Повсюду (за исключением молодой посадки 1952 г.) под пологом материнских деревьев, на опушках и соседних участках с другими породами имеется здоровый, вполне благонадежный самосев псевдотсуги.

Данные роста псевдотсуги в различных условиях рельефа и почв приведены в табл. 1, из которой видно, что псевдотсуга в условиях Лесостепной станции отличается хорошим ростом, независимо от рельефа и почв.

Ход роста псевдотсуги на северо-западном крутосклоне показан в табл. 2.

Таблица 2

Возраст, лет	Диаметры, см	Высоты, м	Приросты			
			по диаметру, см		по высоте, м	
			средний	текущий	средний	текущий
5	—	0,4	—	—	0,08	0,08
10	—	1,3	—	—	0,13	0,09
15	2,6	4,5	0,17	0,52	0,30	0,21
20	8,0	7,2	0,40	1,08	0,35	0,54
25	11,6	9,5	0,46	0,72	0,38	0,46
27	13,2	10,6	0,48	0,80	0,39	0,55

Таблица 1

Сомкнутость кроны	Высота, м		Диаметр, см		Средние годовые приросты, см	
	средняя	наибольшая	средний	наибольший	по диаметру	по высоте
Частично сомкнуты	15,6	16,3	27,8	33,2	0,55	30,0
Разомкнуты	13,2	14,5	19,6	23,7	0,54	36,0
Сомкнуты	11,5	12,7	16,5	24,4	0,46	32,0
Сомкнуты	9,2	10,6	14,3	26,4	0,46	29,0
Сомкнуты	11,2	12,5	17,5	26,7	0,56	36,0
Сомкнуты, в местах отпада разомкнуты	8,0	9,5	15,5	23,1	0,50	25,0
Сомкнуты, в местах отпада разомкнуты	10,5	12,5	18,6	26,4	0,60	33,0
В стадии смыкания	10,6	13,7	21,2	32,5	0,68	34,0
Сомкнуты	9,5	10,7	18,8	23,7	0,63	32,0
Сомкнуты	9,0	10,5	13,8	19,7	0,47	31,0
Сомкнуты	9,8	11,3	11,5	19,0	0,39	33,0
Сомкнуты	3,8	5,3	3,6	7,5	0,30	32,0

Рост в высоту псевдотсуги за последнее пятилетие приведен в табл. 3.

Таблица 3

Годы наблюдений	Приросты в высоту (наилучшего растения / среднего растения), см	
	в верхней части крутосклона	в нижней части крутосклона
1955	52	23
	27	24
1956	55	26
	30	20
1957	66	62
	40	23
1958	69	60
	56	52
1959	60	33
	48	36

Данные табл. 3 указывают на хороший рост псевдотсуги в условиях крутосклона северо-западной экспозиции, особенно в верхней части, где почва более смыта.

Данные о самосеве псевдотсуги приведены в табл. 4. Самосев псевдотсуги частично используют при выращивании посадочного материала в питомниках для озеленения. Так, в 1948 г. для этих целей было отпущено 2,7 тыс. шт. 1—2-леток, а в 1959 г. 1,2 тыс. шт. 3—9-леток.

Интродуцированные растения псевдотсуги в условиях станции начали плодоносить с 17—20 лет, а выращенные из семян, полученных от

Таблица 4

Место произрастания самосева	Возраст, лет	Высота, см	Площадь участка, м ²	Количество всходов	
				на учетной площадке, шт.	на 1 га, тыс. шт.
Юго-юго-западный склон	4—12	7—45	20	80	42,5
Приводораздельное плато	1—5	5—28	20	124	62,0
"	6—10	30—65	40	455	113,7
"	1—5	5—39	10	45	45,0
"	6—9	22—100	10	15	15,0
Юго-западная опушка древостоя псевдотсуги	2—7	4—36	10	16	16,0
Северо-западный крутосклон 16—17°					
верхняя половина	1—5	3—10	25	45	18,0
нижняя половина	1—5	6—25	25	135	54,0
На смежном участке под пологом дуба красного	5—9	30—75	25	31	12,4
Северный склон 10—12°	3—5	8—20	5	6	12,0
Южный склон 10—12°	3—5	10—34	20	28	14,0

акклиматизировавшихся деревьев — с 12 лет. На всех участках псевдотсуга вступила в пору устойчивого плодоношения.

Урожайные годы наблюдаются один раз в 3—4 года, сбор ценных семян в 1961 урожайном году достигал 15—20 кг.

С целью обогащения флоры нашей Родины станция рассылает семена псевдотсуги в различные ботанические сады и опытно-производственные учреждения СССР, а также в порядке обмена в Китайскую Народную Республику и европейские страны народной демократии.

Наряду с этим, из семян псевдотсуги на станции в питомнике размножения выращивают ценный посадочный материал. Саженьцы псевдотсуги ежегодно отпускают для озеленения городов и населенных пунктов Московской, Тульской, Рязанской, Ярославской, Орловской, Брянской, Липецкой и других областей.

Поступила в редакцию
16 октября 1963 г.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СПЕЛОСТЬ ЛЕСА

Ф. Т. КОСТЮКОВИЧ

Доцент, кандидат экономических наук

(Белорусский технологический институт)

В период развернутого строительства коммунизма в СССР особое значение имеет экономическое обоснование проектируемых мероприятий. Возраст рубки в различных древостоях обычно устанавливают при проведении лесоустройства на длительный период времени. Для обоснования возраста рубки исчисляют спелость леса, которой в лесоэкономической литературе посвящено немало работ. Е. Я. Судачков [7] дал критический обзор литературы и отметил, что ведущими и определяющими факторами в установлении спелости леса являются экономические. Между тем, при нахождении возраста спелости в настоящее время используют только натуральные, преимущественно количественные измерители. Авторы «Основ лесоустройства» [1] считают, что для широкой лесохозяйственной практики имеют значение естественная, возобновительная, количественная и техническая спелость. По мнению авторов, техническая спелость как потребительная является исходной, стоит на первом плане и на ней должно основываться лесовыращивание. Возраст технической спелости не учитывает другие виды продукции, получаемой в древостое, и поэтому далеко не полно отражает хозяйственную цель. Совещание по лесоустройству (1960 г.) признало необходимым систематически заниматься совершенствованием методики расчета главного пользования лесом.

Известно, что возраст рубки оказывает большое влияние на результаты хозяйственной деятельности лесхоза, на размеры лесопользования и лесовосстановительных работ. Для обоснования возраста рубки древостоев необходимо внедрить в практику исчисление стоимостных показателей, наиболее полно отражающих результаты хозяйственной деятельности.

Для примера рассмотрим продукцию с 1 га сосновых древостоев I класса бонитета, в возрасте 70 и 90 лет. Если ориентироваться только на количественные натуральные показатели получения древесины, то будет оправдана рубка древостоев в 70 лет. Более же глубокое изучение совокупной продукции в стоимостном исчислении показывает иное явление. Известно, что сосновые древостои при жизни дают весьма ценный продукт — живицу, а после рубки — пневый осмол. При рубке 70-летней сосны этой продукции не получают. В табл. 1 мы приводим показатели изменения продукции в денежном выражении с 1 га сосновых древостоев при различных возрастах рубки.

Из приведенных данных видно, что рубка высокопродуктивных сосновых насаждений в 70 лет экономически нецелесообразна. За пе-

Таблица 1

Показатели	Общий запас древесины, м ³	Корневая цена, руб.	Стоимость, руб.		
			продукции лесозаготовок без корневой цены	живицы	осмола
Возраст, лет					
70	370	750	2220	нет	—
90	470	1080	2700	1350	550
Потери, %	27	44	22	100	100

Примечание. В таблице приведены цены 1961 г.

риод с 70 до 90 лет накапливается наиболее ценная древесина (крупные сортименты). Кроме того, в этот период из древостоев получают живицу, а после вырубки — пневый осмол.

При снижении возраста рубки продукция лесозаготовок уменьшается всего на 22%, а среднегодовая продукция оказывается даже несколько выше. Очевидно это обстоятельство и толкает к снижению возраста рубки. Однако общая продукция при рубке древостоев в 90 лет почти в 2 раза выше, чем при рубке их в 70 лет. Стоимость общей среднегодовой продукции с 1 га древостоя при рубке в 70 лет составляет 38,5 руб., а при рубке в 90 лет — 60,0 руб. Наибольший прирост продукции наблюдается в период с 70 до 90 лет. Среднегодовая продукция с 1 га, получаемая за этот период, оценивается в среднем 135 руб., то есть в 3,5 раза больше, чем при рубке древостоев в 70 лет.

Приведенные показатели свидетельствуют о необходимости экономического обоснования возраста рубки. Недооценка стоимостных показателей при решении этого вопроса может принести большой ущерб народному хозяйству, в том числе и лесному. Мы не склонны возвращаться к прошлому и восстанавливать исчисление хозяйственной спелости — по наивысшей доходности лесного хозяйства, а также и к финансовой спелости — по почвенной и лесной ренте. Сущность этих видов спелости хорошо изложили М. М. Орлов [5] и С. А. Богословский [2].

В социалистическом лесном хозяйстве рентные отношения отсутствуют, а, следовательно, нет места спелости по лесной ренте. Что касается учета результатов хозяйственной деятельности в стоимостных показателях, то их отрицание в нашей лесохозяйственной практике совершенно не обосновано. Е. Я. Судачков [7] правильно отмечает, что когда-то лесоводы ошибочно считали стоимостные показатели применимыми только к капиталистическому лесному хозяйству. В. И. Переход ([6] и др.) отмечал большое значение стоимостных показателей в лесохозяйственном производстве, так как они дают возможность учитывать всю совокупную продукцию.

Для обоснования возраста рубки в социалистическом хозяйстве проф. Ф. Папанек рекомендует возраст спелости определять максимальной производительностью труда в отличие от капиталистических методов установления возраста спелости по кульминации почвенной ренты. Спелость леса характеризуется отношением издержек производства к цене лесной продукции и наступает в тот момент, когда это отношение достигает минимальной величины.

Подобным обоснованием может служить и обратная величина, то есть отношение стоимости продукции к затратам на ее производство (максимум продукции на единицу затрат или на единицу площади). Для древесных пород, которые при жизни дают другие виды продук-

ции, например, для сосны, при установлении возраста рубки необходимо учитывать не только древесину, но и живицу. Из нашего примера видно, что корневая цена древесины меньше цены заготовленной живицы. Для обоснования возраста рубки сосны следует учитывать совокупную продукцию. При этом можно использовать показатель максимальной среднегодовой продукции. На основании этого для сосны экономически наиболее целесообразен возраст рубки 90 лет.

В лесозэкономической литературе известен показатель «качественная цифра» — средняя цена 1 м³ древесины. Качественная цифра различна в разном возрасте. Наибольшая величина ее может служить показателем возраста рубки древостоев.

В хозяйственной деятельности лесхоза большое значение имеет себестоимость. Она является качественным, обобщающим показателем работы. Себестоимость выращивания 1 м³ древесины различна для древостоев разных возрастов. В обосновании определения возраста рубки себестоимость может служить наиболее достоверным показателем.

Мы предложили довольно простой способ исчисления себестоимости выращивания леса по текущим затратам [4]. И. В. Воронин рекомендует производить оценку с учетом затрат по фазам выращивания леса. В общем методика исчисления этих затрат разработана.

Зная затраты на 1 га, можно определить себестоимость 1 м³ древесины в различных возрастах. Возраст древостоев, в котором затраты на выращивание 1 м³ древесины имеют наименьшую величину, может быть возрастом рубки. В данном случае показатель себестоимости сочетает две величины — прирост древесины и затраты денежных средств на ее выращивание.

По проведенным расчетам, наименьшая себестоимость выращивания древесины достигается для сосны в возрасте 80—90 лет, для дуба в 100—120 лет, для осины и березы в 40—50 лет. Очевидно, эти возрасты и можно считать возрастными рубок для указанных древостоев. Им соответствуют экономическая спелость леса или спелость по себестоимости, исчисляемые указанным выше способом.

Экономическая спелость более всего соответствует спелости по максимальной продукции на единицу площади. Следует отметить, что М. К. Турский [8] эту спелость отождествляет с количественной. Рекомендую исчисление экономической спелости и спелости по себестоимости для определения возраста рубки, мы считаем необходимым дальнейшее глубокое изучение и установление взаимосвязи между количественными, качественными и экономическими (стоимостными) показателями для обоснования важнейших лесохозяйственных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Байтин и др. Основы лесостроительства. Гослесбумиздат, 1950.
- [2]. С. А. Богословский. Учение о спелости леса. Сельхозгиз, М.-Л., 1930. [3]. И. В. Воронин. Организация комплексных хозяйств в лесах первой и второй групп. Гослесбумиздат, 1962. [4]. Ф. Т. Костюкович. Денежная оценка леса. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1958. [5]. М. М. Орлов. Лесостроительство, т. 1, Л., 1927. [6]. В. И. Переход. Основы экономики лесоводства. Изд. АН БССР, 1957. [7]. Е. Я. Судачков. Спелость леса. Гослесбумиздат, 1957. [8]. М. К. Турский. Лесоводство. Госиздат. М.-Л., 1929.

ОПЫТ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКИ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ОСНОВЕ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

О. Г. ЧЕРТОВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Настоящее сообщение имеет целью отразить опыт проведения мелко-масштабных почвенных исследований на примере двух лесхозов Ленинградской области. Отличительной особенностью проделанной нами работы является широкое использование как в полевой, так и в камеральный периоды, классификации типов местообитаний и бонитировки лесных почв, разработанной на кафедре почвоведения ЛТА [1] и пока еще мало известной нашим лесоведам.

Почвенно-геоморфологическая классификация основана на факторах, определяющих условия произрастания леса. К ним относятся рельеф, характер почвообразующих пород, условия дренажа и, соответственно, характер образующихся почв (в данной климатической обстановке). Поскольку первые три фактора устойчивы во времени и не зависят от возрастной динамики древостоев, то они и были приняты за основные при выделении типов местообитания. Строение почвы отражает влияние названных первичных признаков и группы биологических факторов (растительность, фауна, микроорганизмы). Поэтому составление почвенной карты при особом внимании к характеру гумусового горизонта и подстилки (форме гумуса) очень важно при описании лесорастительных условий. Каждый тип делится на ряд местообитаний по характеру почв (например, бескарбонатные моренные суглинки дренированных равнин с грубогумусными подзолистыми почвами).

Разработанная Н. Л. Благовидовым и Г. Л. Бурковым классификация лесорастительных условий Ленинградского экономического района включает 22 типа местообитаний по следующим группам:

а) дренированные равнины и склоны с суглинистыми почвами на карбонатных породах (индексы типов местообитаний 1, 2, 3);

б) дренированные равнины и склоны с суглинистыми почвами на бескарбонатных породах (индексы 4, 5, 6);

в) дренированные равнины и склоны с супесчаными почвами различного генезиса (индексы 7, 8, 9);

г) дренированные равнины и склоны с песчаными и супесчаными почвами на глубоких песках и двучленных наносах (индексы 10, 11, 12);

д) слабо дренируемые низкие равнины, ложбины и притеррасные понижения с временным избыточным увлажнением жесткими и проточными водами (индексы 13, 14, 15);

е) слабо дренируемые и слабосточные равнины и замкнутые понижения с почвами поверхностного переувлажнения на бескарбонатных породах (индексы 16, 17, 18);

ж) болотные местообитания разных типов (индексы 19, 20, 21);

з) аллювиальные наносы пойм (индекс 22).

Местообитания всех типов были оценены (бонитированы) по производительности ели, сосны, дуба, березы, осины в пределах климатоботанических подзон средней, южной тайги и смешанных лесов Ленинградского экономического района. Для оценки выбрана десятибалльная шкала, находящаяся в следующем соотношении с классами бонитета леса (классы бонитетов с индексом «а» условно приняты за основные улучшенные (кроме Va):

Ia	I	IIa	II	IIIa	III	IVa	IV	V	Va
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Баллы оценки дают представление о потенциальной производительности данного местообитания для нормальных чистых спелых насаждений, классы бонитета показывают фактическую производительность имеющихся в природе насаждений.

Кроме этого, каждый тип местообитания охарактеризован с точки зрения процессов заболачивания и задернения вырубок, естественного возобновления и способов обработки почв под лесные культуры. Используя таблицу оценки, можно сделать расчет эффективности осушительных работ.

Н. Л. Благовидов и Г. Л. Бурков на основании этого метода произвели характеристику и оценку лесорастительных условий при составлении Генерального плана развития лесного хозяйства Ленинградского экономического района. Опыт применения данного подхода в отношении лесов зеленой зоны освещен в работе К. М. Ивановой [2]. Ниже представлены результаты использования этого метода при наиболее широко применяемых в лесоустройстве мелкомасштабных почвенных исследованиях.

Наши работы выполнены в Осьминском и Вознесенском лесхозах Ленинградской области. Первый расположен в юго-западной наиболее теплой части (подзона южной тайги), второй — в северо-восточной наиболее холодной (подзона средней тайги). Площадь первого — 94 тыс. га, второго — 180 тыс. га.

Почвенное обследование производили маршрутным методом в масштабе 1 : 100 000, ходы были заложены в среднем через 4 км. По ходу маршрутов делали описание почвенного покрова на полосе шириной 1 км, лесной растительности и выделение границ почвенных выделов и типов местообитаний. Общая протяженность маршрутных ходов — 620 км, число полуям, прикопок и разрезов — 934.

Следует отметить, что данный масштаб исследований позволяет дать характеристику только лесорастительным районам, тогда как по материалам крупномасштабной и детальной почвенной съемки можно охарактеризовать все выделы типов местообитаний каждого квартала. Каждый лесорастительный район (микрорайон) представляет исторически сложившийся комплекс ряда основных (характерных) и небольшого числа сопутствующих типов местообитаний. Как правило, лесорастительное районирование совпадает с геоморфологическим.

Полученные результаты представлены в табл. 1. В левой части таблицы приведена характеристика почвенных условий, в правой — лесохозяйственная оценка. В графах «Почвы», «Индексы типов местообитаний», «Типы леса» первыми указаны основные показатели, последними —

сопутствующие. Оценка производительности произведена по таблице; при оценке эффективности осушения вместо переувлажненных типов местообитаний V, VI и VII групп бонитировали их мелиоративные варианты. Характер процессов на вырубках был установлен при полевых наблюдениях; с учетом этих процессов выбирали способ обработки почв под культуры. Преобладающие породы лесных культур устанавливали после сопоставления результатов оценки производительности по отдельным породам. Все данные по характеристике процессов на вырубках, выбору способа обработки почв и главных пород лесных культур относятся к основным типам местообитаний всех микрорайонов.

Как видно из табл. I, в Осьминском лесхозе выделено восемь, в Вознесенском, несмотря на вдвое большую территорию, всего шесть микрорайонов, что подчеркивает его сравнительную однородность по лесорастительным условиям. Почвенный покров Осьминского лесхоза характеризуется преобладанием модергумусных средне- и слабоподзолистых суглинистых и грубогумусных средне- и сильноподзолистых супесчаных и песчаных почв при значительной встречаемости почв избыточного увлажнения. В почвенном покрове Вознесенского лесхоза преобладают почвы подзолисто-болотного и болотно-глеевого типа, а также грубогумусные сильноподзолистые суглинистые почвы.

Сравнительная однородность лесорастительных условий Вознесенского лесхоза подчеркивается и тем, что во всех шести микрорайонах в различных сочетаниях повторяются семь типов местообитаний с преобладанием всего трех: № 5 — бескарбонатные суглинки дренированных равнин с грубогумусными и модергумусными подзолистыми почвами; № 16 — бескарбонатные суглинки слабо дренированных равнин с торфянисто-грубогумусными и торфянисто-перегнойными подзолисто-глеевыми почвами; № 21 — слабосточные равнины с торфяными глеевыми почвами верховых болот. В Осьминском лесхозе общее количество типов местообитаний достигает двенадцати, причем наибольшее распространение имеют, дополнительно к указанным выше, четыре типа: № 2 — карбонатные суглинки дренированных равнин с модергумусными и муллевыми буроподзолистыми почвами; № 10 — мощные дренированные пески с грубогумусными подзолистыми почвами; № 13 — карбонатные суглинки слабо дренированных равнин с торфянисто-перегнойными глеевыми почвами и № 18 — двучленные наносы слабо дренированных плоских равнин с торфянистыми глеевыми почвами. Для обоих лесхозов характерно присутствие во многих микрорайонах в качестве сопутствующих болотных местообитаний.

Более 60% общей площади Осьминского лесхоза занято березняками и осинниками-кисличниками, кислично-черничными и травяными. В I и Ia микрорайонах встречаются насаждения сложных типов (снытьевые, лещинно-липовые). Для II и IIa микрорайонов характерно преобладание сосняков-брусничников, долгомошников и верещатников. Во всех микрорайонах встречаются сосняки сфагновые. В Вознесенском лесхозе большая часть площади занята хвойными насаждениями черничных, долгомошных и сфагновых типов. В пределах IVa и IVб микрорайонов значительно распространены березняки и осинники травяные.

Данные бонитировки лесорастительных условий показывают значительные различия в потенциальной производительности отдельных микрорайонов. Так, в Осьминском лесхозе I, Ia и VI микрорайоны наиболее производительны по ели, в Вознесенском — IVб микрорайон, причем производительность ели и сосны одинакова.

В обоих лесхозах основным задернителем лесосек, как правило, является вейник лесной. Степень задернения оценивали по следующей

шкале: слабое — сплошной дернины нет; среднее — сплошная дернина мощностью 3—5 см; сильное — очень плотный травостой, дернина мощностью выше 5 см. При временном заболачивании лесосек основную роль играют сфагновые мхи. Вырубки этих лесхозов возобновляются главным образом березой и осиной с примесью хвойных пород. Только во II и IIa микрорайонах Осьминского лесхоза и III микрорайоне Вознесенского лесхоза вырубки возобновляются сосной. Сильная растянутасть возобновления, вызванная заболачиванием лесосек, характерна для части II микрорайона Осьминского, II и III микрорайонов Вознесенского лесхозов. В I и Ia микрорайонах первого лесхоза возобновление также растянута из-за очень сильного задернения вырубок.

Расчет эффективности осушения показывает, что наибольшая потребность в осушительных работах имеется в III, V и IIa микрорайонах Осьминского лесхоза (во IIa — из-за наличия крупных изолированных участков верховых болот) и во II, III и IVa микрорайонах Вознесенского лесхоза. При выборе (по данным бонитировки) пород для выращивания мы пришли к выводу, что в I, Ia и VI микрорайонах Осьминского лесхоза наиболее перспективна ель, хотя способ обработки почв под культуры в них существенно различается. В остальных микрорайонах Осьминского и на всей территории Вознесенского лесхоза наиболее рационально выращивание сосны.

В заключение необходимо отметить, что такая характеристика и оценка лесорастительных условий дает нам представление об естественной дифференциации природных условий и о потенциальной производительности различных частей изучаемого объекта, что полезно для рационального планирования в лесном хозяйстве, так как позволяет дифференцированно подойти к выбору мероприятий по созданию наиболее ценных и производительных насаждений. Применение описанного метода увеличивает лесохозяйственную ценность исследований, поэтому в данном случае является оправданным. Необходимо дальнейшее использование и развитие этого метода и апробирование его при более детальных почвенных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Л. Благовидов, Г. Л. Бурков. Методические указания к производству почвенных исследований и характеристике условий местообитания леса. ЛТА, 1959. [2]. К. М. Иванова. Типы условий местообитания Невского парклесхоза. Труды ЛОЛЛТА, № 102, 1963.

Поступила в редакцию
14 октября 1963 г.

ОСОБЕННОСТИ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ БУКА В СЕВЕРНОЙ БУКОВИНЕ

К. К. СМАГЛЮК

Преподаватель

(Сторожинецкий лесной техникум)

Особенности хода роста насаждений бука мы изучали в 1956—1962 гг. в Северной Буковине, физико-географические условия и леса которой достаточно подробно описаны в литературе [4], [7], [6], [3].

Исследования выполнены по методике, разработанной работниками кафедры лесной таксации Украинской сельскохозяйственной академии [1] с учетом предложения В. К. Захарова о рационализации методики составления таблиц хода роста насаждений [2].

Для исследований подобраны наиболее распространенные в Северной Буковине насаждения свежего D_2 и влажного D_3 грудов. В них заложено 20 пробных площадей, из них 13 — постоянных, срублено и проанализировано 155 модельных деревьев, в том числе 122 дерева бука.

В результате математической обработки высот и диаметров, полученных при анализе модельных деревьев, установлено, что насаждения свежего и влажного грудов в возрасте спелости характеризуются Ia классом бонитета. Однако до наступления возраста спелости они существенно различаются ходом роста в высоту. Выделено два типа роста бучин: обычный — T_0 и тип роста с замедленным приростом по высоте в молодом возрасте и возрастающей интенсивностью роста в последующем — T_b [5], [1].

В связи с этим, в насаждениях бука Ia класса бонитета выделено два естественных ряда. К первому отнесены насаждения свежего груды D_2 — свежие и влажноватые чистые, грабовые и дубовые бучины, а также некоторые участки влажного груды D_3 . Эти насаждения приурочены к восточным и южным склонам крутизной 10—12°. Почвы — мощные буроземы легко- и среднесуглинистые. Насаждения этого ряда отличаются обычным ростом — T_0 , кривая средних высот до 120-летнего возраста укладывается в границы Ia класса бонитета и только в первые 10—20 лет рост в высоту характеризуется I классом (рис. 1).

Ко второму естественному ряду отнесены насаждения влажного груды D_3 — влажные чистые, грабовые и дубовые бучины, а также отдельные участки влажноватых подтипов свежей чистой и грабовой бучин D_2 . Насаждения этого ряда приурочены к северным и восточным склонам небольшой крутизны (лишь в отдельных случаях она достигает 12—15°). Почвы — мощные тяжело- и среднесуглинистые слабо оподзоленные буроземы с признаками оглеения в иллювиальном горизонте.

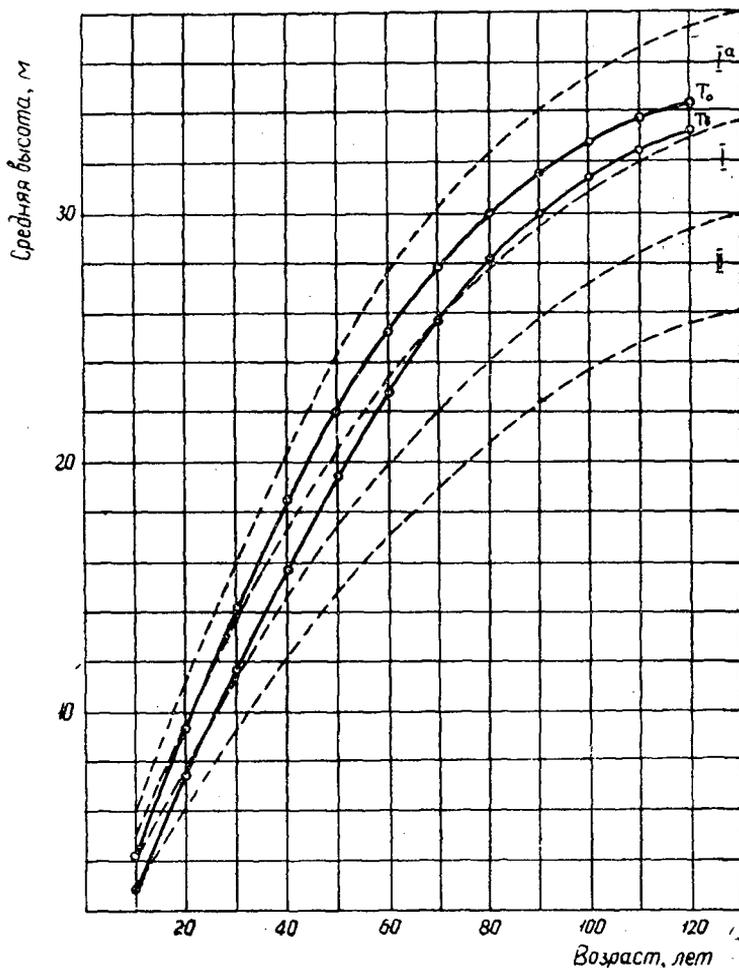


Рис. 1. Особенности роста в высоту насаждений бука Ia класса бонитета в сопоставлении с общебонитировочной шкалой М. М. Орлова. Пунктирными линиями показаны границы классов бонитета по шкале М. М. Орлова.

При избыточном увлажнении поверхностные горизонты набухают, аэрация ухудшается. Это наблюдается обычно на сплошных вырубках до смыкания молодняка и восстановления транспирации. Насаждения этого ряда отличаются замедленным в молодости и возрастающим в последующем ростом — T_v (рис. 1). Сопоставление средних высот насаждений обычного T_0 и возрастающего T_v типов роста (рис. 1) показывает, что в возрасте от 30 до 80 лет различие составляет в общем 2 м, уменьшаясь в сторону более низких и более высоких возрастов. Такая разница существенна и свидетельствует о принадлежности насаждений обычного и возрастающего типов роста к разным естественным рядам.

Изучение прежнего хозяйства в массивах, где заложены пробные площади, позволило установить, что в насаждениях обычного типа роста T_0 в прошлом применяли преимущественно постепенные рубки и более или менее регулярные умеренные рубки ухода, а в насаждениях возрастающего типа роста T_v — сплошные рубки и умеренный, но нерегулярный уход.

Распределение пробных площадей по типам лесорастительных условий, типам роста и классам возраста приводится в табл. 1.

Таблица 1

Типы роста и классы возраста насаждений	Типы лесорастительных условий	
	свежие груды Д ₂	влажные груды Д ₃
Обычный тип роста T ₀		
молодняки (до 20 лет)	2	—
жердняки (21—40 лет)	3	—
средневозрастные (41—60 лет)	—	1
приспевающие (61—80 лет)	—	1
спелые (81—100 лет) и перестойные (более 100 лет)	1	—
Возрастающий тип роста T _B :		
молодняки	—	2
жердняки	1	1
средневозрастные	1	—
приспевающие	1	3
спелые и перестойные	1	2

Таблицы хода роста насаждений бука Ia класса бонитета по типам роста составлены для оставляемой и вырубаемой частей с указанием общей производительности и приростов.

Для оставляемой (главной) части насаждения ход роста по высоте и диаметру получен путем графического выравнивания соответствующих статистических данных с учетом средних высот и средних диаметров пробных площадей. Для перехода от диаметров без коры, взятым по модельным деревьям, к диаметрам в коре найдена зависимость

$$2k = 0,0155D + 0,188, \quad (1)$$

где $2k$ — двойная толщина коры;

D — диаметр без коры.

Коэффициент корреляции $0,754 \pm 0,039$; точность исследования 4,2%.

В качестве определяющих при выравнивании средних диаметров приняты средние диаметры пробных площадей.

Для нахождения полноты использована зависимость между средней высотой и суммой площадей сечений. Максимальная полнота (1,0) установлена по данным восьми пробных площадей, насаждения которых имели наибольшие суммы площадей сечений и запасы на 1 га. По данным этих пробных площадей была определена полнота насаждений всех остальных пробных площадей.

На основании результатов анализа 122 модельных деревьев бука найдена зависимость между видовыми высотами HF и высотами H .

$$HF = 0,474H + 0,381. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции $0,979 \pm 0,004$; точность исследования 3,1%. Эта зависимость использована для определения запаса и видовых чисел по десятилетиям.

Запас насаждений определяли по формуле

$$M = H \cdot GF.$$

Таблица 2

Возраст, лет	Оставаемая часть насаждения							Вырубляемая часть				Общая производительность		
	средняя высота, см	средний диаметр, см	число стволов, шт.	сумма площадей сечений, м ²	видовое число, 0,001	запас ствольной древесины, м ³	ежегодный прирост, м ³		число стволов, шт.	запас, м ³	сумма запасов, м ³	прирост, м ³		
							средний	текущий				средний	текущий	
Обычный тип роста Т₀														
10	4,2	2,2	28950	11,0	565	26	2,6	20950	51	51	26	2,6	11,9	
20	9,3	5,6	8000	19,7	515	94	4,7	4702	54	105	145	7,2	14,3	
30	14,1	10,0	3298	25,9	501	183	6,1	1521	60	155	288	10,7	13,8	
40	18,4	14,6	1777	29,8	495	271	6,8	673	46	201	426	11,0	12,6	
50	22,1	19,3	1104	32,3	491	351	7,0	352	43	244	552	11,1	11,1	
60	25,2	24,0	752	34,0	489	419	6,8	197	36	280	757	10,8	9,4	
70	27,8	28,4	555	35,2	488	477	5,8	116	30	310	834	10,4	7,7	
80	29,9	32,3	439	36,0	487	524	4,7	78	26	336	897	10,0	6,3	
90	31,6	35,9	361	36,5	486	561	6,2	56	23	359	948	9,5	5,1	
100	32,9	39,2	305	36,9	486	589	5,9	42	21	380	989	9,0	4,1	
110	33,8	42,4	263	37,1	485	609	5,5	34	20	400	1021	8,5	3,2	
120	34,4	45,5	229	37,2	485	621	5,2							
Возрастающий тип роста Т_в														
10	2,9	1,8	33400	8,5	605	15	1,5	24704	39	39	15	1,5	8,6	
20	7,2	4,9	8696	16,4	527	62	3,1	5405	48	87	101	5,1	12,0	
30	11,6	9,4	3291	22,9	507	134	4,5	1478	38	125	221	7,4	11,9	
40	15,7	13,9	1813	27,5	498	215	5,4	653	36	161	340	8,5	11,3	
50	19,4	18,3	1160	30,5	493	292	6,8	340	33	194	453	9,1	10,4	
60	22,7	22,5	820	32,6	491	363	6,1	201	30	224	537	9,3	9,4	
70	25,6	26,5	619	34,2	489	427	6,4	132	28	252	651	9,2	8,3	
80	28,1	30,3	487	35,2	488	482	6,0	90	26	278	734	8,9	7,0	
90	30,0	34,0	397	36,0	486	526	5,8	66	24	302	804	8,6	5,7	
100	31,5	37,5	331	36,5	486	559	5,6	52	23	325	861	8,2	4,3	
110	32,5	40,9	279	36,7	486	579	5,3	38	20	345	904	8,2	4,3	
120	33,3	44,2	241	37,0	485	597	5,0				942	7,9	3,8	

Площади сечений G для каждого десятилетия находили на основании зависимости между средними высотами и суммами площадей сечений наиболее полных пробных площадей, видовые высоты HF — по уравнению (2).

Видовые числа определены по отношениям $F = \frac{HF}{H}$, число стволов — делением суммы площадей сечений на площадь сечения среднего дерева. Средний и текущий приросты найдены вычислительным путем по общеизвестным в таксации формулам.

Для характеристики хода роста вырубаемой части насаждения использованы соотношения между средними высотами и средними диаметрами вырубаемой и оставляемой частей насаждений (данные пробных площадей), то есть редуцированные числа по высоте $R_h = 0,74$ и по диаметру $R_d = 0,54$. На основании их были определены средние высоты h_v , видовые высоты $h_v f$, средние диаметры d_v и площади сечения средних деревьев g_v . По разности числа стволов оставляемой части в смежных десятилетиях найдено также число стволов вырубаемой части n_v . Используя эти данные, мы могли вычислить с некоторым приближением запасы вырубаемой части для каждого десятилетия по формуле

$$M = g_v \cdot h_v f \cdot n_v.$$

Данные, характеризующие ход роста насаждений бука Ia класса бонитета по типам роста, приведены в табл. 2.

Исследование особенностей роста насаждений бука Северной Буковины позволяет сделать такие выводы.

1. Замедление роста по высоте в молодости свойственно, вероятно, всем насаждениям бука. Особенно отчетливо оно может проявляться во влажных бучинах, произрастающих на тяжелых, склонных к поверхностному набуханию глинистых и суглинистых почвах. Подобное замедление роста молодняков во влажных дубравах отмечено П. С. Погребняком [8].

2. Соотношение между накоплением почвенной влаги и ее расходом на транспирацию в буковых молодняках обуславливается многими факторами, в том числе способом рубки главного пользования и особенностями ухода.

3. Важной причиной замедления роста молодняков бука может быть сплошная рубка, вызывающая резкое нарушение баланса влаги и ухудшение состояния верхних почвенных горизонтов.

4. Постепенные рубки, обеспечивающие постепенную замену материнских древостоев хорошо формирующимися молодняками, в сочетании с регулярным умеренным уходом должны рассматриваться как важное мероприятие по повышению производительности бучин Северной Буковины.

5. Особенности роста бучин Северной Буковины требуют разного подхода к ним при рубках ухода, особенно в молодняках. Если в насаждениях обычного типа роста рационален умеренный регулярный уход, то в молодняках возрастающего типа роста уход нужно проводить осторожно и направлять на достижение быстрого смыкания полога и обеспечение возможно большего расхода влаги на транспирацию.

6. Выявление и изучение типов роста насаждений в сочетании с участковым методом ведения хозяйства — важный резерв повышения производительности насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. В. Давидов. Особливості росту білоакацієвих насаджень УРСР. Вісник сільськогосподарської науки № 2, 1961. [2]. В. К. Захаров. О рационализации методики составления таблиц хода роста насаждений. Научные труды института леса АН БССР, вып. 9, 1956. [3]. П. С. Каплуновський. Типи гірських лісів Радянської Буковини та раціональні рубки в них. Наукові праці Українського науково-дослідного інституту лісного господарства та агролісомеліорації, вып. 21, 1961. [4]. П. А. Кучинский. Почвенный покров Черновицкой области. Ученые записки Черновицкого госуниверситета, т. 3, серия почвенно-географическая, вып. 1, 1948. [5]. К. Е. Никитин. К вопросу бонитирования насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1959. [6]. Б. Ф. Остапенко. Классификация типов леса Северной Буковины. Труды Харьковского сельскохозяйственного института, т. XXX, 1961. [7]. В. О. Поварнищин. Ліси Північної Буковини та їх поновлення. Сільськогосподарська наука до 40-річчя Великого Жовтня. Вид-во УАСГН, Київ, 1957. [8]. П. С. Погребняк. Основы лесной типологии. Киев, 1955.

Поступила в редакцию
30 сентября 1963 г.

ОПЫТЫ ПО ВНЕКОРНЕВОМУ ПОСТУПЛЕНИЮ ФОСФОРА В ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ

ЧЭНЬ СУЙ-ЧИН

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Еще в пятидесятых годах XIX в. Е. Гри и Вилль установили, что минеральные вещества могут поступать в растение и через листья. В СССР этим вопросом стали заниматься с 1929 г. [2]. В последнее время в связи с применением радиоактивных изотопов изучение внекорневой подкормки получило большое развитие [3], [4], [1].

Одним из важнейших вопросов, естественно, является путь поступления минеральных веществ в растение. Мы исследовали поступление фосфора через листья и передвижение его по древесному растению. Работу проводили с июля по сентябрь 1962 г. под непосредственным руководством проф. Н. Н. Киселева.

В опытах использовали трехлетние сеянцы остролистного клена и бородавчатой березы, а также двухлетние сеянцы листоватого вяза. Индикатором служил P^{32} , который входит в состав $Na_2HP^{32}O_4$. Раствор этой соли (удельная активность 20—25 мкюри/мл) наносили на листовые пластинки при помощи мерной пипетки с кисточкой.

Для определения радиоактивности со стволика брали пробы из луба, древесины и листа через каждые 4 см по высоте. Затем грубо измельченные пробы подсушивали до воздушно-сухого веса, взвешивали на торзионных весах и определяли радиоактивность при помощи счетчика Гейгера—Мюллера на установке Б-2. Кроме этого проводили радиоавтографию.

Проникновение раствора внутрь листа зависело от суммарной площади устьичной щели, а также от толщины кутикулы. Поэтому количество устьиц и суммарную площадь устьичной щели на 1 мм^2 определяли под микроскопом методом желатинной пленки (раствор 10%-ного желатина наносили на лист; при застывании образовывалась пленка, на которой хорошо виден отпечаток устьиц). Толщину кутикулы измеряли окуляр-микрометром.

Для каждой породы было взято 30 опытных сеянцев, которые разделяли на две группы. В первой раствор P^{32} наносили на нижнюю сторону листа, во второй — на верхнюю (листья брали в средней части кроны).

Число обработанных листьев на каждом сеянце березы составляло 4—6, клена — 2 и вяза — 2. Общее количество P^{32} , нанесенного на каждый сеянец, соответствовало 6—10 мкюри.

Через 1, 4, 10, 24 и 72 час после нанесения P^{32} из каждой группы брали по 3 сеянца для определения их радиоактивности. Сразу обнару-

Таблица 1

Точки наблюдений	Радиоактивность в разных частях стволика (имп/мин на 100 мг воздушно-сухого веса) при нанесении P^{32}					
	на нижнюю сторону листа			на верхнюю сторону листа		
	березы	клена	вяза	березы	клена	вяза
В точке роста	$\frac{121}{1332}$	$\frac{36}{268}$	$\frac{71}{541}$	$\frac{0}{440}$	$\frac{0}{292}$	$\frac{50}{300}$
+ 8 см в стебле	$\frac{—}{512}$	—	—	$\frac{0}{255}$	—	—
+ 4 см в стебле	$\frac{198}{643}$	—	$\frac{101}{266}$	$\frac{0}{508}$	—	$\frac{32}{36}$
0 в лубе	$\frac{1002}{2290}$	—	$\frac{540}{1815}$	$\frac{247}{553}$	—	$\frac{175}{705}$
в древесине	$\frac{727}{1636}$	—	$\frac{236}{344}$	$\frac{144}{273}$	—	$\frac{50}{150}$
- 1 см в лубе	—	$\frac{245}{602}$	—	—	$\frac{0}{173}$	—
в древесине	—	$\frac{109}{195}$	—	—	$\frac{0}{0}$	—
- 4 см в лубе	$\frac{1059}{2000}$	$\frac{75}{166}$	$\frac{246}{259}$	$\frac{157}{585}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{163}{320}$
в древесине	$\frac{514}{972}$	$\frac{11}{28}$	$\frac{289}{161}$	$\frac{21}{350}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{177}{54}$
- 8 см в лубе	$\frac{508}{1319}$	$\frac{65}{87}$	$\frac{155}{221}$	$\frac{105}{567}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{84}{157}$
в древесине	$\frac{139}{657}$	$\frac{0}{16}$	$\frac{80}{98}$	$\frac{31}{230}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{47}{104}$
- 12 см в лубе	$\frac{490}{1089}$	$\frac{29}{82}$	$\frac{142}{297}$	$\frac{59}{447}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{109}{169}$
в древесине	$\frac{125}{556}$	$\frac{0}{28}$	$\frac{66}{197}$	$\frac{24}{203}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{63}{63}$
- 16 см в лубе	$\frac{263}{999}$	$\frac{15}{71}$	—	$\frac{50}{400}$	$\frac{0}{0}$	—
в древесине	$\frac{81}{473}$	$\frac{0}{19}$	—	$\frac{16}{251}$	$\frac{0}{0}$	—
- 20 см в лубе	$\frac{—}{589}$	$\frac{0}{42}$	—	$\frac{—}{382}$	$\frac{0}{0}$	—
в древесине	$\frac{—}{180}$	$\frac{0}{11}$	—	$\frac{—}{131}$	$\frac{0}{0}$	—

Примечание. В числителе — радиоактивность при продолжительности опыта 24 час, в знаменателе — 72 час. Нулем, знаками плюс и минус обозначены точки наблюдений. 0 — основание обработанной ветки; + выше; — ниже него.

жило, что при нанесении раствора на нижнюю сторону листа березы радиоактивность в стволике стала заметной лишь через 10 час, а при нанесении на верхнюю — через 24 час. В дальнейшем P^{32} постепенно распространился по всему растению. Но при обработке нижней стороны листа радиоактивность луба и древесины была заметно больше, чем при обработке верхней (табл. 1). Это последнее явление характерно для

всех пород. Оно объясняется тем, что, как показали опыты, у всех опытных пород устьица имеются только на нижней стороне листа. Интенсивность поступления P^{32} через листья в значительной степени связывается с наличием устьиц. Наши опыты показали, что поглощение P^{32} нижней стороной листа у березы сильнее, чем у вяза, а у вяза сильнее, чем у клена (табл. 1). Это, очевидно, можно объяснить тем, что на 1 м^2 нижней стороны листа березы суммарная площадь устьичной щели в 6 раз больше, чем у вяза, и в 24 раза больше, чем у клена.

Однако нельзя считать, что устьице представляет собой единственный путь для внекорневого поступления минеральных веществ. Несмотря на отсутствие устьиц на верхней стороне листа этих пород, P^{32} все же поступал в растение, хотя гораздо медленнее и слабее. Это показало, что кутикула более или менее проницаема для раствора. По-видимому, ее проницаемость зависит от степени кутинизации листа. По сравнению с березой и вязом на верхней стороне листа клена кутикула более толстая (табл. 2).

Таблица 2

Порода	Толщина кутикулы листа, $\mu\text{м}$	
	на верхней стороне	на нижней стороне
Береза . . .	2,0	0,9
Вяз	1,4	0,6
Клен	2,2	0,9

Через 10 *час* после нанесения P^{32} на нижнюю сторону листа березы наблюдалось поступление его в ствол и небольшое передвижение. Через 24 *час* фосфор уже распространился почти по всему растению. Однако накопление P^{32} в растущих частях стволика и боковых веток проявлялось примерно через 72 *час*. В начальный момент поступления P^{32} в растение радиоактивность наблюдалась только в лубе. Затем, по мере увеличения количества P^{32} в лубе, в древесине тоже начала обнаруживаться радиоактивность, но гораздо более слабая, чем в лубе. Радиоактивность в части стволика, находящейся выше обработанных веток, в 3—4 раза меньше, чем в части ниже этих веток.

Все эти факты дают основание полагать, что фосфор, проникший в листья, нисходящим током продвигается, главным образом, по лубу.

Для подтверждения этого предположения проводили опыт с кольцеванием. Было взято три сеянца березы: первый — контрольный, второй — окольцованный на 2—3 *см* ниже обработанных веток, а третий — на 2—3 *см* выше этих веток. Через 120 *час* после нанесения P^{32} на листья опытные сеянцы были отправлены на радиоавтографию.

Из рис. 1 видно, что во всех вариантах обработанные ветки имели настолько большую активность, что на снимках контуры их листьев слились вместе. В контрольном сеянце фосфор распространился по всему растению, поэтому получилась четкая фигура последнего. Однако часть стволика, находящаяся под обработанными ветками, значительно толще, чем диаметр самого стволика. Это объясняется большим содержанием P^{32} (рис. 1, *а*). Если кольцевание сделано под обработанными ветками, то P^{32} задерживается. Поэтому на снимке не видно части стволика, находящейся под кольцом, и корневой системы. Вместе с этим у части, находящейся над обработанными ветками, радиоактивность очень слаба, поэтому отпечаток получился слабый (рис. 1, *б*). Если сеянец окольцован выше обработанных веток, то на снимке его фигура аналогична контролю (рис. 1, *в*).

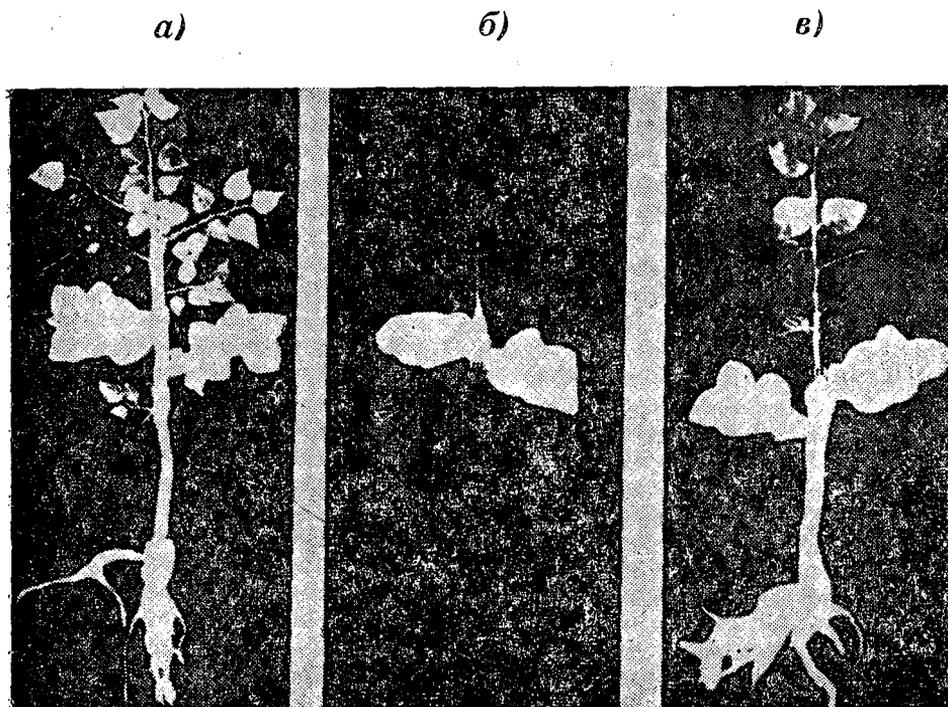


Рис. 1. Снимки радиоавтографии трехлетних сеянцев березы.

а — без кольцевания; *б* — кольцевание под обработанными ветками;
в — кольцевание над обработанными ветками.

Опираясь на эти факты, мы можем сделать вывод: кольцевание под обработанными ветками не только пресекает путь передвижения P^{32} к корневой системе, но и замедляет его поступление в верхнюю часть сеянца. Кольцевание над обработанными ветками не мешает подъему P^{32} . Это свидетельствует о том, что поглощенный листьями P^{32} идет по лубу, и главным образом, вниз. Затем он по сердцевинным лучам переходит в древесину, где вступает в восходящий ток.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Бородулина, В. И. Рунов. Физиологические основы внекорневых подкормок растений. Изд-во АН Узбекской ССР, 1959. [2]. М. К. Домонтович, П. А. Железнов. Из опытов по внекорневому питанию растений (через листья) калием и магнием. «Научно-агрономический журнал» № 2, 1930. [3]. Ф. Ф. Мацков. Внекорневое питание растений. Изд-во АН УССР, 1957. [4]. П. К. Урсулленко. Применение меченого фосфора при изучении некорневого питания плодовых растений. Труды Всесоюзной конференции по применению изотопов и ядерных излучений, изд-во АН СССР, 1958.

Поступила в редакцию,
5 октября 1963 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРУГОСТИ ПУТИ
НА КОЛЕБАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Б. И. КУВАЛДИН

Доцент, кандидат технических наук

(Московский лесотехнический институт)

Изменение величины вертикальных сил, действующих на путь, происходит в результате колебаний подвижного состава.

Рассмотрим простейшую плоскую систему, состоящую из груза, рессор, колесной пары и упругого рельсового пути (рис. 1).

Заменим действительный профиль нагруженного рельсового пути какой-либо кривой $Z_k = W(x)$. А так как $x = vt$, то при $v = \text{const}$, $Z = f(t)$. Степень соответствия этой кривой фактическому профилю пути зависит от тщательности подбора ее параметров и достаточного количества экспериментальных данных.

Обозначим

Q и q — вес наддресорной части вагона и неподдресоренных его частей;

M и m — соответствующие массы: $M = \frac{Q}{g}$ и $m = \frac{q}{g}$;
($g = 9,81 \text{ см/сек}^2$);

Z_0 и Z — перемещение наддресорной части вагона от линии Ot при $t = 0$ и при $t \neq 0$;

Z_k — ордината нагруженного рельсового пути при статическом действии вертикальной силы, равной $Q + q = Q_{\text{ст}}$;

Z_p — просадки упругого рельсового пути под воздействием переменной нагрузки;

Z_r — перемещения колеса от линии $O_k t$ при безотрывном его движении по рельсам: $Z_r = Z_k + Z_p$;

$ж$ — жесткость (коэффициент жесткости) рессор одноосного экипажа, кг/см ;

$ж_p$ — жесткость рельсового пути (двух ниток), кг/см .

Жесткость рельсового пути считают постоянной по всей длине рельсов. Разницу в жесткости пути в стыках и в средней части рельсов учитывают добавлением величины

$$h_p = \frac{Q_{\text{ст}}}{ж_{\text{ст}}} - \frac{Q_{\text{ст}}}{ж_p}. \quad (1)$$

Как в рессорном подвешивании узкоколейного подвижного состава, состоящем из одних цилиндрических пружин, так и в рельсовом пути.

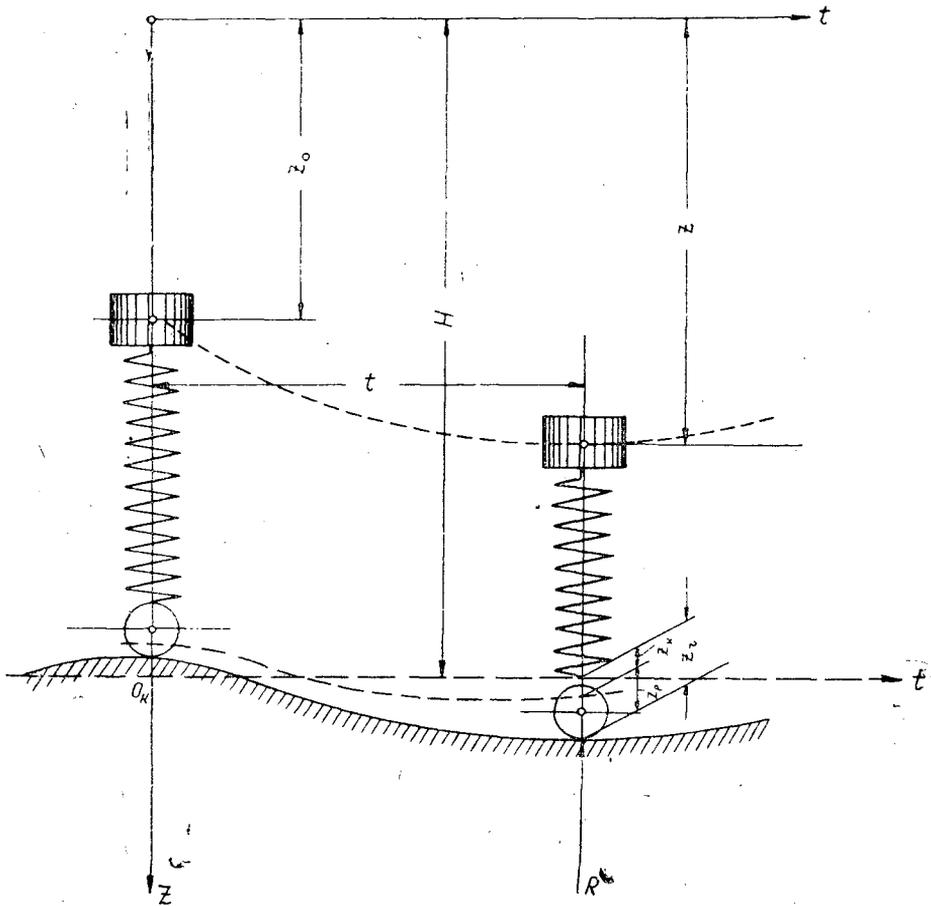


Рис. 1.

силы сопротивления в первом приближении не учитывают. Потери на трение в рессорном подвешивании, состоящем из цилиндрических пружин, составляют от 1,5 до 3%. Эта величина совершенно недостаточна для гашения рассматриваемых нами вынужденных колебаний. Что же касается свободных колебаний, то, как известно, они быстро затухают даже при наличии малых сопротивлений. Массу рельсового пути учитывают как приведенную, сосредоточенную в точке контакта колес и рельсов. Таким образом, в наших расчетах масса колес и приведенная масса пути суммированы.

Объединение этих масс предполагает безотрывное движение колеса по рельсовому пути. Эту гипотезу подтверждают исследования М. А. Фришмана [4], производившего высокочастотную кино съемку движения колеса по рельсу и рельсовому стыку.

Систему из однобсного вагона, движущегося по упругому пути, будем считать имеющей две степени свободы. При этом предположим, что соблюдаются условия, обеспечивающие наличие только вертикальных колебаний. Проектируя все силы на ось, составим дифференциальные уравнения вертикальных перемещений груза и колесной пары.

Уравнения для перемещения колесной пары

$$m\ddot{Z}_r + ж_p(Z_r - Z_k) - ж(Z - Z_p) - q = 0. \quad (2)$$

Подставляя $Z_r = Z_k - Z_p$, получим

$$m \frac{d^2}{dt^2} (Z_p + Z_k) + ж_p Z_p - ж (Z - Z_p - Z_k) - q = 0 \quad (3)$$

или

$$m \ddot{Z}_p + (ж_p + ж) Z_p - ж Z = q - (ж Z_k - m \ddot{Z}_k). \quad (4)$$

Уравнения для перемещений наддрессорной части

$$M \ddot{Z} + ж (Z - Z_r) - Q = 0 \quad (5)$$

или

$$M \ddot{Z} + ж Z - ж Z_p = Q + ж Z_k. \quad (6)$$

Перемещение масс удобнее отсчитывать от горизонтальных осей, проходящих через положения равновесия масс. В этом случае Z_p и Z будут обобщенными координатами системы, а вертикальные перемещения масс будут описаны следующими уравнениями:

$$m \ddot{Z}_p + Z_p (ж_p + ж) - ж Z = - (m \ddot{Z}_k + ж Z_k); \quad (7)$$

$$M \ddot{Z} + ж Z - ж Z_p = ж Z_k. \quad (8)$$

В правой части этих уравнений представлены возмущающие силы, величина которых определяется формой периодических или местных неровностей пути и упругостью рессорного подвешивания экипажа. Упругость рельсового пути на величину возмущающих сил не влияет. Амплитуда и характер действия этих сил определяются параметрами и видом кривой Z_k , условно заменяющей микропрофиль периодических или изолированных неровностей рельсовой колёи.

Уравнения в общей форме определяют вертикальные перемещения колес и наддрессорного груза при качении одноосного экипажа по упругому пути, имеющему периодические неровности.

Рассмотрим основные особенности свободных колебаний рассматриваемой системы при отсутствии возмущающих сил.

Введем обозначения частот

$$\frac{ж_p + ж}{m} = k_{11}^2; \quad \frac{ж}{m} = k_{12}^2; \quad \frac{ж}{M} = k_{22}^2.$$

Частные решения соответствующих однородных уравнений будем искать в виде $Z_p = A \sin(kt + \alpha)$ и $Z = A_2 \sin(kt + \alpha)$.

Подставив эти значения в соответствующие однородные уравнения и сократив их на $\sin(kt + \alpha)$, получим уравнение частот в виде

$$k^4 - (k_{11}^2 + k_{22}^2) k^2 + (k_{11}^2 - k_{12}^2) k_{22} = 0,$$

корни которого следующие:

$$k_{1,2}^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{ж_p + ж}{m} + \frac{ж}{M} \right) \mp \frac{1}{2} \sqrt{\left[\frac{ж_p + ж}{m} + \frac{ж}{M} \right]^2 - 4 \frac{ж_p ж}{mM}}. \quad (9)$$

Как видно, $k_1^2 < k_2^2$. Оба корня положительные. Частоты расположены в следующем порядке:

$$0 < k_1 < k_{22} < k_{11} < k_2$$

(при $k_{22} < k_{11}$, что имеет место в рассматриваемом случае).

Как видно, повышение жесткости рессор вызывает увеличение значений частот k_{11} и k_2 , особенно низшей, прямо пропорциональной жесткости рессор.

Увеличение частот k_{11} и k_{22} , в свою очередь, повысит (или оставит без изменения) частоты главных колебаний системы k_1 и k_2 , то есть сдвинет их вправо по оси абсцисс. Увеличение или уменьшение жесткости пути влияет на величину только второй (высшей) частоты, что, тем не менее, также вызывает изменение обеих главных частот. Увеличение одной из масс уменьшает соответствующую частоту, что, в свою очередь, понижает (или оставляет без изменения) частоты k_1 и k_2 . Практическое значение имеет изменение величины надрессорной массы, соответствующее случаю груженого или порожнего вагона.

Можно также получить, что отношение амплитуд колебаний

$$\frac{A}{A_p} = \frac{k_{11}^2 - k^2}{k_{12}^2} = \frac{k_{22}^2}{k_{22}^2 - k^2}.$$

При $k \neq k_1$ $\frac{A}{A_p} > 0$ и, следовательно, при первом главном колебании с низшей частотой обе массы двигаются в одном направлении, так как Z_p и Z имеют один знак. При $k = k_2$ $\frac{A}{A_p} < 0$, что указывает на то, что при колебании с высшей частотой массы m и M движутся в противоположных направлениях, так как Z_p и Z имеют противоположные знаки.

Свободные колебания системы, состоящей из двух вибраторов, являются результатом наложения главных колебаний с частотами k_1 и k_2 . Эти частоты в общем случае несоизмеримы и движение системы не является периодическим.

Общие решения такой системы однородных уравнений после сложения тригонометрических величин имеют вид

$$Z_p = a_{11} \sin(k_1 t + \alpha_1) + a_{12} \sin(k_2 t + \alpha_2); \quad (10)$$

$$Z = \frac{k_{11}^2 - k^2}{k_{12}^2} a_{11} \sin(k_1 t + \alpha_1) + a_{12} \sin(k_2 t + \alpha_2), \quad (11)$$

где

$$a_{11} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}; \quad \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{C_1}{C_2}; \quad a_{12} = \sqrt{C_3^2 + C_4^2}; \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{C_3}{C_4}.$$

Под влиянием сил сопротивлений свободные колебания довольно быстро затухают и, если нет возмущающих сил, колеблющиеся массы останавливаются в своих равновесных положениях.

Рассмотрим теперь перемещения масс системы, зависящие от возмущающих сил. Неровности рельсового пути будем аппроксимировать кривой $Z_k = h \sin pt$, где $p = \frac{2\pi v}{L}$. Подставив Z_k в этом виде в уравнения (7) и (8), получим

$$m\ddot{Z}_p + (j_p + j)Z_p - jZ = (mp^2 h - jh) \sin pt; \quad (12)$$

$$M\ddot{Z} + jZ - jZ_p = jh \sin pt. \quad (13)$$

Обозначим амплитуды вынуждающих сил $Q_1 = (mp^2 h - jh)$ и $Q_2 = jh$. Вынужденные колебания, то есть частные решения соответствующих однородных уравнений, можно определить, делая подстановку в виде синусоидальных функций той же частоты.

$$Z_p = A_p \sin pt; \quad Z = A \sin pt. \quad (14)$$

Подставляя Z_p и Z из формулы (14) в уравнения (12) и (13), получим

$$A_p (ж_p + ж - mp^2) - жA = Q_1;$$

$$A_p (-ж) + A (ж - Mp^2) = Q_2,$$

откуда

$$A_p = \frac{(mp^2h - жh)(ж - Mp^2) + ж^2h}{\Delta(p^2)} = \frac{h [ж_p^2 (M + m) - Mmp^2]}{\Delta p^2}; \quad (15)$$

$$A = \frac{(ж_p + ж - mp^2) жh - (-ж)(mp^2h - жh)}{\Delta(p^2)} = \frac{h ж ж_p}{\Delta(p^2)} \quad (16)$$

или

$$Z_p = \frac{h [ж_p^2 (M + m) - Mmp^2]}{p^4 M m - p^2 (ж m + ж_p M + ж M) + ж ж_p} \sin pt; \quad (17)$$

$$Z = \frac{h ж ж_p}{p^4 M m - p^2 (ж m + ж_p M + ж M) + ж ж_p} \sin pt. \quad (18)$$

Общие решения дифференциальных уравнений (7) и (8) являются суммой общих решений соответствующих однородных уравнений (10) и (11) и полученных частных решений (17) и (18).

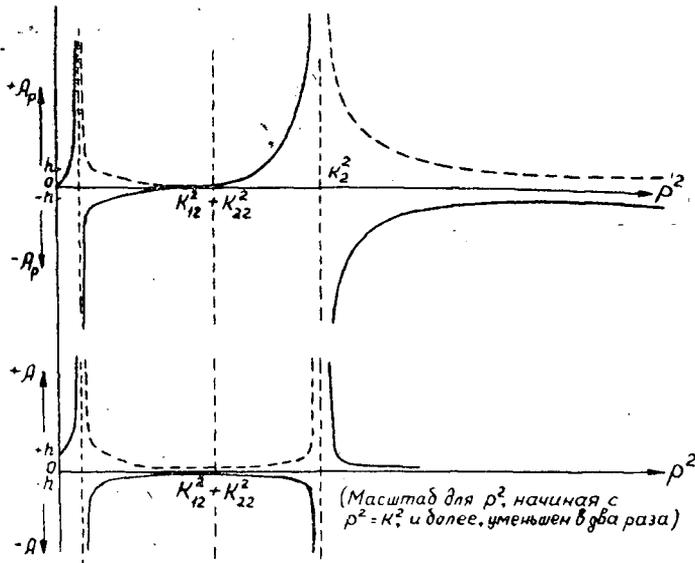
Рассмотрим основные особенности вынужденных колебаний системы при наличии возмущающих сил в виде $(mp^2h - жh) \sin pt$ и $жh \sin pt$.

Из уравнений (17) и (18) можно видеть, что вынужденные перемещения масс Z_p и Z не зависят от начальных условий, а определяются величиной жесткости рессор и пути, величиной масс, амплитудой периодических неровностей пути и законом их изменения. Особенно важным обстоятельством является то, что величина амплитуд перемещений зависит не только от собственных параметров системы, но и от частоты возмущающей силы, а, следовательно, от скорости движения. Характер изменения размера амплитуд перемещений A_p и A показан на графике (рис. 2).

Анализ этих изменений в связи с увеличением частоты вынужденных колебаний дан в табл. 1.

Таблица 1

p^2	A_p	A
0	0	h
k_1^2	∞	∞
$k_{12}^2 + k_{22}^2 = \frac{ж}{M} + \frac{ж}{m}$	0	$-h \frac{m}{M}$
k_2^2	∞	∞
∞	h	0



Амплитуды при $\mathcal{J}_p = 1000, m = 0,5, M = 2,5$ имеют следующие значения:

ρ^2 Ампл	0	50	100	150	190	200	250	300	1000	2400	3000	4000	4200	4500	5000	6000	10000	∞
A_p	0	0,2h	0,64h	2,07h	∞	-11h	-184h	-147h	-0,54h	0	0,53h	8h	∞	-7h	-343h	-2,08h	-134h	h
A	h	1,37h	2,21h	4,93h	∞	-20h	-573h	-186h	-0,38h	-0,2h	-0,236h	-10h	∞	0,59h	0,21h	0,078h	0,044h	0

Рис. 2.

Приведенный график показывает, что при небольшой скорости движения упругие динамические просадки рельсового пути мало отличаются от статического прогиба. С повышением скорости они увеличиваются и тем быстрее, чем больше величина скорости движения приближается к значению первой критической, соответствующей условию $p^2 = k_1^2$.

При скорости больше критической динамический прогиб рельсового пути уменьшается и достигает значения статического прогиба при $p^2 = \frac{\mathcal{J}}{M} + \frac{\mathcal{J}}{m}$, после чего первый снова начинает увеличиваться и достигает максимума при второй критической скорости, соответствующей условию $p^2 = k_2^2$.

При больших скоростях амплитуда динамического прогиба все более уменьшается и стремится к h . Амплитуда прогиба рессор возрастает, начиная с величины, равной h , вместе с увеличением скорости до $v = v_{кр}^I$, а затем уменьшается до значения $-h \frac{m}{M}$, соответствующего случаю, когда $p^2 = \frac{\mathcal{J}}{M} + \frac{\mathcal{J}}{m}$. При дальнейшем повышении скорости амплитуда перемещений надрессорной массы увеличивается и достигает второго максимума при $v = v_{кр}^{II}$, после чего снова уменьшается, стремясь к нулю при $v \rightarrow \infty$.

Критические скорости определяются из условий

$$p^2 = \frac{4\pi^2 v^2}{L^2} = k_1^2 \text{ и } p^2 = \frac{4\pi^2 v^2}{L^2} = k_2^2.$$

Значение критических скоростей первого и второго порядка

$$v_{кр}^{I, II} = \frac{L}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{j_p + j}{m} + \frac{j}{M} \right) \mp \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{j_p + j}{m} + \frac{j}{M} \right)^2 - 4 \frac{j_p j}{mM}}}. \quad (19)$$

Как можно видеть из этой формулы, на величину критической скорости влияют и упругость рессорного подвешивания и упругость пути. Последнее обстоятельство обычно не принимали во внимание. В формулах, приведенных в известном курсе «Вагоны» [1], упругость пути совсем не учтена*.

Опасная скорость определяется из условия $Z_0 = \frac{Q}{j}$ (рис. 3).

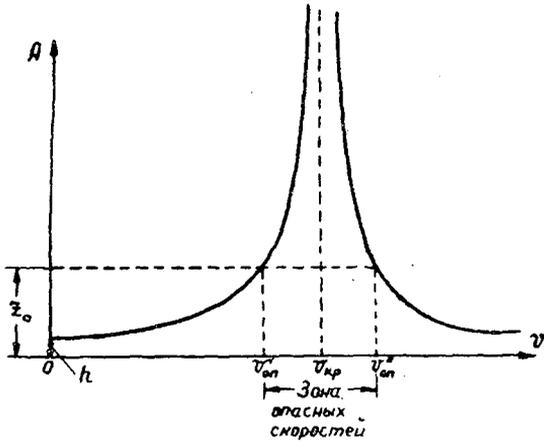


Рис. 3.

Из этого условия получим

$$Z_0 = \frac{h j_p j}{\Delta(p^2)},$$

откуда

$$v^4 \frac{Mm}{j j_p} - p^4 \left(\frac{m}{j_p} + \frac{M}{j} + \frac{M}{j_p} \right) + \left(1 \mp \frac{h}{Z_0} \right) = 0.$$

Имея в виду, что $p = \frac{2\pi v}{L}$, после необходимых преобразований можно получить четыре значения $v_{он}$, ограничивающих две зоны опасных скоростей

$$v_{он}^{I, II, III, IV} = \frac{L}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2} \left[\frac{j_p + j}{m} + \frac{j}{M} \right] \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{j_p + j}{m} + \frac{j}{M} \right)^2 - 4 \frac{j_p j}{Mm} \left(1 \mp \frac{h}{Z_0} \right)}}}. \quad (20)$$

Зоны скоростей между $v_{он}^I$ и $v_{он}^{II}$ и между $v_{он}^{III}$ и $v_{он}^{IV}$ являются зонами опасных скоростей. В этих диапазонах амплитуда колебаний подрессорного груза будет достигать таких значений, при которых давление на колесную пару и рельсовый путь со стороны надрессорного груза ощу-

* Упругость пути не учитывалась в исследованиях С. П. Тимошенко [3], Л. И. Михайловского [2], В. В. Медела, А. У. Галеева и др.

щаться не будет, и при одновременном действии поперечных горизонтальных сил возникнут условия, способствующие сходу колес с рельсов. Из последней формулы видно, в какой мере величина диапазона опасных скоростей зависит от амплитуды периодических неровностей пути. При $h \geq Z_0$ амплитуда колебаний наддрессорного груза при любой скорости больше нуля будет превышать статический прогиб. Понятие «зона опасных скоростей» графически пояснено на рис. 3.

Динамическая реакция рельса, равная динамическому давлению, определяется из условия

$$R = (Q + q) + \text{ж}_p Z_p = Q_d.$$

Подставляя значение Z_p и сделав некоторые преобразования, получим

$$Q_d = Q_{ст} + \frac{h \left[\frac{\text{жж}_p}{Mm} (M + m) p^2 - \text{ж}_p p^4 \right]}{p^4 - p^2 \left(\frac{\text{ж}}{M} + \frac{\text{ж}_p + \text{ж}}{m} \right) + \frac{\text{ж}_p \text{ж}}{mM}} \cdot \sin pt. \quad (21)$$

Коэффициент нарастания амплитуд обозначим β

$$\beta = \frac{A_p}{Z_{оп}} = \frac{\text{ж}_p A_p}{Q_{ст}} = \frac{h}{g} \cdot \frac{\left(\frac{\text{жж}_p}{Mm} p^2 - \frac{\text{ж}_p}{M + m} p^4 \right)}{p^4 - p^2 \left(\frac{\text{ж}}{M} + \frac{\text{ж}_p + \text{ж}}{m} \right) + \frac{\text{ж}_p \text{ж}}{mM}}. \quad (22)$$

Для перехода от статического расчета к динамическому применяют динамический коэффициент

$$k_d = 1 + \beta. \quad (23)$$

Безразмерность этого коэффициента упрощает исследование влияния отдельных параметров системы на величину динамических сил.

Для получения практических выводов необходимо проанализировать полученные формулы и установить, как изменяются $v_{кр}$, $v_{оп}$ и k .

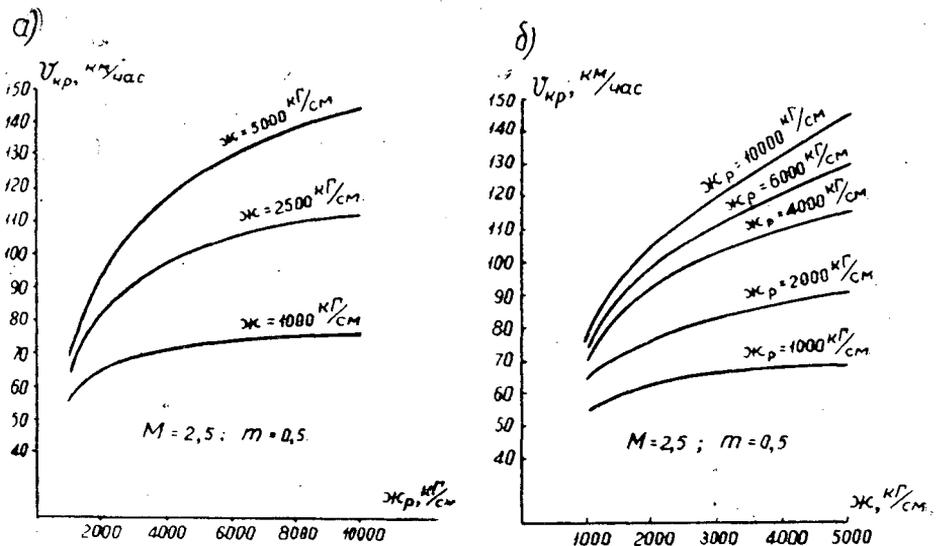


Рис. 4.

в зависимости от различных параметров, входящих в расчетные формулы.

Как показали расчеты, для узкоколейных железных дорог практическое значение может иметь только низшая критическая скорость, так как вторая лежит в пределах 400—1000 км/час.

Значения критической скорости для различных значений жесткости рессор и пути, а также массы наддресорного груза приведены на рис. 4, а. Как видно из графика, изменение жесткости рельсового пути в значительной мере влияет на величину критической скорости при жестких рессорах (3000—5000 кг/см). В этом случае при уменьшении жесткости пути с 10 000 до 1000 кг/см критическая скорость снижается в два раза, в то время, как при гибких рессорах только на 30%.

Еще больше на критическую скорость влияет жесткость рессор. Однако и в этом случае при малой жесткости пути пятикратное изменение жесткости рессор вызывает изменение величины критической скорости всего на 20% (рис. 4, б).

Выполненные нами расчеты показывают, что для всего диапазона значений жесткости узкоколейного пути и рессор подвижного состава величина критической скорости превышает наибольшие скорости движения, поэтому с этой точки зрения нет препятствий для увеличения скорости движения на ужд до 50 км/час на пути с легкими рельсами

Таблица 2

Вычисляемые величины	Значения вычисляемых величин при ж _р				
	1000	2000	4000	6000	10000
C_1	$\frac{4400}{8000}$	$\frac{6400}{10000}$	$\frac{10400}{14000}$	$\frac{14400}{18000}$	$\frac{22400}{26000}$
C_1^2	$\frac{19,36 \cdot 10^6}{64 \cdot 10^6}$	$\frac{40,96 \cdot 10^6}{100 \cdot 10^6}$	$\frac{108,2 \cdot 10^6}{196 \cdot 10^6}$	$\frac{207,4 \cdot 10^6}{324 \cdot 10^6}$	$\frac{501,8 \cdot 10^6}{676 \cdot 10^6}$
C_2	$\frac{3,2 \cdot 10^6}{8 \cdot 10^6}$	$\frac{6,4 \cdot 10^6}{16 \cdot 10^6}$	$\frac{12,8 \cdot 10^6}{32 \cdot 10^6}$	$\frac{19,2 \cdot 10^6}{48 \cdot 10^6}$	$\frac{32 \cdot 10^6}{80 \cdot 10^6}$
$h = h_k + h_p$	$\frac{1,13}{1,13}$	$\frac{0,80}{0,80}$	$\frac{0,66}{0,66}$	$\frac{0,61}{0,61}$	$\frac{0,56}{0,56}$
$Z_0 = \frac{M_1}{ж}$	$\frac{2,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{1,0}$
$C_2 \left(1 - \frac{h}{Z_0}\right)$	$\frac{1,785 \cdot 10^6}{-1,04 \cdot 10^6}$	$\frac{4,35 \cdot 10^6}{3,2 \cdot 10^6}$	$\frac{9,42 \cdot 10^6}{10,9 \cdot 10^6}$	$\frac{14,6 \cdot 10^6}{18,8 \cdot 10^6}$	$\frac{24,8 \cdot 10^6}{35,2 \cdot 10^6}$
$C_2 \left(1 + \frac{h}{Z_0}\right)$	$\frac{4,65 \cdot 10^6}{17,05 \cdot 10^6}$	$\frac{8,45 \cdot 10^6}{28,8 \cdot 10^6}$	$\frac{16,18 \cdot 10^6}{53,2 \cdot 10^6}$	$\frac{23,8 \cdot 10^6}{76,9 \cdot 10^6}$	$\frac{39,2 \cdot 10^6}{124,8 \cdot 10^6}$
$\frac{1}{2} \left[C_1 - \sqrt{C_1^2 - C_2 \left(1 - \frac{h}{Z_0}\right)} \right]$	$\frac{105,0}{-32,0}$	$\frac{175,0}{80,5}$	$\frac{230,5}{200,0}$	$\frac{270,0}{267,0}$	$\frac{280,0}{342,0}$
$\frac{1}{2} \left[C_1 - \sqrt{C_1^2 - C_2 \left(1 + \frac{h}{Z_0}\right)} \right]$	$\frac{82,5}{574,0}$	$\frac{349,0}{701,5}$	$\frac{403,5}{1025,0}$	$\frac{425,0}{1140,0}$	$\frac{445,0}{1263,0}$
$v_{оп}^I$	$\frac{41,2}{-}$	$\frac{5,0}{36,0}$	$\frac{62,7}{56,7}$	$\frac{65,8}{65,6}$	$\frac{67,2}{74,3}$
$v_{оп}^{II}$	$\frac{67,4}{96,3}$	$\frac{74,9}{112,0}$	$\frac{80,6}{128,5}$	$\frac{82,8}{135,2}$	$\frac{84,8}{142,6}$

Примечание. В числителе — данные, полученные при ж = 1000; m = 0,5; M = 2,5; h = 0,5 см; $\delta = \frac{4\pi^2}{L^2} = 0,7$; в знаменателе — соответственно 2500; 0,5; 2,5; 0,5 и 0,7. Здесь $C_1 = \frac{ж_p + ж}{m} + \frac{ж}{M}$; $C_2 = 4 \frac{ж_p \cdot ж}{mM}$.

(8—11 кГ/м) и до 70—80 км/час на пути с рельсами более тяжелых типов (15—18 кГ/м).

Расчеты также позволяют сделать вывод, что определение критической скорости без учета упругости пути для узкоколейного подвижного состава несостоятельно. Уменьшение в пять раз массы наддресорного груза (случай незагруженного подвижного состава) настолько значительно увеличивает критические скорости, что они в несколько раз превышают наибольшую скорость движения.

Определение опасных скоростей приведено в табл. 2. Глубина периодических неровностей $2h = 1,0$ см. Значения $v_{он}^I$ и $v_{он}^{II}$ ограничивают тот диапазон скоростей, в пределах которого вынужденные колебания подвижного состава превышают допустимые, когда, с одной стороны, динамическое давление более чем в два раза превышает статическое, а с другой, когда нет давления со стороны наддресорного груза.

Границы диапазона опасных скоростей при одной и той же величине амплитуды периодических неровностей пути и критической скорости зависят от жесткости рессор. Эта зависимость особенно наглядна при сравнении графиков (рис. 5, а и б).

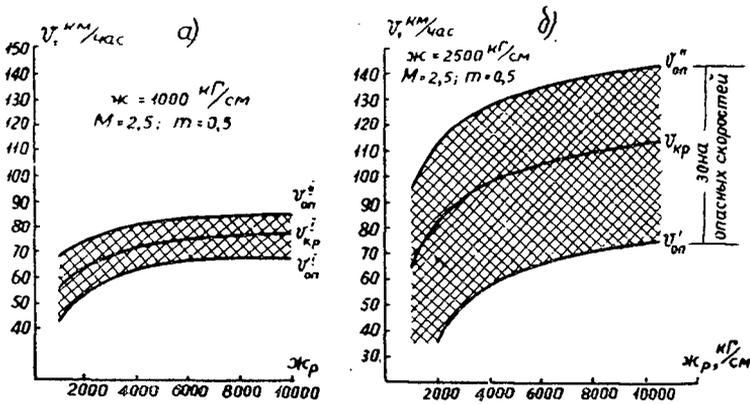


Рис. 5.

Как видно из этих графиков, при наличии значительных периодических неровностей пути жесткость рессор должна быть возможно меньше и во всяком случае такова, чтобы статический прогиб был больше h . Таким образом, рессоры подвижного состава ужд должны: а) быть достаточно мягкими с тем, чтобы как можно сильнее уменьшить диапазон опасных скоростей; б) быть достаточно жесткими с тем, чтобы низшая из критических скоростей была как можно больше наивысшей скорости движения подвижного состава. Рессорное подвешивание подвижного состава узкоколейных железных дорог имеет жесткость 2200—5000 кГ/см. При такой жесткости статический прогиб рессор при грузоподъемности 2—2,5 T на ось равен 5—10 мм. Такая величина прогиба в большинстве случаев недостаточна, а нижняя граница зоны опасных скоростей оказывается ниже верхней границы максимальных ходовых скоростей.

На основании приведенных таблиц и графиков можно сделать вывод, что для предотвращения опасных колебаний наддресорной части узкоколейных вагонов следует:

- а) уменьшить жесткость рессор узкоколейных вагонов до 1200—1500 кГ/см;

б) принять все меры к снижению величины периодических неровностей пути за счет уменьшения количества стыков, лучшего содержания пути, систематической подбивки стыковых и пристыковых шпал и хорошего предварительного уплотнения земляного полотна.

Дополнительно целесообразно увеличивать длину узкоколейных рельсов. Это влияет на увеличение значений критических и опасных скоростей (отделяет их от верхней границы ходовых скоростей), что, в свою очередь, вызывает уменьшение амплитуды колебаний колес и над-рессорной части вагонов. Увеличение длины рельсов также уменьшит потребность в рельсовых скреплениях и облегчит содержание пути.

В табл. 3 приведены расчеты величины динамического коэффициента при различных значениях жесткости рессор и пути. В связи с тем, что при $v < 50$ км/час члены формулы, в которые входит v^4 , не достигают сколько-нибудь значительной величины, возрастание k_d можно считать пропорциональным v^2 .

Характер увеличения динамического давления с повышением скорости показан на рис. 6.

Таблица 3

Определяемые величины	Значения вычисляемых величин при			
	ж=1000; ж _р =1000	ж=1000; ж _р =10000	ж=2500; ж _р =1000	ж=5000; ж _р =10000
$\frac{жж_р}{mM} \cdot \frac{h}{g} \delta$	25,3	253,0	63,7	1265
$\frac{ж_р \delta^2}{M+m} \cdot \frac{h}{g}$	0,00066	0,0066	0,00066	0,0066
$\delta \left(\frac{ж}{M} + \frac{ж_р + ж}{m} \right)$	274	1395	498,4	1995
$\frac{жж_р}{mM}$	0,8 · 10 ⁶	8 · 10 ⁶	2 · 10 ⁶	4 · 10 ⁶
$1 + \frac{A_р ж_р}{(M+m)g}$				
при $v = 10$ км/час	0,0035	0,0032	0,0039	0,0032
" $v = 20$ "	0,0146	0,0135	0,0138	0,0129
" $v = 30$ "	0,0400	0,0340	0,0365	0,0298
" $v = 40$ "	0,1047	0,0673	0,0828	0,0550
" $v = 50$ "	0,4250	0,1350	0,1990	0,0895

Примечание. $M = 2,5$; $m = 0,5$; $h = 0,5$ см; $\delta = \left(\frac{2\pi}{2 \cdot 3,6} \right)^2 = 0,0623$; $\delta^2 = 0,003881$.

Приведенные расчеты и график дают возможность выяснить влияние жесткости рессор и пути на величину динамического давления, вызываемого наличием периодических неровностей пути. Как можно видеть, при одной и той же скорости амплитуда динамического давления тем меньше, чем больше жесткость пути и рессор и, следовательно, значение критической скорости. Влияние упругости пути и рессор на увеличение динамического коэффициента в диапазоне обычных ходовых скоростей незначительно (рис. 6), так что предлагаемое уменьшение жесткости рессор почти не скажется на увеличении динамического давления на рельсы. Но при увеличении скоростей движения свыше 35—40 км/час необходимо, чтобы жесткость пути была возможно большей.

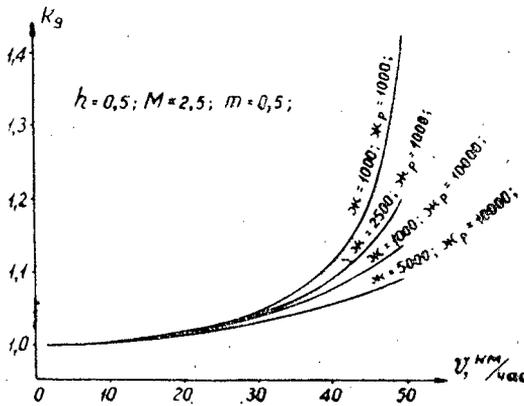


Рис. 6.

Из графика (рис. 6), показывающего нарастание амплитуды динамического давления с увеличением скорости, видно, что при $v < 30 \text{ км/час}$ кривая мало отличается от прямой. Это объясняет, почему при экспериментальных наблюдениях обычно находят не параболическую, а линейную зависимость величины максимальных динамических напряжений от скорости.

Для пути с большой жесткостью такой характер кривой k_d будет иметь место в большем диапазоне скоростей.

Как уже указывалось, при скорости $v < 50 \text{ км/час}$ члены, в которые входит v^4 (или p^4), имеют незначительную величину по сравнению с остальными членами формул (22) или (23). Так, например, $\delta^2 v^4$ при $v = 50 \text{ км/час}$ составит менее 1,0% от $\frac{жж_p}{жM}$, а $\frac{ж_p \delta^2}{M+m} \cdot \frac{h}{g}$ меньше 2% от второго члена числителя. Поэтому для расчетов (применительно к условиям узкоколейных дорог) полученные формулы можно значительно упростить, пренебрегая членами, в которые входит p^4 (или v^4).

В этом случае получим

$$A = \frac{hжж_p}{жж_p - p^2(жm + ж_p M + жM)} \quad (24)$$

Обозначим $\frac{жж_p}{ж(1 + \frac{m}{M}) + ж_p} = ж_{пр}$ и $\frac{ж_{пр}}{M} = k_{пр}^2$ (приведенное).

При этом обозначении получим

$$A = \frac{h}{1 - \frac{p^2}{k_{пр}^2}} \quad (25)$$

Аналогично для A_p будем иметь

$$A_p = \frac{h_p \frac{M+m}{ж_p}}{1 - \frac{p^2}{k_{пр}^2}} \quad (26)$$

Критическая скорость определится из условия $p^2 = k_{\text{пр}}^2$.

$$v_{\text{кр}} = \frac{L}{2\pi} \sqrt{k_{\text{пр}}} = \frac{L}{2\pi} \sqrt{\frac{j_{\text{кр}}}{M}}. \quad (27)$$

Динамическое давление, коэффициент нарастания амплитуд и коэффициент динамичности определяются аналогично изложенному выше

$$Q_d = Q_{\text{ст}} + \frac{h j_{\text{жр}} (M + m) p^2}{j_{\text{жр}} p^2 - j_{\text{жт}} + j_{\text{жр}} (M + m)}$$

или

$$Q_d = Q_{\text{ст}} + \frac{h (M + m)}{\frac{1}{p^2} - \frac{1}{k_{\text{пр}}^2}}. \quad (28)$$

$$\beta = \frac{h}{g} \cdot \frac{1}{\frac{1}{p^2} - \frac{1}{k_{\text{пр}}^2}} \quad (29)$$

или

$$k_d = 1 + \beta = 1 + \frac{h}{\frac{g}{\delta v^2} - \frac{g}{k_{\text{пр}}^2}} \quad (30)$$

Полученные формулы достаточно просты и удобны для применения. Для того чтобы оценить степень точности предлагаемых формул, была определена относительная погрешность вычислений по наиболее характерным из полученных формул.

Как показали расчеты, при величине жесткости рессор от 1000 до 5000 кг/см и жесткости пути от 1000 до 10000 кг/см относительная погрешность определения критической скорости не превышает 3,26%.

Относительная погрешность коэффициента нарастания амплитуд

$$\Delta = \frac{\beta - \beta_{\text{пр}}}{\beta_{\text{пр}}}$$

Таблица 4

v	$\beta_{\text{пр}}$	$\beta - \beta_{\text{пр}}$	$\Delta, \%$
10	0,00326	0	0
	0,00320	0	0
20	0,0140	0,0002	1,4
	0,0129	0	0
30	0,0370	0,0005	1,4
	0,0301	0,0003	1,0
40	0,0818	0,0020	2,4
	0,0556	0,0006	1,1
50	0,2120	0,0130	6,1
	0,0912	0,0017	1,9

Примечание. В числителе — данные, полученные при $j = 1000$; $j_{\text{р}} = 2500$; $h = 0,5$; $M = 2,5$; $m = 0,5$; в знаменателе — соответственно 10000; 5000; 0,5; 2,5; 0,5.

В табл. 4 приведен подсчет относительной погрешности для параметров, ограничивающих диапазон наиболее употребительных динамических характеристик.

Исходя из допустимого предела относительной погрешности (5%), можно установить пределы применимости полученных формул для определения амплитуд колебаний или динамических сил.

Как видно, предлагаемые формулы применимы во всех случаях, кроме тех, когда скорость движения близка к критической.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вагоны (учебник под редакцией проф. М. В. Винокурова). Гострансжелдориздат, 1949. [2]. Л. И. Михайловский. Колебательные движения вагонов. Инженерно-технический справочник «Вагоны», гл. IV, 1937. [3]. С. П. Тимошенко. О динамических напряжениях в рельсах. «Вестник инженеров» № 4, 1915. [4]. М. А. Фришман. Применение высокочастотной кино съемки к исследованию вопросов взаимодействия пути и подвижного состава. Диссертация, 1948.

Поступила в редакцию
8 октября 1963 г.

О НЕКОТОРЫХ ЗАВИСИМОСТЯХ ПРОЦЕССА ОБРЕЗКИ СУЧЬЕВ МЕТОДОМ СИЛОВОГО РЕЗАНИЯ

Ф. Е. ЗАХАРЕНКОВ

Старший научный сотрудник

(Северный НИИ промышленности)

Известные работы П. А. Новикова [5] и Е. В. Кириллова [2] посвящены определению сопротивления движению ножей по обрабатываемому стволу в общем виде с учетом всех сил, в том числе и сопротивления резанию. Другие авторы [3], [6] проводили опыты по перерезанию ветвей ножами с прямолинейной режущей кромкой на образцах, взятых на неопределенном расстоянии от ствола, где показатели физико-механических свойств древесины ветвей почти такие же, как у стволовой, но значительно меньше, чем у древесины основания ветвей. Поэтому полученные ими результаты не могут быть использованы для расчета механизма резания сучкорезных машин.

В дополнение к ранее опубликованным аналитическим исследованиям [1] и в целях логического их продолжения и развития автор настоящей статьи провел специальные эксперименты, в результате которых установил некоторые закономерности силового процесса обрезки сучьев ножами с прямолинейной режущей кромкой.

Опыты были проведены в лаборатории кафедры механизации лесоразработок лесотехнической академии на специальном стенде с винтовой подачей образца на неподвижный нож по схеме, показанной на рис. 1. Угол между вектором скорости резания и лезвием для ножей

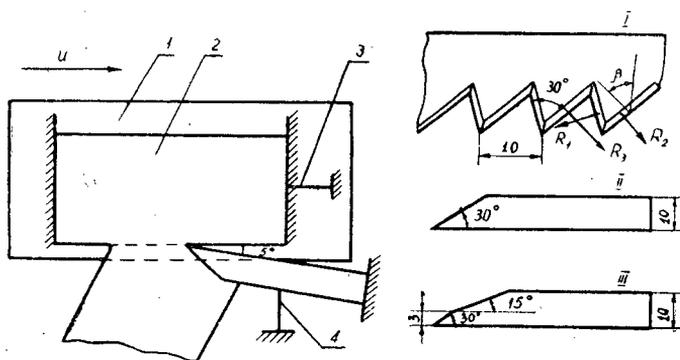


Рис. 1. Схема обрезки сучьев.

1 — подвижная каретка; 2 — образец; 3 — датчик сопротивления резанию; 4 — датчик силы отжима или натяжения ножа;
I, II, III — типы испытываемых ножей.

II—III составлял 90°, а для ножей I — 60°. Образец надвигали на нож с постоянной скоростью, равной 16 мм/сек. Силы, действующие на нож со стороны древесины срезаемых сучьев, записывались на ленту осциллографа К4-21 в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 1). Число повторений каждого опыта при заданной степени точности ($\pm 5\%$) было определено по номограмме достаточно больших чисел [4] и оказалось равным шести. Коэффициент вариации, равный 4,7%, был получен в результате предварительных 25 замеров.

Физическое состояние древесины основания ветвей характеризовалось следующими данными (табл. 1).

Таблица 1

Порода	Абсолютная влажность, %	Объёмный вес, Г/см ³	Коэффициент обрабатываемости, $\frac{\text{кг мм}}{\text{мм}^3}$
Ель	60	1,15	20,0
Сосна	65	1,00	18,0
Осина	65	0,90	16,0
Береза	70	0,80	13,8

Коэффициент трения и удельную силу, действующую со стороны древесины на переднюю грань реза, находили по схеме, показанной на рис. 2.

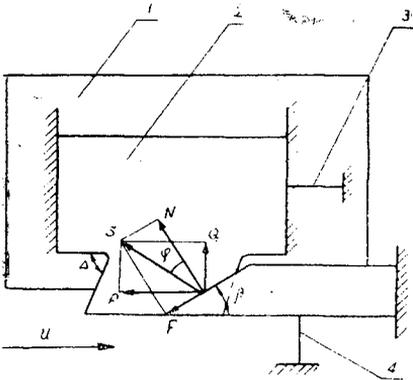


Рис. 2. Схема определения коэффициента трения и нормального давления древесины на переднюю грань реза.

1 — подвижная каретка; 2 — образец; 3 — датчик силы P; 4 — датчик силы Q.

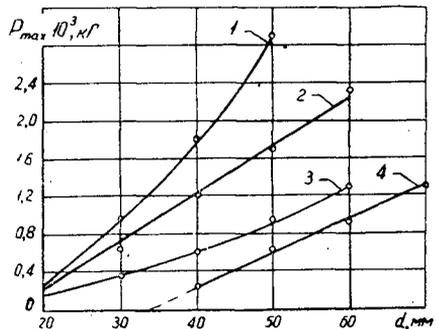


Рис. 3. Зависимость сопротивления резанию от конструкции реза и диаметра сучьев ели.

1 — I тип ножа; 2 — II тип ножа; 3 — III тип ножа; 4 — II тип ножа; $M_{из} = 30 \text{ кгм}$.

Коэффициент трения между древесиной и передней гранью реза вычисляли по формуле

$$\mu = \text{tg } \varphi,$$

где $\varphi = \text{arctg } \frac{P}{Q} - \beta$.

Исследуемое нами явление (рис. 2) аналогично явлениям, происходящим в процессе обрезки ветвей ножами. Как в выбранной схеме экспериментирования, так и в реальном процессе резания (до возникновения момента отжима срезаемой ветви передней гранью в направлении резания) вся древесина в объеме, равном объему внедрившейся

части резца, деформируется и вытесняется из зоны резания. Поэтому определение характера и степени зависимости объемной деформации от величины деформирующей силы может явиться основой для создания аналитического метода расчета силового процесса резания.

Эмпирические зависимости, определяемые корреляционными уравнениями связи (рис. 3), показывают, что с увеличением диаметра срезаемых сучьев степень нарастания максимального сопротивления резанию существенным образом зависит не только от конструктивных особенностей режущего органа, но и от условий резания.

Испытания ножей трех различных конструкций (рис. 1) показали, что наибольшее сопротивление резанию возникает при обрезке сучьев ножами I типа и наименьшее — III типа. По энергоемкости процесса резания ножи II типа занимают промежуточное положение.

Характер и степень влияния внешнего изгибающего момента $M_{из}$ на величину сопротивления резанию в зависимости от диаметра срезаемых сучьев (рис. 3, кривая 4) указывает на возможность весьма значительного снижения сопротивления резанию при одновременном использовании метода прижима ветвей к поверхности ствола в направлении резания.

Высокая эффективность этого метода основана на общеизвестном правиле механики о прямо пропорциональной связи между изгибающим моментом и плечом действующей силы. Если при обрезке сучьев обычным способом надрезанная ветвь отжимается передней гранью резца за счет непрерывного роста вертикальной силы, то при обрезке сучьев с применением метода прижима ветвей к стволу необходимая величина изгибающего момента создается за счет увеличения плеча действующей силы, численное значение которой остается постоянным.

Таким образом, при обрезке сучьев методом прижима функции отжима срезаемой ветви выполняет не передняя грань резца, а специальное устройство, например, рабочие элементы механизма подачи, что и приводит к столь значительному снижению энергоемкости процесса резания в целом.

Зависимость максимального сопротивления (рис. 4) и удельной работы резания (рис. 5) от диаметра сучьев хорошо выражают корреляционные уравнения первого порядка.

Данные рис. 4 и 5 показывают, что энергоемкость процесса резания при одних и тех же условиях зависит не только от диаметра, но и от породы. Эта разница объясняется не только различными физико-ме-

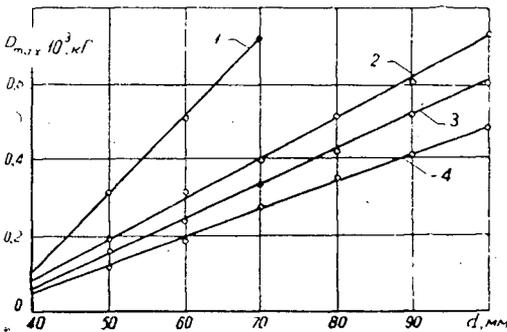


Рис. 4. Зависимость сопротивления резанию от диаметра сучьев и породы для ножа III типа, $M_{из} = 30 кг м$.

1 — ель; 2 — сосна; 3 — осина; 4 — береза.

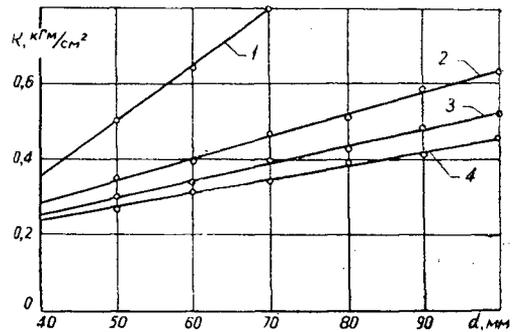


Рис. 5. Зависимость удельной работы резания от диаметра сучьев и породы для ножа III типа, $M_{из} = 30 кг м$.

1 — ель; 2 — сосна; 3 — осина; 4 — береза.

ханическими свойствами древесины основания ветвей (табл. 1), но и некоторыми особенностями характера произрастания сучьев, например, величиной верхнего угла прикрепления ветвей к стволу, что также зависит от породы.

Так, например, по данным измерений, проведенных на 1500 образцах различных пород, было установлено, что верхний угол прикрепления ветвей к стволу изменяется для ели в пределах $65-120^\circ$ (наиболее часто встречается угол 90°), для сосны $42-80^\circ$ (характерный угол 60°), для осины $27-74^\circ$ (60°) и для березы $15-70^\circ$ (30°).

Влияние угла прикрепления ветвей к стволу на энергоемкость процесса резания выражается двояко. Во-первых, от величины этого угла зависит направление резания по отношению к волокнам древесины. Если при угле прикрепления, равном 90° (для ели), резание происходит в торцовом направлении и характеризуется большой энергоемкостью, то для сосны, осины и березы обрезка сучьев происходит в продольно-торцовом направлении, требующем меньших усилий. Во-вторых, повышением угла прикрепления увеличивается объем древесины, деформированной передней гранью резца, а, следовательно, и величина сил, действующих со стороны древесины на переднюю грань резца [1].

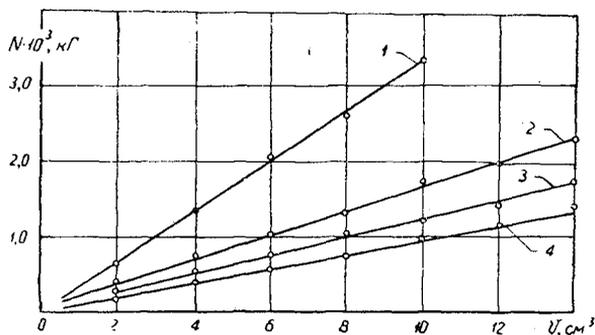


Рис. 6. Зависимость равнодействующей нормальных сил от объема деформированной древесины.

1 — ель; 2 — сосна; 3 — осина; 4 — береза.

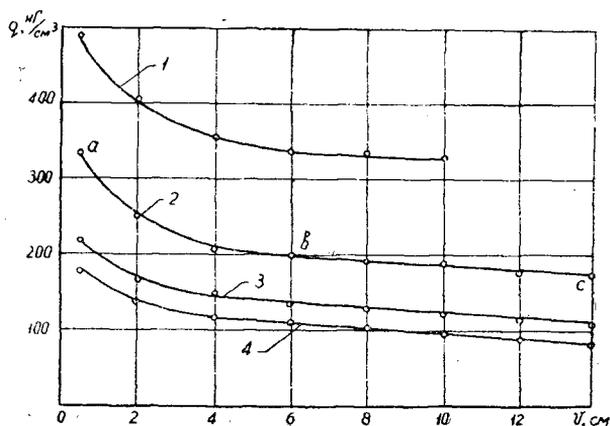


Рис. 7. Зависимость удельной силы от объема деформированной древесины.

1 — ель; 2 — сосна; 3 — осина; 4 — береза.

Зависимость равнодействующей сил нормального давления древесины на переднюю грань реза (рис. 6) и удельной силы (рис. 7) от объема деформированной древесины показывает следующее.

1. Нормальное давление древесины на переднюю грань реза связано прямолинейной зависимостью с объемом деформированной древесины, то есть с диаметром срезаемых сучьев. Эту зависимость хорошо выражает корреляционное уравнение первого порядка. Характер ее не зависит ни от направления деформирующей силы по отношению к волокнам, ни от породы древесины и ее физического состояния.

2. Величина нормальных сил зависит не только от объема, но и от породы деформированной древесины. При этом следует подчеркнуть, что сила, необходимая для деформации определенного объема древесины осиновых сучьев, несколько превышает величину сил, потребных для деформации такого же объема древесины березовых сучьев, что объясняется, в основном, двумя причинами. Во-первых, древесина осиновых сучьев (в отличие от стволовой) обладает более высокими механическими показателями, чем березовых (имеется в виду лишь древесина основания ветвей). Во-вторых, нормальная сила, действующая со стороны передней грани реза, сжимает древесину под углом $\beta + \Delta$ к направлению волокон (рис. 2). Следовательно, древесина осиновых сучьев, имеющих средний угол вставания $\Delta = 60^\circ$, деформируется передней гранью в продольном (при $\beta = 30^\circ$) или близком к нему направлении; в то время, как древесина березовых сучьев ($\Delta = 30^\circ$), деформируется в поперечно-продольном направлении.

3. Зависимость между удельной силой q и объемом деформированной древесины для всех исследуемых пород хорошо выражается убывающей логарифмической функцией.

С физической точки зрения весь процесс сжатия древесины передней гранью реза условно можно разделить на две стадии.

На первой стадии, соответствующей участку ab (рис. 7), внедрение реза сопровождается упруго-пластическими деформациями сжатия древесины передней гранью. Для этой стадии характерно то, что интенсивность роста деформирующей силы значительно отстает от интенсивности роста объема вытесненной древесины, что фактически имеет место лишь при обрезке сучьев диаметром менее 40 мм.

На второй стадии, соответствующей участку bc , кроме упруго-пластических деформаций, значительное место занимает процесс прессования годовичных слоев древесины передней гранью. Прессование сопровождается весьма интенсивным ростом величины деформирующей силы, чем, в основном, и объясняется тот факт, что на второй стадии удельная сила q почти не изменяется с увеличением объема древесины, вытесненной передней гранью реза.

Зависимость коэффициента трения между древесиной основания ветвей и передней гранью реза от породы и влажности древесины получена опытным путем по схеме, показанной на рис. 2, и представлена в табл. 2. Чистота обработки передней грани реза, изготовленного из

Таблица 2

Порода	Коэффициент трения при влажности (%)			Коэффициент вариации, %
	60	20	15	
Ель	0,35	0,57	0,62	5—7
Сосна	0,29	0,44	0,50	6—9
Осина	0,27	0,40	0,45	5—11
Береза	0,25	0,38	0,41	7—13

инструментальной стали У8А, соответствовала VII классу (ГОСТ 2789-59).

Опытные данные о величине коэффициента трения (табл. 2) и нормального давления древесины на переднюю грань (рис. 6) свидетельствует о том, что в процессе резания силы трения, действующие по передней грани, могут достигать весьма значительных размеров. Так, например, при обрезке еловых сучьев диаметром 40 мм и при абсолютной влажности 60% они составляют 420 кг (при внедрении реза на глубину 20 мм).

Полученные цифровые значения необходимо дополнить данными о зависимости коэффициента трения от скорости относительного движения трущихся тел, их физического состояния и удельного давления.

Следует также подчеркнуть, что при увеличении заднего угла от 0 до 5° наблюдается тенденция к снижению энергоемкости процесса резания; при дальнейшем повышении заднего угла сопротивление резанию и удельная работа резания возрастают.

Наклон лезвия ножа под углом 60° к вектору скорости резания сопровождается снижением соответствующих силовых параметров в среднем на 30%.

Момент возникновения максимального сопротивления зависит лишь от условий резания, а также конструкции режущего органа и не связан с диаметром сучьев.

Средняя величина сопротивления в зависимости от условий резания изменяется в достаточно широких пределах и при обрезке сучьев обычным способом (без прижима ветвей к стволу)-

$$P_{cp} = (0,5 \div 0,65) P_{max},$$

а при обрезке сучьев с одновременным прижимом их к стволу в направлении резания

$$P_{cp} = (0,3 \div 0,4) P_{max}.$$

Соотношение между средним и максимальным сопротивлением резанию не зависит от физического состояния и размеров поперечного сечения основания ветвей и постоянно для определенных режимов резания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. Е. Захаренков. Аналитический способ расчета максимального сопротивления резанию при силовом методе обрезки сучьев. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963. [2]. Е. В. Кириллов. Исследование некоторых параметров спирально-петлевых сучкорезных ножей. Труды ЦНИИМЭ № 30, 1961. [3]. Ф. М. Манжос. Опыты по перерезыванию древесины сучьев при помощи ножей. Сборник трудов МЛТИ, № 2, М.-Л., Гослесбумиздат, 1952. [4]. А. К. Митропольский. Техника статистических исчислений. Физматгиз, 1961. [5]. П. А. Новиков. О некоторых параметрах петлевой сучкорезки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1959. [6]. А. В. Панцер (Фролов). Опыты по перерезанию древесины. Бюллетень научно-технической информации Гипролесмаш, вып. 3, 1956.

ДОННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОПОРЫ ПРОДОЛЬНЫХ ЗАПАНЕЙ

Г. А. МАНУХИН

Профессор

В. Т. РЕШЕТНИКОВ

Инженер

(Архангельский лесотехнический институт)

Конструкции гибких продольных запаней существенно не изменились с момента их внедрения. Противодействующие давлению пыжа и гидродинамическому воздействию воды выносы создаются, в основном, береговыми опорами и через систему выносов передаются на наплавную часть запани. Отдорные крепления в русле реки, выполняемые чаще всего на якорях, служат для монтажа и удержания в потоке не заполненной лесоматериалами запани, а при заполнении ее играют ничтожную роль.

Выносы продольных запаней расположены на акватории, заполняемой лесоматериалами, и в большинстве случаев являются «засоренными». Поэтому в запанях обычно наблюдаются навалы лесоматериалов на выносы, в результате чего нарушается правильная структура пыжа, возникает местное утолщение его, создаются добавочные усилия как в выносах, так и в продольном теле запани.

При переформировке пыжа или его выпуске происходит крайне неравномерная загрузка выносов и даже перекосы продольного тела запани, вследствие изменения стрелы провеса продольного лежня. Кроме того, на выносы тратят большое количество металлического троса, а на монтаж запаней требуется много средств и времени.

К разрешению задачи замены выносов продольных запаней донными креплениями приступили в 1962—1963 гг. лаборатории Восточно-Сибирского, Северного научно-исследовательских институтов и кафедры водного транспорта АЛТИ. Первые опыты, проведенные в гидроканале ЦНИИЛесосплава в 1962 г., подтвердили полную возможность и целесообразность такой замены.

Одновременно встал вопрос о повышении надежности донных опор, которые становятся основным и единственным средством крепления запани.

Различные металлические якоря, в том числе и винтовые, не всегда и не везде могут быть применены для крепления запаней, так как первые обладают небольшой величиной держащей силы, а вторые можно применять лишь при наличии в русле реки мощного слоя выносов (за исключением случаев, когда русло реки сложено из обломочных пород и крупных галечников).

Опорные узлы продольных запаней на донных опорах без выносов и отборных креплений должны удовлетворять следующим требованиям: 1) они должны обладать большой держащей силой при достаточном коэффициенте запаса прочности; 2) угол постановки бриделя в вертикальной плоскости должен быть по возможности больше во избежание чрезмерной длины бриделя; 3) при отклонении бриделя от диаметральной плоскости опоры держащая сила опоры не должна в значительной мере уменьшаться; 4) опоры должны быть удобными для постановки их на дно и при монтаже запани; 5) опора должна как можно меньше возвышаться над поверхностью дна. Последнее требование обуславливается не только условиями судоходства на реках, но и необходимостью уменьшения деформаций дна у опоры при обтекании ее потоком.

Эффективность массивных донных опор (по аналогии с якорями) в первом приближении можно оценить коэффициентом цепкости η , равным отношению сдвигающей силы T_{max} к весу опоры в воде Q_0 .

$$\eta = \frac{T_{max}}{Q_0}.$$

При прочих равных условиях коэффициент η зависит от конструкции опоры.

Известные опоры, рассчитанные на нагрузку от 6 до 40 T , типа 254, 255, 256 Гипролестранса обладают низким коэффициентом η , равным 0,6—0,7. Это объясняется в первую очередь тем, что держащая сила развивается в основном на поверхности соприкосновения опоры с грунтом; контакт опоры с толщей грунта незначителен.

Железобетонные мертвые якоря Черноморпроекта весом 25 и 50 T более эффективны. Сдвигающая сила T_{max} для них (при отсутствии пригрузки грунтом) равна их весу*, а $\eta = 1—1,2$.

Авторы статьи проводили и продолжают исследования, имеющие целью повышение эффективности донных железобетонных опор, увеличение их надежности при эксплуатации в речных условиях.

Для лабораторных исследований, проведенных в 1962—1963 гг., был принят метод сравнительного анализа работы моделей, позволяющий установить основные факторы, влияющие на величину сдвигающей силы, и разработать новые конструктивные формы опор.

Испытания моделей проводили в опытном бассейне с застекленными стенками, куда помещали ящик с грунтом. В бассейне были приспособления для натяжения бриделя и изменения угла его постановки.

Модели опор изготовляли из железобетона в масштабе 1:10. Вес всех моделей был равен 94 n .

Динамометр с проволочным сопротивлением, работающий на базе датчика давления ЭДД-100, прикрепляли между опорой и бриделем. Датчик был уравновешен. Усилия и перемещения опоры записывали при помощи осциллографа Н-700.

Вначале устанавливали путь, на котором под действием приложенной нагрузки опора заглублялась на характерную для данного типа величину. Затем из этих положений опору сдвигали и записывали максимальные усилия и перемещения при сдвиге.

С целью определения составляющих усилий сдвига и влияния отдельных конструктивных элементов опоры вначале испытывали про-

* Здесь сдвигающая сила имеет размерность $кг$. В исследованиях моделей и в дальнейшей работе авторы употребляли в качестве единицы силы n , согласно ГОСТу 9867—61 на Международную систему единиц.

стейшие модели с последовательным введением тех или других изменений и добавлений в конструкцию.

На рис. 1 показаны типы опор-моделей, с которыми производили исследования.

Опыты показали, что передний выступ — зуб опоры дает значительный прирост сдвигающей силы (рис. 2, модель 3).

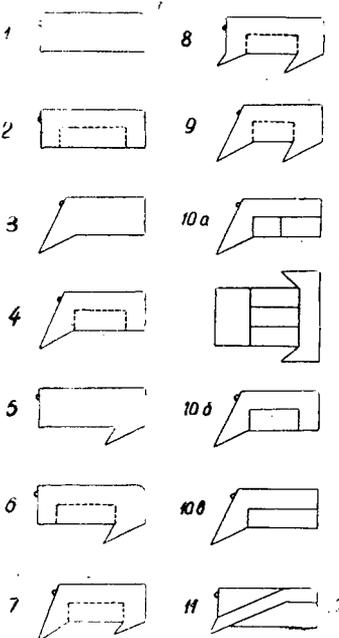


Рис. 1. Типы опор.

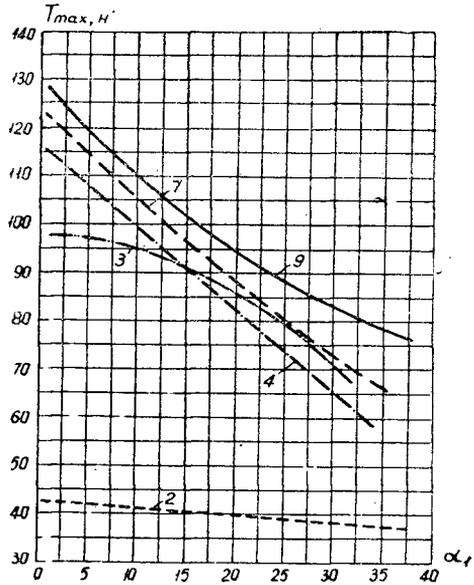


Рис. 2. Зависимость сдвигающей силы T_{max} от угла α_1 постановки бриделя и конструкции опоры. Грунт — мелкий и средний гравий. Цифрами обозначены номера моделей.

Расстояние точки приложения нагрузки T к опоре от режущей грани ножа (зуба) в значительной мере влияет на величину сдвигающей силы T_{max} , развиваемой опорой. Наилучший результат получен при расположении точки приложения нагрузки T над режущей гранью или несколько впереди нее.

Один задний зуб мало влияет на увеличение T_{max} (модели 5, 6 и 8 выдерживают незначительную нагрузку, и графики для них мы не приводим).

Наибольшую нагрузку в первой серии опор-моделей развивает опора 9 с двумя выступами и кессоном. При горизонтальном расположении бриделя ($\alpha_1 = 0^\circ$) $T_{max} = 120$ н, или $\eta = \frac{130}{94} = 1,4$.

Визуальными наблюдениями установлено, что при сдвиге и заглублении во всех моделях кессон заполняется грунтом только у задней стенки опоры или, соответственно, у заднего ножа не более, чем на $\frac{1}{4}$ объема. Поэтому была исследована возможность заполнения кессона грунтом с целью увеличения T_{max} с помощью боковых ножей (модель 10, а). График $T_{max} = f(\alpha_1)$ для модели 10, а представлен на рис. 3. Как видим, для моделей 10, а и 9 кривые имеют близкую форму, так как в обоих случаях кессон заполняется неполностью.

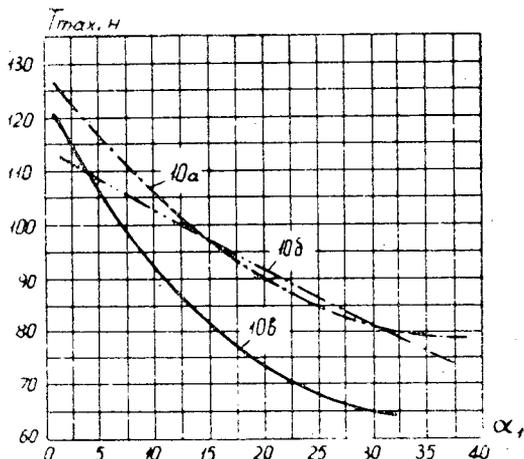


Рис. 3. Подпись см. под рис. 2.

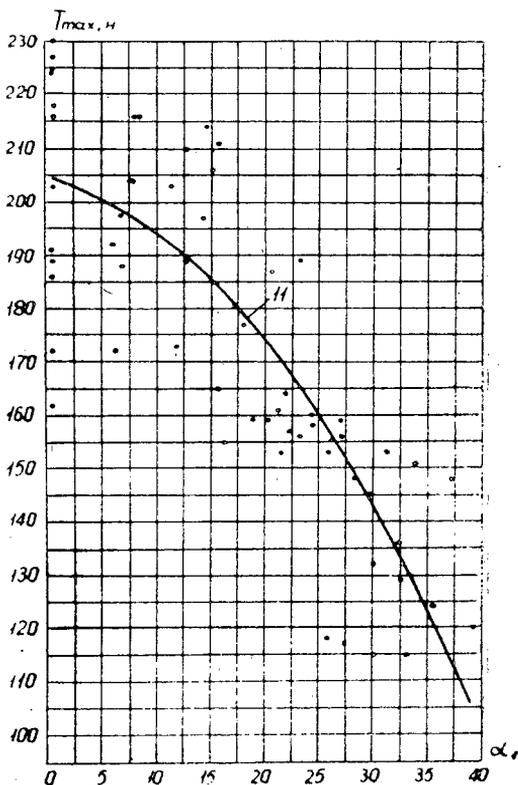


Рис. 4. Подпись см. под рис. 2.

Сравнивая данные испытаний моделей 10, а и 10, б, можно видеть небольшое влияние боковых ножей на величину сдвигающей силы.

Задняя стенка опоры, как и задний нож, больших преимуществ в силе не дает (рис. 3, модель 10, в).

Заглубление всех перечисленных моделей в грунт под действием приложенной силы не превышает 0,7 высоты опоры.

На основании анализа полученных материалов и основных поло-

жений теории резания грунтов была разработана новая конструкция опоры (модель 11). После некоторой доводки эта опора была окончательно испытана. Результаты испытаний приводятся на рис. 4.

В основу проектирования новой модели были включены следующие положения:

а) предыдущие модели не полностью заглублялись в грунт, поэтому предполагалась возможность увеличения сдвигающей нагрузки;

б) для полного заглубления опоры необходимо было уменьшить высоту передней грани ножа и нерабочую его часть сделать более отлогой;

в) для включения в работу нижней подошвы опоры нужно было обеспечить плотное прилегание ее к грунту, используя тем самым силы трения опоры о грунт;

г) полная сдвигающая сила T_{max} должна включать силы трения опоры о грунт, усилия резания грунта режущей кромкой ножа, а также боковыми стенками, отпор грунта, силы сцепления грунта в зоне уплотненного ядра перед опорой и др.

Установлено, что задний угол резания не должен превышать $10-12^\circ$, а угол заострения ножа может быть $50-60^\circ$.

Поскольку при сдвиге опоры выемка в грунте имеет поперечное сечение, близкое к параболическому или треугольному, то для более плотного контакта опоры с грунтом противовес, или нижнее ребро жесткости, выполнен треугольным.

При сравнении данных испытаний модели 11 с моделью 9, представляющей прототип опоры Черноморпроекта, видно, что при $\alpha_1 = 0^\circ$

$$\frac{T_{max(11)}}{T_{max(9)}} = \frac{205}{130} = 1,6; \quad \eta_{(11)} = \frac{205}{94} = 2,2.$$

Опора во всех случаях полностью заглубляется в грунт и по мере заглубления увеличивает величину держащей силы. Условия лабораторных исследований не позволили установить максимальную глубину погружения опоры в грунт под воздействием приложенной силы. Ввиду трудности фиксирования одинакового положения опоры в грунте при каждом наблюдении разброс точек получился довольно большой.

Таким образом, сравнительные испытания моделей дали возможность установить влияние конструктивных форм на величину сдвигающей силы T_{max} исследовать зависимость силы T_{max} от угла постановки бриделя в вертикальной плоскости, в плане и пр.

На основе лабораторных исследований на моделях удалось установить наиболее рациональную форму опоры, обладающей почти вдвое большей величиной сдвигающей силы (по сравнению с известными типами мертвых якорей), способной под действием приложенной нагрузки полностью заглубляться в грунт.

Опытные образцы донных железобетонных опор типа 11, рассчитанные на нагрузки 78 и 157 кн, испытаны в натуральных условиях на р. Сев. Двине в 1963 г. в комплекте с бриделем и наплавной опорой. Зимой 1964 г. в Северо-Двинском бассейне начато строительство элементов опытной запани на донных железобетонных опорах без отдорных креплений и выносов.

Дальнейшие исследования будут проведены как в натуральных условиях, так и на моделях.

О РАВНОМЕРНОМ ДВИЖЕНИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ ПО БЕСКОНЕЧНОЙ БАЛКЕ, ЛЕЖАЩЕЙ НА УПРУГОМ МАССИВНОМ ДВУХСЛОЙНОМ ОСНОВАНИИ

В. М. ЛЬВОВСКИЙ

Ассистент

(Днепропетровский металлургический институт)

В работе рассмотрены колебания бесконечной балки, лежащей на упругом массивном двухслойном основании и работающей в пространственных условиях, под действием равномерно движущейся нагрузки.

Полученные выводы применены для определения динамических коэффициентов и критической скорости движения нагрузки на узкоколейных железных дорогах.

Уравнение колебаний балки

Упругое основание состоит из двух слоев, имеющих различные модули упругости E и коэффициенты Пуассона ν (рис. 1). Горизонталь-

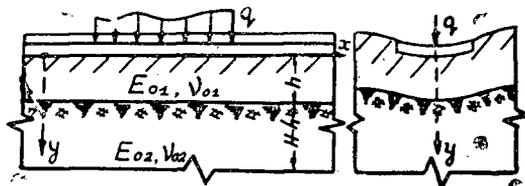


Рис. 1.

ные перемещения точек основания отсутствуют, то есть $u(x, t) = w(x, t) = 0$, а вертикальные перемещения определяются зависимостями

а) под балкой

$$v = \sum_{i=1}^n Y_i(x, t) \psi_i(y); \tag{1,1}$$

б) за пределами балки

$$v = \sum_{i=1}^n Y_i(x, t) \psi_i(y) \varphi(z), \tag{2,1}$$

где $Y_1(x, t)$ — перемещения поверхности упругого основания, то есть балки;

- $Y_2(x, t)$ — перемещения на границе слоев;
 $\psi_i(y)$ — функция распределения перемещений по глубине основания;
 $\varphi(z)$ — функция перемещения слоев основания за пределами балки.

Прежде всего составляем уравнение равновесия элемента двухслойного основания, работающего в пространственных условиях (рис. 2). Под условиями равновесия понимаем, согласно принципу воз-

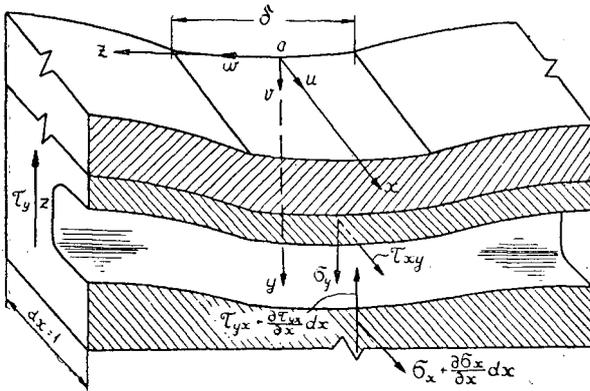


Рис. 2.

можных перемещений Лагранжа, равенство нулю суммарной работы всех внешних и внутренних сил, включая силы инерции основания, на любом возможном перемещении.

$$\begin{aligned}
 & 2 \int_0^{\delta/2} dz \int_0^H \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} \psi_k(y) dy + 2 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \int_0^H \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} \varphi_k(y) \varphi(z) dy - \\
 & - 2 \int_0^{\delta/2} dz \int_0^H \sigma_y \psi'_k(y) dy - 2 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \int_0^H \sigma_y \psi'_k(y) \varphi(z) dy - 2 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \int_0^H \tau_{yz} \psi_k(y) \times \\
 & \times \varphi'(z) dy - \int_0^1 q(x, t) \psi_k(0) dx - 2 \int_0^{\delta/2} dz \int_0^H \frac{\gamma}{g} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \psi_k(y) dy - \\
 & - 2 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \int_0^H \frac{\gamma}{g} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \psi_k(y) \varphi(z) dy = 0. \quad (3,1)
 \end{aligned}$$

Подставляя значения напряжений по закону Гука, используя зависимости (1,1) и (2,1), приняв функцию $\varphi(z) = e^{-\eta(|z| - \delta/2)}$ [2] и вводя обозначения

$$\begin{aligned}
 & \int_0^H \psi_i(y) \psi_k(y) dy = a_{ik}; \quad \int_0^H \psi'_i(y) \psi'_k(y) dy = b_{ik}; \\
 & \int_{\delta/2}^{\infty} \varphi^2(z) dz = \int_{\delta/2}^{\infty} e^{-2\eta(z - \delta/2)} dz = \frac{1}{2\eta}; \quad \int_{\delta/2}^{\infty} \varphi'^2(z) dz = \frac{\eta}{2}, \quad (4,1)
 \end{aligned}$$

получим дифференциальное уравнение колебаний двухслойного массивного основания.

$$\sum_{i=1,2} \frac{E_i \delta}{2(1+\nu_i)} \cdot \frac{\partial^2 Y_i}{\partial x^2} \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) a_{ik} - \sum_{i=1,2} \frac{E_i \delta}{1-\nu_i^2} Y_i \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) b_{ik} -$$

$$- q(x, t) \psi_k(0) - \eta \sum_{i=1,2} \frac{E_i}{2(1+\nu_i)} Y_i a_{ik} - \frac{\gamma \delta}{g} \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) \times$$

$$\times \sum_{i=1,2} \frac{\partial^2 Y_i}{\partial t^2} a_{ik} = 0. \quad (5,1)$$

Для верхнего тонкого слоя основания принимаем

$$0 \leq y < h; \quad \psi_1(y) = \frac{h-y}{h}; \quad \psi_2(y) = \frac{y}{h}. \quad (6,1)$$

Для нижнего слоя

$$h \leq y \leq H; \quad \psi_1(y) = 0; \quad \psi_2(y) = e^{-(y-h)}. \quad (7,1)$$

Полагая в уравнении (5,1) $i=1,2$ и $K=1$, а затем $i=1,2$ и $K=2$ и обозначая модули упругости и коэффициенты Пуассона через E_1 и E_2 , ν_1 и ν_2 , получим два дифференциальных уравнения колебаний упругого двухслойного основания с четырьмя упругими характеристиками c_1 и c_2 , определяющими работу слоев основания на сдвиг, k_1 и k_2 — на сжатие.

В дальнейшем рассмотрим модель двухслойного основания, в котором верхний тонкий слой грунта имеет значительно меньший модуль упругости E_1 , чем нижний. Тогда c_1 можно принять равной нулю. В этом случае получим упругое основание с тремя упругими характеристиками k_1 , k_2 , c_2 . Дифференциальные уравнения примут вид

$$\left\{ \begin{aligned} -k_1 Y_1 + k_1 Y_2 - m_1 \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) + q(x, t) = 0; \end{aligned} \right. \quad (8,1)$$

$$\left\{ \begin{aligned} k_1 Y_1 - (k_1 + k_2) Y_2 + 2c_2 \frac{\partial^2 Y_2}{\partial x^2} - m_1 \left(\frac{1}{2} \frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} \right) - m_2 \frac{\partial^2 Y_2}{\partial t^2} = 0, \end{aligned} \right. \quad (9,1)$$

$$\text{где } k_1 = \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) \frac{E_1 \delta}{(1-\nu_1^2)h} = \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) k_1^0; \quad (10,1)$$

$$c_2 = \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) \frac{E_2 \delta}{4(1+\nu_2)} \int_h^H \psi_2^2(y) dy = \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) c_2^0; \quad (11,1)$$

$$k_2 = \left(1 + \frac{1}{\delta \eta} + 2c_2^0 \eta / \delta\right) \int_h^H \psi_2'^2(y) dy = k_2^0 + 4c_2^0 \eta / \delta; \quad (12,1)$$

$$m_1 = \frac{\gamma}{g} \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) \frac{\delta h}{3}; \quad m_2 = \frac{\gamma}{g} \delta \left(1 + \frac{1}{\delta \eta}\right) \int_h^H \psi_2^2(y) dy; \quad \eta = \sqrt{\frac{k_2^0}{2c_2^0}}. \quad (13,1)$$

Коэффициенты k_1^0 , k_2^0 , c_2^0 характеризуют работу основания в условиях плоской задачи. Функции $Y_1(x, t)$ и $Y_2(x, t)$ выбираем такими, чтобы уравнение (9,1) удовлетворялось тождественно. Тогда

$$Y_1 = \frac{k_1 + k_2}{k_1} V - \frac{2c_2}{k_1} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{m_1 + m_2}{k_1} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}; \quad Y_2 = V - \frac{m_1}{2k_1} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}, \quad (14,1)$$

где V — разрешающая функция, см.

Подставляя выражения (14,1) в формулу (8,1), получим дифференциальное уравнение колебаний упругого массивного двухслойного основания

$$\begin{aligned}
 -2c_2 V'' + k_2 V + \left(3m_1 + m_2 + m_1 \frac{k_2}{k_1}\right) \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - \frac{2c_2}{k_1} m_1 \frac{\partial^4 V}{\partial x^2 \partial t^2} - \\
 - \frac{m_1}{k_1} \left(\frac{3}{4} m_1 + m_2\right) \frac{\partial^4 V}{\partial t^4} = q(x, t). \quad (15,1)
 \end{aligned}$$

Уравнение колебаний балки, лежащей на упругом основании, имеет вид

$$EI \frac{\partial^4 Y_1}{\partial x^4} = p(x, t) - q(x, t) - m_B \frac{\partial^4 Y_1}{\partial t^4}. \quad (16,1)$$

Подставляя значение $Y_1(x, t)$ из формулы (14,1), а $q(x, t)$ — из (15,1), получим дифференциальное уравнение колебаний массивной балки, лежащей на двухслойном массивном основании с тремя упругими характеристиками

$$\begin{aligned}
 -\frac{2c_2}{k_1} V^{VI} + \frac{k_1 + k_2}{k_1} V^{IV} - \frac{2c_2}{EI} V'' + \frac{k_2}{EI} V + \frac{1}{EI} \left[\left(3m_1 + m_2 + \right. \right. \\
 \left. \left. + m_1 \frac{k_2}{k_1}\right) + m_B \frac{k_1 + k_2}{k_1} \right] \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - \frac{2c_2}{EI k_1} (m_1 + m_2) \frac{\partial^4 V}{\partial x^2 \partial t^2} + \\
 + \frac{m_1 + m_2}{k_1} \frac{\partial^6 V}{\partial x^4 \partial t^2} + \frac{1}{EI k_1} \left[m_1 \left(\frac{3}{4} m_1 + m_2\right) + m_B (m_1 + m_2) \right] \times \\
 \times \frac{\partial^4 V}{\partial t^4} = \frac{p(x, t)}{EI}. \quad (17,1)
 \end{aligned}$$

Равномерное движение сосредоточенной нагрузки

В подвижной системе координат $Y_1 - \xi$ (рис. 3), начало которой связано с сосредоточенной нагрузкой и перемещается равномерно вместе с

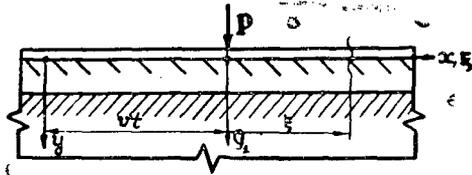


Рис. 3.

ней, прогибы являются функцией только координаты ξ , то есть $Y_1 = Y_1(\xi)$, $Y_2 = Y_2(\xi)$, где $\xi = x - vt$. Разрешающая функция $V(x, t)$ также становится функцией ξ .

Тогда

$$V = V(\xi); \quad \frac{\partial V}{\partial \xi} = \frac{\partial V}{\partial x}; \quad \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2} \text{ и т. д.} \quad (1,2)$$

Подставляя выражения (1,2) в формулу (17,1) и учитывая, что в подвижной системе координат нагрузка, приложенная все время в начале координат, может быть учтена в граничных условиях, получаем уравнение

$$\begin{aligned}
 \left(-\frac{2c_2}{k_1} + \frac{m_1 + m_2}{k_1} v^2 \right) \frac{d^6 V}{d\xi^6} + \left\{ \frac{k_1 + k_2}{k_1} - \frac{2c_2}{EI k_1} (m_1 + m_2) v^2 + \right. \\
 \left. + \frac{1}{EI k_1} \left[m_1 \left(\frac{3}{4} m_1 + m_2\right) + m_B (m_1 + m_2) \right] v^4 \right\} \frac{d^4 V}{d\xi^4} + \\
 + \left\{ -\frac{2c_2}{k_1} + \frac{1}{EI} \left[\left(3m_1 + m_2 + m_1 \frac{k_2}{k_1}\right) + m_B \frac{k_1 + k_2}{k_1} \right] v^2 \right\} \times \\
 \times \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2} + \frac{k_2}{EI} V = 0. \quad (2,2)
 \end{aligned}$$

Обозначив коэффициенты уравнения (2,2) через a , b , c и d , запишем характеристическое уравнение

$$a\lambda^6 + b\lambda^4 + c\lambda^2 + d = 0, \quad (3,2)$$

которое подстановкой $\lambda^2 = Z$ сводится к кубическому. Его исследование показывает, что при скоростях, меньших критической $v_{кр}$, оно имеет один положительный и два комплексных корня. Тогда общее решение уравнения (2,2) может быть представлено в виде

$$V(\xi) = Ae^{\alpha_1 \xi} + Be^{-\alpha_1 \xi} + e^{-\alpha \xi} (A_1 \sin \beta \xi + B_1 \cos \beta \xi) + e^{\alpha \xi} (A_2 \sin \beta \xi + B_2 \cos \beta \xi), \quad (4,2)$$

где α_1 — действительный корень;

α и β — действительная и мнимая части комплексных корней в уравнении (3,2).

При скоростях движения нагрузки, больших критической, решение уравнения (2,2) становится непериодическим, а при $v = v_{кр}$ решение неустойчиво. Удовлетворяя условиям на бесконечности $V(\infty) = 0$ и $v'(\infty) = 0$, из формулы (4,2) получим

$$V(\xi) = Be^{-\alpha \xi} + e^{-\alpha \xi} (A_1 \sin \beta \xi + B_1 \cos \beta \xi). \quad (5,2)$$

Для определения коэффициентов B , A_1 , B_1 используем следующие условия:

$$\left(\frac{dY_1}{d\xi}\right)_{\xi=0} = 0; \quad \left(\frac{dY_2}{d\xi}\right)_{\xi=0} = 0; \quad \left(\frac{d^3Y_1}{d\xi^3}\right)_{\xi=0} = \frac{Q_0}{EI}. \quad (6,2)$$

Первые два условия выражают тот факт, что под нагрузкой касательная к оси балки и линии раздела слоев основания горизонтальна, третье — теорему Журавского (Q_0 — поперечная сила при $\xi=0$).

Подставляя в формулы (6,2) значения $Y_1(\xi)$ и $Y_2(\xi)$, выраженные через разрешающую функцию $V(\xi)$, получим три условия (a , b , v) для определения B , A_1 и B_1 .

1) При движении сосредоточенной силы и груза по идеально гладкой балке

$$\left. \begin{aligned} & \left(-\frac{k_1+k_2}{k_1} \alpha_1 - a\alpha_1^3\right) B + \left[\frac{k_1+k_2}{k_1} \beta + a(3\alpha^2\beta - \beta^3)\right] A_1 + \\ & + \left[-\frac{k_1+k_2}{k_1} \alpha + a(3\alpha\beta^2 - \alpha^3)\right] B_1 = 0; \quad (a) \\ & \left(-\alpha_1 + \frac{m_1 v^2}{2k_1} \alpha_1^3\right) B + \left[\beta - \frac{m_1 v^2}{2k_1} (3\alpha^2\beta - \beta^3)\right] A_1 + \\ & + \left[-\alpha - \frac{m_1 v^2}{2k_1} (3\alpha\beta^2 - \alpha^3)\right] B_1 = 0; \quad (б) \\ & \left(-\frac{k_1+k_2}{k_1} \alpha_1^3 - a\alpha_1^5\right) B + \left[\frac{k_1+k_2}{k_1} (3\alpha^2\beta - \beta^3) - a(10\alpha^2\beta^3 - \right. \\ & \left. - 5\alpha^4\beta - \beta^5)\right] A_1 + \left[\frac{k_1+k_2}{k_1} (3\alpha\beta^2 - \alpha^3) + a(10\alpha^3\beta^2 - \right. \\ & \left. - 5\alpha\beta^4 - \alpha^5)\right] B_1 = \frac{P}{2EI}; \quad (в) \end{aligned} \right\} (7,2)$$

$$a = -\frac{2c_2}{k_1} + \frac{m_1 + m_2}{k_1} v^2, \quad (7',2)$$

2) При движении сосредоточенного груза с массой M по балке с неровностями

$$\left(\frac{d^3 Y_1}{d\xi^3}\right)_{\xi=0} = \frac{P}{2EI} - \frac{M}{2EI} \left(\frac{\partial^2 Y_1}{\partial t^2}\right)_{\xi=0} = \frac{P}{2EI} - \frac{Mv^2}{2EI} \left(\frac{d^2 Y_1}{d\xi^2}\right)_{\xi=0}. \quad (8,2)$$

Первые два условия совпадают с уравнениями (а) и (б) из выражения (7,2), третье получается из равенства (8,2)

$$\begin{aligned} & \left[-\frac{k_1+k_2}{k_1} \alpha_1^3 - \alpha \alpha_1^5 + \frac{Mv^2}{2EI} \left(\frac{k_1+k_2}{k_1} \alpha_1^3 + \alpha \alpha_1^5 \right) \right] B + \\ & + \left\{ \frac{k_1+k_2}{k_1} (3\alpha^2\beta - \beta^3) - a(10\alpha^3\beta^2 - 5\alpha^4\beta - \beta^5) + \frac{Mv^2}{2EI} \left[-2\frac{k_1+k_2}{k_1} \alpha\beta + \right. \right. \\ & \left. \left. + 4\alpha\alpha\beta(\beta^2 - \alpha^2) \right] \right\} A_1 + \left\{ \frac{k_1+k_2}{k_1} (3\alpha^2\beta - \alpha^3) - a(10\alpha^2\beta^3 - 5\alpha\beta^4 - \alpha^5) + \right. \\ & \left. + \frac{Mv^2}{2EI} \left[\frac{k_1+k_2}{k_1} (\alpha^2 - \beta^2) + a(\alpha^4 + \beta^4 - 6\alpha^2\beta^2) \right] \right\} B_1 = \frac{P}{2EI}. \quad (9,2) \end{aligned}$$

Уравнение упругой линии балки в подвижной системе координат $Y_1 - \varepsilon$ имеет вид

$$\begin{aligned} Y_1(\xi) = & e^{-\alpha\xi} \left(\frac{k_1+k_2}{k_1} - \alpha\alpha_1^2 \right) B + e^{-\alpha\xi} \left\{ \left[\frac{k_1+k_2}{k_1} + a(\alpha^2 - \beta^2) \right] A_1 + \right. \\ & \left. + 2\alpha\alpha\beta B_1 \right\} \sin \beta\xi + e^{-\alpha\xi} \left\{ \left[\frac{k_1+k_2}{k_1} + a(\alpha^2 - \beta^2) \right] B_1 + 2\alpha\alpha\beta A_1 \right\} \cos \beta\xi. \quad (10,2) \end{aligned}$$

Вид выражения $Y_1(\varepsilon)$ одинаков для случая движения силы и груза, но они отличаются величинами B, A_1 и B_1 , определяющимися из различных систем уравнений (7,2) и (9,2).

Прогибы балки под движущейся нагрузкой выражаются формулой

$$Y_1(0) = \left(\frac{k_1+k_2}{k_1} + \alpha\alpha_1^2 \right) B + \left[\frac{k_1+k_2}{k_1} + a(\alpha^2 - \beta^2) \right] B_1 + 2\alpha\alpha\beta A_1. \quad (11,2)$$

Динамический коэффициент определяется отношением прогиба под движущейся нагрузкой к статическому

$$k_{\text{дин}} = Y_1(0)/Y_{1\text{ст}}(0).$$

Статический прогиб $Y_{1\text{ст}}(0)$ находят по формуле (11,2) при значениях корней α_1, α и β , определенных из характеристического уравнения при $v = 0$.

Решение характеристического уравнения (3,2) в общем виде громоздко ввиду сложности коэффициентов, поэтому корни проще находить при различных фиксированных значениях скорости и затем по формулам (7,2) и (9,2) определить A_1, B_1 , и B , соответствующие данному значению скорости движения нагрузки.

Движение паровоза ПТ-4 по ужд

Паровоз ПТ-4 с давлением на ось 4Т движется равномерно по неровному рельсовому пути, уложенному рельсами Р 18 длиной 8 м на песчаном балласте (количество шпал — 1750 шт. на 1 км).

Данные для паровоза, рельсов и шпал взяты из работы В. С. Братина и М. Н. Торгонского [1]. Давления на оси: $P_I = 3530$ кг, $P_{II} = 3520$ кг, $P_{III} = 4100$ кг, $P_{IV} = 4050$ кг; коэффициент неуравновешенности: $B_I = 0,31$; $B_{II} = 0,15$; $B_{III} = 0,64$; $B_{IV} = 0,31$; расстояние меж-

ду осями $b = 0,75$ м; жесткость рельсовых нитей $EI = 10^9$ см⁴; длина шпал $\delta = 150$ см; $a = 21$ см; коэффициент изгиба $\alpha = 0,92$.

Для верхнего слоя — балласта

$$k_1 = \frac{\alpha abC}{l_{cp}} = \frac{0,92 \cdot 21 \cdot 150 \cdot 2,75}{63,5} \approx 125 \text{ кг/см}^2,$$

где C — коэффициент постели [1].

Принимая толщину балластного слоя $h = 25$ см, по формуле (10,1) определяем величину E_1

$$E_1 = \frac{k_1(1 - \nu_1^2)h}{\delta} = \frac{125 \cdot 0,91 \cdot 25}{150} = 19 \text{ кг/см}^2.$$

Для нижнего слоя — земляного полотна принимаем $E_2 = 100$ кг/см², $k_2^* = 125$ кг/см². Тогда функция $\psi(y) = e^{-1,5 \cdot 10^{-2}y}$.

По формулам (11,1) и (12,1) определяем характеристики нижнего слоя: $c_2 = 12,117 \cdot 10^4$ кг, $k_2 = 190$ кг/см², $\eta_2 = 2,549 \cdot 10^{-2}$ см⁻¹. Для приведенных масс слоев, когда верхний слой — балласт не является бесконечным по ширине, погонную массу определяют по формуле

$$m_1 = \frac{\gamma_1 \delta h}{g} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 150 \cdot 25}{981 \cdot 3} = 2,29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}}$$

Приведенную погонную массу нижнего слоя находят из выражения (13,1)

$$m_2 = \frac{\gamma_2 \delta}{g} \left(1 + \frac{1}{\delta \eta_2}\right) \cdot \frac{1}{2\varepsilon} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 150 \cdot 1,2602}{981 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2}} = 9,64 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}}$$

Нагрузка, статически эквивалентная паровозу ПТ-4, равна $\Sigma p_i P_i = 5300$ кг, где p_i — ординаты линии влияния для земляного массива при $v = 0$.

$$\text{Масса } M = \frac{P}{g} = \frac{5300}{981} = 5,404 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}}$$

При учете работы только нижнего слоя основания получается значение критической скорости $v_{кр}^* = 125$ км/час.

Решение характеристического уравнения (3,2) проведено для значений скорости $v/v_{кр}^* = 0; 0,1; 0,2; \dots 1,0$. В табл. 1 приведены значения $(\alpha_1, \alpha \text{ и } \beta) \times 10^2$.

Таблица 1

Корни уравнения	Значения корней при $v/v_{кр}^*$									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
α_1	3,16908	3,18032	3,25378	3,50200	4,09450	5,35237	6,84271	9,19050	12,3910	16,8057
α	1,27673	1,27574	1,26721	1,23497	1,15745	1,03112	0,92443	0,81286	0,81112	0,21040
β	1,22208	1,22208	1,21383	1,17460	1,13758	0,97043	0,88040	0,78665	0,78607	0,20443

При $v/v_{кр}^* > 0,91$ все корни становятся действительными, и решение дифференциального уравнения становится неперiodическим, что практически не имеет интереса.

В табл. 2 приведены значения коэффициентов (B, A_1 и B_1): $\frac{P}{2EI} \cdot 10^4$, определенные из решения уравнения (9,2). Далее по формуле (11,2) найдены прогибы балки под движущимся грузом, с учетом действия неуравновешенных частей паровоза, зависящие от скорости движения.

Таблица 2

Кoeffициенты	Значения коэффициентов при $v/v_{кр}^*$									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
B	1,5089	1,5110	1,4414	1,1108	0,5868	0,1825	0,0597	0,0160	0,00395	0,00130
A_1	8,0747	8,1774	8,4074	8,4491	8,0135	7,6297	6,9998	6,2358	3,7453	-0,3740
B_1	3,9840	4,0601	4,3524	4,8865	5,4077	6,2340	6,2232	5,8541	3,5649	-0,2499

Приводим значения прогибов $\frac{Y_1(0)}{10^4}$, динамических коэффициентов $K_{дин}$ при учете работы обоих слоев упругого основания и динамических коэффициентов $K_{дин}^*$ при учете работы только нижнего слоя.

Таблица 3

$v/v_{кр}^*$	$Y_1(0)$	$K_{дин}$	$K_{дин}^*$
0	6,4150 $\frac{P_0}{EI}$	1,0000	1,0000
0,1	6,5000 $\frac{P_1}{EI}$	1,0351	1,0327
0,2	6,7430 $\frac{P_2}{EI}$	1,1394	1,1365
0,3	6,9315 $\frac{P_3}{EI}$	1,2843	1,3168
0,4	7,0510 $\frac{P_4}{EI}$	1,4677	1,6064
0,5	7,1830 $\frac{P_5}{EI}$	1,7063	2,0654
0,6	6,9005 $\frac{P_6}{EI}$	1,8877	2,7976
0,7	6,3080 $\frac{P_7}{EI}$	1,9949	4,1253
0,8	3,8135 $\frac{P_8}{EI}$	1,3910	6,9939
0,9	0,0268 $\frac{P_9}{EI}$	—	—

Решение задачи о движении паровоза ПТ-4 по двухслойному основанию дает возможность сделать следующие выводы.

1. Наличие балластного слоя снижает значения критической скорости движения массивного груза до 91% по сравнению с критической скоростью при учете работы только нижнего слоя основания.

2. Наличие балластного слоя снижает величину динамического коэффициента (табл. 3).

3. Максимальный динамический эффект имеет место при скорости, равной $0,77 v_{кр}$ и равен ~ 2 .

4. Практическая максимальная скорость движения паровоза составляет 50 км/час, динамический коэффициент при этом равен 1,5.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. С. Братин, М. Н. Торгонский. Строительство лесовозных дорог и искусственных сооружений. Гослесбуиздат, М.-Л., 1960. [2]. В. З. Власов, Н. Н. Леонтьев. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. Физматгиз, 1961.

Поступила в редакцию
6 июня 1963 г.

К ВОПРОСУ О ПРОМЕРЗАНИИ И ОТТАИВАНИИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА СЕВЕРЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

Э. Д. МАРТЮШОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

В годовом цикле работы земляного полотна наиболее существенен период промерзания и оттаивания.

Исследования многих ученых показали, что в процессе промерзания грунтов происходит миграция воды из нижних талых слоев к фронту промерзания. Это приводит к дополнительному накоплению влаги и морозному пучению грунта. В результате при оттаивании несущая способность грунта уменьшается.

Зимнее влагонакопление и пучение грунта, помимо прочих условий, зависят от глубины и скорости промерзания.

В основу статьи положены данные двухлетних наблюдений за промерзанием и оттаиванием земляного полотна на ряде участков автомобильной дороги в районе г. Архангельска.

Изучение этого вопроса входило в общий комплекс наблюдений за водно-тепловым режимом земляного полотна, которые вели на восьми участках дороги.

Земляное полотно участков сложено в основном супесчаными грунтами, подстилаемыми тяжелыми суглинками на глубине 1,5—2,0 м от поверхности покрытия, за исключением участка № 6, где суглинков нет и уровень грунтовых вод находится на большой глубине. Остальные участки имеют разный, но близкий к поверхности уровень залегания грунтовых вод (от 0,6 до 2,5 м, считая от низа дорожной одежды).

Уровень грунтовых вод приурочен к границе супесь — суглинок.

Близко расположенные грунтовые воды, вызывающие капиллярное увлажнение вышележащих слоев грунта и способствующие интенсивной миграции влаги в зону промерзания, приводят к уменьшению глубины промерзания по сравнению с более сухими участками, поскольку количество тепла, выделяющееся при замерзании воды в грунте, пропорционально его влажности.

Покрытие дороги на участках №№ 1, 2, 3, 4, 5, 8 — усовершенствованное облегченное, на участках № 6 и 7 — капитальное. Ширина проезжей части — 6 м, обочин — 2 м. Толщина дорожной одежды на участках с облегченным покрытием — 30 см, с капитальным — 45 см.

Наблюдения за промерзанием и оттаиванием вели на всех участках, кроме третьего. За глубину промерзания и оттаивания принимали поло-

жение нулевой изотермы в земляном полотне, определяемое показаниями двухплечевых электротермометров сопротивления (ЭТС), установленных на участках № 1, 2, 4 по оси дороги и посередине обочин, а на участке № 7 — на одной из обочин*. Подробное описание таких ЭТС и измерительной аппаратуры приводится в работе А. В. Голубева [2].

Кроме того, на участках № 2 и 4 вели наблюдения за промерзанием и оттаиванием грунта в естественных условиях, для чего ЭТС были установлены в поле в 15—20 м от дороги.

На всех участках и в поле ЭТС были расположены через 0,2 м до глубины 2,1 м (верхний датчик — на глубине 0,3 м). В случае опускания нулевой изотермы ниже 2,1 м положение ее определяли линейной экстраполяцией по известным температурам на глубине 1,9 и 2,1 м.

На участках № 5, 6 и 8 глубину промерзания находили при помощи мерзлотомеров Данилина.

В табл. 1 представлены средние месячные температуры воздуха и количество отрицательных град-суток по данным метеостанции «Опытное поле» СУГМС, расположенной в районе исследований, а также средние многолетние значения этих величин [1].

Таблица 1

Месяцы	Среднемесячная температура воздуха (°С)			Накопление отрицательных град-суток		
	в зиму		средняя многолетняя	в зиму		среднее многолетнее
	1961/62 г.	1962/63 г.		1961/62 г.	1962/63 г.	
Октябрь	6,2	1,9	1,0	—	—	—
Ноябрь	— 6,0	— 0,3	— 5,4	—181	—8,9	—162
Декабрь	—11,0	—10,2	—10,7	—523	—323	—494
Январь	— 8,7	—17,7	—13,1	—791	—873	—900
Февраль	— 8,6	—14,6	—12,8	—1031	—1281	—1258
Март	—11,4	—16,7	— 8,7	—1383	—1800	—1527

Из этих данных видно, что температуры воздуха зимой 1961/62 г. были выше средних многолетних, а в зиму 1962/63 г. — ниже.

Следует отметить значительные колебания температуры воздуха осенью 1962 г., когда чередование периодов с отрицательной и положительной температурами продолжалось с середины октября до конца ноября. В результате нулевая изотерма в этот период колебалась в верхнем слое (0—30 см) на обочинах и в дорожной одежде на проезжей части.

Осень 1961 г. характеризуется резким и устойчивым переходом от положительных температур воздуха к отрицательным.

На рис. 1 и 2 показан ход промерзания и оттаивания на участках № 1 и 2. Глубину промерзания и оттаивания определяли от поверхности покрытия или обочины.

В первый период промерзания, когда снега на обочинах еще не было, изотермы в земляном полотне располагались параллельно поверхности дороги. По мере накопления снега, происходившего в результате очистки проезжей части, появилась разница в глубинах промерзания под проезжей частью и на обочинах, которая со временем увеличивалась и к концу зимы достигала 70—100 см на участках в насыпях и 40—60 см в выемке.

* В действительности температура замерзания воды в грунте несколько ниже 0°С и в каждом конкретном случае зависит от вида грунта, его влажности и других факторов.

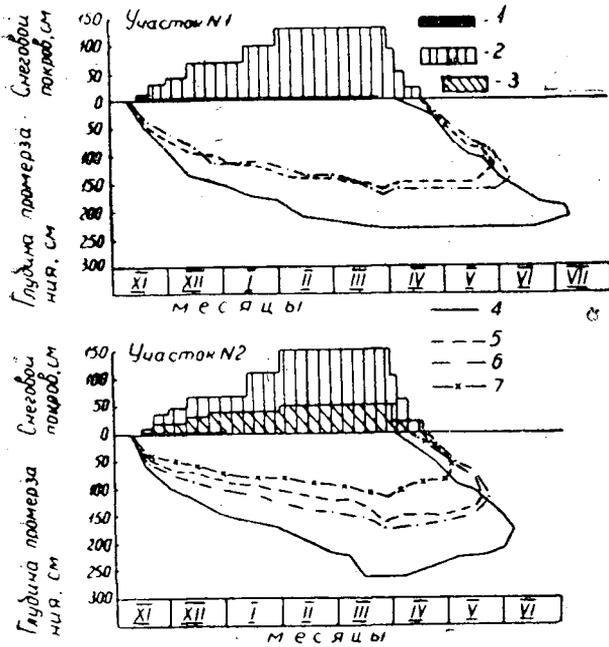


Рис. 1. Промерзание и оттаивание земляного полотна в 1961/62 г.

1 — снег на проезжей части; 2 — снег на обочинах; 3 — снег в поле; 4 — середина проезжей части; 5 — правая обочина; 6 — левая обочина; 7 — поле.

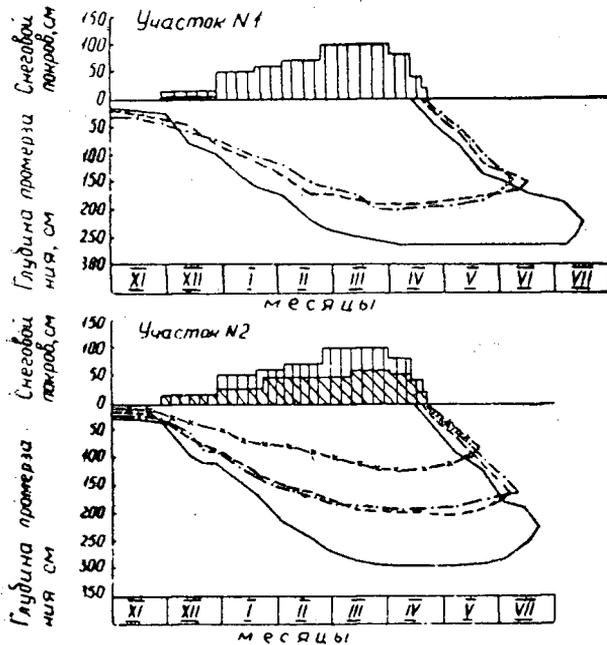


Рис. 2. Промерзание и оттаивание земляного полотна в 1962/63 г. Обозначения см. на рис. 1.

Следовательно, в данном случае основной причиной меньшего промерзания обочин был снеговой покров, достигавший к концу зимы 1—1,5 м. Кроме того, по-видимому, влияет и различие в теплопроводности материалов покрытия и грунтов обочин.

На проезжей части насыпей снег практически отсутствовал, в то время, как в выемке толщина слоя уплотненного снега к концу зимы достигала 20—25 см. В кюветах и на откосах также образовывались мощные снеговые отложения.

Все это в совокупности с более интенсивным теплообменом хорошо обдуваемых ветром насыпей на открытых участках местности привело к уменьшению глубины промерзания в выемке (участок № 4) в среднем на 16% по сравнению с промерзанием насыпи на участке № 2.

Из рис. 1 и 2 видно, что, несмотря на большую разницу в температурном режиме двух зим, глубина промерзания в поле в обоих случаях была практически одинакова (120 и 125 см), в то время как разница в глубинах промерзания по оси дороги равнялась 40 см, а на обочинах 20—30 см. Грунт обочин промерзал глубже, чем в поле, несмотря на то, что толщина снега в первом случае была в 2—3 раза больше. Отсюда следует, что на промерзание обочин влияет промерзание грунта под проезжей частью.

Таблица 2

№ участков	C_1	C_2
1	0,68	0,71
	0,72	0,74
2	0,63	0,65
	0,67	0,65
4	0,79	0,77
	0,84	0,82

Примечание. В числителе — данные 1961/62 г., в знаменателе — 1962/63 г.

Из табл. 2 видно, что отношение глубины промерзания обочин к глубине промерзания по оси дороги для одного и того же участка в разные зимы было почти одинаковым. Обозначения, принятые в табл. 2.

$$C_1 = \frac{z_{п.о}}{z_0}; \quad C_2 = \frac{z_{л.о}}{z_0},$$

где z_0 — глубина промерзания по оси дороги;
 $z_{п.о}$, $z_{л.о}$ — глубина промерзания правой и левой обочин.

Если характер снегоочистки, гидролитические и прочие условия постоянны, то для одного и того же участка величины C_1 и C_2 , вероятно, будут примерно одинаковыми для любой зимы.

Н. А. Пузаков [4] предложил следующую формулу для определения глубины промерзания:

$$z = \sqrt{2\alpha_0 T}, \quad (1)$$

где α_0 — коэффициент, зависящий от климатических, гидрологических и грунтовых условий данного района, $\frac{см^2}{сутки}$;

T — время промерзания, сутки.

Расчетное значение α_0 определяют по формуле

$$\alpha_0 = \frac{z_1^2}{2T_1},$$

где z_1 — расчетная глубина промерзания, соответствующая среднему многолетнему температурному режиму воздуха в зимний период;

T_1 — расчетная продолжительность зимы, определяемая по средним многолетним датам перехода средней суточной температуры воздуха через -5°C осенью и через 0°C весной.

Для перехода к расчетной глубине промерзания применяют следующую формулу:

$$z_1 = z \sqrt{\frac{\Sigma_1}{\Sigma}},$$

где Σ_1 — среднее многолетнее количество отрицательных град-суток за зиму;

Σ — то же, фактически наблюдаемое в данную зиму;

z — наблюдавшаяся глубина промерзания.

По данным В. С. Лукьянова [3], отклонение фактических глубин промерзания от вычисленных по этой формуле в большинстве случаев не превышало 5—10%, а по нашим данным — 7%.

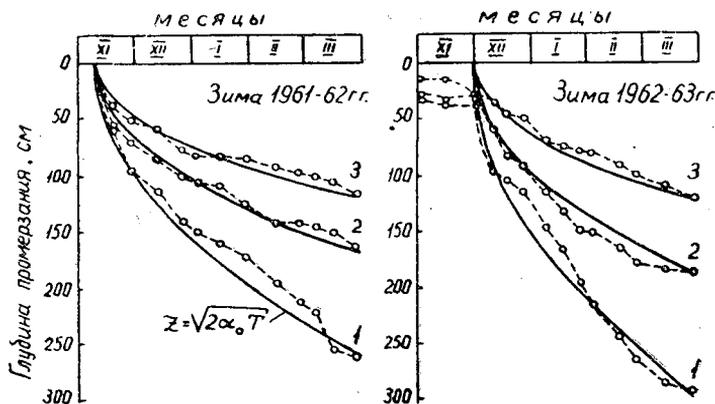


Рис. 3. Теоретический и наблюдавшийся в природе ход промерзания дорожного полотна на участке № 2.

1 — промерзание под серединой проезжей части; 2 — промерзание обочины; 3 — промерзание в поле.

Данные наблюдений, часть которых приведена на рис. 3, показывают, что ход промерзания под проезжей частью, на обочинах и в поле может быть выражен уравнением (1) с соответствующими постоянными параметрами α_0 .

В табл. 3 приведены вычисленные и расчетные значения коэффициентов α_0 .

Наблюдавшиеся в разные зимы глубины промерзания приводили к одной — расчетной.

Для района исследования $T_1 = 158$ дн., $\Sigma_1 = 1527$ град-суток.

Из данных табл. 3 видна незначительная разница в значениях α_0 , определенных для двух зим с различными температурными режимами.

Известно, что на глубину промерзания большое влияние оказывает уровень грунтовых вод. Этим, в основном, и объясняются разные

Таблица 3

№ участков	Высота насыпи (+) и глубина выемки (-), м	Значение коэффициента α_0 , см ² /сутки			
		для середины проезжей части	для правой обочины	для левой обочины	для поля
1	+1,0	$\frac{198}{182}$	$\frac{90}{93}$	$\frac{99}{100}$	—
		$\frac{239}{231}$	$\frac{96}{103}$	$\frac{102}{96}$	$\frac{51}{41}$
4	-2,5	$\frac{168}{163}$	$\frac{102}{114}$	$\frac{96}{109}$	$\frac{67}{60}$
		—	—	—	—
5	+0,8	$\frac{—}{185}$	—	—	—
6	-2,0	$\frac{—}{235}$	—	—	—
7	+1,5	—	—	$\frac{102}{103}$	—
8	0	$\frac{—}{120}$	—	—	—

Примечание. В числителе — данные 1961/62 г., в знаменателе — 1962/63 г.

значения α_0 , вычисленные для промерзания грунта под проезжей частью опытных участков. Для выяснения этой зависимости было проведено сравнение глубин промерзания под проезжей частью для участков №№ 1, 2, 5, 6 и 8. По данным двухлетних наблюдений, расстояние от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод осенью на участке № 1 равно 1,1—1,2 м; на участке № 2 — 2,3—2,5 м; № 5 — 1,2—1,3 м, № 8 — 0,6—0,7 м; № 6 — 5—7 м.

Зависимость параметра α_0 от уровня грунтовых вод приведена на рис. 4. Этот график может быть использован для приближенного определения α_0 при разных уровнях грунтовых вод для насыпей из супесчаных грунтов.

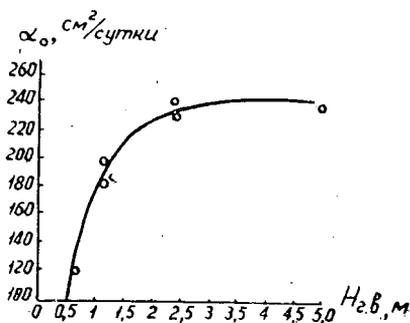


Рис. 4. Зависимость коэффициента α_0 от уровня грунтовых вод.

Теоретически скорость промерзания

$$v_{пр} = \frac{dz}{dT} = \frac{\alpha_0}{z},$$

то есть она изменяется во времени по плавной кривой.

В действительности эта величина претерпевает скачкообразные изменения в течение всего периода промерзания. Они обуславливаются, в основном, колебаниями температуры воздуха.

Представление о величине скорости промерзания и пределах ее колебаний (участок № 2) дает рис. 5. Эти данные характерны и для других участков. Наибольшие скорость и ее колебания наблюдались под проезжей частью, наименьшие — в поле.

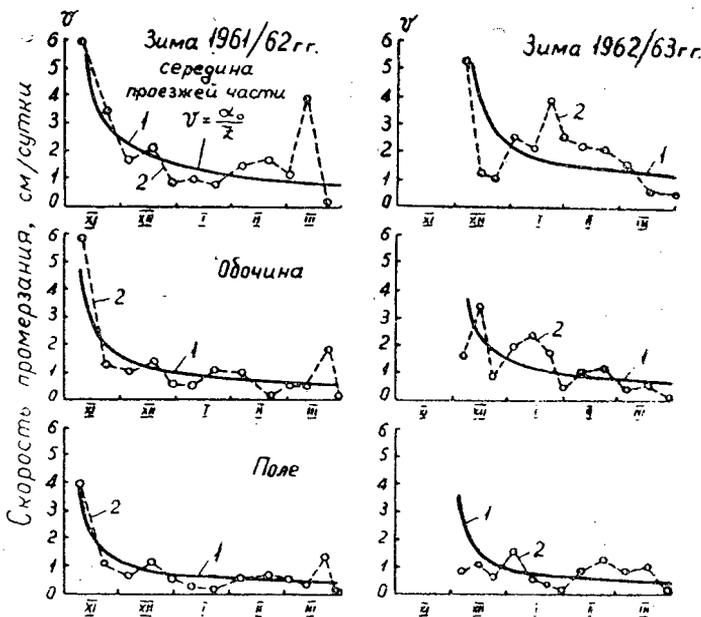


Рис. 5. Скорость промерзания грунта.
1 — теоретическая; 2 — наблюдавшаяся в натуре.

В. М. Сиденко [5] на основании обработки данных наблюдений за оттаиванием грунтов в степной зоне УССР, характеризует этот процесс уравнением прямой линии

$$h_0 = \beta_0 T_0,$$

где β_0 — коэффициент, характеризующий скорость оттаивания, см/сутки;

T_0 — продолжительность оттаивания, сутки.

Для Украины характерен глубокий уровень залегания грунтовых вод. В наших же условиях скорость оттаивания сильно уменьшается в зоне водонасыщенных грунтов. Однако, как показали наблюдения, уже при уровне грунтовых вод ниже 3—3,5 м процесс оттаивания может быть приближенно выражен указанным уравнением. Это видно из рис. 1 и 2. Весной 1963 г., например, на участке № 1 скорость оттаивания верхнего полуметрового слоя равнялась в среднем 3,6 см/сутки. Дальнейшее же оттаивание, протекавшее в зоне водонасыщенных грунтов, проходило со скоростью в два раза меньшей. На участке № 2 при уровне грунтовых вод около 2,8 м от поверхности покрытия оттаивание на всю глубину происходило в среднем с постоянной скоростью, равной 3,5 см/сутки. На всех опытных участках средняя скорость оттаивания весной 1962 г. равнялась 2,1—2,8, весной 1963 г. — 2,4—3,6 см/сутки.

При проектировании дренарующих устройств необходимо знать суточный расход влаги. Он зависит от скорости оттаивания.

Во II климатической зоне выжимание оттаявшей воды в песчаное основание под действием нагрузки происходит из слоя грунта толщиной примерно 0,8 м [4]. Максимальные наблюдавшиеся скорости оттаивания в пределах этого слоя на разных участках колебались в пределах 3,5—4,5 см/сутки.

Средняя скорость оттаивания обочин незначительно отличалась от скорости оттаивания грунта под проезжей частью (иногда была даже больше). Это объясняется, по-видимому, дополнительным прогревом обочин со стороны откосов насыпи.

Глубина оттаивания на обочинах в течение всего весеннего периода была в среднем на 25 см меньше, чем под проезжей частью. Так как глубина промерзания обочин была меньше, чем по оси дороги, а скорости оттаивания отличались незначительно, то обочины оттаивали раньше, и под проезжей частью образовывалась линза мерзлого грунта, с исчезновением которой и завершался процесс оттаивания земляного полотна (рис. 6). Это подтверждено неоднократным бурением земляного полотна в весенний период. Продолжительность оттаивания видна на рис. 1 и 2.

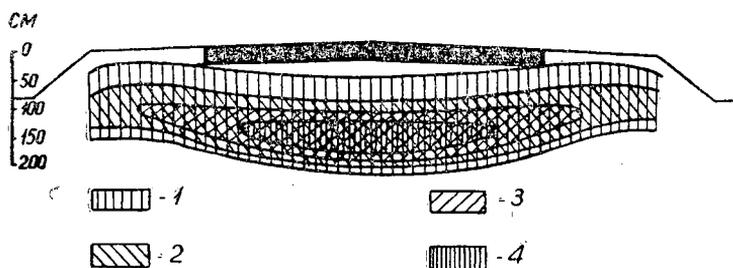


Рис. 6. Положение нулевых изотерм в процессе оттаивания на участке № 2.

1 — область отрицательных температур на 25 апреля 1962 г.;
2 — то же на 6 мая; 3 — на 21 мая; 4 — на 1 июня 1962 г.

Полученные данные могут быть использованы для практических расчетов, связанных с водно-тепловым режимом земляного полотна в северных районах при аналогичных грунтовых и гидрологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Агроклиматический справочник по Архангельской области. Гидрометеоздат, Л., 1961. [2]. А. В. Голубев. Дистанционные измерения температуры, пучения и напряжения термически деятельного слоя грунта. Изд-во АН СССР, М., 1957. [3]. В. С. Лукьянов, М. Д. Головки. Расчет глубины промерзания грунтов. Трансжелдориздат, М., 1957. [4]. Н. А. Пузаков. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. Автотрансиздат, М., 1960. [5]. В. М. Сиденко. Расчет и регулирование водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна. Автотрансиздат, М., 1962.

Поступила в редакцию
10 ноября 1963 г.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ ВАГОНОВ-СЦЕПОВ ЦНИИМЭ-ДВЗ

Ю. Л. ШЕВЧЕНКО

Младший научный сотрудник

(Центральный НИИ механизации и энергетики лесной промышленности)

С 1958 г. в лесной промышленности широкое применение находят вагоны-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ колеи 750 мм, специально приспособленные для вывозки древесины в хлыстах и деревьях с кроной длиной 13 ÷ 22 м.

Лаборатория рельсового транспорта ЦНИИМЭ в течение 1959—1960 гг. проводила экспериментальные исследования по определению сопротивления движению вагонов-сцепов в зависимости от скорости.

Удельное сопротивление движению мы определяли методом динамометрических измерений с изменением кинетической энергии. Этот метод наиболее полно и точно отражает действительные условия эксплуатации подвижного состава. В этом случае испытывают возможно большее количество единиц подвижного состава, что позволяет получать усредненные величины сопротивления движению для состава в целом. Установлено, что величины сопротивления движению отдельных вагонов различны и зависят от технического состояния последних (неодинаковый проект бандажей, износ подшипников, разные условия смазки в буксах, а у вагонов-сцепов — разная величина зазоров под опорным роликом коника и между скользунами хребтовой балки и тележки и т. д.). Кроме того, при увеличении числа вагонов в составе повышается продольная сила, что вызывает уменьшение влияния вагонных тележек, и, в связи с этим, — сопротивления движению поезда и влияния лобового сопротивления воздушной среды.

Динамометрический метод основан на определении сопротивления по механической работе, затраченной на его преодоление в некотором интервале пути. При обработке результатов опыта принята известная формула

$$\omega_0'' = \frac{F_d}{Q} - \frac{500}{\zeta} \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{S} \pm i, \quad (1)$$

где F_d — средняя динамометрическая сила тяги на интервале пути S , кг;

$\frac{500}{\zeta} \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{S}$ — приращение живой силы поезда на этом участке;

i — приведенный уклон, %;

v_1 и v_2 — скорости движения в начале и конце интервала пути, км/час;

$\zeta = \frac{\zeta'}{1 + \gamma}$ — ускорение поезда с учетом влияния вращающихся масс при действии на поезд силы 1 кГ на 1 Т подвижного состава, причем $\zeta' = 127 \text{ км/час}^2$ — ускорение поезда, но без учета влияния вращающихся масс, км/час^2 ;
 γ — коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс.

Для вагонов широкой колеи величину ζ при расчетах берут равной 120 км/час^2 . Для вагонов узкой колеи при приближенных расчетах ζ можно принимать таким же. Однако при точных расчетах и экспериментальных исследованиях рекомендуется учитывать тип вагонов и их грузоподъемность или действительный вес. В нашем случае для груженых вагонов-сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ $\zeta = 122,6 \text{ км/час}^2$.

Как видно из формулы (1), при динамометрическом методе необходимо: а) замерять динамометрическую силу тяги F_d , кГ; б) фиксировать скорости движения в начале и конце интервала пути — v_1 и v_2 , км/час ; в) определять вес состава брутто — Q , Т; г) производить нивелировку участка пути для точного определения величин уклонов — i , ‰.

Кроме того, для правильной оценки формулы и обобщения экспериментальных данных нужно измерять: а) температуру в брусках и наружного воздуха; б) скорость ветра; в) износ реборд и прокат бандажей вагонных колесных пар. Необходимо также произвести нивелировку пути и другие измерения для снятия характеристики технического состояния пути.

Испытания по определению величины ω''_0 проводили на узкоколейной железной дороге Крестецкого леспромхоза ЦНИИМЭ. Опытный участок магистрали (ПК 30—ПК 40) представлял собой рельсовый путь колеи 750 мм, рельсы типа 15 кГ/пог. м, количество шпал — 1600 шт. на 1 км, балласт песчаный. Опытный поезд был составлен из шести вагонов-сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ, груженных хлыстами, вагона-лаборатории и тепловоза (рис. 1). Измерительная аппаратура и измерительные приборы размещались в вагоне-лаборатории.

Динамометрическую силу тяги замеряли с помощью специального буфера-динамометра (рис. 2), сконструированного в лаборатории

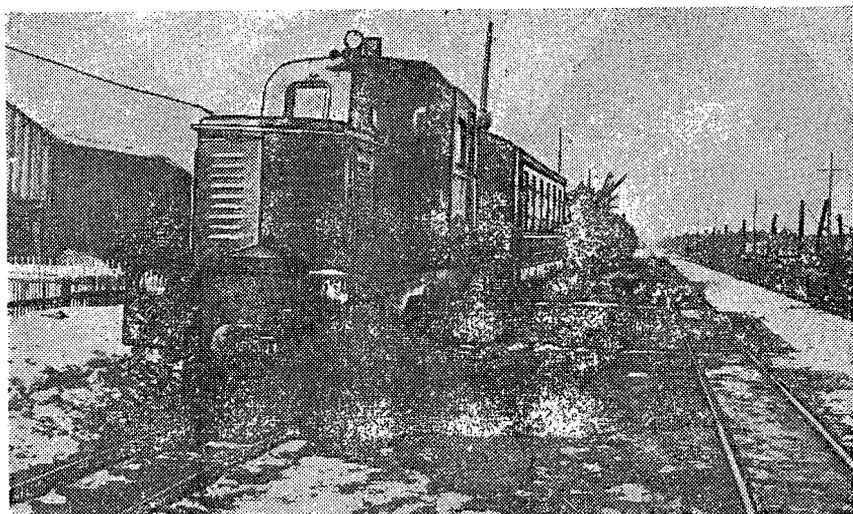


Рис. 1. Опытный поезд.

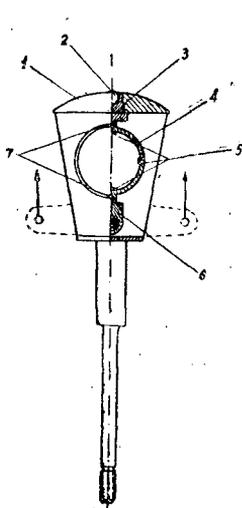


Рис. 2. Принципиальная схема устройства буфера-динамометра.

- 1 — тарелка буфера; 2 — стальной шар; 3 — передний вкладыш; 4 — стальное кольцо; 5 — проволочные тензодатчики; 6 — задний вкладыш; 7 — стальные ролики.

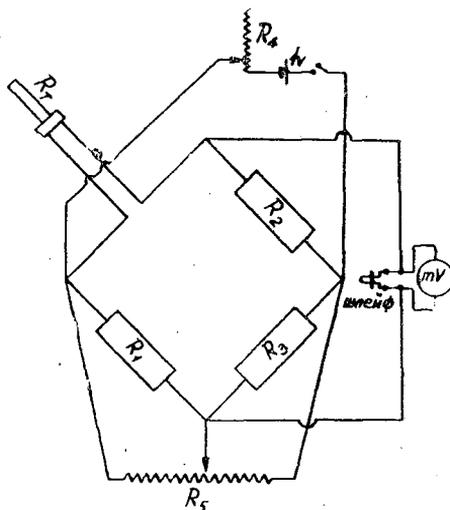


Рис. 3. Принципиальная схема включения термистра в электрическую цепь.

- R_1 ; R_2 ; R_3 — постоянные сопротивления 9,1 ком; R_4 — переменное сопротивление 500 ом; R_5 — переменное сопротивление 2 ком; R_T — термическое сопротивление КМТ-4.

рельсового транспорта и установленного на вагоне-лаборатории со стороны опытного состава.

Измерительной частью буфера является стальное кольцо с наклеенными внутри него проволочными тензодатчиками. От действия тягового усилия кольцо деформируется. Собранные по схеме моста датчики под действием сил деформации меняют сопротивление, вследствие чего происходит разбаланс моста и на диагонали его появляется напряжение. Усилитель повышает это напряжение. Получаемый на выходе усилителя сигнал, пропорциональный величине измеряемой деформации, подается на шлейф осциллографа. Для испытаний применяли восьмиканальный усилитель марки 8-АНЧ-7М и осциллограф ПОВ-14 (Н-700).

Для определения масштаба записи перед испытаниями проводили тарировку динамометрического буфера. Для этого применяли специальную тарировочную скобу с червячным винтом и динамометр ДС-5, по которому контролировали величину прилагаемой силы. Тарировочные сигналы записывали на ленту осциллографа. По этим записям в дальнейшем были построены графики зависимости отклонения показаний шлейфа на ленте осциллографа от величины силы тяги.

Скорость движения определяли по отметкам на осциллограмме (пути через 1 м и времени через 0,1 сек). Вес состава находили путем взвешивания каждого вагона-сцепы поосно с помощью гидравлических домкратов и двух динамометров ДС-5.

Температуру в буксе измеряли с помощью термического сопротивления марки КМТ-4, которое устанавливали в теле вкладыша подшипника. Показания термистра наблюдали визуально на милливольтметре, а также записывали на ленту осциллографа. Электрическая схема включения термистра приведена на рис. 3. Температуру наружного воздуха определяли техническим термометром.

Скорость ветра перед началом каждого заезда находили с помощью анемометра типа А, установленного над крышей вагона-лаборатории.

При нивелировке опытного участка нивелир устанавливали через 50 м.

Во время испытаний заезды производили с различными скоростями движения от 5 до 35 км/час с интервалами через 5 км/час. При прохождении по опытному участку аппаратура в вагоне-лаборатории включалась и выключалась автоматически с помощью специальной педали, находящейся на тележке вагона-лаборатории, и системы реле. В начале и в конце опытного участка на бровке земляного полотна устанавливали специальные скобы. Как только состав начинал двигаться по опытному участку, педаль, задевая за скобу, включала систему реле, которые, в свою очередь, включали осциллограф; начиналась запись показаний приборов.

На осциллограмме во время движения поезда делали (с помощью второй педали) отметки стометровых интервалов опытного участка пути, что позволяло за один заезд получать десять опытных точек на ленте осциллографа.

В результате обработки опытных данных методом математической статистики получено следующее уравнение зависимости величины удельного сопротивления движению от скорости (в интервале от 5 до 35 км/час):

$$\omega''_0 = 3,19 - 0,05v + 0,0023v^2.$$

Среднее значение ω''_0 соответствует скорости $v = 16$ км/час и равно 3,16 кг/т.

Для скорости движения от 1 до 4,5 км/час получена другая зависимость

$$\omega''_0 = 19,45 - 5,44v + 0,57v^2.$$

Этот диапазон скоростей движения представляет интерес для получения общей кривой сопротивления, начиная с момента трогания с места поезда до максимальной скорости движения.

Указанные зависимости ω''_0 от v можно выразить уравнениями первого порядка $\omega''_0 = 2,51 + 0,03v$ (для скорости от 5 до 35 км/час); $\omega''_0 = 14,81 - 1,99v$ (для скорости от 1 до 4,5 км/час).

На основании уравнений построены графики зависимости ω''_0 от v (рис. 4, 5).

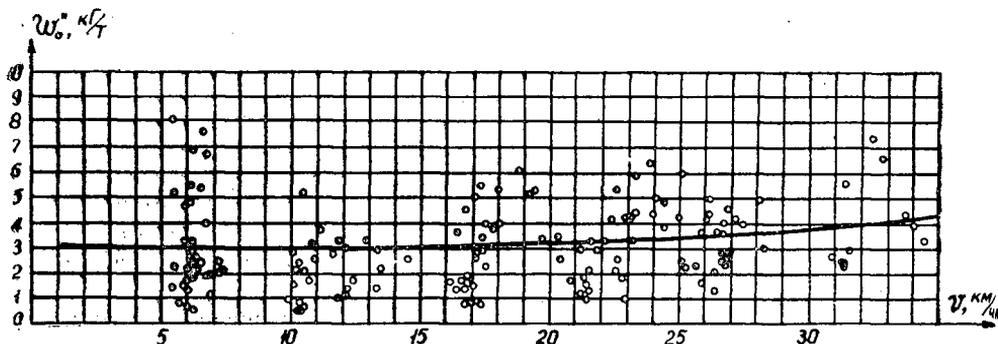


Рис. 4. График зависимости ω''_0 от v для вагонов-сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ на подшипниках скольжения при скоростях от 5 до 35 км/час. $\omega''_0 = 3,19 - 0,05v + 0,0023v^2$. Испытания проводили в марте 1960 г.

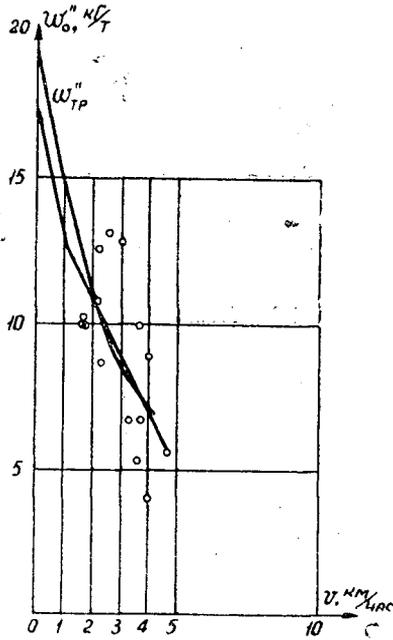


Рис. 5. То же при скоростях от 1 до 4,5 км/час. $w''_0 = 14,81 - 1,59v$;
 $w''_0 = 19,45 - 5,44v + 0,57v^2$.
 Испытания проводили в марте 1960 г.

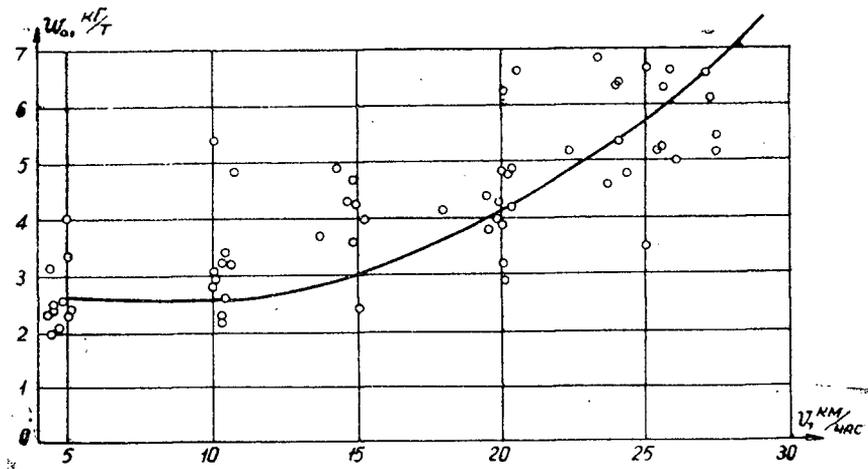


Рис. 6. То же при плохом состоянии пути. Испытания 1959 г.

Приведенные формулы могут быть рекомендованы при условии содержания лесовозной железной дороги в пределах норм, допускаемых правилами технической эксплуатации. При проведении испытаний в 1959 г. на этом же опытном участке магистрали, содержащемся в неудовлетворительном состоянии, получена другая зависимость w''_0 от v для диапазона скоростей от 5 до 30 км/час

$$w''_0 = 3,31 - 0,194v + 0,012v^2.$$

График этой зависимости приведен на рис. 6. Среднее значение w''_0 для этого уравнения равно 4,02 кг/Т (при $v = 16$ км/час).

Выводы

1. При производстве тяговых расчетов для составов, состоящих из вагонов-сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ, можно пользоваться приведенными выше эмпирическими формулами.

2. Увеличение величины основного сопротивления движению в условиях эксплуатации вагонов-сцепов на лесовозных железных дорогах в большей степени зависит от состояния верхнего строения пути, чем от других факторов. Поэтому следует учитывать это обстоятельство при установлении весовых норм поездов на той или иной дороге.

3. Минимальное значение величины ω_0 для вагонов с колесными парами на подшипниках скольжения наблюдается при скорости около 10 км/час. Это явление объясняется характером изменения коэффициента трения в шейках осей, от которого зависит в основном значение величины ω_0 при малых скоростях движения.

Поступила в редакцию
7 апреля 1961 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ФОРМА, РАЗМЕР И КАЧЕСТВЕННАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНОЧНОЙ СТРУЖКИ

И. Г. КОРЧАГО

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Один из способов использования станочной стружки — применение ее для производства древесно-стружечных плит.

Как известно, при строгании и фрезеровании образуется серповидная стружка, поперечное сечение которой ограничено с боков циклоидальными кривыми (с небольшой погрешностью их можно считать дугами окружности), а сверху — отрезком прямой U_2 , численно равным величине подачи на нож (рис. 1).

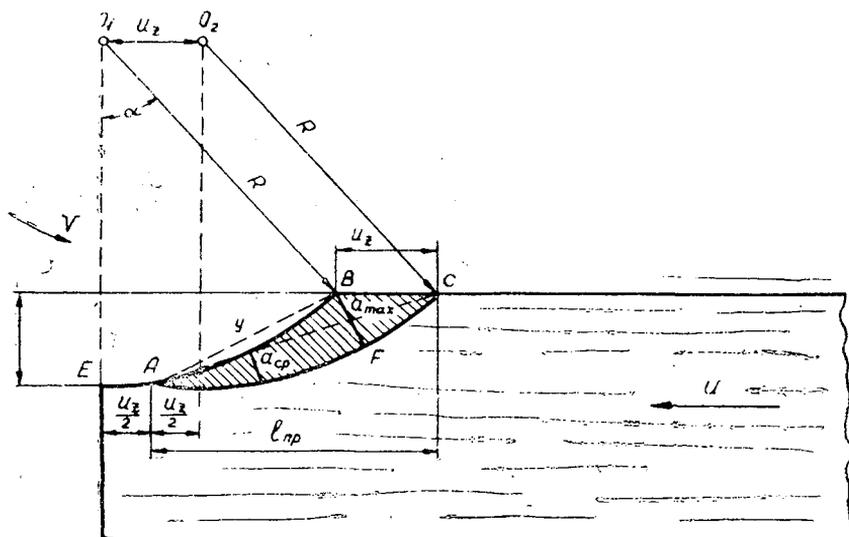


Рис. 1. Форма и основные размеры станочной стружки, образующейся при фрезеровании.

Основные размеры стружки — длину, толщину и ширину — определим в зависимости от параметров резания.

Длина станочной стружки обычно определяется длиной дуги EB

$$l = R \arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \quad (1)$$

или

$$l = \sqrt{hD}, \quad (2)$$

где h — глубина снимаемого слоя;
 D — диаметр окружности резания.

Эти выражения справедливы лишь при небольших величинах подачи на нож; при больших — под длиной стружки, очевидно, следует понимать большую хорду

$$AC \cong \sqrt{Dh} + \frac{U_z}{2}, \quad (3)$$

или величину горизонтальной проекции стружки

$$l_{np} = \sqrt{Dh - h^2} + \frac{U_z}{2}. \quad (4)$$

Из формул (3) и (4) видно, что основными факторами, определяющими длину номинальной стружки при обычно применяемых режимах резания, являются диаметр ножевого вала (точнее диаметр окружности резания) и глубина снимаемого слоя.

С возрастанием h и D увеличивается и длина номинальной стружки. При малых подачах она практически не зависит от величины подачи; при больших — изменяется на величину, равную $\frac{U_z}{2}$.

Так как с точки зрения качества плит нам выгоднее применять более длинную стружку, то стружка от станков с большим диаметром ножевого вала более желательна для использования ее в качестве сырья при производстве плит. На станках с ножевыми головками одинакового диаметра различная длина стружки может получиться лишь при изменении глубины снимаемого слоя (рис. 2, а).

Так, при наиболее распространенном диаметре ножевых головок, равном 180 мм, если $h = 2$ мм, то $l = 19$ мм, если $h = 4$ мм, то $l = 27$ мм.

Толщина станочной стружки имеет переменную величину: от нуля в точке А до максимума в точке В (рис. 1).

Средняя толщина стружки, соответствующая середине дуги контакта реза с древесиной, может быть подсчитана по формуле

$$a_{cp} = \frac{S_{бок}}{l} = \frac{U_z h}{R \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right)} \quad (5)$$

или проще

$$a_{cp} = U_z \sqrt{\frac{h}{D}}. \quad (6)$$

Максимальная толщина стружки (отрезок ВВ' на рис. 1).

$$a_{max} = U_z \sqrt{\frac{2h}{D}}, \quad (7)$$

то есть в два раза больше средней.

Таким образом, толщина стружки увеличивается с возрастанием h и U_z и уменьшается с увеличением D .

Следовательно, на данном станке можно получить стружку различной толщины, изменяя лишь h или U_z .

Так, при $D = 180$ мм и $U_z = 2$ мм, если $h = 2$ мм, то $a_{cp} \approx 0,2$ мм, если $h = 4$ мм, то $a_{cp} \approx 0,3$ мм.

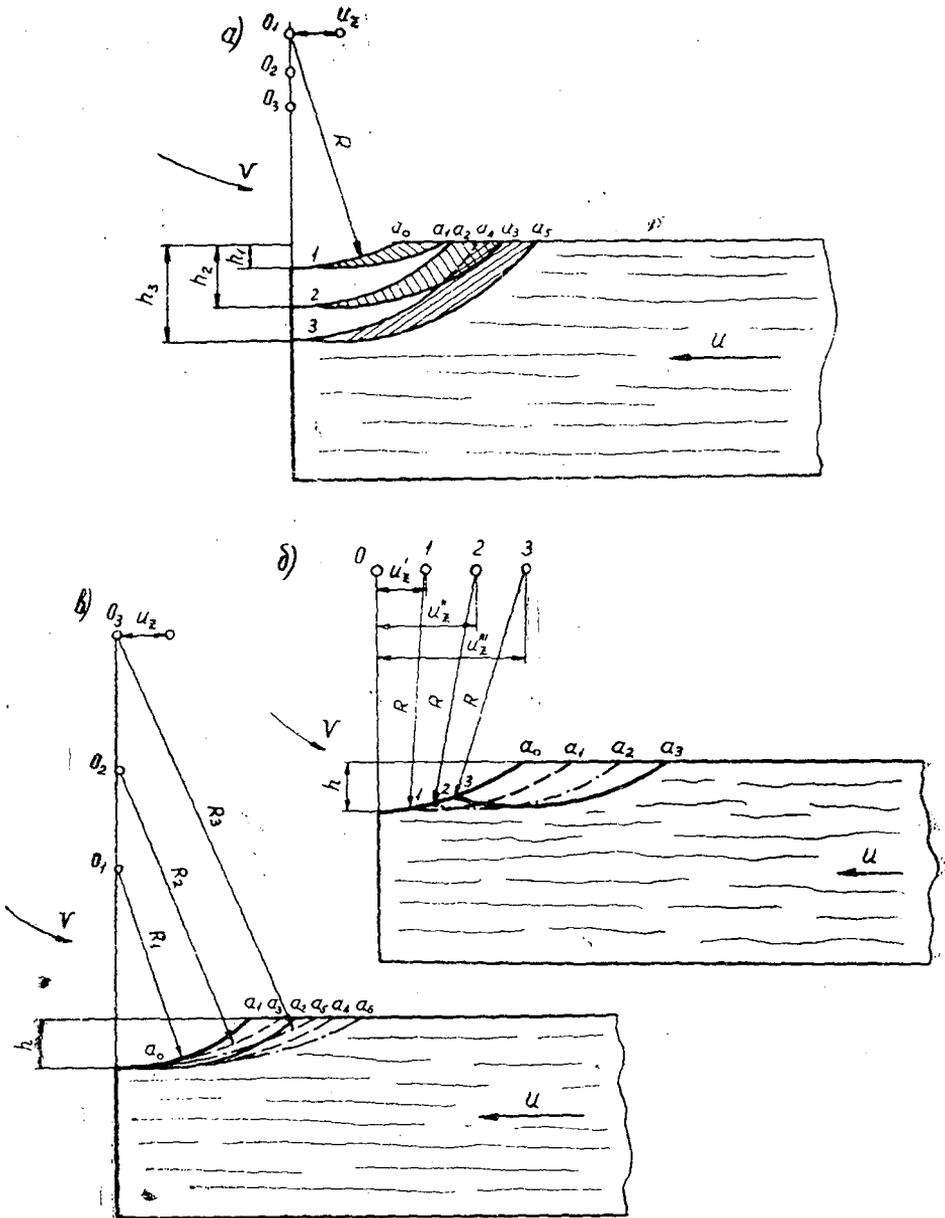


Рис. 2. Изменение формы и размеров стружки в зависимости от изменения глубины снимаемого слоя h при $D = \text{const}$ и $U_z = \text{const}$ (а); подачи на нож U_z при $h = \text{const}$ и $D = \text{const}$ (б); радиуса строгания при $h = \text{const}$ и $U_z = \text{const}$ (в)

При том же диаметре ножевого вала, но при $U_z = 4 \text{ мм}$, средняя толщина стружки равна соответственно 0,4 и 0,6 мм.

Ширина номинальной стружки равна ширине строгаемой поверхности. Изменение формы и размеров стружки в зависимости от режимов резания представлено на рис. 2.

Рассмотрим качественные характеристики или показатели станочной стружки.

Для специальной стружки единственный показатель — коэффициент формоградации K_{ϕ} . Он равен отношению длины стружки к ее толщине и выражает активную поверхность стружки, отнесенную к ее рабочему сечению. Чем выше K_{ϕ} (до 200), тем выше показатели прочности плит, особенно на изгиб.

Учитывая формулы (2) и (6), найдем численное выражение K_{ϕ} для номинальной станочной стружки в зависимости от параметров резания

$$K_{\phi} = \frac{D}{U_z}. \quad (8)$$

Учитывая формулы (2) и (7), получим

$$K_{\phi} = \frac{D}{2U_z}. \quad (9)$$

Таким образом, коэффициент формоградации зависит от диаметра резания и величины подачи на нож и не зависит от глубины снимаемого слоя. Обычно считают, что стружка пригодна для изготовления качественных плит, если ее коэффициент формоградации лежит в пределах от 50 до 70. Для станочной стружки это значение K_{ϕ} (при наиболее употребляемых диаметрах ножевых головок, равных 180 мм) может быть достигнуто при $U_z = \frac{D}{K_{\phi}} = \frac{180}{70} \div \frac{180}{50} = 2,5 \div 3,6$ мм.

Если для характеристики качества специальной стружки достаточно знать длину, толщину и коэффициент формоградации стружки, то для станочной стружки необходимо ввести еще дополнительные качественные характеристики, рассматриваемые ниже.

1. У станочной стружки (в отличие от специальной) отношение торцовых поверхностей к боковым достигает весьма значительной величины. Увеличение доли торцовых поверхностей стружек приводит к большому расходу связующего. Прочность же плит при этом падает, так как доля связующего на активной поверхности, участвующая в склеивании, уменьшается.

Сравним между собой две одинаковые по размерам стружки: специальную и станочную. Пусть длина этих стружек l , толщина a и ширина b . Величина торцовой поверхности для специальной стружки будет равна $2ab$, а для станочной — приближенно $2lb$, то есть торцовая поверхность станочной стружки в $\frac{l}{a}$ раз больше, чем специальной.

2. Станочная стружка в отличие от специальной имеет изогнутую поверхность, от которой зависит качество нанесения связующего ковra, сопротивление ковra давлению, упругие деформации, насыпной вес стружки. Степень искривленности номинальной станочной стружки можно выразить коэффициентом искривленности поверхности (теоретическим), представляющим собой отношение стрелы прогиба y к величине хорды AB

$$K_{\kappa} = 0,25 \sqrt{\frac{h}{D}} l \quad (10)$$

Коэффициент искривленности поверхности стружки увеличивается с ростом h и уменьшается с увеличением D . Это хорошо видно из рис. 2.

3. Длина волокна станочной стружки одинакова по всей высоте снимаемого слоя h и численно равна величине подачи на нож U_z . Ни от каких других факторов она не зависит.

Если у специальной стружки длина волокна равна 20—40 мм, то у станочной при обычных режимах резания — лишь 2—4 мм. Из-за короткой длины волокна такая стружка не годится для производства из нее целлюлозы. Этим же объясняется и меньшая механическая прочность станочной стружки по сравнению со специальной.

Таким образом, с возрастанием глубины снимаемого слоя увеличиваются длина и толщина стружки (последние изменяются пропорционально друг другу, поэтому коэффициент формоградации остается постоянным, то есть не зависит от h); степень искривленности поверхности номинальной стружки; угол перерезания волокон и общая торцовая поверхность стружки (рис. 2, а).

С возрастанием подачи на нож увеличивается толщина стружки, в то время как длина при этом почти не изменяется (при небольших подачах); пропорционально увеличивается длина волокна; степень искривленности хотя и не зависит от U_z , однако, при больших подачах у стружки не образуется тонкого длинного конца, более склонного к «завиванию» (рис. 2, б).

С возрастанием диаметра ножевого вала увеличивается длина и уменьшается толщина стружки, следовательно, увеличивается и коэффициент формоградации; уменьшается искривленность стружки (рис. 2, в); растет ее торцовая поверхность.

В заключение следует отметить, что номинальная станочная стружка в определенных пределах режимов резания вполне пригодна для производства древесно-стружечных плит. Однако, чтобы говорить об оптимальных режимах резания с целью получения стружки лучшего качества, надо знать (кроме данных теоретических выводов), насколько фактическая станочная стружка отличается от номинальной и причины этих отклонений. С этой целью в настоящее время проводятся экспериментальные работы.

Поступила в редакцию
5 августа 1963 г.

НАГРЕВ РАЗМЕЛЬЧЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

С. ИОНАЙТИС

Старший научный сотрудник, кандидат технических наук

(Институт строительства и архитектуры комитета строительства
Литовской ССР)

Размельченные древесные отходы, получаемые в лесной и деревообрабатывающей промышленности, успешно перерабатывают в ценные для народного хозяйства изделия при помощи электрического тока высокой частоты. Эффективность нагрева отходов определяли реконструированной установкой ЛГЕ-ЗБ, рабочий конденсатор которой устанавливали на поднимаемой опоре гидравлического пресса ПГ = 100 м. Для изменения частоты электрического поля в диапазоне 7—25 мГц была изготовлена специальная индуктивная катушка (диаметром 200 мм) из 14 витков. Температуру нагреваемых брикетов из размельченных древесных отходов определяли термопарой (путем присоединения ее к потенциометру с помощью предохранительного дросселя). Напряжение между пластинками рабочего конденсатора измеряли вольтметром типа А4-М2 с применением делителя напряжения. Удельную мощность, расходуемую рабочим конденсатором, подсчитывали по формуле

$$p = 0,55 \cdot k \left(\frac{U}{d} \right)^2 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \varepsilon \cdot 10^{-12} \text{ вт/см}^3,$$

где k — коэффициент увеличения мощности в связи с паразитной амплитудной модуляцией высокочастотных колебаний (в нашем случае 1,003);

U — напряженность электрического поля, в/см;

d — расстояние между пластинками рабочего конденсатора, см;

f — частота, гц;

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

ε — диэлектрическая проницаемость нагреваемого материала.

Диэлектрические параметры размельченных древесных отходов (ε и $\operatorname{tg} \delta$) определяли куметром типа КВ-1.

Экспериментальный материал иллюстрирован графиками. На первом (рис. 1) показана связь температурного прироста Δt с частотой электрического поля f в течение первой, второй и третьей минут обогрева размельченных древесных отходов (соответственно 1, 2 и 3 кривые). Объемный вес брикетов 0,5—0,7 г/см³, влажность 10%, удельная мощность $p = 0,5$ вт/см³. Из рис. 1 видно, что при частоте электрического поля 7 мГц древесные отходы нагреваются скорее, при частоте

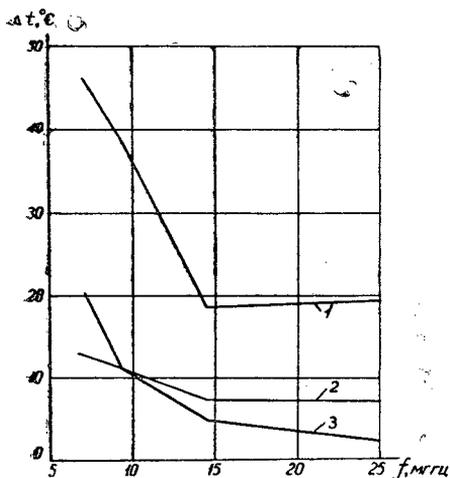


Рис. 1.

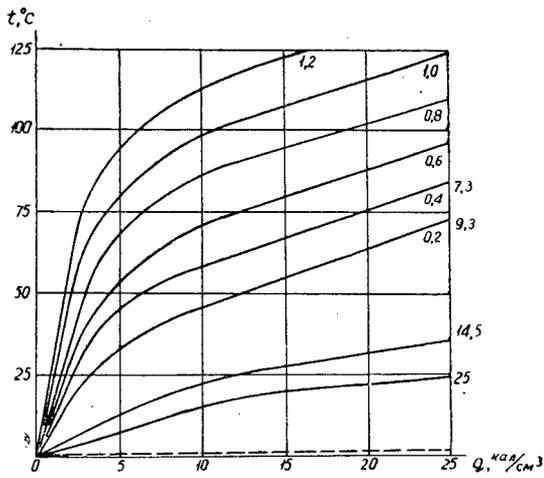


Рис. 2.

15—25 мгц — гораздо медленнее. Скорость нагрева в течение первой минуты в 2—3 раза больше, чем в следующие.

На втором графике (рис. 2) показана зависимость между температурой нагреваемых древесных отходов (начальную температуру приравнивали 0° С, конечную вычисляли по формуле $t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \dots$) и суммарной удельной энергией q , расходуемой в рабочем конденсаторе ($q = 0,01433 p$). Кривые с показанным объемным весом γ (от 0,2 до 1,2 г/см³) соответствуют частоте электрического поля 7,3 мгц (влияние частоты f отмечено на правой стороне графика). В электрическом поле высокой частоты размельченные древесные отходы большей плотности нагреваются скорее. Интенсивность нагрева размельченных древесных отходов в электрическом поле высокой частоты сравнивали с электроконтактным нагревом (пунктирная линия); последний исследовали с помощью прессформы, обогреваемой электрическими спиралями. Подсчитано, что в электрическом поле при частоте 7,3 мгц нагрев древесных отходов в первые минуты приблизительно в 3,6 раза больше; энергии же расходуется почти в 20 раз меньше по сравнению с электроконтактным нагревом. (Для определения расходуемой энергии при нагреве размельченных древесных отходов в электрическом поле высокой частоты нужно принимать во внимание коэффициент генераторной установки η_r , который по литературным данным равен 0,5). Размельченные древесные отходы, смешанные с жидким карбамидным клеем М-4, нагреваются интенсивнее. Примесь сухих фенолформальдегидных смол не увеличивает скорости нагрева.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ДРЕВЕСИНЫ, ОБРАБОТАННОЙ ГЛИФТАЛЕМ

В. Е. ВИХРОВ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

Л. А. ШМАРГУНОВ

Ассистент

(Белорусский технологический институт)

Изменение размеров и формы деревянных изделий обуславливается главным образом способностью древесины поглощать и отдавать воду. При этом происходит разбухание и усушка древесины и возникновение в ней значительных напряжений, вызывающих коробление и растрескивание.

Придание изделиям стабильных размеров и формы — важная практическая задача и очень интересный теоретический вопрос. Решение этой задачи не только повысит сроки службы изделий и точность их обработки, но также позволит широко осуществить перевозку деревянных деталей (например, для сборки мебели) из Сибири в европейскую часть Советского Союза и из стран с умеренным климатом в страны с субтропическим и тропическим климатом. Теоретическое решение этого вопроса связано с особенностями высокомолекулярного строения клеточных стенок и особенностями взаимодействия компонентов древесины с вводимыми в древесину веществами.

В настоящее время известно четыре основных метода обработки древесины для сохранения формы и размеров изделий: 1) нанесение на поверхность древесины красок, лаков или водоотталкивающих средств; 2) замещение гидроксильных групп целлюлозы менее полярными группами; 3) образование поперечных связей между структурными единицами; 4) введение в микрокапилляры клеточных стенок веществ, вызывающих увеличение объема древесины. Помимо этого, могут быть использованы комбинированные способы, состоящие из различных сочетаний основных методов.

Выбирая стабилизаторы для пропитки древесины, мы стремились подобрать инертные к воде вещества, которые обладали бы способностью проникать в субмикроскопические капилляры клеточных стенок и входить, хотя бы частично, в химическое соединение с каким-либо компонентом древесины. Прежде всего мы обратили внимание на смолы, получаемые на основе глицерина и фталевого ангидрида. Глицерофталевые смолы, широко известные под названием глифталя, — важнейшие полиэфирные смолы, употребляемые для получения лаков и пластмасс. Они обладают терморективнойностью, способны переходить в неплавкие и

не растворимые в воде соединения, характеризуются значительной прочностью и при низком кислотном числе довольно быстро отверждаются.

Мысль об использовании этих смол в деревянных изделиях для придания им стабильных размеров и формы возникла у нас после применения смол для стабилизации и консервирования фрагментов деревянных изделий, извлеченных из археологических раскопок.

Кратко опишем этот способ. Мокрые фрагменты изделий, найденные в раскопах, вначале погружают в ацетон для замещения последней воды в древесине. Наиболее полное замещение достигается после многократных смен насыщенного водой ацетона чистым ацетоном. Затем эти изделия переносят в эксикаторы, наполненные жидким раствором глифталя в ацетоне (в соотношении 1 : 5 по объему), где концентрация глифталя постепенно, очень медленно повышается (для этого созданы условия испарения ацетона). Молекулы глифталя проникают в микрокапилляры клеточных стенок древесины, и глифталь заполняет полости клеток. Это проникновение обусловлено тем, что древесина археологических изделий, пролежавшая в земле несколько сотен лет, сильно деградировала: клеточные стенки частично разрушились, некоторые растворимые компоненты вымыты водой, а субмикрокапилляры увеличились [1]. В результате происходит полное пропитывание древесины глифталем. Интересно, что если полная усушка древесины лиственных пород фрагментов изделий древнего Новгорода (в тангенциальном направлении) достигала 30—40%, то после обработки глифталем (по методу В. Е. Вихрова) уменьшение размеров не превышало 5—6%, и изделия приобретали большую прочность и высокую водостойкость. Выдерживание обработанных глифталем изделий в воде и над водой в течение двух-трех месяцев не изменило их прочность и размеры. После этих работ мы попытались выяснить эффективность применения глицерофталевого смол для стабилизации формы и размеров изделий из здоровой древесины.

В настоящей статье сообщаются лишь предварительные результаты наших опытов. Их значение состоит в том, что нами был найден принцип пропитки древесины высокомолекулярными веществами и доказана возможность использования полимеров в качестве стабилизаторов формы и размеров изделий. В лабораторных условиях были поставлены опыты на образцах размерами $1,2 \times 1,2 \times 0,8$ см и $2 \times 2 \times 3$ см (последние цифры — размеры вдоль волокон древесины). Для получения более глубокой пропитки образцы заготавливали из древесины заболонных пород — березы и граба — и из заболони сосны. Эти опыты проводили на небольшом количестве образцов малых размеров, так как вначале мы стремились найти общие принципы для решения задачи, а затем более широко и глубоко исследовать процессы и особенности метода, дающего наилучший эффект.

Все образцы были разделены на три группы: контрольные, для первой серии опытов, для второй серии.

Контрольные образцы высушивали до постоянного веса в сушильном шкафу, а затем определяли водо- и влагопоглощение и динамику разбухания древесины. При определении процесса разбухания при влагопоглощении образцы вместе с прибором Ю. М. Иванова [2] помещали в эксикатор над водой, насыщенной серноокислым калием. Результаты этих опытов сравнивали с данными водо- и влагопоглощения и разбухания древесины образцов, пропитанных глифталем.

Для получения сравнимых результатов контрольные и рабочие образцы подвергали одинаковой термической обработке.

1 серия опытов. Высушенные до постоянного веса образцы березы, граба и заболони сосны (размером $1,2 \times 1,2 \times 0,8$ см) пропитывали под небольшим вакуумом в течение 20 мин горячей (от 130 до 150° С) смесью (21 весовая часть фталевого ангидрида и 29 частей глицерина), в которой процесс поликонденсации смолы находился в начальной стадии. (Перед пропиткой древесины смесь кипятили 1,5—2 час вместо 4—6 час, необходимых для образования глифталя). Мы стремились к тому, чтобы образование глифталя заканчивалось уже в древесине после пропитки образцов смесью. Для этого последние в течение недели нагревали в сушильном шкафу при температуре +120° С (столько же времени вместе с опытными нагревали и контрольные образцы).

После пропитки и последующей термообработки образцы имели значительный привес и сравнительно небольшое повышение объемного веса. Это указывает на то, что при пропитке происходит набухание древесины, а значит проникновение смеси и образование глифталя в микрокапиллярах клеточных стенок. Это явление служит, по-видимому, одной из главных причин весьма небольшого разбухания и сравнительно низкого водопоглощения пропитанной древесины.

Остановимся на анализе динамики разбухания и водопоглощения пропитанных и контрольных образцов, которые в течение 15 суток выдерживали в воде. Данные о процессе разбухания древесины в тангенциальном и радиальном направлениях были получены на приборе Ю. М. Иванова.

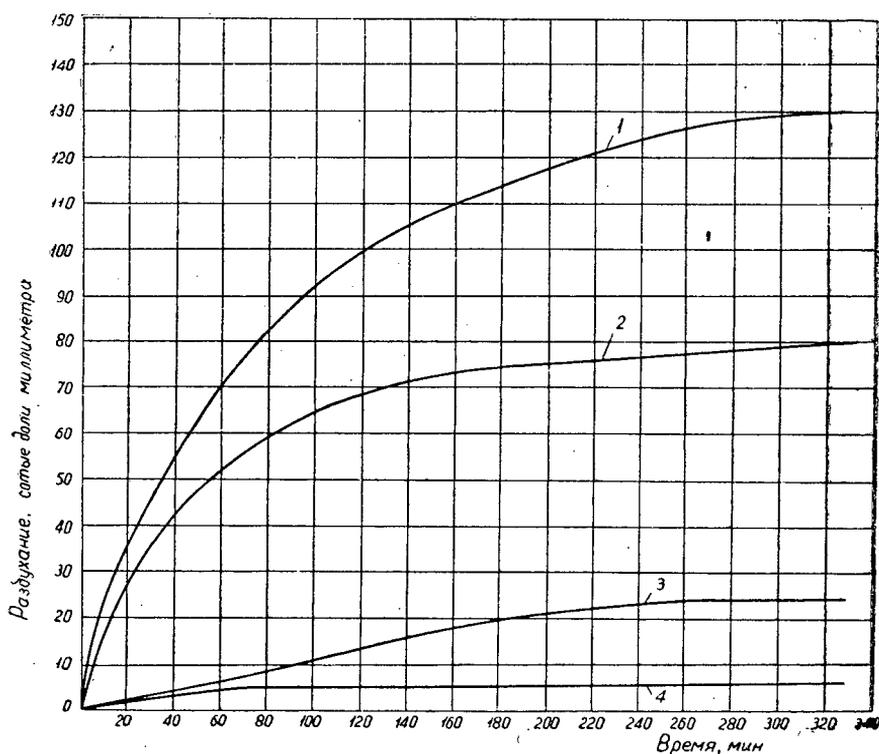


Рис. 7.

- 1, 2 — контрольные образцы ($P_{t_1} = 13,0\%$, $W_{abc} = 117,9\%$, $P_{t_2} = 8,6\%$; $W_{abc} = 118,2\%$);
 3, 4 — образцы, обработанные фталевым ангидридом с глицерином с последующим подогревом до 120° С в течение 7 суток ($P_{t_3} = 1,96\%$, $W_{abc} = 32,6\%$, $P_{t_4} = 0,72\%$; $W_{abc} = 30,7\%$).

Рис. 1 дает представление о динамике разбухания контрольных и пропитанных образцов березы при водопоглощении. (На всех рисунках P_t — разбухание тангенциальное, P_r — разбухание радиальное). Если контрольные образцы в течение всего опыта разбухали сильно и интенсивно, то пропитанные глифталем — сравнительно мало, причем разбухание последних образцов практически прекратилось после суток вымачивания, о чем говорят почти горизонтальные участки кривых.

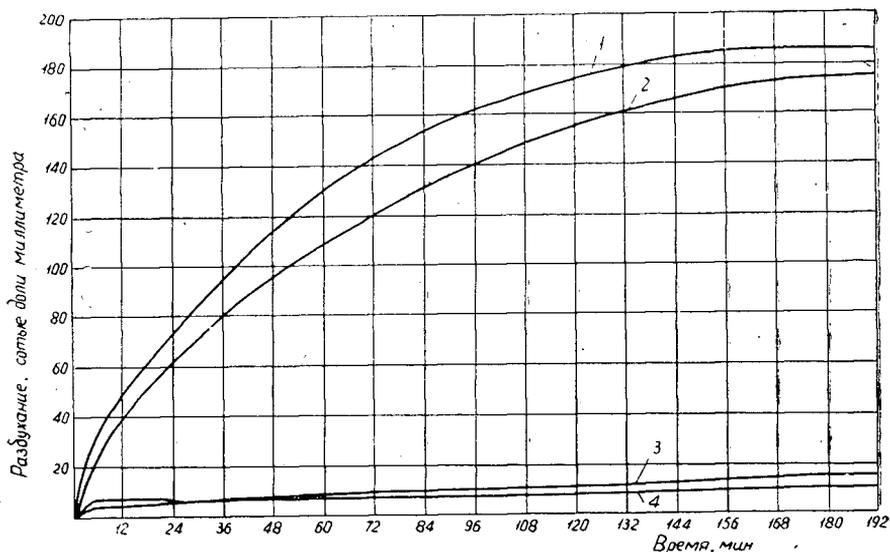


Рис. 2.

1, 2 — контрольные образцы ($P_{t_1} = 15,6\%$, $W = 63,5\%$, $P_{t_2} = 14\%$, $W = 59,2\%$); 3, 4 — образцы, обработанные фталевым ангидридом с глицерином с последующим подогревом до 120°C в течение 7 суток ($P_{t_3} = 1,6\%$, $W_{\text{абс}} = 0$, $P_{t_4} = 1,4\%$, $W_{\text{абс}} = 0$).

Аналогичные результаты были получены и при вымачивании пропитанных и контрольных образцов древесины граба (рис. 2) и заболони сосны (рис. 3) в течение суток, причем в опытах с образцами древесины заболони сосны наблюдалось очень быстрое, исчисляемое минутами, разбухание древесины контрольных образцов. Конечная влажность образцов древесины граба, пропитанных и выдержанных в воде, оказалась равной нулю (рис. 2).

По-видимому, примененный состав смеси неудачен, так как при указанном соотношении компонентов неоднократно наблюдался избыток глицерина. Вполне возможно, что избыточный глицерин, имеющий высокий объемный вес (1,26) и легко растворяющийся в воде, при вымачивании образцов заменялся водой. Это могло повлиять на точность показателей влажности древесины.

Параллельно с испытанием небольших образцов березы, граба и сосны были проведены опыты с образцами больших размеров ($2 \times 2 \times 3$ см). Их пропитку проводили по предыдущей методике. Результаты опытов с образцами березы показаны на рис. 4. Пропитанные глифталевой смесью образцы поглощают воду и разбухают значительно меньше контрольных. По существу динамика разбухания образцов небольших размеров (рис. 1) и больших (рис. 4) различается незначительно. Однако действие обработки глифталем в последнем случае оказалось не столь эффективным, что произошло в результате менее глубокой и ме-

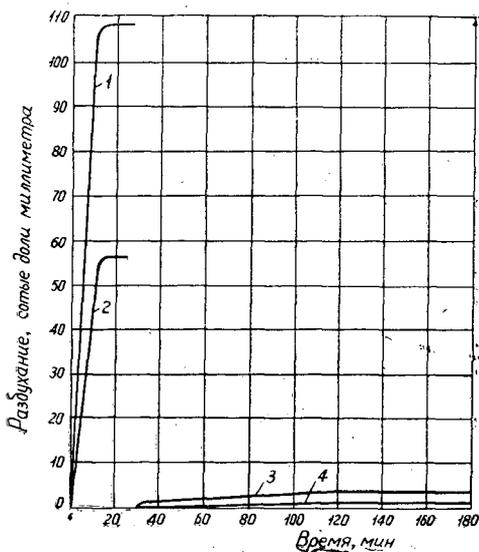


Рис. 3.

1, 2 — контрольные образцы ($P_{t_1} = 9,4\%$, $P_{r_2} = 4,4\%$;
3, 4 — образцы, обработанные фталевым ангидридом
с глицерином с последующим подогревом до 120°C
в течение 7 суток ($P_{t_3} = 0,56\%$, $P_{r_4} = 0,12\%$).

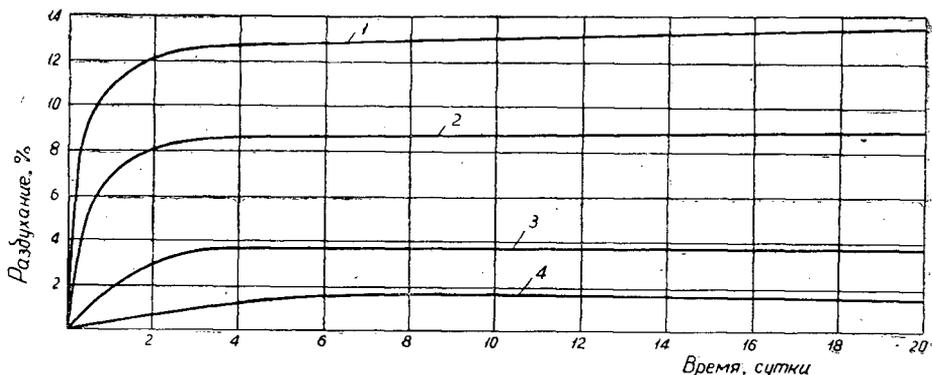


Рис. 4.

1, 2 — контрольные образцы ($P_{t_1} = 13,55\%$, $P_{r_2} = 8,37\%$, 3, 4) — образцы, обработанные
фталевым ангидридом с глицерином с последующим подогревом до 120°C в течение
7 суток ($P_{t_3} = 3,86\%$, $P_{r_4} = 1,21\%$).

нее полной пропитки древесины. Раскалывание образцов показало, что они пропитались с торцевой поверхности на 6—8 мм, а с тангенциальной и радиальной поверхностей на 2—3 мм. Однако и такая небольшая по глубине пропитка создала барьер, препятствующий водопоглощению, а значит и разбуханию древесины. Это наблюдение имеет большое принципиальное значение. По-видимому, для придания крупным деталям древесины практически стабильных форм и размеров вполне достаточно поверхностной обработки фталевыми смолами. Однако для окончательного решения этого вопроса необходимо поставить еще ряд опытов с крупными образцами и деталями промышленных размеров.

Мы провели также опыты по определению влагопоглощения и динамики разбухания контрольных и пропитанных образцов древесины.

березы при длительном их выдерживании на воздухе, насыщенном парами воды. Обработанные и контрольные образцы вместе с прибором Ю. М. Иванова помещали на 25 суток в эксикатор над водой. Образцы ($1,2 \times 1,2 \times 0,8$ см) пропитывали так же, как и при определении водопоглощения. Результаты этих опытов показаны на рис. 5.

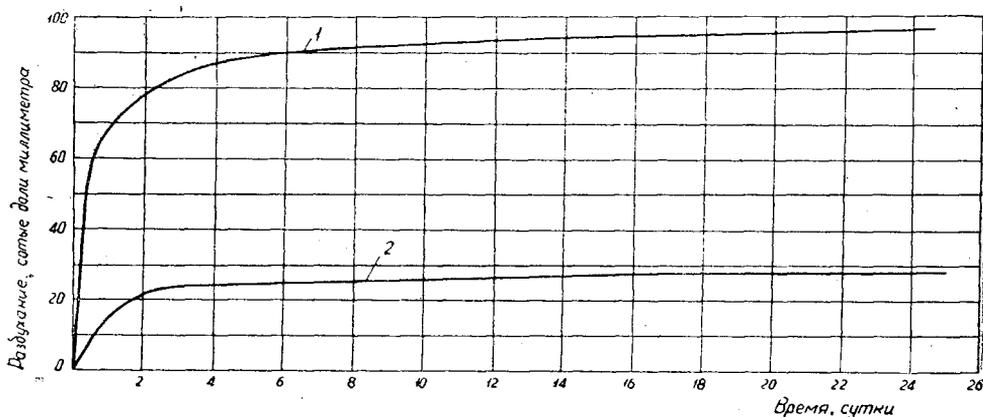


Рис. 5.

1 — контрольный образец ($P_{t_1} = 9,02\%$, $W_{абс} = 25,3\%$); 2 — образец, обработанный фталевым ангидридом с глицерином с последующим разогревом до 120°C в течение 7 суток ($P_{t_2} = 2,25\%$, $W_{абс} = 30,0\%$).

Пропитка древесины значительно уменьшила ее разбухание (в радиальном направлении в 7,5 раза, а в тангенциальном в 4 раза), хотя влагопоглощение древесины пропитанных образцов оказалось выше. Большая влажность древесины пропитанных образцов, по-видимому, вызвана избытком глицерина в смеси, который обладает способностью поглощать воду. При получении глифталя количество глицерина в смеси должно быть уменьшено. Помимо этого, для ускорения процесса отверждения в состав смеси следует вводить некоторое количество жирных кислот.

И все же несмотря на неудачный состав смеси, применявшейся для пропитки образцов, были получены положительные результаты. Разбухание в воде и над водой значительно уменьшилось, стабилизация формы и размеров образцов, пропитанных глифталевой смесью, а затем подвергнутых термической обработке, стала весьма высокой. Защитное действие глифталевых смол при пропитке ими древесины не вызывает сомнения, так как гидрофобность древесины значительно возрастает.

II серия опытов. Абсолютно сухие образцы граба и заболони сосны (размером $1,2 \times 1,2 \times 0,8$ см) пропитывали в течение 15 мин раствором глифталя в ацетоне (1/3 глифталя и 2/3 ацетона по объему) под небольшим вакуумом при комнатной температуре. Затем образцы высушивали в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре $100 \pm 5^\circ\text{C}$. В процессе сушки происходило испарение ацетона из древесины и постепенное затвердение смолы. После сушки определяли водопоглощение и разбухание древесины контрольных и пропитанных образцов с помощью прибора Ю. М. Иванова.

На рис. 6 дана динамика разбухания при водопоглощении в течение суток древесины граба, на рис. 7 — заболони сосны. Пропитка здоровой древесины глифталем, растворенным в ацетоне, оказалась менее эффективной. Вместе с ацетоном в древесину проникает лишь небольшое количество глифталя, который не заполняет полости клеток, слабо

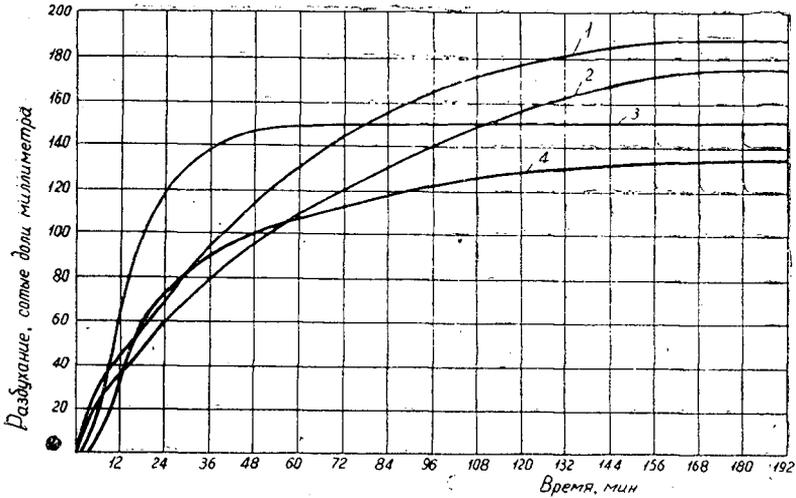


Рис. 6.

1, 2 — контрольные образцы ($P_{t_1} = 15,6\%$, $W_{абс} = 63,5\%$, $P_{t_2} = 14\%$, $W_{абс} = 59,2\%$);
 3, 4 — образцы, обработанные раствором глифталя в ацетоне ($P_{t_3} = 12,3\%$,
 $W_{абс} = 60,2\%$, $P_{t_4} = 11,0\%$, $W_{абс} = 54,3\%$).

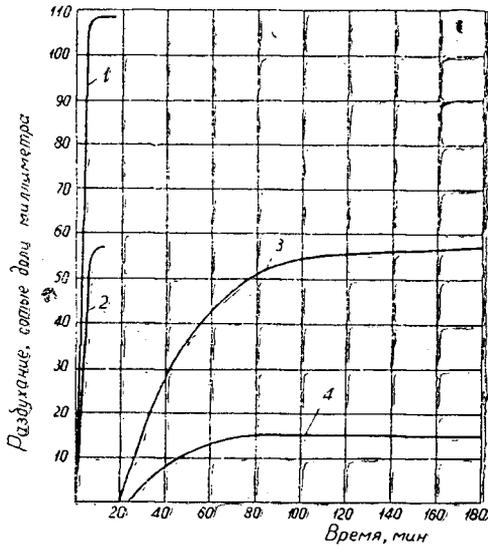


Рис. 7.

1, 2 — контрольные образцы ($P_{t_1} = 9,4\%$, $P_{r_2} = 4,4\%$);
 3, 4 — образцы, обработанные раствором глифталя
 в ацетоне ($P_{t_3} = 4,9\%$, $P_{r_4} = 1,4\%$).

проникает в микрокапилляры клеточных стенок и не создает барьера, препятствующего проникновению влаги в древесину. Влажность древесины образцов, пропитанных и контрольных, после семидневного вымачивания была очень высокой. Разбухание пропитанных образцов по сравнению с контрольными уменьшилось незначительно. Если контрольные образцы в воде разбухали в тангенциальном направлении на 9,4, а в радиальном на 4,4%, то пропитанные — соответственно на 4,9 и 1,4%, то есть в тангенциальном направлении разбухание уменьшилось в 2, а в

радиальном — в 3 раза. Однако это уменьшение незначительно в сравнении с образцами I серии. В последнем случае разбухание пропитанных образцов сравнительно с контрольными уменьшилось в тангенциальном направлении в 7—17 раз, а в радиальном в 10—30 раз.

Таким образом, хотя опыты с образцами I серии и дали нам весьма обнадеживающие результаты, все же ряд вопросов оказался невыясненным. Длительное нагревание образцов не дало нам уверенности в том, что процесс поликонденсации смолы в древесине достиг высокой степени. Не решено также, после скольких часов нагревания смеси и при каком ее кислотном числе следует вести пропитку. Последнее особенно важно не только для получения в пропитанной древесине высокой поликонденсации смолы и не только для глубокого проникновения смеси в микрокапилляры клеточных стенок, но и для создания химически стойких соединений глифталя с компонентами древесины.

При длительном нагревании смеси при температуре 180—200° С образуется высокомолекулярное соединение. По-видимому, это вещество, растворенное в ацетоне, не проникает в микрокапилляры клеточных стенок и не может войти в химическое соединение с компонентами древесины (см. опыты II серии). Обработывая древесину смесью фталевого ангидрида и глицерина и применяя в дальнейшем подогрет пропитанных образцов, мы стремились получить наибольший эффект стабилизации формы и размеров. Однако такая пропитка в последующем сильно затрудняла процесс образования глифталя в древесине, так как глифталевые смолы очень медленно и лишь при высоких температурах образуют прочные и водостойкие соединения. Поэтому для достижения нужного эффекта необходимо длительное термическое воздействие на пропитанную древесину, что очень усложняет технологию обработки. Однако последний процесс может быть значительно ускорен путем пропитки древесины смесью фталевого ангидрида и глицерина с добавкой некоторого количества жирных кислот, ускоряющих образование фталевых смол.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Е. Вихров. Стойкость древесины на примере деревянных находок из археологических раскопов. Журн. «Советская археология» № 3, 1959. [2]. Ю. М. Иванов, В. А. Баженов. Исследование физических свойств древесины. Изд-во АН СССР, 1959.

Поступила в редакцию
21 октября 1963 г.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАКЕТОВ ШПОНА ПРИ СКЛЕИВАНИИ В ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Б. И. АРТАМОНОВ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Электрические свойства пакета зависят от ряда факторов: частоты поля, температуры, влажности, объемного веса, структуры и т. д. Имеющиеся в литературе сведения по этому вопросу недостаточны и противоречивы, поэтому мы провели исследования (на куметре типа КВ-1 [1]) электрических свойств слоистой структуры, состоящей из периодически чередующихся слоев шпона и клея, в зависимости от частоты поля и температуры пакета (высокочастотное поле при этом направляли попеременно слоями). В качестве электрических параметров материала были приняты действительная составляющая комплексной диэлектрической проницаемости ϵ' (обычно называемая диэлектрической проницаемостью) и мнимая составляющая ϵ'' . Последнюю в электроизоляционной технике также называют коэффициентом потерь.

Образцы были изготовлены из березового шпона, не имеющего пороков и дефектов лущения. Влажность шпона $W_{\text{шп}}$ равнялась в наших экспериментах 4 и 8%. В качестве клея применяли смолу М-70 с добавлением 1% хлористого аммония. Количество клея в образце

$$K = \frac{G_{\text{кл}}}{V}, \quad (1)$$

где $G_{\text{кл}}$ — количество внесенного в образец жидкого клея, кг;
 V — объем образца, м³;

В экспериментах величина K составляла 50, 75 и 100 кг в пересчете на 1 м³ пакета.

Влияние частоты поля

Исследования были проведены в диапазоне частот от 1—27,5 мгц. Величина диэлектрической проницаемости выражается уравнением [1]

$$\epsilon' = \epsilon_{\text{м}} + \sum_i \frac{\Delta\epsilon_i}{1 + \omega^2\tau_i^2}, \quad (2)$$

где $\epsilon_{\text{м}}$ — мгновенная составляющая диэлектрической проницаемости;

$$\sum \frac{\Delta \epsilon_i}{1 + \omega^2 \tau_i^2} \text{ — релаксационная составляющая;}$$

$\omega = 2\pi f$ — угловая частота поля (f частота, мГц);

τ_i — время релаксации отдельных видов поляризации.

Пакет представляет сложную композицию, которую можно условно представить в виде совокупностей клеток древесины с полостями, заполненными влагой, клеем и воздухом. Для такого материала релаксационная составляющая диэлектрической проницаемости (в исследуемом диапазоне частот) обуславливается в основном структурной и дипольной поляризацией; причем последняя начинает значительно проявляться при частотах свыше 10 мГц. С увеличением величин $W_{шп}$ и K растет количество и объем включений из влаги и клея, что приводит к увеличению диэлектрической проницаемости, главным образом, за счет роста структурной поляризации (рис. 1). В соответствии с выражением (2) экспериментально установлено снижение диэлектрической проницаемости с увеличением частоты поля.

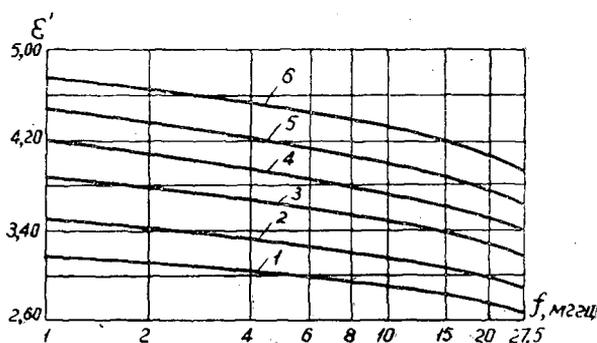


Рис. 1. Частотные характеристики ϵ' для пакета шпона при различных значениях $W_{шп}$ и K .

1 — $W_{шп}=4\%$, $K=50$; 2 — $W_{шп}=4\%$, $K=75$; 3 — $W_{шп}=4\%$, $K=100$; 4 — $W_{шп}=8\%$, $K=50$; 5 — $W_{шп}=8\%$, $K=75$; 6 — $W_{шп}=8\%$, $K=100$.

Зависимость коэффициента потерь от частоты выражается следующим уравнением [1]:

$$\epsilon'' = \frac{\sigma_0}{\omega \epsilon_0} + \sum_i \frac{\omega \tau_i \Delta \epsilon_i}{1 + \omega^2 \tau_i^2}, \tag{3}$$

где σ_0 — величина сквозной проводимости;

ϵ_0 — множитель пропорциональности, равный $8,86 \cdot 10^{-12}$ ф/м.

Первое слагаемое представляет потери в материале вследствие сквозной проводимости.

Второе выражает потери, вызываемые колебательным процессом поляризации (наибольшее значение этого слагаемого соответствует частоте релаксации для данного материала).

Зависимость ϵ'' от частоты представлена на рис. 2. Так же, как и для диэлектрической проницаемости, коэффициент потерь растет с увеличением $W_{шп}$ и K ; при этом увеличивается количество капилляров, по которым осуществляется сквозная проводимость между электродами, что приводит к дополнительному увеличению этого коэффициента.

Поскольку слагаемое $\frac{\sigma_0}{\omega \epsilon_0}$ растет с уменьшением частоты, то по мере

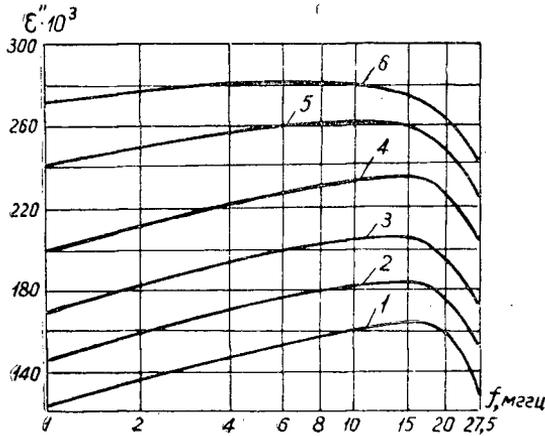


Рис. 2. Частотные характеристики ϵ'' для пакета шпона при различных значениях $W_{\text{шп}}$ и K

- 1 — $W_{\text{шп}}=4\%$, $K=50$; 2 — $W_{\text{шп}}=4\%$, $K=75$;
 3 — $W_{\text{шп}}=4\%$, $K=100$; 4 — $W_{\text{шп}}=8\%$, $K=50$;
 5 — $W_{\text{шп}}=8\%$, $K=75$; 6 — $W_{\text{шп}}=8\%$, $K=100$.

увеличения $W_{\text{шп}}$ и K максимум коэффициента потерь смещается в область низких частот.

Влияние температуры пакета

Одновременно с подъемом температуры в пакете происходит испарение влаги и отверждение клея, поэтому температурные характеристики отражают резульат совокупного воздействия этих процессов. При нагреве до 100°C влажность образцов уменьшалась на 1,5%. Измерение электрических свойств проводили после 35—55 сек нагрева.

Характер зависимостей электрических свойств пакетов от температуры [1] приближенно выражается уравнениями

$$\epsilon' = \epsilon_m + \sum_i \frac{\Delta\epsilon_i}{1 + \omega^2 A_i^2 \exp\left(\frac{2B_i}{T}\right)}; \quad (4)$$

$$\epsilon'' = \frac{A_0}{\omega\epsilon_0} \exp\left(-\frac{B_0}{T}\right) + \sum_i \frac{\Delta\epsilon_i \omega A_i \exp\left(\frac{B_i}{T}\right)}{1 + \omega^2 A_i^2 \exp\left(\frac{2B_i}{T}\right)}, \quad (5)$$

где A_0 , B_0 , A_i , B_i — постоянные коэффициенты;
 T — абсолютная температура, $^\circ\text{K}$.

Экспериментально полученные для ряда частот температурные характеристики даны на рис. 3 и 4. В соответствии с формулой (4) диэлектрическая проницаемость растет с подъемом температуры, что подтверждается кривыми, представленными на рис. 3. Повышение температуры свыше 70 — 80°C вызывает значительную потерю влажности и отверждение клея, вследствие чего происходит снижение величины диэлектрической проницаемости; последняя несколько снижается также вследствие уменьшения дипольной поляризации с ростом температуры пакета.

В отличие от ϵ' температурные характеристики коэффициента потерь могут значительно различаться между собой в зависимости от

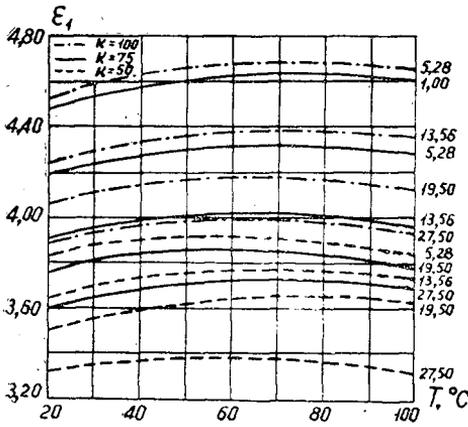


Рис. 3. Температурные характеристики ϵ' для пакета шпона при различных значениях K и f (значения частот в мГц представлены на правой стороне графика)

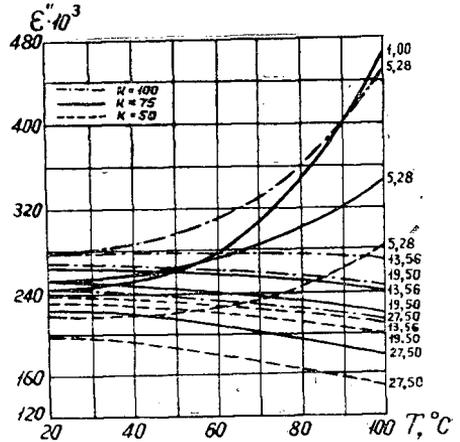


Рис. 4. Температурные характеристики ϵ'' для пакета шпона при различных значениях K и f .

структуры пакета и частоты (рис. 4). Во всех случаях потеря влаги и отверждение клея снижают величину ϵ'' . Как следует из формулы (5), с подъемом температуры первое слагаемое увеличивается, а второе уменьшается. При частотах, имеющих значения более 13,5 мГц, преобладают потери колебательного процесса поляризации, что вызывает уменьшение ϵ'' в процессе нагрева. По мере снижения частоты колебаний и увеличения K все более возрастает доля потерь, вызываемая сквозной проводимостью.

При расчете изучаемых процессов необходимо знать температурные характеристики отношения коэффициента потерь ϵ'' к его начальному значению ϵ''_0 .

Такие характеристики, построенные на основании графиков из рис. 4, даны на рис. 5.

Результаты исследований электрических свойств пакетов шпона могут быть использованы для выбора рационального режима термообработки, а также при проектировании высокочастотных генераторов для склеивания слоистой древесины.

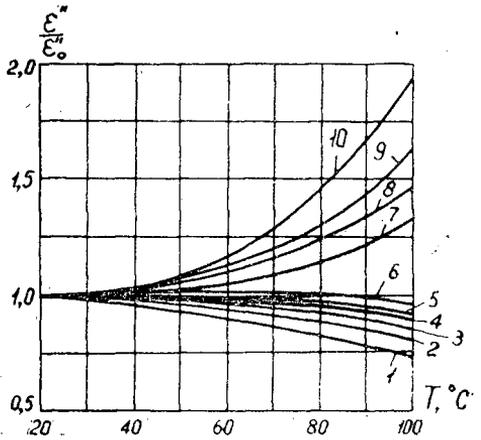


Рис. 5. Температурные характеристики относительной величины ϵ'' для пакета шпона при различных значениях K и f .
 1 — $f=27,5$, $K=50$; 2 — $f=27,5$, $K=75$; 3 — $f=27,5$, $K=100$; 4 — $f=19,5$, $K=50$; 5 — $f=19,5$, $K=75$; 6 — $f=19,5$, $K=100$; 7 — $f=13,56$, $K=50$; 8 — $f=13,56$, $K=75$; 9 — $f=13,56$, $K=100$; 10 — $f=5,28$, $K=50$; 11 — $f=5,28$, $K=75$; 12 — $f=5,28$, $K=100$; 13 — $f=1,00$, $K=50$; 14 — $f=1,00$, $K=75$; 15 — $f=1,00$, $K=100$.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. В. Нетушил и др. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников. Госэнергоиздат, 1959. [2]. А. В. Нетушил, В. Н. Кудин. Инструкция к куметру КВ-1 для измерения электрических свойств диэлектриков и полупроводников. Изд-во МЭИ, 1962.

Поступила в редакцию 21 декабря 1963 г.

К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГАЗА ЭНЕРГОХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК *

А. И. ЕГОРОВ

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

А. Н. ВЕТРОВА

Инженер

(Колэнерго)

Одним из направлений полного использования отходов заготавливаемой древесины является широкое внедрение энергохимических установок. Анализируя различные схемы энергохимического использования древесных отходов, М. С. Зарецкий и С. И. Головкин [1] на основе сопоставления числовых данных приходят к бесспорному выводу о большей перспективности установок прямой газификации. Последние (схемы ЦНИЛХИ-ЦНИИМЭ у В. А. Лямина) обеспечивают больший выход генераторного газа, суммарной смолы и уксуснокальциевого порошка по сравнению с топкой-генератором В. В. Померанцева.

В установке ЦНИЛХИ-ЦНИИМЭ предусмотрено использование генераторного газа после сложной и тонкой очистки в тихоходных специально реконструированных для этих целей двигателях внутреннего сгорания 6ГГЧ-36/45 (модификация тихоходного дизеля 6Ч-36/45). Переделка камеры сжатия и топливной аппаратуры дизелей 6Ч-36/45, создание специальных устройств для тонкой очистки газа затрудняют широкое использование этих установок.

Энергохимическая установка по схеме В. А. Лямина и Д. В. Тищенко имеет более простые по устройству аппараты.

Направление по использованию в газовых турбинах генераторного газа от установок энергохимического комплекса, предложенное П. Н. Романенко [6], бесспорно, является одним из наиболее прогрессивных и многообещающих; осуществление этой идеи зависит от создания нашей промышленностью высокоэкономичных малых газотурбинных установок.

В этом семилетии с постройкой железной дороги Архангельск—Карпогоры—Лешуконское и моста через реку Северную Двину в районе Архангельска будут созданы необходимые условия для широкого освоения лесов в бассейнах рек Пинеги, Мезени и Вашки [5]; леса Мезенского бассейна получат тяготение к Архангельскому узлу и станут его дополнительной сырьевой базой по снабжению пиловочником. Вся

* В порядке постановки вопроса.

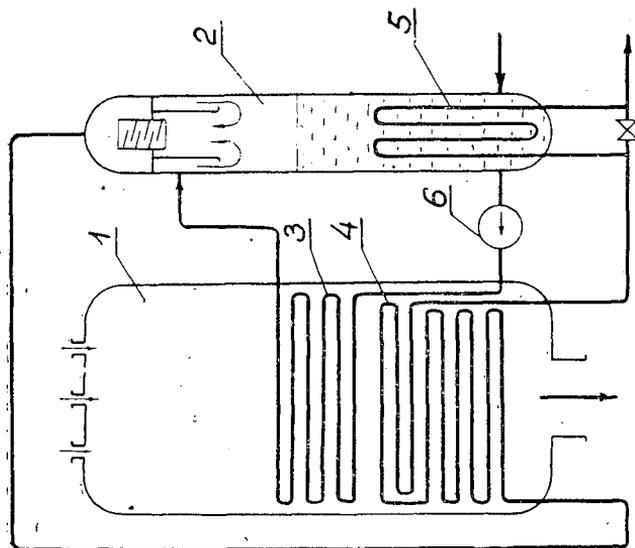


Рис. 2. Схема парогенератора ВПП-50.

1 — корпус ВПП; 2 — сепаратор; 3 — конвективный пучок; 4 — пароперегреватель; 5 — пароохладитель; 6 — циркуляционный насос.

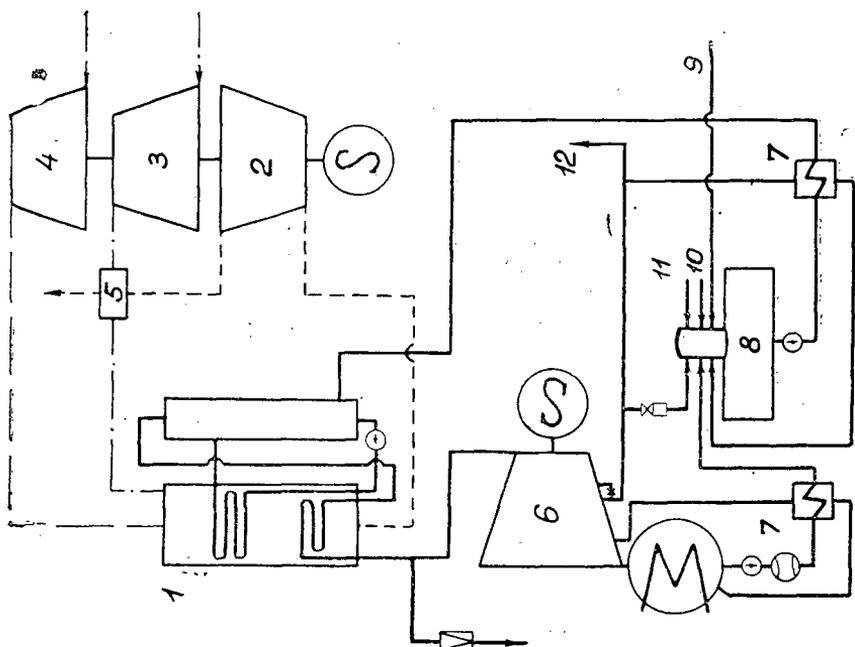


Рис. 1. Тепловая схема парогазового блока.

— магистраль пароводяного тракта; — — магистраль генератора газа; - - - — воздушные магистрали; — — магистраль продуктов сгорания; 1 — высоконапорный парогенератор; 2 — газовая турбина; 3 — воздушный компрессор; 4 — газовый компрессор; 5 — регенератор; 6 — паровая турбина; 7 — подогреватель питательной воды; 8 — деаэрактор; 9 — конденсат с производств; 10 — вода от блока химдочистки; 11 — пар из расширителя продувки; 12 — пар на производство.

заготавливаемая здесь древесина подлежит отправке в Архангельск для переработки ее на лесопильных, целлюлозно-бумажных и других предприятиях.

Концентрация древесных отходов в большом количестве позволит создать мощный комплекс их энергохимического использования. В состав таких комплексов (по схеме В. А. Лямина и Д. В. Тищенко) могут быть введены лесохимические цехи для полной и окончательной переработки полученных в установке химических полуфабрикатов (суммарной смолы и пр.).

Большой объем лесозаготовительных работ в зоне железной дороги Архангельск—Карпогоры даст возможность сооружения в районе Карпогор энергохимического комплекса для переработки в год более 250 тыс. пл. м³ лесосечных отходов и другой низкосортной древесины и выдачи суммарной кислотой смолы (77%) около 27 тыс. Т, уксусно-кальциевого порошка (67%) более 3,6 тыс. Т, и генераторного газа ($Q_p^H = 1330 \frac{\text{ккал}}{\text{н.м}^3}$) более 170 млн. нормальных кубометров*.

Известно, что сжигание низкокалорийного газа в топках котлов затруднено, так как к. п. д. нетто котла резко падает за счет значительных потерь с уходящими газами и увеличенного расхода на тягодутьевую установку. Один из путей устранения этих недостатков — сжигание газа под давлением в высоконапорных парогенераторах ЦКТИ и использование его в энергохимическом комплексе парогазовой установки.

В случае сжигания газа в парогазовой установке достигается следующий эффект по сравнению с паросиловой установкой (при одинаковых параметрах): значительно повышаются эффективный к. п. д. и к. п. д. нетто установки; уменьшаются суммарные металлоложения в тепломеханическое оборудование примерно на 20% [4]; уменьшаются поверхности нагрева по энергоустановке в целом и ее габариты; обеспечивается экономия топлива на 13—15% [3]; снижается удельный объем здания в два раза [4].

Расчетами установлено, что при одинаковых условиях экономия затрат на топливо в случае сжигания в парогазовой установке низкокалорийного газа, по сравнению с работой на мазуте, составит около 48 тыс. руб. в год; к. п. д. более высокий (36 ÷ 37) по сравнению с к. п. д. в дизельной установке по схеме ЦНИЛХИ-ЦНИИМЭ (23 ÷ 24%) [1].

Полученные в районе железной дороги и сконцентрированные в Карпогорах отходы могут обеспечить паропроизводительность энергохимической установки (по газу) до 18000 нм³/час. Для покрытия электрических и тепловых потребностей железной дороги и развивающейся промышленности указанного района при лесоперевалочной базе в Карпогорах необходимо сооружение электростанции ориентировочной мощностью 30 ÷ 32 мвт.

В качестве основного вида топлива для нее можно рекомендовать мазут, а тепловую схему станции проводить по более экономичному парогазовому циклу. В одном из блоков парогазовой станции может быть использован низкокалорийный газ от энергохимической установки.

Нами осуществлен подробный расчет тепловой схемы блока (рис. 1) и основных ее узлов.

* По данным Р. М. Каминской и др. [2] $Q_p^H = 1500 \frac{\text{ккал}}{\text{н.м}^3}$.

Таблица 1

Показатели	Размерность	Величина
Номинальная мощность блока	<i>мвт</i>	5,8
Годовой расход условного топлива	T усл. топл. год	41
Число часов использования установленной электрической мощности	$\frac{\text{час}}{\text{год}}$	7920*
Отпуск энергии:	10^6 квт. ч.	43,785
а) электрической	год	
б) тепловой	10^3 Гкал. год	141
Удельный расход условного топлива на отпущенную энергию:	$\frac{\text{кг}}{\text{квт. ч.}}$	0,345
а) электрическую	$\frac{\text{кг}}{\text{Гкал}}$	183,5
б) тепловую	%	4,5
Удельный расход электроэнергии на собственные нужды	%	98
К. п. д. теплового потока	%	37,3
К. п. д. блока по выработке электроэнергии:	%	35,6
а) брутто	руб. T усл. т	16,38**
б) нетто	$\frac{\text{коп.}}{\text{квт. ч}}$	0,753
Стоимость тонны условного топлива	руб. Гкал	4
Себестоимость отпущенной энергии		
а) электрической		
б) тепловой		

Расчетные технико-экономические показатели парогазового блока приведены в табл. 1.

В блоке используется стандартное, выпускаемое нашей промышленностью, основное оборудование: высоконапорный парогенератор ВПГ-50 системы ЦКТИ и БелКЗ (рис. 2), газотурбинная установка ГТ-700-1,5 и паровая турбина П-4-35/5. Два других блока предлагается сделать одинаковыми, состоящими из парогенератора ПВГ-50, газотурбинной установки ГТ-700-1,5, конденсационной турбины К-12 и другого оборудования ***.

Восполнение потерь конденсата пара, подаваемого на технологические нужды энергохимической установки, осуществляется химически очищенной водой от катионитовых установок.

В табл. 2 приведены расчетные технико-экономические показатели парогенератора ВПГ-50.

* Принято равным числу часов рабочих энергохимической установки.

** Стоимость газа — $0,3 \frac{\text{коп}}{\text{нм}^3}$; стоимость мазута — $23 \frac{\text{руб}}{\text{т}}$.

*** Предлагаемая схема станции обеспечивает надежное энергоснабжение района в условиях изолированной работы.

Таблица 2

Показатели	Размерность	Величина
Производительность ВПГ (при температуре холодного воздуха, равной -6°C)	$\frac{T}{\text{час}}$	42
Давление пара за паровой задвижкой	ата	40
Температура перегретого пара	$^{\circ}\text{C}$	440
Давление в сепараторе	ата	45
Расход газообразного топлива	$\text{нм}^3/\text{час}$	18000
Теплотворная способность газообразного топлива на сухую массу	$\frac{\text{ккал}}{\text{нм}^3}$	1330
Расход мазута	$\frac{\text{кг}}{\text{час}}$	1336*
Теплотворная способность мазута	$\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$	9170
Давление газа перед газовыми горелками	ата	3,7
Давление воздуха за воздушным компрессором	ата	3,7
Давление дымовых газов перед газовой турбиной	ата	3,5
Объем камеры сгорания	м^3	6,48
Теплонапряжение объема камеры сгорания	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{ час}}$	$5,58 \cdot 10^6$
Поверхность нагрева конвективного пучка	м^2	83,4
Поверхность нагрева пароперегревателя	м^2	60,5
К. п. д. высоконапорного парогенератора	%	79,45
Температура дымовых газов перед газовой турбиной	$^{\circ}\text{C}$	702
Температура питательной воды	$^{\circ}\text{C}$	147

* Мазут используют как дополнительное топливо при нехватке газа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. С. Зарецкий, С. И. Головков. Выбор оптимальной схемы энергетического использования древесных отходов. Труды ЦНИИМЭ, XXVII, 1961. [2]. Р. М. Каминская, Н. В. Сухановский, Е. Н. Паршевичева. Бюллетень технико-экономической информации № 2. Архангельский совнархоз, 1962. [3]. П. П. Каплан. Теплоэнергетика № 5, 1961. [4]. М. И. Корнеев. Теплоэнергетика № 9, 1961. [5]. Н. А. Моисеев, С. К. Лебедев. Очередные вопросы лесопользования. Архангельск, 1960. [6]. П. Н. Романенко. Газотурбинные установки для электростанций лесозаготовительных предприятий. Труды ЦНИИМЭ, XXVII, 1961.

Поступила в редакцию
1 июля 1963 г.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ НЕКОТОРЫХ ФОРМ БЕРЕЗЫ ПРИПЫШМИНСКИХ БОРОВ ЛЕСОСТЕПНОГО ЗАУРАЛЬЯ *

А. К. МАХНЕВ

Аспирант

(Уральский лесотехнический институт)

Береза — одна из главных лесообразующих древесных пород в Припышминских борах (особенно в их западной части). Она представлена двумя совместно произрастающими видами — березой бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) и пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), а также их естественными гибридами.

В период 1961—63 гг. на постоянных и временных пробных площадях, заложенных в насаждениях различных типов леса и различных классов возраста, выделено 9 форм березы. Основным признаком для выделения формы служило строение коры, кроме того, учитывали быстроту роста, форму ствола, кроны, листьев и т. д. Выделенным формам присвоено название в соответствии со строением коры. Найден также естественный гибрид между этими березами, который назван малотрещиноватый. Некоторые из перечисленных форм березы для европейской части СССР описаны П. Н. Мегалинским [9] и Н. Б. Гроздовой [3]; наличие их на Среднем Урале отмечено Н. А. Коноваловым [8].

Выделенные формы березы произрастают совместно в разных соотношениях в зависимости от условий местопроизрастания. На бедных почвах по повышенным местоположениям преобладают формы березы бородавчатой (особенно грубокорая и серотрещиноватая); на влажных суглинистых почвах с застойным увлажнением — формы березы пушистой (шероховатокорая и волнистокорая); на почвах высших бонитетов — формы березы бородавчатой (ромбовиднотрещиноватая и слоистокорая), пушистой (белокорая) и гибридной (малотрещиноватая).

Пробная площадь, на которой взяты модельные деревья (с целью изготовления образцов для исследований физико-механических свойств древесины), находится в 75 квартале Пышминского лесничества Камышловского лесотранхоза. Она имеет следующую характеристику: площадь 0,64 га; состав насаждения ЭБ1С, средний возраст 64 года; средняя высота березы 23,3 м; средний диаметр 20 см; число деревьев на 1 га 920 штук; запас 304 м³ на 1 га; полнота 0,8; класс бонитета 1а; происхождение насаждения смешанное. Подлесок состоит из рябины,

* Работа проведена при консультации проф. В. Н. Петри и участии других сотрудников.

черемухи, смородины черной. Подрост — сосна обыкновенная (до 1 тыс. штук на 1 га), состояние его неудовлетворительное. Основные представители живого напочвенного покрова — вейник лесной, сныть обыкновенная, клевер красный, седьмичник, земляника, костяника, мышиный горошек.

Место нахождения пробы слабовозвышенное, экспозиция южная, уклон 4°. Микрорельеф выражен слабо. Следы хозяйственной деятельности человека не заметны. Общее название почвы — свежая темная легкосуглинистая слабоподзолистая на глине. Почвенный разрез следующий:

A ₀	0—3	см	лесная подстилка из листьев, трав, разложившихся веточек, рыхлая, темно-коричневого цвета.
A ₁	3—20	»	чернобурый легкий свежий суглинок с непрочной зернистой структурой.
A ₂	20—28	»	свежий темноватосерый средний суглинок.
B	28—40	»	свежий сероватокоричневый плотный средний суглинок.
C	40	»	материнская порода — глина.

Для испытаний физико-механических свойств древесины различных форм березы взято 54 модельных дерева, в среднем по 6 деревьев от каждой формы. Выбор деревьев производили в строгом соответствии с ОСТом НК Леса 196.

Образцы изготовлены из односторонних краёв, выпиленных у всех модельных деревьев на высоте 1,3 м от корневой шейки. Разделку краёв, изготовление образцов и физико-механические испытания проводили в соответствии с ГОСТом 6336-52.

Объемный вес березы сильно изменяется в пределах дерева, увеличиваясь от сердцевины к коре (по данным Л. М. Перельгина [11] это увеличение достигает 15—20%); поэтому в целях получения сравнимых результатов образцы для определения объемного веса брали только из периферической части.

Бруски и рейки перед изготовлением из них образцов высушивали до постоянного веса (при комнатной температуре). Количество образцов по отдельным видам испытаний рассчитывали таким образом, чтобы обеспечить точность опытов в пределах $\pm 5\%$.

В процессе работы определены показатели основных физико-механических свойств древесины каждой формы.

Все они пересчитаны на 15%-ную влажность, так как в сильной мере зависят от влажности древесины в момент испытаний. Уровень влажности древесины у всех форм березы находился в пределах 7—22%. Л. М. Перельгин [11] отмечает, что при такой влажности формула, применяемая для приведения результатов испытаний к одинаковой влажности 15%, дает наименьшую погрешность.

При статистической обработке результатов испытаний, произведенной по методике Н. Л. Леонтьева [7], вычислены следующие величины: M — средняя арифметическая величина; δ — среднее квадратическое отклонение; m — средняя ошибка; V — коэффициент изменчивости, %; P — точность опыта, %. В табл. 1 приведены результаты статистической обработки показателей физико-механических свойств древесины березы Припышминских боров, краткая характеристика которых дана ниже.

Объемный вес. У всех форм березы бородавчатой объемный вес различен — наибольший 0,74 Г/см³ для грубокорой, а наименьший 0,68 Г/см³ для серотрещиноватой. Существенность различия между смежными формами, расположенными в порядке уменьшения объемного веса, близка к достоверной, а между крайними формами достоверна. Наименьший объемный вес имеет береза пушистая волнистокорой фор-

мы; различие между этой формой и остальными достоверно. Остальные формы практически не отличаются по объемному весу. Объемный вес у березы бородавчатой выше, чем у березы пушистой. Существенность различия достоверна.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон. Л. М. Перелыгин [11] и другие авторы показывают, что существует зависимость между объемным весом и сопротивлением сжатию вдоль волокон: чем выше объемный вес, тем больше сопротивление сжатию. Подобную же зависимость обнаружили и мы. Грубокорая форма березы бородавчатой и белокорая пушистой с наибольшим объемным весом имеют более высокие показатели сопротивления при сжатии вдоль волокон; серотрещиноватая и волнистокожая формы с наименьшим объемным весом имеют самое низкое сопротивление сжатию. У березы бородавчатой, имеющей более высокий объемный вес по сравнению с пушистой, сопротивление сжатию ниже, что можно объяснить лишь природными особенностями каждого вида; наибольшее сопротивление сжатию вдоль волокон наблюдается у гибридной малотрещиноватой формы.

Различие в показателях сжатию вдоль волокон между крайними формами, расположенными в порядке уменьшения объемного веса, у березы бородавчатой близко к достоверному, а у пушистой достоверно.

Предел прочности при статическом изгибе по тангентальной плоскости. В пределах одного вида у разных форм наблюдается закономерное уменьшение показателей сопротивления статическому изгибу с уменьшением объемного веса. Различие между крайними формами достоверно. Наиболее высокие показатели сопротивления при статическом изгибе у форм березы пушистой (за исключением волнистокожей).

Предел прочности при скалывании вдоль волокон в тангентальной плоскости. Зависимость между объемным весом и сопротивлением скалыванию вдоль волокон незначительная. Наибольшие показатели сопротивления скалыванию у грубокорой и серотрещиноватой форм березы бородавчатой и шероховатокорой формы березы пушистой. Деревья этих форм отличаются неровными, шероховатыми, слабоочищенными от мертвых сучьев, нередко искривленными стволами; напротив, ромбовиднотрещиноватая, слоистокожая, белокорая и малотрещиноватая формы, деревья которых лучше очищены от сучьев, с ровными гладкокорыми стволами имеют более низкое сопротивление скалыванию. Исключение представляет волнистокожая форма, имеющая самые низкие показатели при всех видах испытаний.

Число годовичных слоев в одном сантиметре определяли на поперечном срезе на высоте 1,3 м от корневой шейки. У ромбовиднотрещиноватой и слоистокожей форм березы бородавчатой наблюдается наибольший средний прирост по диаметру и соответственно наименьшее число годовичных слоев в одном сантиметре; медленно растущие по диаметру шероховатокорая и волнистокожая формы имеют наибольшее число годовичных слоев в одном сантиметре.

Зависимость между числом годовичных слоев в одном сантиметре и объемным весом не наблюдается, однако, у форм, имеющих большее число годовичных слоев в одном сантиметре, сопротивление скалыванию по тангентальной плоскости выше.

Таким образом, результаты испытаний физико-механических свойств древесины некоторых форм березы, отличающихся строением коры, позволяют утверждать, что характер строения коры может служить вполне определенным показателем качества древесины.

Подобные же результаты получились у Н. Б. Гроздовой [4], которая испытывала физико-механические свойства древесины березы бородавчатой (табл. 2).

Таблица 2

Формы березы бородавчатой (по Н. Б. Гроздовой)	Объёмный вес, $Г/см^3$	Сопротивление ($кг/см^2$) при 15%-ной влажности		Сопротивление тангенталь- ности удар- ному изгибу, $кг/см^2$	Тангенальная ударная твёрдость, $\frac{Гмм}{мм^2}$
		сжатия вдоль волокон	скалыванию по тангентальной плоскости		
Неяснотрещиноватая . . .	0,78	598	140	0,61	1616
Груботрещиноватая . . .	0,71	454	130	0,75	1435
Ромбовиднотрещиноватая	0,70	521	111	0,42	1439
Слоистокорая	0,69	495	114	0,32	1304

В. С. Ильин [5], также исследовавший физико-механические свойства древесины разных форм березы (которые различаются по коре), определенной разницы между ними не обнаружил; это видно из его данных (табл. 3).

Таблица 3

Формы березы бородавчатой и пушистой (по В. С. Ильину)	Объёмный вес, $Г/см^3$	Сопротивление ($кг/см^2$)			Торцовая твёрдость, $кг/см^2$
		сжатия вдоль волокон	скалыванию по радиальной плоскости	статиче- скому изгибу	
Грубокорая	0,65	510	94	870	470
Белокорая	0,66	514	88	890	463
Серококая	0,67	518	89	835	473
Желтококая	0,67	510	88	850	471

Примечание. Формы березы взяты без учета видовой принадлежности.

В табл. 1 приведены показатели физико-механических свойств древесины для двух типов грубокорой формы.

Первый — сбежистые, сильного роста деревья с толстой грубой коркой, сильно растрескивающейся; трещины поднимаются высоко в крону, края их неровные, окраска темно-коричневая. Деревья этого типа встречаются в низкополнотных насаждениях и на открытых местах. Второй тип — несбежистые, замедленного роста деревья, грубая корка только в комлевой части, края трещин ровные, фон окраски их темно-серый; встречается в средне- и высокополнотных насаждениях. Показатели физико-механических свойств древесины у груботрещиноватых берез первого типа значительно ниже, чем у грубокорых берез второго типа.

Следовательно, как усиленный прирост по диаметру (груботрещиноватая форма первого типа), так и очень замедленный (волнистокорая форма) отрицательно сказываются на физико-механических свойствах древесины.

При сравнении показателей физико-механических свойств древесины разных видов видим, что качество древесины березы пушистой по основным физико-механическим свойствам выше, чем бородавчатой; различие между ними достоверно. Однако, в процентном отношении эта разница невелика: для объемного веса — 5,7%, для предела прочности при сжатии вдоль волокон — 2,7%, для предела прочности при статическом изгибе в тангентальной плоскости — 2,5%.

Таблица 4

Древесина	Объемный вес, $Г/см^3$	Предел прочности при сжатии вдоль волокон, $кг/см^2$	Предел прочности при статическом изгибе в тангентальной плоскости, $кг/см^2$	Предел прочности при скалывании вдоль волокон в тангентальной плоскости, $кг/см^2$
Береза Припышминских боров	0,68	484	1031	108
" из других районов СССР	0,68	603	1124	133
	$\frac{0,57}{}$	$\frac{384}{}$	$\frac{624}{}$	$\frac{71}{}$

Примечание. В числителе даны наибольшие показатели, в знаменателе — наименьшие.

В целом древесина березы Припышминских боров обладает высокими физико-механическими свойствами. Этот вывод можно сделать при сравнении данных по физико-механическим свойствам березы Припышминских боров с данными по березе из других районов СССР (цифры взяты из работ С. И. Ванина и др. [1], В. С. Ильина [6] и Л. М. Перельгина [11] и приведены в табл. 4).

Выводы

1. В Припышминских борах лесостепного Зауралья распространены четыре формы березы бородавчатой, которые располагаются в общем ряду в следующем порядке по мере улучшения физико-механических свойств древесины: серотрещиноватая, слоистокорая, ромбовиднотрещиноватая, грубокорая — и четыре формы березы пушистой, расположенные в следующем порядке: волнистокорая, желтокорая, шероховатокорая, белокорая.

2. Различие между березой пушистой и бородавчатой по основным физико-механическим свойствам достоверно, но в процентном отношении разница между ними незначительна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. Ванин, Л. А. Баженова, Н. Г. Прикот. Таблицы физических и механических свойств древесины древесных пород СССР. Гослестехиздат, 1934. [2]. ГОСТ 6336-52. Методы физико-механических испытаний древесины. Стандартгиз, 1952. [3]. Н. Б. Гроздова. Пособие для таксаторов, лесоводов и студентов при определении различных форм березы в смешанных лесах лесной зоны европейской части СССР. Брянск, 1957. [4]. Н. Б. Гроздова. Формовое разнообразие березы бородавчатой и пушистой в центральной полосе европейской части СССР. Диссертация, М., 1960. [5]. В. С. Ильин. Строение и физико-механические свойства древесины разных форм березы. Диссертация, Л., 1954. [6]. В. С. Ильин. Физико-механические свойства древесины березы из Карельской АССР. Труды Брянского технологического института, т. IX, 1960. [7]. Н. Л. Леонтьев. Статистическая обработка результатов наблюдений. Гослесбумиздат, 1952. [8]. Н. А. Коновалов. Селекция быстрорастущих пород на Среднем Урале. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1963. [9]. П. Н. Мегалинский. Выращивание фанерной березы. Диссертация, Л., 1950. [10]. ОСТ НК Леса 196. Методы выбора модельных деревьев для исследования физико-механических свойств древесины насаждений. Стандартгиз, 1937. [11]. Л. М. Перельгин. Древесиноведение. Госиздат «Советская наука», М., 1957.

Поступила в редакцию
6 декабря 1963 г.

ВЛАЖНОСТЬ ЗАБОЛОННОЙ И ЯДРОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ ТОПОЛЕЙ

Г. И. РЕДЬКО

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Полесская АЛОС)

Для рационального использования сушки и хранения древесины тополей, защиты от грибов и вредителей необходимо знать ее физико-механические и химические свойства. Одним из таких свойств является влажность. До недавнего времени [2] влажности древесины лиственных и хвойных пород считали равными. Исследованиями установлена [1] недопустимость этого.

В течение 1961—62 гг. мы изучали влажность заболонной и ядровой древесины трех разновидностей евроамериканского (канадского) и четырех других видов тополей в различных насаждениях по типам условий местопроизрастания [4] и по возрасту, а также распределение влажности по высоте ствола. Образцы древесины были взяты со средних модельных деревьев (в трехкратной повторности) на высоте всех нечетных метров отдельно с заболонной и ядровой частей. Первоначальный вес образцов (10—35 г) определяли непосредственно в лесу после вырубания их из кружков модели (с точностью 0,01 г). В лабораторных условиях образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре $100 \pm 5^\circ \text{C}$ до постоянного веса, устанавливаемого контрольными взвешиваниями. Абсолютную влажность древесины определяли весовым методом с расчетом на абс. сухой вес [3].

Исследования проведены в семи лесхозагах Полесья и лесостепи Украинской ССР: Черниговском, Бориспольском, Нежинском, Конопотском, Роменском, Лебединском и Полтавском. Всего срублено 57 модельных деревьев, произведено 1392 определения влажности древесины. Результаты исследований обработаны методом вариационной статистики и представлены в таблицах.

В табл. 1 даны значения влажности заболонной и ядровой древесины различных видов тополей (в % к абс. сухому весу). Как видно из таблицы, влажность заболонной древесины всех видов тополей находится в пределах 64—86%. Влажность ядровой древесины в 1,5—2,7 раза превышает влажность заболонной и колеблется в пределах 107—199%.

Естественно, что влажность древесины тесно связана с ее клеточным строением, размерами сосудов, физико-механическими свойствами древесины и пр. По-видимому, бальзамический тополь, имеющий наибольшую влажность древесины, больше других видов повреждается сердцевинной гнилью, подвергается нападению стеклянниц, усачей и других вредителей.

Таблица 1

Разновидность или вид тополя	Заболонь				Ядро			
	<i>M</i>	$\pm m$	<i>P</i>	<i>v</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>P</i>	<i>v</i>
<i>P. marilandica</i> R.	64	$\pm 0,6$	1	18	156	$\pm 1,7$	1	22
<i>P. serotina</i> H.	73	$\pm 1,0$	1	9	199	$\pm 2,6$	1	7
<i>P. robusta</i> Sch.	71	$\pm 2,2$	3	19	140	$\pm 3,4$	2	13
Бальзамический	86	$\pm 2,4$	3	16	184	$\pm 4,5$	2	10
Китайский	66	$\pm 1,3$	2	10	153	$\pm 2,0$	1	7
Осокорь	68	$\pm 2,1$	3	20	163	$\pm 4,2$	3	15
Белый	81	$\pm 1,9$	2	17	107	$\pm 5,0$	5	30

Примечание. *M* — среднее арифметическое влажности; *m* — средняя ошибка; *P* — показатель точности; *v* — коэффициент вариации.

В табл. 2 представлены данные влажности древесины *Populus marilandica* R. в различных условиях местопроизрастания (в % к абс. сухому весу).

Таблица 2

Типы условий местопроизрастания по П. С. Погребняку	Заболонь				Ядро			
	<i>M</i>	$\pm m$	<i>P</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>P</i>	<i>V</i>
<i>B</i> ₂	46	$\pm 5,2$	11	25	160	$\pm 12,1$	8	13
<i>B</i> ₃	50	$\pm 2,8$	6	14	150	$\pm 8,3$	6	14
<i>C</i> ₃	70	$\pm 1,8$	2	19	174	$\pm 3,0$	2	13
<i>C</i> ₃₋₄	68	$\pm 2,6$	4	18	197	$\pm 9,3$	5	17
<i>CD</i> ₃	81	$\pm 3,4$	4	18	184	$\pm 4,9$	3	7
<i>D</i> ₃	66	$\pm 0,8$	1	16	160	$\pm 2,6$	1	19
<i>D</i> ₃₋₄	62	$\pm 1,5$	2	16	155	$\pm 4,6$	3	20
<i>D</i> ₄	66	$\pm 1,3$	2	20	156	$\pm 3,1$	2	19

Коэффициент существенности во всех этих сравнимых условиях по богатству больше 3. В то же время влажность древесины из условий, идентичных по богатству, но различных по влажности, практически одинакова, разница между ними является несущественной. Не установлено существенной разницы во влажности заболонной древесины и в условиях сгрудков, с одной стороны, и грудов — с другой.

Изучение распределения влажности древесины по стволу позволило установить тесную связь ее с высотой, начиная от земли. На рис. 1 дано изменение влажности заболонной I и ядровой II древесины тополей по высоте ствола в 22—33-летних насаждениях *Populus marilandica* R. в условиях влажных и сырых грудов. Из рис. 1 видно, что влажность заболонной древесины с увеличением высоты по стволу незначительно увеличивается, в среднем на 10—15%, а ядровой — существенно уменьшается, в среднем на 40—80%. Связь между влажностью (*y*) заболонной и ядровой древесины и высотой по стволу (*x*) прямолинейна и выражается следующими корреляционными уравнениями (с вычисленными нами постоянными коэффициентами):

$$\text{в условиях } D_4 \text{ для заболони } y = 55,34 + 0,59x, r = 0,858 \pm 0,037 \quad (1);$$

$$\text{для ядра } y = 181,3 - 3,1x, r = 0,838 \pm 0,044 \quad (2);$$

$$\text{в условиях } D_3 \text{ для заболони } y = 56,7 + 0,49x, r = 0,806 \pm 0,052 \quad (3);$$

$$\text{для ядра } y = 170,8 - 4,7x, r = 0,992 \pm 0,050 \quad (4).$$

Довольно большой коэффициент корреляции (*r*) свидетельствует о наличии тесной прямолинейной связи между влажностью древесины и

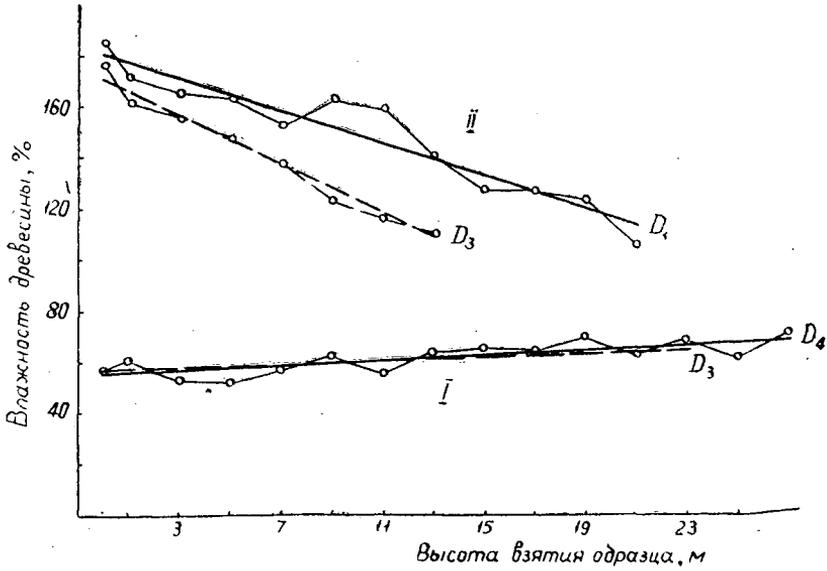


Рис. 1.

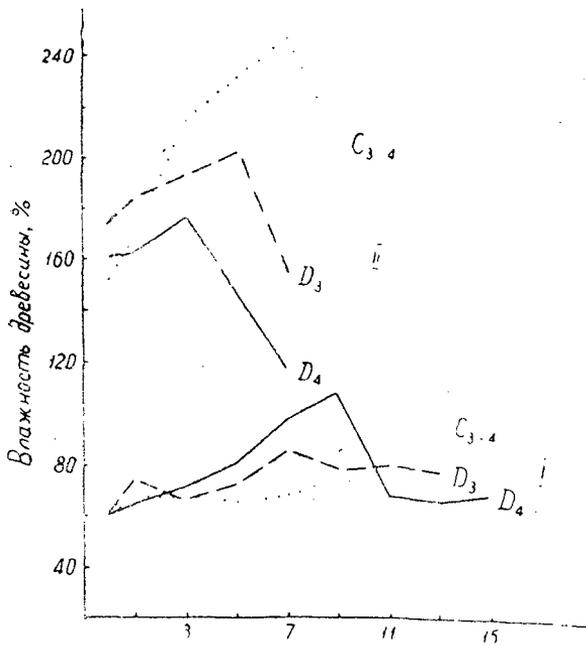


Рис. 2.

высотой по стволу. Практически равные коэффициенты в уравнениях (1) и (3) подтверждают несущественную разницу во влажности заболонной древесины тополя в условиях D_4 и D_3 .

В 14—16-летних насаждениях *P. marilandica* R. закономерная прямолинейная связь между влажностью древесины и высотой по стволу не установлена. Как видно из рис. 2, в условиях C_{3-4} , D_3 и D_4 влажность ядровой древесины (II) снизу вверх увеличивается до определенного момента (в D_4 — до 3 м, в D_3 — до 5 м и в C_{3-4} — до 7 м), а затем уменьшается. Связь между влажностью и высотой здесь параболическая,

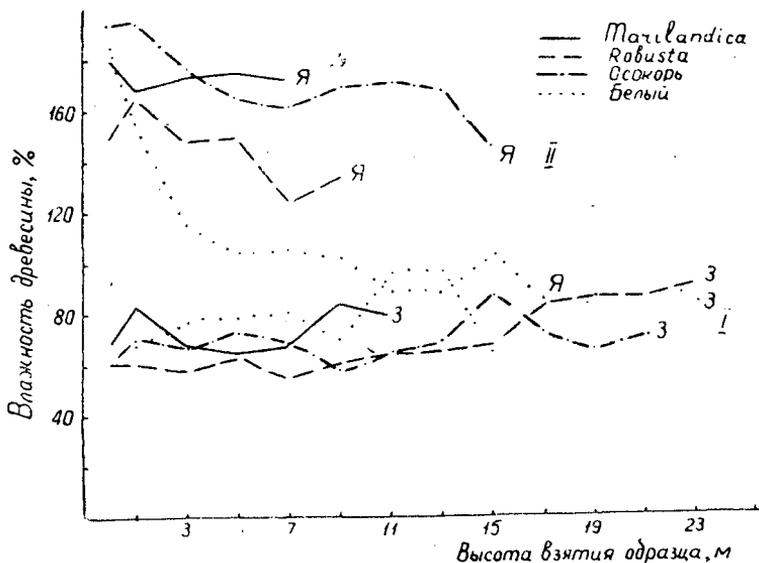


Рис. 3.

выражаемая, по-видимому, параболой второго порядка. Примерно такая же параболическая связь существует и между влажностью заболони (I) и высотой по стволу в таких насаждениях. В абсолютных цифрах влажность заболонной древесины в 14—16-летних насаждениях примерно равна влажности и в 22—33-летних. Влажность ядровой древесины в 14—16-летних насаждениях до ее падения существенно больше, чем влажность такой же древесины в 22—33-летних.

На рис. 3 дано изменение влажности заболонной I и ядровой II древесины различных видов тополей по высоте ствола в условиях влажного сугрудка.

Распределение и величина влажности заболонной древесины различных видов тополей одинакового возраста и в одинаковых условиях местопрорастания примерно одинаковы. Совершенно различны влажности ядровой древесины и ее распределение по стволу. Так, влажность ядровой древесины белого тополя резко уменьшается снизу вверх и уже на высоте 11—13 м сравнивается с влажностью заболонной древесины на этой высоте. У всех остальных тополей влажность ядровой древесины уменьшается постепенно и никогда не достигает влажности заболонной древесины.

В табл. 3 даны значения влажности древесины тополя по радиусу ствола (в % на абс. сухой вес).

Таблица 3

Условия местопрорастания	Показатели	Расстояние от периферии в долях (%) радиуса ствола						
		заболонь		ядровая древесина				
		10—20	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	85—95
D ₃	M	59	162	163	167	176	187	167
	±m	±0,8	±8,0	±7,8	±3,6	±13,8	±11,0	±8,5
	P	1,5	5	5	2	8	6	5
D ₄	M	57	178	—	170	155	—	147
	±m	±1,1	±2,8	—	±8,8	±2,8	—	±6,0
	P	2	2	—	5	2	—	4

Из табл. 3 видно, что влажность древесины увеличивается в ядровой части от центра ствола примерно до половины радиуса, затем уменьшается и резко падает в заболонной части.

По типам условий местопроизрастания в D_3 и D_4 существенная разница во влажности заболонной и ядровой древесины установлена только в центральной части: 176 и 155% на расстоянии от периферии 60—70 процентов радиуса и 167 и 147% — в центре.

Результаты исследований показывают большую существенную разницу во влажности заболонной и ядровой древесины тополей, с одной стороны, и ядровой древесины других лиственных пород, — с другой. Эту особенность древесины тополей необходимо учитывать при хранении и сушке ее, защите от грибных болезней и вредителей, облагораживании и упрочнении, при изучении водообмена в живом дереве, баланса влаги, физиологии тополевых насаждений и т. д.

Высокий процент влажности ядровой древесины, изменение ее с возрастом, по высоте и радиусу ствола, по типам местопроизрастания, а также исключительная быстрота роста тополей позволяют сделать предположение, что ядро у тополей принимает участие в процессах водообмена, происходящих в дереве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Баженов, В. Е. Вихров. О влажности древесины в стволе лиственных ядровых пород. Доклады АН СССР. Новая серия, т. LX. № 3, 1948.
[2]. С. И. Ванин. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1949. [3]. Л. М. Перельгин. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1960. [4]. П. С. Погребняк. Основы лесной типологии. Изд-во АН УССР, II-е издание, Киев, 1955.

Поступила в редакцию
8 февраля 1963 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ГИДРОЛИЗ ЦЕЛЛОЛИГНИНА 38—41%-НОЙ
СОЛЯНОЙ КИСЛОТОЙ ПРИ 20° С**Н. В. ЧАЛОВ**

Кандидат технических наук

Л. Б. ПААСИКИВИ

Младший научный сотрудник

(Государственный научно-исследовательский институт
гидролизной и сульфитно-спиртовой промышленности)

Ранее нами были проведены исследования процесса гидролиза древесины концентрированной соляной кислотой и выявлены новые закономерности этого процесса [5].

Для расширения сведений по гидролизу полисахаридов растительной ткани значительный интерес представляет изучение в аналогичных условиях процесса гидролиза целлолигнина.

Как известно, при предгидролизе древесины даже в мягких условиях происходят значительные изменения. Вследствие удаления гемицеллюлоз разрыхляется структура клеточной стенки. При воздействии разбавленной кислоты происходит частичная деструкция целлюлозы. Например, при воздействии на целлюлозу 0,1н. HCl при 53° С средняя степень полимеризации целлюлозы уменьшается через один час в 2,1, а через 6 час — в 3,8 раза [8]. При сушке целлолигнина, полученного предгидролизом древесины сосны с разбавленной соляной кислотой при 100° С, идет дальнейшая деструкция целлюлозы; она особенно усиливается, если в целлолигнине остается небольшое количество хлористого водорода. Согласно исследованиям, в этом случае образуется легкогидролизуемая фракция в количестве 12% от всех полисахаридов целлолигнина [4]. Кроме того, при предгидролизе имеет место разрушение химических связей между полисахаридами и лигнином [1], [3], [6], [7] и, вероятно, происходят некоторые изменения в лигнине. Сумма этих факторов должна оказать значительное влияние и на процесс гидролиза полисахаридов целлолигнина концентрированной соляной кислотой.

Методика исследований

Для исследования была взята древесина сосны. Гидролиз гемицеллюлоз осуществлялся 2%-ной соляной кислотой при 100° С в течение трех часов при модуле, равном 6. После этого целлолигнин тщательно отмывали от сахаров и хлористого водорода 8—10-кратным настаиванием с десятью частями воды до тех пор, пока качественная реакция с азотнокислым серебром на ион хлора не дала отрицательного результата. Целлолигнин сушили на воздухе при 20° С до воздушно-сухого состоя-

ния, а затем — в сушильном шкафу при 105°C до влажности 0,8—1,0%. Размеры частиц целлолигнина были $20,7 \times 18,4 \times 2,18$ ($\pm 0,1$ мм). В опытах по гидролизу 41%-ной HCl содержание полисахаридов в целлолигнине было 56,71% в пересчете на абс. сухой целлолигнин, в остальных опытах — 59,1%.

Методика исследований и анализов была такой же, как и в предыдущей работе по гидролизу древесины сосны [5]. При этом установлено, что показатели процесса гидролиза по количеству образовавшихся сахаров и полисахаридов в остатках хорошо согласуются между собой.

Результаты исследований

Экспериментальные результаты представлены в табл. 1 и на рисунках.

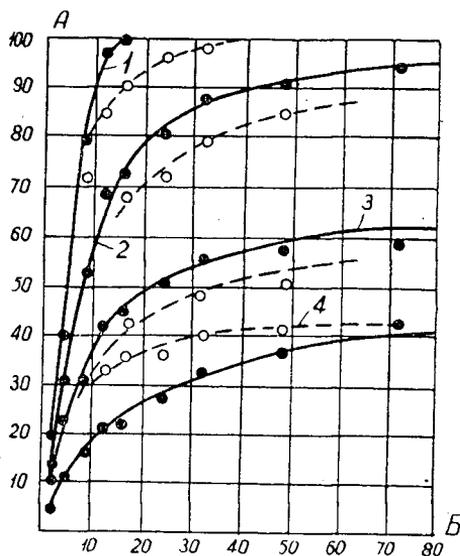


Рис. 1. А — количество прогидролизованых полисахаридов, %; Б — время гидролиза, час; 1 — 41%-ная соляная кислота; 2 — 40%-ная; 3 — 39%-ная; 4 — 38%-ная (пунктиром даны аналогичные показатели для древесины).

На рис. 1 представлены показатели хода гидролиза полисахаридов целлолигнина. Из графика видно, что 41%-ная соляная кислота полностью гидролизует полисахариды целлолигнина за 16 час, за это же время 40%-ная HCl — 72,6% от всех полисахаридов, 39%-ная — 44,7% и 38%-ная — только 21,68%. Уже 40%-ная соляная кислота гидролизует полисахариды неполностью, даже за 72 час прогидролизовалось 93,75%. Здесь наглядно проявляется сильное влияние концентрации соляной кислоты на скорость и полноту гидролиза полисахаридов. Для сравнения на рис. 1 пунктиром нанесены показатели процесса гидролиза древесины в аналогичных условиях [5]. На начальных стадиях скорость гидролиза полисахаридов древесины и целлолигнина почти одинакова, однако, примерно через 10 час гидролиз полисахаридов целлолигнина идет быстрее, чем древесины. Исключение представляет 38%-ная HCl , которая гидролизует полисахариды древесины быстрее, чем целлолигнина. Это объясняется тем, что кислота такой concentra-

Таблица I

Показатели процесса гидролиза полисахаридов целлолигнина
38—41%-ной соляной кислотой

Время гидролиза, час	Гидролизат, отделенный от гидролизуемого материала			Жидкость, находящаяся внутри частиц гидролизуемого материала		Выход сахаров от абс. сухого целлолигнина		Количество растворившихся полисахаридов, % от содержания их в целлолигнине
	концентрация, % весовой			концентрация, % весовой		по гидролизату	по жидкости внутри частичек	
	сахара до инверсии	сахара после инверсии	хлористого водорода	сахара после инверсии	хлористого водорода			
41%-ная HCl								
2	0,87	1,83	39,07	2,68	43,47	7,40	5,06	19,78
4	1,94	4,01	38,36	4,35	41,07	15,32	9,88	40,00
8	4,99	7,00	38,00	9,07	38,31	24,33	25,61	79,24
12	6,94	8,75	37,39	10,56	38,00	28,02	32,92	96,69
16	7,24	9,35	37,30	10,22	37,90	30,06	32,90	99,90
40%-ная HCl								
2	0,39	1,10	38,60	1,98	39,51	4,42	4,26	13,20
4	1,46	3,25	37,90	3,25	40,15	11,63	8,46	30,58
8	3,04	5,31	37,51	5,59	38,94	18,03	16,18	52,05
12	4,33	6,68	37,01	7,22	37,71	23,99	20,85	68,25
16	5,34	7,08	36,78	8,07	38,23	26,03	21,69	72,63
24	6,25	8,04	36,55	8,17	37,32	28,64	24,07	80,22
32	7,49	8,87	36,29	8,70	37,02	30,53	27,20	87,85
48	7,09	9,16	36,20	8,96	37,42	32,00	27,58	90,68
72	7,39	9,46	35,94	9,01	36,86	32,37	29,23	93,75
39%-ная HCl								
2	0,53	0,81	38,06	1,96	39,83	3,28	3,61	10,55
4	0,97	1,61	37,89	3,92	39,64	6,61	7,98	22,21
8	1,93	2,92	37,52	3,81	38,93	11,22	8,96	30,74
12	3,19	4,18	37,11	4,55	38,80	15,39	11,83	41,43
16	3,41	4,56	37,08	4,75	38,82	17,39	11,98	44,70
24	4,18	5,34	36,65	5,27	38,13	19,33	13,88	50,55
32	4,84	5,88	36,57	5,60	37,80	21,08	15,27	55,31
48	4,93	5,28	36,32	6,58	38,82	18,30	19,27	58,18
72	4,31	5,41	36,05	6,71	38,04	19,49	19,16	58,85
38%-ная HCl								
2	0,08	0,24	37,51	1,25	39,46	1,07	1,98	4,62
4	0,34	0,83	37,19	2,10	39,56	3,41	3,69	10,82
8	1,00	1,28	36,86	2,50	39,14	4,96	5,12	15,35
12	1,53	2,00	36,62	2,73	38,64	7,41	6,15	20,67
16	1,54	2,05	36,87	2,78	37,96	7,91	6,32	21,68
24	2,52	2,90	36,24	3,04	38,67	10,45	7,40	27,20
42	2,93	3,49	36,16	3,53	37,92	12,34	8,77	32,17
48	3,48	4,13	36,17	3,71	37,55	13,93	10,00	36,44
72	4,13	4,79	36,14	4,24	37,31	16,42	11,36	42,32

ции гидролизует в древесине преимущественно гемицеллюлозы, скорость гидролиза гемицеллюлоз сравнительно велика, а гидролиз целлюлозы идет медленнее.

Чтобы правильно оценить ход процесса гидролиза, мы рассчитали константы скорости по уравнению мономолекулярной реакции, так как процесс гидролитической деструкции полисахаридов, подчиняется этому уравнению [2]. На рис. 2. представлена зависимость между логарифмом непрогидролизованной части полисахаридов и временем гидролиза. Как следует из графика, при гидролизе 41%-ной соляной кислотой имеет

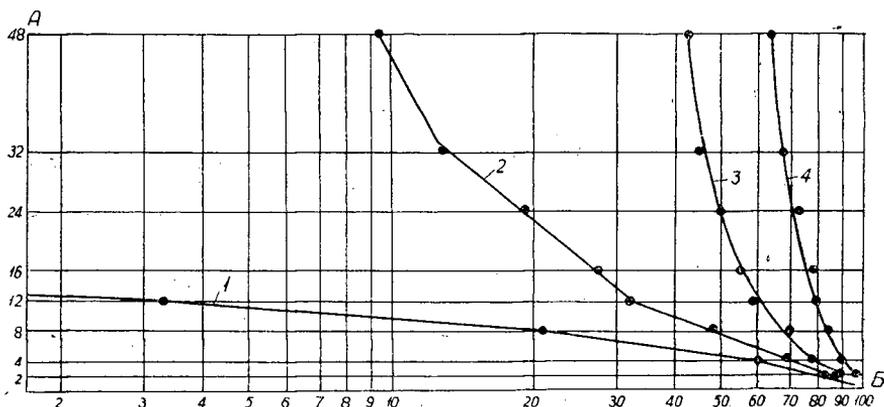


Рис. 2. А — время гидролиза, час; Б — количество полисахаридов в остатке после гидролиза, % от всех полисахаридов; 1 — 41%-ная соляная кислота; 2 — 40%-ная; 3 — 39%-ная; 4 — 38%-ная.

место отклонение от уравнения мономолекулярной реакции, причем константа скорости реакции гидролиза увеличивается с течением времени. Такое явление уже давно было отмечено при гидролизе целлюлозы в гомогенных условиях (в разбавленных растворах), но, насколько нам известно, впервые отмечается при гидролизе целлолигнина в виде сравнительно больших частичек. В данном случае помимо установленного ранее факта более легкой гидролизуемости концевых связей [2], несомненно, оказывает влияние все ускоряющееся проникновение концентрированной соляной кислоты в полисахариды по мере растворения, а также частичная деструкция полисахаридов при предгидролизе. Кроме того, при предгидролизе, по-видимому, нарушаются или значительно ослабляются связи между полисахаридами и лигнином, а поэтому гидролиз целлюлозы в целлолигнине идет так же, как и изолированной целлюлозы. Не исключено также, что вследствие высокой концентрации соляной кислоты и сравнительно малой концентрации сахаров в растворе еще не проявляется тормозящее действие присутствующих в кислоте сахаров на набухание и растворение целлюлозы.

Процесс гидролиза полисахаридов целлолигнина 40%-ной соляной кислотой так же, как и древесины [5], можно расчленить на три периода, в течение которых процесс достаточно хорошо подчиняется мономолекулярной реакции, но в каждом периоде идет с различной скоростью, причем изменение констант скорости реакции происходит скачкообразно. Это указывает на изменение характера реакции процесса гидролиза полисахаридов.

При гидролизе целлолигнина 38- и 39%-ной соляной кислотой процесс не подчиняется уравнению мономолекулярной реакции, константа скорости с течением времени монотонно уменьшается.

В табл. 2 представлены часовые значения констант скорости реакции гидролиза полисахаридов, вычисленных по уравнению мономолекулярной реакции.

Из табл. 2 видно, что значения констант для всех концентраций HCl в период 0—2 час меньше, чем в последующий период 2—4 час. Причиной меньшей скорости гидролиза в данном случае является сравнительно медленная пропитка целлолигнина соляной кислотой (пропитке препятствует воздух, находящийся внутри пор частичек целлолигнина). Кроме того, в начальном периоде идет преимущественно набухание и растворение целлюлозы, а затем собственно гидролиз. Об этом

Таблица 2

Период, час	Константы скорости гидролиза полисахаридов целлолигнина при разных значениях концент- рации соляной кислоты, % весовой			
	41	40	39	38
0—2	0,110	0,071	0,055	0,023
2—4	0,145	0,111	0,072	0,033
4—8	0,268	0,093	0,029	0,013
8—12	0,463	0,103	0,042	0,016
12—16	...	0,037	0,014	0,025
16—24	...	0,044	0,014	0,009
24—32	...	0,052	0,023	0,009
32—48	...	0,017	0,003	0,004
48—72	...	0,017

свидетельствуют данные определения сахаров в гидролизате до и после инверсии олигосахаридов (рис. 3). Из графика видно, что процесс идет с постепенным укорочением цепей макромолекул и продуктов частичной деструкции. Отмечается также параллельное течение реакции реверсии, вследствие чего содержание редуцирующих веществ (в пересчете на глюкозу), определенное по концевым группам, не превышает 80% от содержания сахаров в растворе после инверсии олигосахаридов.

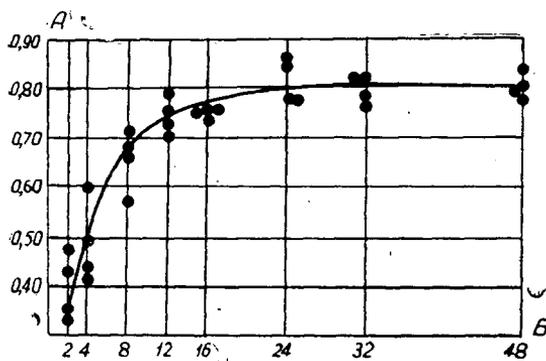


Рис. 3. А — отношение содержания сахаров до инверсии к содержанию после инверсии; Б — время гидролиза, час.

По вычисленным значениям констант скорости гидролиза (табл. 2) можно сделать достаточно обоснованный вывод о том, что при гидролизе 38- и 39%-ной соляной кислотой имеются периоды, в течение которых процесс достаточно удовлетворительно подчиняется уравнению мономолекулярной реакции. При сравнении констант скорости реакции гидролиза полисахаридов целлолигнина (табл. 2) и древесины [5] видно, что на начальных стадиях значения констант больше для древесины (результат того, что в древесине вначале гидролизуются гемцеллюлозы); в последующие периоды — для целлолигнина.

Эти данные помимо теоретического имеют большое практическое значение, так как указывают на полную возможность значительной интенсификации производственного процесса гидролиза полисахаридов концентрированной соляной кислотой в диффузионной батарее или других аппаратах в случае применения целлолигнина, а не древесины.

Из табл. 1 следует, что на всех стадиях процесса гидролиза полисахаридов целлолигнина концентрация хлористого водорода, а отсюда и

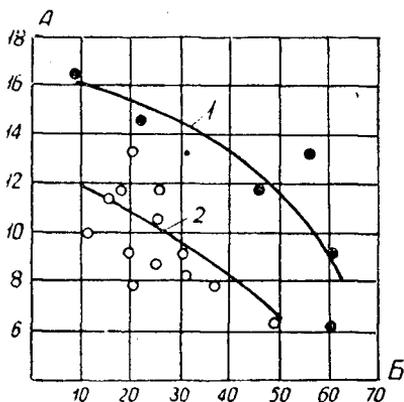


Рис. 4. А — количество хлористого водорода, вступившего в реакцию присоединения к гидролизуемому материалу, % от остатка после гидролиза; Б — количество растворившихся полисахаридов, % от целлюлозы; 1 — 41%-ная соляная кислота; 2 — 38—40%-ная.

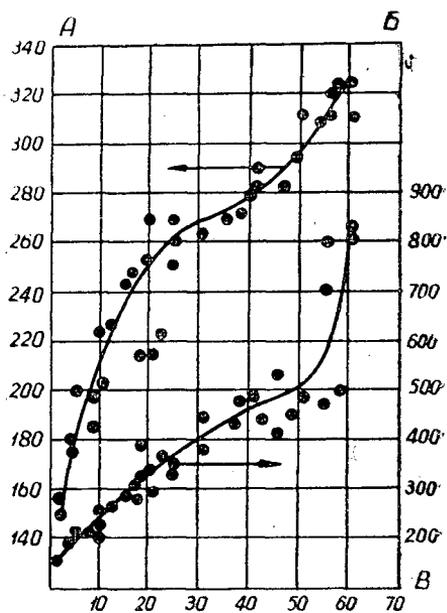


Рис. 5. Количество жидкости, находящейся во внутренних порах гидролизуемого материала. А — количество жидкости, % от целлюлозы; Б — количество жидкости, % от остатка после гидролиза; В — количество растворившихся полисахаридов, % от целлюлозы.

концентрация соляной кислоты (вычислены по содержанию хлористого водорода и воды в гидролизате) в гидролизате, окружающем частицы целлюлозы, ниже, чем в жидкости, находящейся внутри частичек целлюлозы. Хлористый водород или адсорбируется, или вступает в реакцию присоединения с полисахаридами и лигнином.

По концентрации соляной кислоты в гидролизате, окружающем частицы гидролизуемого материала, мы вычислили количество хлористого водорода, которое должно было содержаться в гидролизате внутри частиц. Разность между количеством хлористого водорода, определенным экспериментально и вычисленным указанным выше способом, дает количество хлористого водорода, вступившего в реакцию присоединения к полисахаридам и лигнину. Полученные таким путем данные представлены на рис. 4. Из графика видно, что при гидролизе 41%-ной HCl в начальной стадии процесса присоединяется 16% хлористого водорода, а в конце процесса, когда в остатке содержится только лигнин, количество хлористого водорода снижается до 6—9%. При гидролизе 38—40%-ной соляной кислотой количество хлористого водорода, вступившего в реакцию присоединения, несколько меньше и составляет в начале процесса гидролиза в среднем 12%, а в конце — около 6%. Эти результаты коренным образом отличаются от аналогичных данных, полученных при гидролизе древесины [5], когда количество хлористого водорода, вступившего в реакцию присоединения, увеличивается по мере увеличения содержания лигнина в остатке после гидролиза и для лигнина, практически не содержащего полисахаридов, составило 17—23% от веса абс. сухого лигнина. Такое различие, по-видимому, яв-

ляется результатом изменений в лигнине, происходящих при гидролизе гемицеллюлоз древесины, разбавленной соляной кислотой.

Поскольку при гидролизе целлолигнина содержащийся в нем лигнин присоединяет меньше хлористого водорода, то это обуславливает меньшее снижение каталитической активности соляной кислоты, и в итоге скорость гидролиза полисахаридов целлолигнина больше, чем древесины, в 1,5—2 раза. Ускорение этого процесса объясняется, по-видимому, также разрыхлением структуры клеточной стенки, уменьшением степени полимеризации целлюлозы, частичным разрушением химических связей между полисахаридами и лигнином.

Меньшее количество хлористого водорода, вступающее в реакцию присоединения к лигнину при гидролизе целлолигнина, дает основание полагать, что и процесс отмывки соляной кислоты от лигнина в промывной части диффузионной батареи или в других аппаратах будет идти лучше, чем при гидролизе древесины.

Процессы отмывки сахаров от гидролизуемого материала при гидролизе полисахаридов и соляной кислоты от лигнина идут двумя параллельными путями: вытеснением жидкости, находящейся в пространстве между частицами твердой фазы, и диффузией веществ, находящихся внутри твердых частичек, в окружающую жидкость. Поэтому крайне важно знать количество жидкости, удерживаемой гидролизуемым материалом на различных стадиях процесса гидролиза. Эти данные суммированы на рис. 5. Из графика видно, что через два часа, когда количество растворившихся полисахаридов еще невелико и составляет 5—20% от их содержания в целлолигнине, количество жидкости, находящейся внутри гидролизуемого материала, составляет 160—250% от первоначального веса целлолигнина. По мере гидролиза полисахаридов количество жидкости увеличивается. К моменту полного гидролиза лигнин удерживает жидкость в количестве 320% от первоначального веса целлолигнина или 800% от абс. сухого лигнина. Из этих данных следует, что более половины продуктов гидролиза должно выводиться из аппарата путем диффузии веществ, содержащихся внутри части гидролизуемого материала, в промывную жидкость, и меньше половины — путем вытеснения жидкости, находящейся между частицами гидролизуемого материала. Из результатов наших исследований видно, что диффузия продуктов гидролиза из частиц целлолигнина идет сравнительно медленно и скорость диффузии меньше скорости гидролиза полисахаридов. Поэтому вопросы отмывки сахаров от гидролизуемого материала и отмывки соляной кислоты от лигнина имеют весьма важное значение.

Процесс гидролиза полисахаридов целлолигнина идет значительно быстрее, чем древесины (в 1,5—2 раза).

Для вскрытия механизма процесса гидролиза необходимы дальнейшие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Бувеской, Г. А. Петропавловский. Труды ЛТА им. С. М. Кирова № 75, 1956, стр. 17. [2]. Н. Грасси. Химия процессов деструкции полимеров. ИЛ, М., 1959. [3]. Н. И. Никитин. Химия древесины. Изд. АН СССР, М.—Л., 1951. [4]. Н. В. Чалов, Л. Б. Паасикиви, А. Е. Лещук, Е. Ф. Горячих. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1961, стр. 131. [5]. Н. В. Чалов, Л. Б. Паасикиви. ЖПХ, XXXV, 1962, стр. 1347. [6]. М. И. Чудаков. Успехи химии, XXX, № 2, 1961, стр. 184. [7]. I. I. C. P. ew Tappi. 40. № 7, 1957, стр. 553. [8]. Staudinger, Sorokin. Ber. 70, 1937, стр. 1565.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ТИОЛИГНИНА С РАСТВОРОМ ЩЕЛОЧИ *

Е. Д. ГЕЛЬФАНД

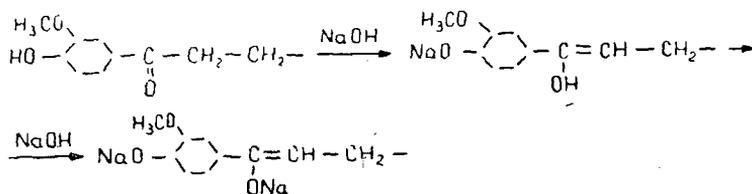
Старший инженер

(Архангельский лесотехнический институт, Проблемная лаборатория)

Известно, что тиолигнин содержит карбоксильные группы и фенольные гидроксилы, обуславливающие его кислый характер и растворимость в щелочах. Кислые группы тиолигнина, так же как и всякого другого лигнина, могут занимать в молекуле различные местоположения, что неизбежно накладывает отпечаток на реакционную способность этих групп, в частности, по отношению к щелочам. В результате лигнин может быть схематически представлен как сложный набор самых разнообразных по силе фенолов и карбоновых кислот гваяцил- и сиригинилпропанового ряда и некоторых других, имеющих рК в пределах от 4,5 до 14. Такое представление хорошо подтверждается диффузным характером кривых потенциометрического титрования лигнина [1], [2], [7], [8], [12] и его натриевой соли [16].

Попытки хотя бы грубо дифференцировать кислые группы лигнина по каким-либо свойствам проводили многократно [2], [4], [5], [6], [9], [10], [11], [16]. Среди них заслуживают внимания исследования В. М. Никитина [5], который нашел, что тиолигнин при нагревании в водном щелочном растворе потребляет примерно на одну треть больше щелочи, чем на холоду. Этот факт автор объясняет новообразованием кислых групп (в процессе нагревания) за счет енолизации карбонилгваяцилэтилкетонного (схема I) и гваяцилацетонного (схема II) типов, содержащихся, по его мнению, в тиолигнине.

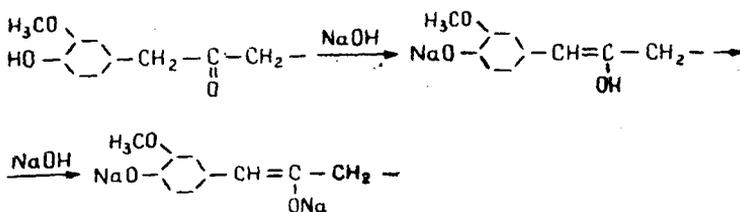
Схема I



Однако в методике В. М. Никитина (титрование избытка щелочи в щелочном растворе тиолигнина соляной кислотой с «внешним» индикатором фенолфталеином) в каждом случае, на холоду и при нагре-

* Работа выполнена под руководством доц. кандидата технических наук Б. Д. Богомолва.

Схема II



ваии, сравнивали не абсолютное потребление тиолигнином щелочи, а лишь относительное, так как часть связанной с лигнином щелочи каждый раз оттитровывали вместе со свободной щелочью. Поэтому не ясно, является ли это увеличение следствием новообразования кислых групп или же оно находится в пределах общего содержания кислых групп тиолигнина.

В данной работе поставлена цель повторить исследования В. М. Никитина, применив более универсальный метод, который дал бы возможность получить более надежные результаты. Соответственно этому проведено сравнение абсолютного потребления тиолигнином щелочи на холоду и при нагревании; исследовано поведение гваяцилэтилкетона как модели структурного элемента лигнина, способного к енолизации при нагревании в щелочи; исследовано поведение в аналогичных условиях исчерпывающе оксимированного тиолигнина (не содержащего карбонильных групп).

Эксперименты проводили с помощью метода высокочастотного титрования, который позволяет количественно определять фенолы, енолы и карбоновые кислоты.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Испытываемые образцы

Тиолигнин выделен серной кислотой из освобожденного от мыла полуупаренного черного шелока Соломбальского БДК. Затем он был тщательно отмыт от солей, освобожден от водорастворимых и смолистых веществ и высушен в вакуум-эксикаторе над пятиокисью фосфора. Содержание гидроксиллов (по Верлею) в данном образце составило 6,2 мг-экв/г, содержание метоксиллов (по Цейзелю) 12,6%; содержание кислых групп, определенное неводным потенциометрическим титрованием в диметилсульфоксиде [1], 4,44 мг-экв/г; содержание карбоксильных групп, определенное кальцийацетатным методом [4], 0,96 мг-экв/г.

Оксимированный тиолигнин был получен из предыдущего образца исчерпывающим [13] оксимированием в стократном количестве 0,1н. диоксанспиртового (2:5) раствора солянокислого гидроксиламина (выдерживание в течение двух суток при комнатной температуре и последующее шестичасовое нагревание на водяной бане с обратным холодильником). Затем раствор упаривали под вакуумом (начальное давление 560 мм рт. ст., конечное — 680 мм рт. ст.) до объема 50 мл и разбавляли водой. Выпавший оксим тиолигнина отфильтровывали, тщательно промывали теплой дистиллированной водой и высушивали в вакуум-эксикаторе над пятиокисью фосфора. Полученный продукт был значительно более светлым, чем исходный лигнин. Содержание азота в нем составило 1,24%.

Гваяцилэтилкетон был перекристаллизован из бензола и имел температуру плавления $58,5^{\circ}\text{C}$. Содержание фенольного гидроксила, определенное неводным потенциометрическим титрованием в диметилсульфоксиде, а также высокочастотным титрованием без предварительного нагревания, составляет $5,66 \text{ мГ-экв/Г}$.

*Определение величины потребления щелочи
методом высокочастотного титрования*

Навеску определяемого вещества около $0,3 \text{ мГ-экв}$ помещали в титровальную пробирку и растворяли в $5 \text{ мл } 0,1 \text{ н.}$ или $2,5 \text{ мл } 0,2 \text{ н.}$ раствора едкого натра, продутого аргоном и не содержащего карбонат-ионов. Затем собирали ячейку, как показано на рис. 1, и проводили титрование $0,2 \text{ н.}$ соляной кислотой из микробюретки, приливая по $0,1 \text{ мл}$ вначале и по $0,05 \text{ мл}$ в конце титрования. Потребление щелочи рассчитывали по формуле

$$X = \frac{(b - a) \cdot 0,2}{c} \text{ мГ-экв/Г},$$

где c — навеска вещества, Г;
 a и b находятся графически из рис. 2, где приведены типичные кривые титрования.

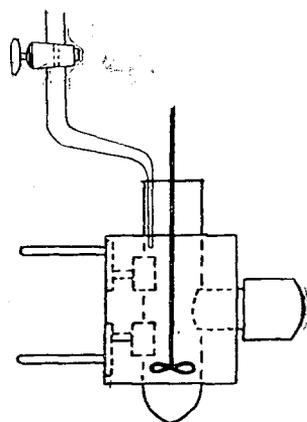


Рис. 1. Ячейка для высокочастотного титрования.

При необходимости нагревания образца в щелочном растворе воздух из пробирки с реакционной смесью вытесняли аргоном и, закрыв пробирку резиновой пробкой, погружали ее в термостатируемую глицериновую баню с температурой $96,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. По истечении определенного времени пробирку быстро охлаждали и проводили титрование при помощи венгерского прибора системы доктора Пунгора (с рабочей частотой 100 мгц).

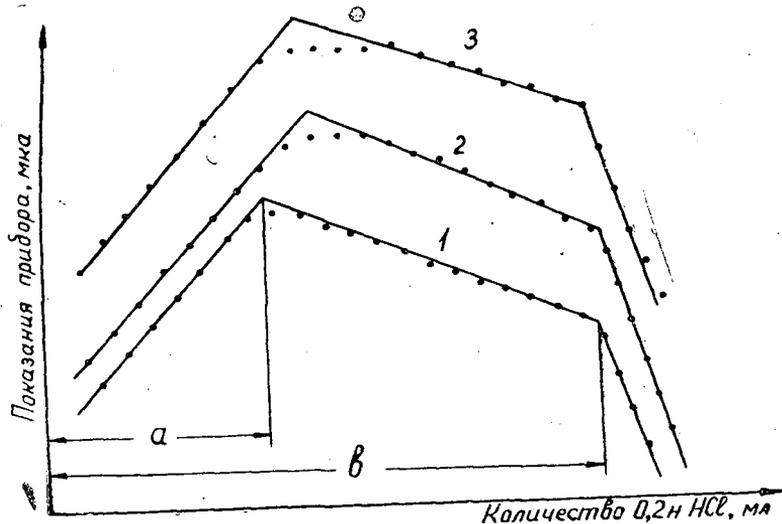


Рис. 2. Кривые высокочастотного титрования гваяцилэтилкетона — 1; тиолиггипа — 2; оксимированного тиолиггипа — 3.

Обсуждение результатов

Результаты опытов с тиолигнином, гваяцилэтилкетонем и оксимом тиолигнина приведены в табл. 1 и на рис. 3. Эти данные позволяют сделать следующие выводы.

Подтверждены наблюдения В. М. Никитина об увеличении потреб-

Таблица 1

Образец	Потребление щелочи (мг-экв/г)* за время нагревания, мин					
	0	15	30	60	120	300
Тиолигнин	3,60	3,88	4,03	4,26	4,27	4,27
Оксим тиолигнина	2,87	3,45	3,86	4,07	4,22	4,22
Гваяцилэтилкетон	5,66	5,66	5,66	5,66	5,69	5,78

* Приведены средние результаты из трех и более определений.

ления щелочи тиолигнином при одночасовом нагревании в 0,1—0,2 н. растворе едкого натра по сравнению с потреблением на холоду. Однако эта разница не столь велика, как наблюдается в опытах В. М. Никитина, и составляет около $\frac{1}{8}$ вместо $\frac{1}{3}$. Максимальное потребление щелочи тиолигнином (после нагревания) не превышает общего содержания кислотных групп, определенного в условиях, исключающих подобную обработку, то есть неводным потенциометрическим титрованием (см. экспериментальную часть). Гваяцилэтилкетон практически не енолизуется в условиях, когда потребление щелочи тиолигнином увеличивается. Исчерпывающе оксимированный тиолигнин также обнаруживает рост потребления щелочи при нагревании в щелочном растворе.

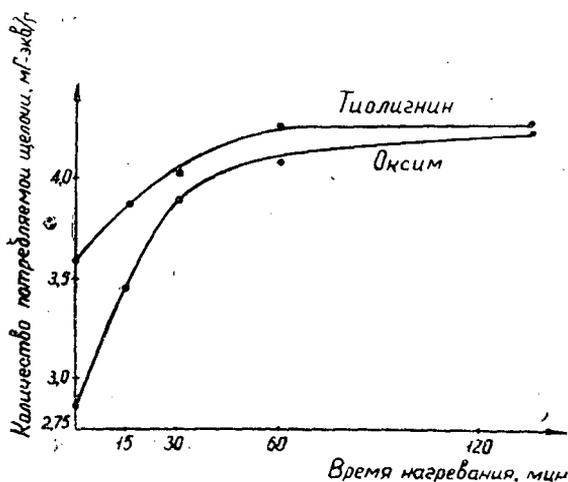


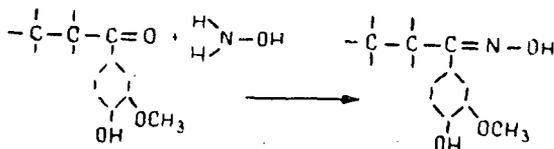
Рис. 3. Кривые потребления щелочи тиолигнином и его оксимом в зависимости от времени нагревания.

Таким образом, полученные нами данные не позволяют считать енолизацию тиолигнина основной причиной роста потребления щелочи. Если енолизация в какой-то степени и имеет место, то во всяком случае не за счет элементов гваяцилэтилкетонного типа и, по-видимому, не за счет гваяцилацетонного типа, так как, согласно последним литера-

турным данным [10], [14], [15], β -кетонные карбонилы для тиолигнина не характерны*.

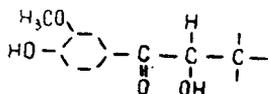
Различия в ходе кривых, приведенных на рис. 3, объясняются, на наш взгляд, тем, что в результате оксимирования часть наиболее активных сильноокислых фенольных групп тиолигнина (типа 2-метокси-4-пропионилфенольных [3]), реакционноспособных со щелочью на холоду, переходит в слабокислые по схеме III**.

Схема III



Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что явление, открытое В. М. Никитиным, нельзя объяснить только енолизацией, и решение этого вопроса требует дальнейших тщательных исследований.

* С точки зрения современных теоретических основ органической химии вероятными енолизующимися элементами тиолигнина могут быть ароматические α -кетоспирты.



45

** Принимая эту точку зрения, можно сделать вывод, что основная часть карбониллов тиолигнина, сопряженных с ядром, находится в фенилпропановых элементах со свободным, а не этерифицированным фенольным гидроксилом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, Е. Д. Гельфанд, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1962.
- [2]. Е. Д. Гельфанд, Б. Д. Богомолов, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1962.
- [3]. Е. Д. Гельфанд, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1963. [4]. Т. А. Кухаренко, ЖПХ, 21, 291, 1948. [5]. В. М. Никитин, Химия древесины и целлюлозы, ГЛБИ, 1951. [6]. В. М. Никитин, Труды ЛТА, вып. 75, 79—82, 1956. [7]. М. И. Чудаков, Г. Д. Георгиевская, ЖАХ, XV, 3, 147—151, 1960. [8]. I. Butler a. Czepiel, Anal. Chem., 28, 9, IX, 1468, 1956. [9]. K. Ekman a. T. Enkvist, Papperi ja Puu, 37, Nr 8, 369—377, 382, 1955. [10]. K. Ekman, Suomen Kemistil. Tiedonantoja, 66, Nr. 3—4, 115—124, 1957. [11]. K. Ekman, Soc. Sci. Fennica Comment. Phys. Math., XXIII, 1—63, 1958. [12]. T. Enkvist, B. Alm, B. Holm, Papperi ja Puu, 38, Nr 1, 1—6, 8, 12, 1956. [13]. J. Gierer u. S. Söderberg, Acta Chem. Scand., 13, 127—137, 1959. [14]. H. Hergert, I. Org. Chem., 405, 1960. [15]. I. Lindberg, Suomen Kemistil. Tiedonantoja, 64, Nr 1—2, 23—27, 1955. [16]. I. Lindberga, K. Ekman, Suomen Kemistil., 29B, 2, 11, 20—32, 1956.

Поступила в редакцию
30 ноября 1963 г.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИРОКАТЕХИНА ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИМ ТИТРОВАНИЕМ

Г. Ф. ПРОКШИН

Ассистент

(Проблемная лаборатория и кафедра химии древесины, гидролизного и целлюлозно-бумажного производства Архангельского лесотехнического института)

Пирокатехин и его гомологи находят все возрастающее применение для синтеза красителей, синтанов и полиэфирных волокон [2], [9]. В связи с этим повышается интерес к методам получения и количественного определения пирокатехина.

Одним из методов получения значительных количеств пирокатехина и протокатеховой кислоты может явиться деметилирование лигнина [12], что расширяет возможности использования промышленных лигнинов, отходов целлюлозно-бумажного и гидролизного производства.

Изучая деметилирование технического гидролизного лигнина при нагревании с водными растворами сульфида натрия, мы определяли сульфид натрия в реакционной смеси потенциометрическим титрованием аммиаком азотнокислого серебра [5], [6]. При этом было обнаружено, что образовавшиеся из лигнина пирокатехин и его гомологи титруются в щелочной среде после сульфида натрия. Это послужило отправным моментом для разработки методики количественного определения пирокатехина.

Определение пирокатехина часто проводят гравиметрически через нерастворимую свинцовую соль пирокатехина, образующуюся при взаимодействии с ацетатом свинца в нейтральном растворе [7], [11]. Недавно этот метод был усовершенствован с заменой весового определения пирокатехина комплексометрическим титрованием избытка ацетата свинца [3].

Применяют и другие методы количественного определения пирокатехина: бромирование [4], окисление перманганатом [4], колориметрирование [1], хроматографию [1], [8], [10], [13], спектроскопию [14], [15], — исходя из целесообразности того или другого.

Предлагаемое определение пирокатехина в щелочной среде является применением давно известной качественной реакции на альдегиды и многоатомные фенолы, так называемой реакции серебряного зеркала [16] для количественного определения пирокатехина.

Сущность реакции заключается в окислении пирокатехина аммиаком азотнокислого серебра в водном растворе щелочи на холоду. При исчезновении восстановленной формы потенциал резко меняется. Это дало возможность применить прямое потенциометрическое титрование.

В качестве растворителя для титрования был использован 20%-ный водный раствор едкого калия, а в качестве титранта — 0,1 н. раствор аммиака азотнокислого серебра.

Аппаратура. Измерение потенциала в процессе титрования проводили на венгерском автотитрометре «Юпитер» типа 7-77-1-1, но можно применять любой другой электронный титрометр. Учитывая характер реакции, электронную пару можно составить из сульфидсеребряного или платинового как индикаторных электродов и насыщенного каломельного как электрода сравнения. Мы применяли сульфидсеребряный электрод в качестве индикаторного, так как при разработке методики была поставлена задача одновременного определения сульфида натрия и пирокатехина. Изготовление такого электрода описано ранее [5].

Реактивы. Азотнокислое серебро (ч.д.а.), едкий калий (без хлора), 25%-ный раствор аммиака, пирокатехин (ч.), азот или аргон.

Для приготовления 0,1 н. раствора аммиака азотнокислого серебра отвешивали в бюксе 8,5000 г азотнокислого серебра и тщательно переносили в мерную колбу на 0,5 л, споласкивая бюкс небольшим количеством дистиллированной воды. Затем добавляли в колбу 130 мл 25%-ного раствора аммиака и после растворения осадка доводили раствор в колбе дистиллированной водой до метки.

Титр приготовленного раствора аммиака азотнокислого серебра устанавливали по навеске пирокатехина следующим образом. Около 0,2000 г пирокатехина, взятого в мерную колбу на 50 мл, растворяли в дистиллированной воде с последующим доведением объема жидкости в колбе до метки. Титрование пирокатехина осуществляли как с применением защиты титровальной ячейки аргоном от действия кислорода воздуха, так и без защиты. Ниже описан вариант установки титра раствора азотнокислого серебра под аргоном (если титр раствора установлен под аргоном или азотом, то определение пирокатехина необходимо проводить также под аргоном или азотом).

В титровальный стаканчик наливали 20—30 мл раствора едкого калия, который предварительно продували инертным газом для удале-

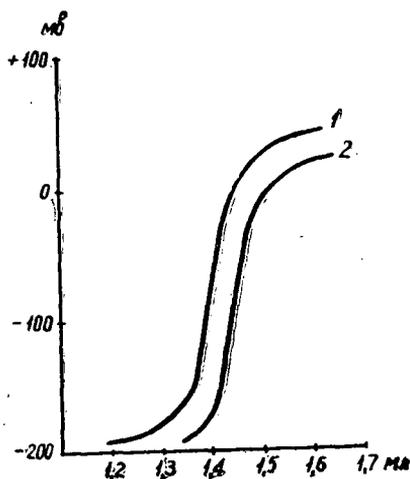


Рис. 1. Кривые титрования пирокатехина.

1 — 4,888 мг пирокатехина без защиты титрования аргоном; 2 — 4,888 мг пирокатехина под защитой титрования аргоном.

ния кислорода. Стаканчик устанавливали на электромагнитную мешалку, закрывали резиновой пробкой с отверстиями для электродов, для ввода и вывода газа. В отверстия вставляли электроды, после этого из стаканчика вытесняли воздух продувкой его аргоном и пипеткой вносили через одно из отверстий для газа 1 мл раствора пирокатехина. В отверстие пробки вставляли конец микробюретки с титрантом, присоединяли электроды к прибору и после установления исходного потенциала (от -300 до -400 мв) проводили титрование. Титрант приливали по 0,1 мл, записывая потенциал, устанавливающийся через 20—30 сек после приливания. Вблизи скачка титрант добавляли по 0,05 мл.

Кривые титрования изображены на рис. 1. Титр аммиаката азотнокислого серебра был рассчитан по результатам трех параллельных титрований, не отличающихся друг от друга больше, чем на 0,05 мл.

Титрованный раствор аммиаката азотнокислого серебра применяли для определения количества пирокатехина в анализируемых пробах с точным соблюдением тех же условий титрования, которые были выдержаны при установке титра.

Количество пирокатехина находили по среднему результату трех параллельных титрований по формуле

$$PK = aTn,$$

где a — количество титранта, пошедшее на титрование, мл;
 T — титр раствора, мг;
 n — разведение.

В табл. 1 представлены результаты некоторых определений.

Таблица 1

Взято пирокатехина мг	Найдено пирокатехина мг	Разница, мг	Относительная ошибка, %
7,60	7,41	-0,19	-2,5
11,10	10,80	-0,30	-2,7
244,20	243,95	-0,25	-0,12
390,5	408,45	+17,95	+4,60
390,5	406,78	+16,28	+4,17
235,7	232,88	- 2,82	-1,20
235,7	230,95	- 4,75	-2,01

Сравнение титрований пирокатехина под защитой и без защиты аргоном показало, что ошибка при этом незначительна.

При титровании найдено, что на 1 моль пирокатехина расходуется 3,5 моля азотнокислого серебра вместо ожидаемых двух молей. Это, а также окрашивание титруемого раствора в цвет, не характерный для о-хинона, вероятно, свидетельствует о более глубоком окислении пирокатехина, чем до о-хинона.

В одной из проб, содержащих пирокатехин, гваякол и циклопентанолкарбоновую кислоту, для сравнения было определено содержание пирокатехина весовым методом [7] и потенциометрическим титрованием. Было найдено соответственно 8,90 и 8,33 мг. Относительная

ошибка составила — 6,4%, если считать количество пирокатехина, найденное весовым методом, истинным.

Предлагаемая методика дает возможность, не претендуя на особую точность, быстро определять пирокатехин в смеси с одноатомными и другими нередуцирующими фенолами. Многоатомные фенолы и те альдегиды и кетоны, которые восстанавливают аммиакат азотнокислого серебра на холоду, мешают определению. Титрование пирокатехина в присутствии некоторых альдегидов и кетонов, находящихся в продуктах деметилирования лигнина, таких как ванилин и пропиогваякон, показало, что они определению не мешают (табл. 2).

Таблица 2

Взято для исследования, мг	Найдено пирокатехина, мг	Относительная ошибка, %
3,41 пирокатехина + 8,65 сульфида натрия	3,56	+4,40
3,41 пирокатехина + 10,0 ванилина	3,34	-2,05
3,41 пирокатехина	3,34	-2,05
169,60 пирокатехина + 117,8 ванилина . . .	166,00	-2,12
187,80 пирокатехина + 67,5 пропиогваякона	181,00	-3,60

Это позволило применить предлагаемую методику определения пирокатехина для определения «пропанпирокатехиновых производных», образующихся при деметилировании лигнина.

В нашей практике наряду с пирокатехином в растворах, подлежащих анализу, содержался сульфид натрия. Как уже упоминалось, это обстоятельство обусловило выбор индикаторного, сульфидсеребряного электрода. Было найдено, что, применяя сульфидсеребряный индикаторный электрод, за одно титрование можно определить незначительное количество сульфида натрия (меньше, чем количество пирокатехина). В этом случае сначала оттитровывают сульфид натрия, а затем пирокатехин (см. табл. 2); исходный потенциал E_0 при титровании раствора, содержащего сульфид натрия, устанавливается в пределах от —700 до —800 мв, а скачок потенциала, соответствующий титрованию сульфида натрия, происходит в пределах от —650 до —400 мв. Найдено, что если содержание сульфида натрия в анализируемой смеси больше; чем содержание пирокатехина, то это не дает уверенного определения последнего вследствие отравления индикаторного электрода.

Выводы

Разработан новый метод количественного определения пирокатехина потенциометрическим титрованием аммиакатом азотнокислого серебра. Метод применим также для определения других ортодиоксифенолов, восстанавливающих аммиакат азотнокислого серебра в водном растворе щелочи на холоду.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Губен-Вейль. Методы органической химии. Госхимиздат, М., 1963, стр. 367, 908. [2]. А. Н. Завьялов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1963. [3]. О. Н. Карпов ЖАХ. XVIII, № 12, 1963. [4]. И. М. Кольтгоф, Р. Белчер, В. А. Стенгер, Дж. Матсуяма. Объемный анализ. Т. III, Госхимиздат, М., 1961, стр. 139, 812.

- [5]. Г. Ф. Прокшин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962. [6]. Справочник бумажника технолога, т. 1, ГЛБИ, 1955, стр. 716. [7]. В. П. Сумароков, З. М. Володучкая, В. А. Высотская, Е. В. Каминских. Методы анализа продуктов пирогенетической переработки древесины. ГЛБИ, М., 1960, стр. 211. [8]. И. М. Хайс, К. Мацек. Хроматография на бумаге. Перевод с чешского, М., 1962, стр. 301. [9]. М. И. Чудakov. Промышленное использование лигнина. ГЛБИ, 1962, стр. 78. [10]. Я. Янак, Р. Комерс. Газовая хроматография. Сборник докладов на II симпозиуме в Амстердаме. Перевод с английского, 1961, стр. 318. [11]. P. Degener. J. prakt. Chem. (2), 20, 320, 1879. [12]. T. Ekvist, I. Turunen, T. Ashorn. «Tappi», 45, 2, 1962, S. 128—135. [13]. W. Grassman, H. Harman, A. Haril. Makromol. Ch., 31, Nr. 1, 1956, S. 37. [14]. I. Halmekoski. Suomen Chemistilehty, 32, 12, B, 1959, 274—275. [15]. O. Kupis, L. Sokol. Chem. průmysl, 6, Nr. 1, 1956, S. 31. [16] Tollens. Chem. Ber., 14, 1950, (1881); 15, 1635, 1828 (1882).

Поступила в редакцию
7 апреля 1964 г.

О ГИДРОКСИЛЬНЫХ ГРУППАХ ЛИГНИНА

А. А. СОКОЛОВА

Старший научный сотрудник, кандидат технических наук

Е. В. НАЗАРЬЕВА

Младший научный сотрудник

(Институт леса и лесохимии Государственного комитета Совета Министров РСФСР по координации научно-исследовательских работ)

Лигнин, подобно многим другим природным веществам, содержит реакционноспособные гидроксильные группы, которые могут быть определены методами ацетилирования, тозилирования, бензоилирования и метилирования. Тот факт, что метилирование лигнина различными агентами (диазометаном, диметилсульфатом и др.) проходит неодинаково, говорит о том, что присутствующие в лигнине гидроксильные группы имеют различный характер и могут быть первичными, вторичными, третичными, алифатическими, гидроароматическими, фенольными или энольными. Количественное содержание гидроксильных групп в лигнине также неодинаково и может колебаться в зависимости от метода извлечения его из древесины.

В литературе широко освещено определение общего содержания свободных гидроксильных групп в различных лигнинах методом ацетилирования. Имеются также сообщения о количественном определении содержания фенольных гидроксидов различными методами и соотношении их и алифатических гидроксидов в элементарном звене лигнина — C_6 — C_3 . Однако совершенно недостаточно работ по качественному и количественному составу гидроксильных групп, находящихся в боковой цепочке фенолпропановой структуры лигнина, выделенного из древесины различными методами.

Цель нашего исследования — сравнительное изучение гидроксильных групп образцов щелочного лигнина Л-53, Л-140, Л-170, выделенных из древесины в процессе сульфатной варки целлюлозы, и купроксамлигнина, полученного из древесины мягким методом с помощью медноаммиачного раствора. Для решения поставленной задачи, мы выбрали метод тозилирования, с учетом способности лигнина образовывать с пара-толуолсульфохлоридом тозилловые эфиры.

Фрейденберг и Дитрих [5] в результате проведенных опытов с модельными веществами установили, что в определенных условиях тозилирования реагируют фенольные гидроксильные группы, первичные и вторичные спирты, если последние не находятся в α -положении к фенолу. Вторичный α -фенилкарбинол и третичные спирты в этих условиях не тозилируются и могут быть дополнительно определены метили-

рованием или ацелированием. Это позволило авторам в исследованиях по изучению гидроксильных групп купроксамлигнина европейской ели и бука разработать дифференцированное определение их по следующей схеме: 1) ацелирующиеся; 2) тозилирующиеся; 3) ацелирующиеся в тозиллигнине; 4) тозилирующиеся, обменивающие тозилую группу на иод (первичные ОН-группы); 5) фенольные ОН-группы; 6) вторичные и третичные ОН-группы; 7) вторичные ОН-группы, не находящиеся в α -положении к фенольной группе; 8) вторичные, соседние к фенолу, частично третичные ОН-группы.

Приведенная последовательность определения характера гидроксильных групп была использована в данной работе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ *

Получение образцов лигнина, предназначенных для исследования

Щелочной сульфатный лигнин Л-53 был выделен из производственного черного щелока Соломбальского БДК подкислением серной кислотой с последующей отмывкой осадка горячей водой до нейтральной реакции. Для освобождения от смол, жиров и водорастворимых веществ образец лигнина последовательно обрабатывали петролейным эфиром (в аппарате Сокслета) и дистиллированной водой (при кипячении в колбе с обратным холодильником).

Образцы щелочного сульфатного лигнина Л-140 и Л-170 были получены в лабораторном автоклаве после варки сосновых опилок с белым щелоком, концентрация активной щелочи в котором составляла 49—50 г/л, сульфидность 37—40%. Режим варки древесины был различным: для образца Л-140 нагревание до 120°С в течение 45—60 мин, от 120° до 140°С — 2 часа, выдержка при 140° в течение 30 мин; для образца Л-170 нагревание до 170°С в течение двух часов и выдержка при 170°С — один час. Образцы лигнина были выделены из черного щелока подкислением 2н. раствором соляной кислоты. Лигнин отфильтровывали и после тщательной отмывки водой (до нейтральной реакции) и высушивания подвергали дополнительной обработке, как указано выше, для освобождения от смолистых, жировых и водорастворимых веществ.

Купроксамлигнин был получен по видоизмененному методу Фрейденберга [4], заключающемуся в последовательной обработке древесной муки 1%-ным раствором серной кислоты и реактивом Швейцера при температуре 0°С. Сосновую древесную муку предварительно освобождали от смолистых, жировых, гуминовых и водорастворимых веществ путем последовательной обработки спиртобензольной смесью (1:1), 0,5%-ным раствором бикарбоната натрия и кипячения с дистиллированной водой. Химическая характеристика полученных образцов лигнина представлена в табл. 1.

Содержание метоксильных групп в образцах лигнина определяли объемно-аналитическим методом, кислых — хемосорбционным, карбонильных — объемным с фенолгидразином, элементарный состав — микрометодом. Общее содержание гидроксильных групп определяли ацелированием при температуре 40°С в течение 24 час по прописи Верлея-Белзинга [9]. Выделившуюся уксусную кислоту после разбавления

* В экспериментальной работе принимала участие младший научный сотрудник Н. А. Стругова.

Таблица 1

Образец лигнина	Содержание групп (%)					Элементарный состав		
	мето- кисильных	общих гидро- кисильных	карбо- кисиль- ных	феноль- ных	карбо- ниль- ных	С	Н	S
Щелочной сульфатный Л-53	12,61	10,01	3,82	5,95	7,5	66,87	5,97	1,82
" " Л-140	13,63	10,85	2,35	5,62	4,50	64,41	6,04	2,82
" " Л-170	13,28	10,71	2,68	5,93	4,12	69,08	6,46	3,06
Купроксамлигнин	15,10	10,13	нет	1,95	4,45	64,01	5,82	нет

реакционной смеси 100 мл дистиллированной воды оттитровывали 0,5 н. раствором едкого натра (в присутствии фенолфталеина) или потенциометрически.

Некоторые исследователи [6], [7] отмечают, что ацетилирование при 40°С позволяет определять только первичные, вторичные и фенольные гидроксильные группы, тогда как третичные спирты ацетируются лишь в более жестких условиях: при повышении температуры или увеличении времени реакции. Проведенное нами определение содержания гидроксильных групп в исследуемых образцах лигнина в различных условиях ацетилирования не подтвердило указанного предположения, что видно из табл. 2.

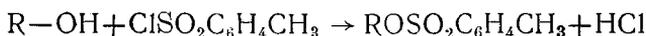
Таблица 2

Образец лигнина	Содержание гидроксильных групп (%)			При нагревании на водяной бане в течение 30 мин
	при температуре 40°С в течение			
	24 час	48 час	72 час	
Щелочной сульфатный Л-53	10,01	—	—	10,40
" " Л-140	10,85	10,92	11,22	10,77
" " Л-170	10,71	10,62	10,77	10,45
Купроксамлигнин	10,13	—	—	9,96

Примечание. Приведенные в таблице данные являются средними из 3—6 определений.

Тозилирование лигнина и определение тозирующихся гидроксильных групп

Тозилирование лигнина основано на способности присутствующих в нем реакционноспособных гидроксильных групп образовывать в среде пиридина с п-толуолсульфохлоридом тозилловые (п-толуолсульфонные) эфиры по схеме



Тозилирование лигнина проводили по методике Фрейденберга [5]: 2 г лигнина, высушенного под вакуумом при температуре 60—80°С, заливали 30 мл сухого пиридина. Воздух из колбы откачивали и смесь оставляли набухать на 24 часа (при температуре 40°С). При температуре, равной —5°С, в колбу вводили 7,5 г п-толуолсульфохлорида, выдерживали при +3°С в течение 48 час, после чего небольшими порциями добавляли ледяную воду и выпавший осадок тозиллигнина отфильтровывали, последовательно промывали водой и ацетоном (предварительно слегка прокипятив с каждым в отдельности). Полученные тозилловые эфиры лигнина высушивали сначала при комнатной температуре, а затем под вакуумом при температуре 60—80°С.

Полноту реакции взаимодействия гидроксильных групп лигнина с *p*-толуолсульфохлоридом проверяли повторным тозиллированием полученных тозиллигнинов. Количество гидроксильных групп лигнина, вступивших в реакцию, рассчитывали по содержанию серы в тозиллигнинах, определяемой методом деструктивного каталитического гидрирования на микроэлементарной установке (1). С целью проверки этого метода мы определяли серу весовым методом Ватерса [10]; установлена сходимость полученных результатов.

Количество гидроксильных групп, не прореагировавших с *p*-толуолсульфохлоридом, в тозиллигнинах определяли методом ацетилирования в мягких условиях.

Полученные данные представлены в табл. 3. Результаты показывают, что часть гидроксильных групп лигнина при тозиллировании теряется. Фрейденберг [5], получив подобные данные для тозиллигнина бука, делает предположение, что в данных условиях тозиллирования возможна потеря гидроксильных групп за счет отщепления воды.

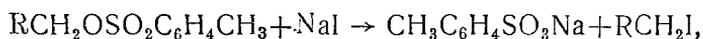
Таблица 3

Образец лигнина	Содержание, (%)						
	серы			гидроксильных групп			
	исходной	после тозиллирования	за счет тозиллирования	исходных	протозиллированных	в тозиллигнине	не определяемых после тозиллирования
Щелочной сульфатный							
Л-53	0,91	9,34	8,43	10,01	7,62	1,01	1,38
" " Л-140	1,41	9,46	8,05	10,85	7,01	1,00	2,84
" " Л-170	1,53	9,64	8,11	10,71	7,10	0,87	2,74
Купроксамлигнин	нет	7,86	7,86	10,13	6,72	2,42	0,99

Примечание. Содержание серы в исходных образцах лигнина пересчитано на тозиллигнин.

Определение первичных гидроксильных групп

Определение основано на способности к замещению иодом тозильного остатка первичного гидроксила по схеме



где *R* — остаток лигнина.

Образующийся толуолсульфоновокислый натрий отделяется от препарата лигнина при растворении в воде.

Реакцию иодирования тозиллигнина проводили в автоклаве в среде абсолютного ацетона при температуре 100°С в течение трех часов [5]. На 0,3 г тозиллигнина брали 0,3 г иодистого натрия в 10 мл ацетона. После охлаждения реакционную смесь разбавляли дистиллированной водой, осадок отфильтровывали, отмывали водным раствором ацетона до бесцветного фильтрата, а затем сушили на воздухе и при нагревании под вакуумом. В полученном препарате лигнина определяли содержание иода и серы.

Иод определяли в продуктах гидрирования иодированного препарата лигнина [3] иодометрически (с применением бромной и хлорной воды в качестве окислителей). Количество серы в иодированных образцах тозиллигнина было определено (по методу Коршун) на микроэлементарной установке [1].

По содержанию иода и серы в иодтозиллигнинах рассчитывали количество первичных гидроксильных групп в исходном лигнине.

Расчет производили по формуле

$$\text{ОН}_{\text{пер}} = \frac{a \cdot 17 \cdot 100}{127 \left(100 - \frac{b \cdot 155}{32}\right)} \%,$$

где a — содержание иода в иодтозиллигнине, %;

b — содержание серы в тозиллигнине (с поправкой на исходное), %.

Полученные данные представлены в табл. 4.

Таблица 4.

Образец лигнина	Содержание (%)			
	серы		иода в иодтозиллигнине	первичных ОН-групп
	в тозиллигнине	в иодтозиллигнине		
Щелочной сульфатный Л-53	9,34	7,51	7,85	1,77
" " Л-140	9,46	7,13	8,60	1,89
" " Л-170	9,64	7,30	8,15	1,80
Купроксамлигнин	7,86	2,49	17,81	3,80

Содержание фенольных гидроксильных групп в лигнине рассчитывали по разности между общим содержанием кислых групп и карбоксильных, определяемых хемосорбционным методом [2]. Этот метод был несколько модифицирован применительно к лигнину и заключался в том, что хемосорбцию с ацетатом кальция и едким баритом проводили при нагревании на водяной бане в течение 4 час.

Распределение гидроксильных групп по их характеру и количественному содержанию в исследуемых образцах лигнина представлено в табл. 5.

Таблица 5.

Наименование гидроксильных групп	Содержание гидроксильных групп (%) в образцах лигнина			
	Л-53	Л-140	Л-170	купроксамлигнин
Ацетилирующиеся	10,01	10,85	10,71	10,13
Тозилирующиеся	7,62	7,01	7,10	6,72
Ацетилирующиеся в тозилловом эфире лигнина	1,01	1,00	0,87	2,42
Тозилирующиеся, обменивающие тозилловую группу на иод (первичные ОН-группы) . .	1,77	1,89	1,80	3,80
Фенольные	5,85	5,62	5,93	1,95
Вторичные и третичные	2,29	3,34	2,98	4,38
Из них тозиллирующиеся, вторичные, не находящиеся в α -положении к фенольной группе	Нет	Нет	Нет	0,97
Ацетилирующиеся, но не тозиллирующиеся, вторичные, соседние к фенолу, частично третичные	2,39	3,84	3,61	3,41

Ввиду того, что при ацетилировании в числе групп, находящихся в α -положении к фенолу, могут быть определены также сульфгидрильные (на возможное присутствие которых в щелочном сульфатном лигнине указывает ряд авторов [8], [11]), вопрос о количестве ОН-групп требует дополнительного уточнения.

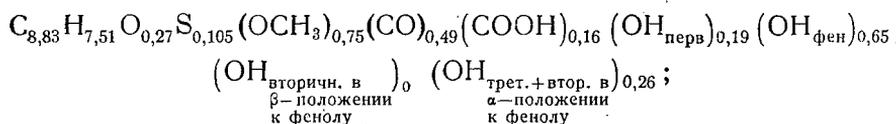
В табл. 6 приведено количественное распределение гидроксильных групп по их характеру (в молях), рассчитанное на структурную $\text{C}_6\text{—C}_3$ единицу лигнина с молекулярным весом 184,5 [5].

Таблица 6

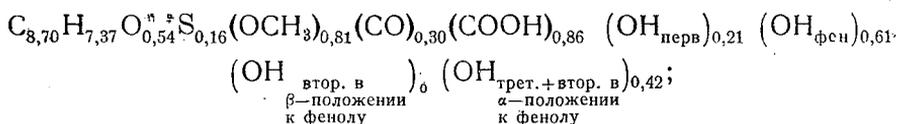
Наименование гидроксильных групп	Содержание OH-групп (в молях), рассчитанные на структурную единицу лигнина в следующих образцах			
	Л-53	Л-140	Л-170	купроксамлигни
Общее содержание	1,09	1,18	1,16	1,10
Первичные	0,19	0,21	0,20	0,41
Вторичные (не соседние с бензольным кольцом)	Нет	Нет	Нет	0,11
Третичные или вторичные в α -положении к бензольному кольцу	0,26	0,42	0,39	0,37
Фенольные	0,65	0,61	0,64	0,21

На основе данных элементарного состава и содержания функциональных групп для фенилпропановых единиц исследуемых лигнинов, получаем следующие формулы (в расчете на принятый выше молекулярный вес элементарного звена):

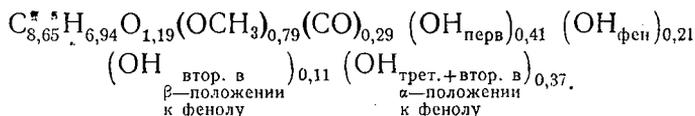
для лигнина Л-53



для лигнина Л-140



для купроксамлигнина



Анализ полученных данных показывает, что образцы щелочного-сульфатного лигнина по сравнению с купроксамлигнином содержат в три раза больше фенольных гидроксильных групп (3ОН—группы на 5 структурных единиц). Содержание первичных гидроксильных групп в образцах щелочного сульфатного лигнина в два раза меньше (1 группа на 5 структурных единиц), чем в купроксамлигнине (2 группы на 5 структурных единиц). Вторичные гидроксильные группы в β -положении к бензольному кольцу отсутствуют в образцах щелочного сульфатного лигнина; в купроксамлигнине они содержатся в незначительном количестве (1 группа на 10 фенилпропановых единиц). Что касается содержания третичных гидроксильных групп или вторичных, находящихся в α -положении к бензольному кольцу, то нам пока не представляется возможным провести аналогичный сравнительный анализ из-за высказанных ранее соображений. Здесь нужны дополнительные исследования.

Выводы

1. Методом тозилрования проведено сравнительное изучение характера гидроксильных групп образцов щелочного сульфатного лигнина (Л-53, Л-170, Л-140) и купроксамлигнина сосны.

2. Установлено количественное соотношение гидроксильных групп в щелочном сульфатном лигнине, выделенном на разных стадиях варки целлюлозы, и в купроксамлигнине.

3. На основании полученных данных можно сказать, что лигнины, выделенные в начале (Л-140) и в конце (Л-170, Л-53) варки целлюлозы, по характеру и содержанию гидроксильных групп не отличаются друг от друга. Однако эти лигнины по указанным показателям сильно отличаются от купроксамлигнина.

Все это свидетельствует о существенных изменениях природного лигнина древесины в процессе сульфатной варки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. О. Коршун, Н. Д. Гельман. «Новые методы элементарного микроанализа», 1949. [2]. Т. А. Кухаренко. Журн. «Заводская лаборатория» 13, 25 (1947). [3]. М. И. Чуманенко, В. П. Мирошина. Журн. «Заводская лаборатория» 10, 1084, (1960). [4]. K. Freudenberg. Ber., 71, 1810 (1938). [5]. K. Freudenberg u. Dietrich. Ann., 563, 146 (1949). [6]. K. Freudenberg. Ber., 6, 525 (1950). [7]. K. Freudenberg. Ber., 5, 6, 17 (1955). [8]. E. Hägglund. Svensk Papperstidn. 44, 183, (1941). [9]. A. Verley u. F. Bölsing. Ber., 3, 3354 (1901) [10]. C. E. Waters. Journ. Ind. Eng. Chem., 12, 5, 482 (1920). [11]. F. Wild. Estimation of organic compounds, Cambridge at the University Press, 1953.

Поступила в редакцию
14 октября 1963 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ
ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ НИВЕЛИРА

П. Ф. СОВЕРШАЕВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Морозное пучение почвогрунтов наносит огромный ущерб народному хозяйству страны, вызывая разрушение дорожных покрытий, выжимание фундаментов и свай, а также корней растений из почвы. Поэтому изучение физико-механических процессов, происходящих при замерзании почв и грунтов, имеет большое теоретическое и практическое значение. Если к настоящему времени в достаточной степени изучена механика мерзлых грунтов, то число работ, посвященных морозному пучению почвы, очень ограничено. Сюда относятся лишь работы П. И. Андрианова [1], [2] и И. Эймерна [6], касающиеся пучения пахотных почв в сельском хозяйстве.

Вопрос о морозном пучении лесных почв, отличающихся от пахотных меньшей глубиной и интенсивностью промерзания, совершенно не изучен. У лесных почв в большинстве случаев замерзают верхние горизонты почвы, являющиеся активной зоной в почвенном профиле. Здесь наиболее сильно выражены колебания температуры и происходят другие физико-химические процессы, среди которых особое внимание следует уделить морозному пучению почвы, ведущему к выжиманию всходов.

Морозное пучение почвы — следствие образования внутрипочвенных кристаллов льда, растущих за счет подтока (миграции) воды из нижележащих горизонтов почвы.

В работах грунтоведов и мерзлотоведов, посвященных механике грунтов, установлено, что за величину морозного пучения, кроме миграции влаги, большое влияние оказывают механический и минералогический состав грунтов. Н. В. Орнатский [4] и Н. А. Цытович [5] установили, что наибольшему пучению подвергаются пылеватые супеси и суглинки. З. А. Нерсесова [3] выявила прямую зависимость величины пучения грунтов от их химического состава. По ее данным, пучение суглинка с содержанием железа достигло 30 мм, с преобладанием кальция — только 7 мм, а суглинок с содержанием натрия совсем не изменил своего объема при замерзании.

Для исследования морозного пучения почвы на лесокультурной площади мы разработали специальную методику. Изучение проводили с помощью установки «скользящих реперов» (рис. 1), конструкцию и название которой предложил автор.

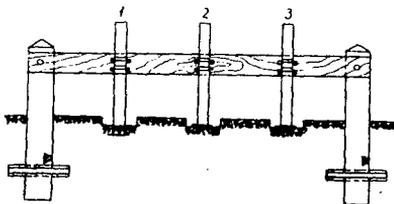


Рис. 1. Схема установки «скользящих реперов»

Установка скользящих реперов состоит из двух столбов, вбитых в землю на глубину 1,5 м (до известковой плиты) с крестовинами для устранения возможного их выжимания. К столбам прикреплена доска сечением 6×20 см и длиной 7 м. С помощью двух металлических скоб к доске через 1,5—2,0 м друг от друга прикреплены репера, представляющие собой рейки длиной 1 м. К нижнему торцу реек для увеличения площади соприкосновения с поверхностью почвы прибиты дощечки размером $6,0 \times 6,0$ см. При поднятии почвы репер свободно передвигается вверх, при оседании опускается вниз подобно поплавку в сосуде с переменным уровнем жидкости. Во избежание набухания реперы были хорошо проолифлены.

Величину пучения почвы за декаду определяли по разности отметок реперов, полученных при их нивелировании. По обе стороны от установки были устроены два репера с постоянными отметками, которые были исходными для вычисления отметок скользящих реперов; при этом постоянные реперы были связующими точками, скользящие — промежуточными. Нивелирование проводили всегда с одного и того же места. Система из трех скользящих реперов (1, 2, 3) была установлена в сентябре 1959 г. на участке № 2 со среднесуглинистой почвой. В целях исследования влияния обработки почвы (рыхления) и механического состава на ее морозное пучение реперы были установлены следующим образом: репер № 1 — на глубине 72 мм от поверхности площадки; № 2 — на поверхности рыхленной площадки; № 3 — на поверхности нерыхленной площадки; № 4 — на поверхности рыхленной площадки участка № 1 с супесчаной почвой; № 5 — на поверхности дернины между площадками; № 6 — на поверхности рыхленной площадки, приготовленной в день его установки (2 сентября 1960 г.). Результаты исследования морозного пучения почвы на участке № 2 в зиму 1960—61 гг. представлены, на рис. 2.

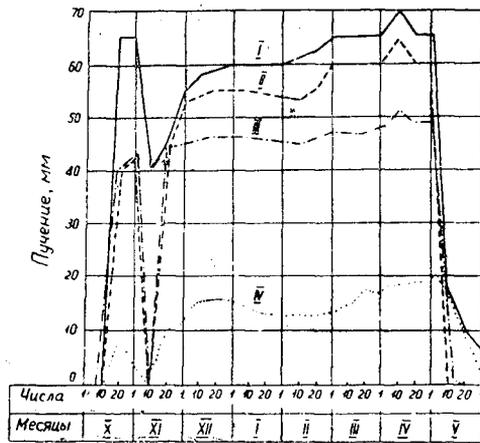


Рис. 2. Морозное пучение поверхности почвы в зиму 1960/61 гг.

I — рыхленной площадки, подготовленной в 1960 г.; II — рыхленной площадки, подготовленной в 1959 г.; III — нерыхленной площадки, подготовленной в 1959 г.; IV — дернины между площадками.

Из графика на рис. 2 видно, что морозное пучение почвы происходит быстро (8—13 мм в сутки) в начале промерзания. Колебания поверхности почвы в течение всей зимы незначительные (5—10 мм). Оседание после оттаивания происходит также быстро (5—10 мм в сутки). Максимальное поднятие поверхности оголенных посевных площадок достигло 70 мм, что зачастую превышает длину стержневого корня всходов. Пучение поверхности дернины между площадками было незначительным (до 20 мм, то есть в 3,5 раза меньше по сравнению с площадками). Изучение пучения почвы на глубине 7,2 см показало, что наибольшему пучению подвергаются верхние горизонты почвы, где располагается основная масса корней всходов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Андрианов. Об изменениях объема почвы и измерение изменений вертикальных размеров почвенных слоев. «Научно-агрономический журнал» № 1, 1928. [2]. П. И. Андрианов. Коэффициенты расширения грунтов при замерзании. СОПС академии наук СССР, 1936. [3]. З. А. Нерсесова. Влияние обменных катионов на миграцию воды и пучение грунтов при промерзании. Исследования по физике и механике мерзлых грунтов, сб. 4, 1961. [4]. Н. В. Орнатский. Проектирование противопучинных мероприятий. Сб. «Регулирование водного режима дорожных оснований», 1946. [5]. Н. А. Цытович. Основания и фундаменты на мерзлых грунтах. Изд-во АН СССР, М., 1958. [6]. I. Eimerl. Beobachtungen und Bemerkungen zur Wasserbewegung im Boden und zur Frosthebung des Bodens. Z. Acker und Pflanzenbau, Rf. 3, S. 375—383, 1959.

Поступила в редакцию
20 января 1964 г.

КУРИЛЬСКАЯ ЛИСТВЕННИЦА В ЭСТОНСКОЙ ССР

Х. К. ПАВЕС

Старший инженер

(Институт зоологии и ботаники АН Эстонской ССР)

Курильская лиственница (*Larix kurilensis* Mayr) растет на Южно-Курильских островах, на Сахалине, в центральной части Камчатки, на острове Хондо и на побережье Охотского моря [1]. В Европе она культивируется в Германии, Финляндии и Дании [5], [6], [7]. Места ее произрастания — низменные равнины, морские и речные террасы и невысокие холмы, достигающие 350 м высоты над уровнем моря [2].

В Эстонию семена курильской лиственницы были привезены из Финляндии и Дании и культивировались 5-летними саженцами в учебных лесничествах на песчаных почвах в черничном типе местопроизрастания.

Период вегетации у курильской лиственницы в Эстонии начинается в конце апреля или в начале мая, то есть на 1—1,5 недели раньше, чем у других видов лиственницы [3]. Хвоинки начинают желтеть в начале октября. Начало роста приходится на период от 20 мая до 5 июня. Продолжительность периода роста в среднем — 110 дней. Семена созревают в сентябре. В солнечную погоду опадение происходит вскоре после созревания. В насаждениях урожай семян весьма невелик, больший урожай дают изолированно стоящие и хорошо освещаемые группы деревьев, где количество упавших с одного дерева семян может достигать 1 кг. Всхожесть семян обычно колеблется до 10%. Сучья располагаются горизонтально. Мертвые сучья в природных условиях очищаются медленно, поэтому успешно применяли искусственную очистку. Причиной плохого очищения является, возможно, то обстоятельство, что лиственницу выращивали в виде чистых насаждений. Сосну, березу и осину естественного происхождения вырубали. Лишь на пробной площади № 2 лиственница растет с пихтой бальзамической в подросте (рис. 1).

В табл. 1 представлены данные курильской лиственницы на пробных площадях в учебно-опытном лесхозе ЭСХА «Ярвселья» (переведены на 1 га).

Таблица 1

Пробная площадь №	Квадрат №	Год культивирования	Возраст, лет в 1961 г.	Размещение саженцев, м	Высота, м	Диаметр, см	Число деревьев	Площадь оснований на высоте 1,3 м	Запас, м ³	Общая продуктивность, м ³	Средний прирост, м ³
1	286	1933	34	2,5×2,5	16,2	17,0	1340	30,34	276	280	8,2
2	273	1930	37	2,5×2,5	18,5	16,6	1090	22,94	225	240	6,5
3	308	1931	36	2,5×2,0	15,7	14,8	1440	25,79	214	218	6,0
4	263	1929	34	1×1	15,0	13,8	1570	24,00	169	175	4,6

Из таблицы видно, что в насаждениях почти одного возраста наблюдаются весьма большие различия. Так, на пробной площади № 1 продуктивность значительно выше, чем на площадях № 3 и 4. На пробной площади № 2 деревья выше в среднем более, чем на 2 м в отличие от остальных. Эти различия вызваны многими причинами, одна из которых — разное содержание питательных веществ в почве даже в двух лучших насаждениях (см. табл. 2).

Таблица 2

Содержание питательных веществ в почве насаждений
курульской лиственницы 26.9.1960 г.

Пробная площадь №	Горизонт	Глубина, см	рН КС	Общий азот (N), %	мг на 100 г почвы	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
1	A ₂	10—15	3,6	0,014	1,0	1
	B	40—50	4,8	0,020	4,0	1
	C	70	4,4	0,001	3,5	1
2	B ₁	15	4,2	0,003	7,0	1
	B ₂ C	50	—	0,003	6,5	1
		80	4,7	0,003	6,5	1

Профили почвы

Пробная площадь № 1

- A₀ 0—8 слой сырого перегноя, образовавшийся из плохо разложившихся мхов и черники
- A₂ 8—18 беловато-сероватый песок, переход в B волнистый
- B₁ 18—20 коричневый слой песка
- B₂ 20—40 оранжевый песок
- B₃ 40—60 розовато-оранжевый светлый песок, внизу полосатый
- C 60—70 твердый супесок, бежево-серый, влажный
- Грунтовая вода залегает на глубине 1,1 м.
- Типично-среднеподзолистая почва, песок на супеси

Пробная площадь № 2

- A₀ 0—3 отпад из мхов и хвоя
- A₂B₁ 3—5 бежево-серый песок
- B₁ 5—40 оранжевый песок
- B₂C 40—100 белый, мелкозернистый песок, внизу более темный супесок
- Грунтовая вода на глубине 1,3 м.
- Типично-слабоподзолистая почва песок на супеси.

Отсутствие вполне сформировавшегося подзола, более высокое содержание фосфора, более глубокое залегание грунтовой воды и наличие лихты бальзамической высотой 1—4 м в качестве подлеска на пробной площади № 2 вызвали более быструю дифференциацию и лучший рост в высоту. Хотя на пробной площади № 1 (рис. 2) в настоящее время имеется большой запас древесины, однако с годами он должен был бы уравновеситься. На пробной площади № 3 слой глины залегает уже на глубине 40 см, а на пробной площади № 4 отмечаются признаки заболачивания, почва глеевая дерново-подзолистая, вследствие чего рост деревьев на них происходит значительно хуже. Кроме того, на пробной площади № 4 культуры закладывали очень густо (1 × 1 м).

Таблица 3

Вид	Диаметр (см) на высоте груди	
	средний	максимальный
Лиственница широкочешуйчатая .	15,5	20,7
„ европейская	15,1	19,0
„ японская	14,7	18,5
„ курильская	12,0	12,5
„ сибирская	10,0	12,0
Сосна обыкновенная	5,2	8,5

Как видно из рис 3, текущий прирост курильской лиственницы достигает кульминации в 12-летнем возрасте. Ее рост в общем стабильнее, чем у европейской лиственницы. В лучшем месте произрастания с глубже залегавшей почвенной водой этот

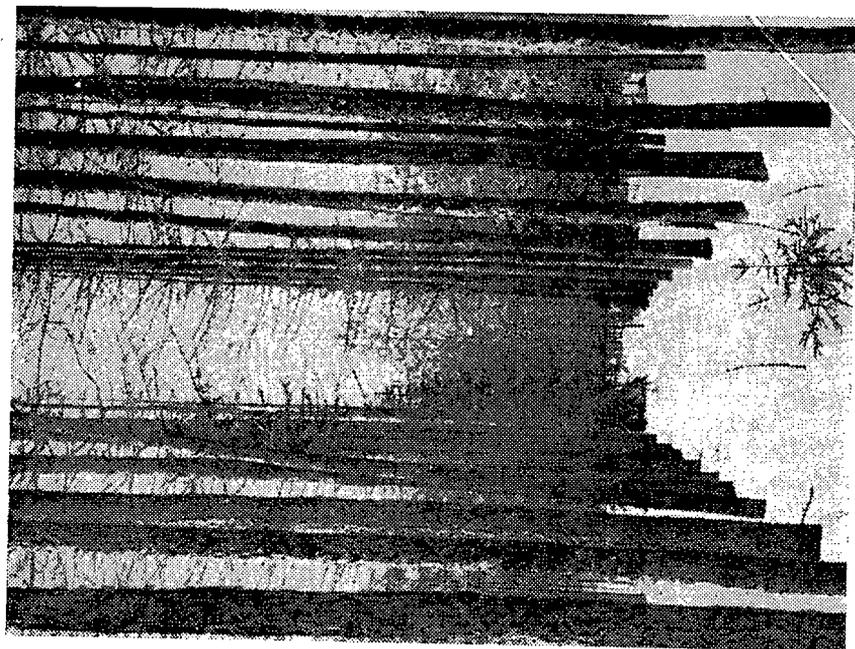


Рис. 2. Пробная площадь № 1
в квадрате 286; возраст 34 года.

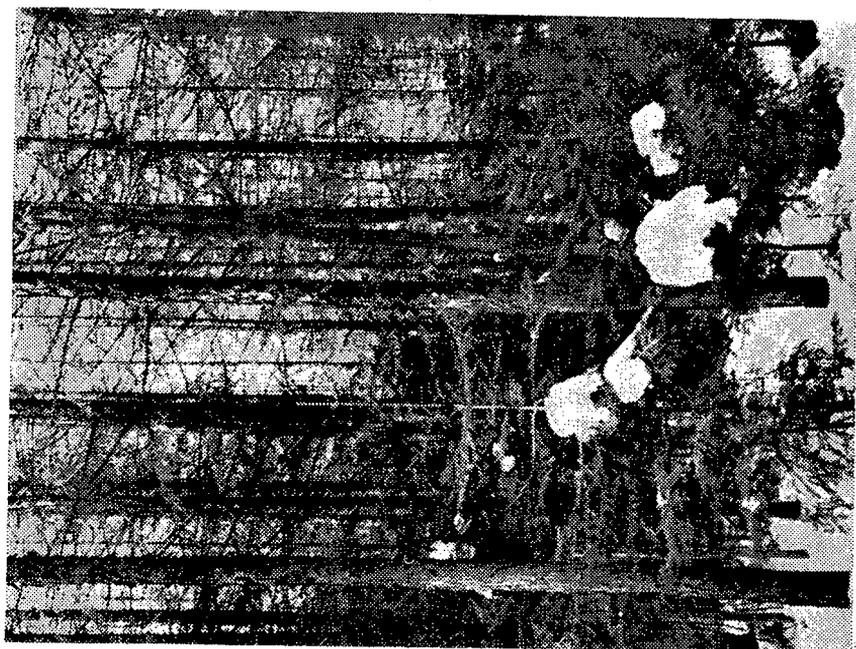


Рис. 1. Лиственница курильская 37 лет с пихтой
балзамической в учебно-опытном лесхозе ЭСХА
«Ярвелья».

вид лиственницы по росту в диаметре отстает от европейской, японской и гибридной лиственниц.

В табл. 3 представлены диаметры на высоте груди у 15-летних лиственниц, растущих на мощной песчаной почве.

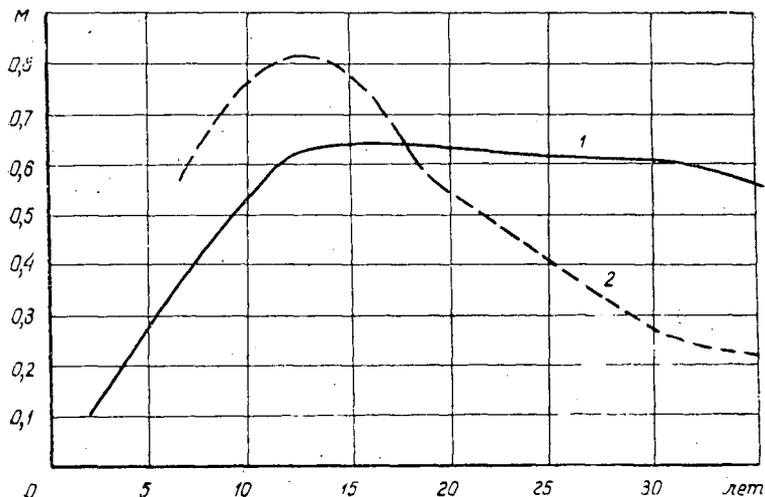


Рис. 3. Текущий прирост лиственницы курильской по данным анализных деревьев.

1 — в высоту; 2 — по диаметру.

Принимая за основу эти малочисленные данные, можно предварительно охарактеризовать ход роста курильской лиственницы (табл. 4).

Таблица 4

Ход роста лиственницы курильской в учебно-опытном лесхозе ЭСХА «Ярвселья» черничного типа

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м ³	Средний прирост на 1 га
10	3,0	3,0	—	—
15	7,2	8,4	35	2,3
20	10,5	10,7	90	4,5
25	13,4	12,8	160	6,4
30	15,6	14,7	215	7,2
35	17,0	16,0	250	7,2

В табл. 5 даны основные физико-механические свойства древесины курильской лиственницы.

Таблица 5

Физико-механические свойства	Среднее арифметическое отклонение	Основное отклонение	Коэффициент изменчивости, %	Число наблюдений
Объемный вес при 15% -ной влажности, Г/см ³	0,703 ± 0,011	0,082	11,6	56
Сопротивление сжатию вдоль волокон, кг/см ²	460,7 ± 9,6	61,5	13,3	42
Сопротивление статическому изгибу, кг/см ²	943 ± 20,2	127,2	13,5	40

Из табл. 5 видно, что древесина курильской лиственницы отличается высокими физическими качествами, превосходя представленные проф. Тимофеевым [4] показатели европейской лиственницы. Вообще же она обладает сравнительно однородными свойствами.

Учитывая все положительные свойства курильской лиственницы, следовало бы выращивать этот вид в более широких масштабах на почвах с легким механическим составом, особенно в местопроизрастаниях черничного типа.

Таким образом, курильскую лиственницу можно успешно выращивать по крайней мере в прибалтийских республиках и Ленинградской области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Деревья и кустарники СССР, т. 1, изд. АН СССР, М.-Л., 1949. [2]. Н. В. Дылис. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока. М., 1961. [3]. Э. Лаас. Исследование качества семян лиственницы и их целесообразного использования в условиях Эстонской ССР. Автореферат, Тарту, 1956 [4]. В. П. Тимофеев. Роль лиственницы в поднятии продуктивности лесов. М., 1961. [5]. L. Beissner. Handbuch der Nadelholzkunde. Berlin, 1909. [6]. A. Cajander. Die Entwicklung der Kultur ausländischer Holzarten in Finnland. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft, 1926. [7]. A. Oppergman. Dyrkning af Laerz Danmark. Kopenhagen. 1923.

Поступила в редакцию
20 мая 1963 г.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ УКРАИНСКОЙ ССР

С 7 по 10 октября 1963 г. Министерство сельского хозяйства Украинской ССР и секция лесного хозяйства и полезащитного лесоразведения Украинского научно-технического общества сельского хозяйства по инициативе лесохозяйственного факультета Украинской сельскохозяйственной академии провели научно-производственную конференцию по проблеме повышения продуктивности лесов Украины.

К участию в работе конференции были привлечены крупные специалисты в области лесного хозяйства — ученые и производственники УССР, РСФСР, Белорусской ССР, Литовской ССР. В пленарных заседаниях и на пяти секциях приняли участие 74 академика и профессора, 127 научных сотрудников вузов, научно-исследовательских институтов и опытных станций, 53 руководителя предприятий, 73 работника производства, 23 представителя партийных и общественных организаций — всего свыше 350 человек.

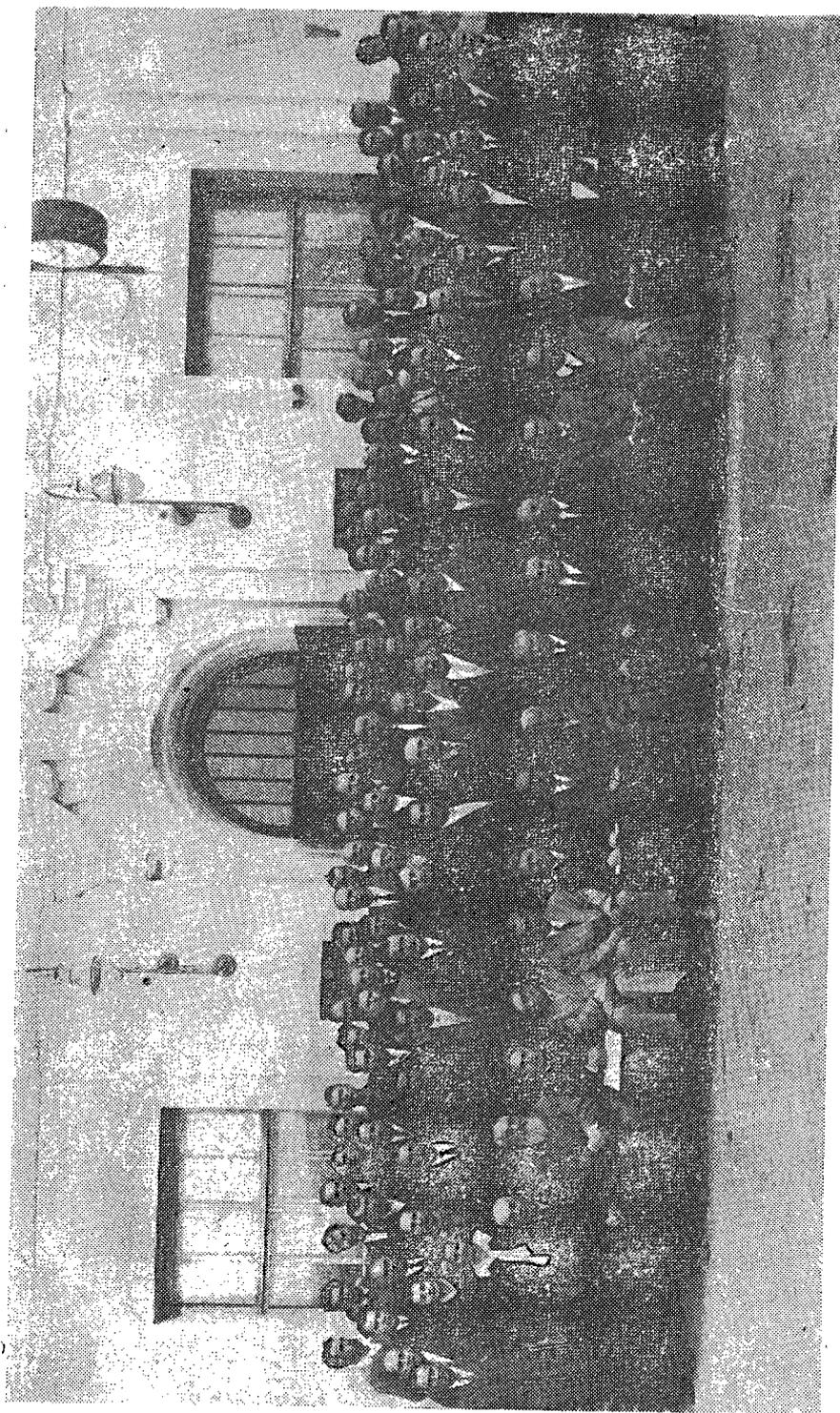
Лесоводы Украины и других союзных республик приняли активное участие в конференции и поделились опытом работы по вопросам, связанным с решением данной проблемы.

Конференцию открыл заместитель министра сельского хозяйства УССР И. К. Ильченко. На конференции было заслушано около ста докладов. На пленарном заседании первого дня выступил Главный лесничий Главного управления лесного хозяйства и лесозаготовок при Совете Министров УССР Б. П. Толчеев. Он рассказал о выполнении генерального плана развития лесного хозяйства УССР. Проф. Б. И. Логгинов изложил пути повышения продуктивности лесов УССР. Проф. В. А. Бодров остановился на повышении биологической устойчивости и полезащитной эффективности лесных полос. С докладом о достижениях в области повышения продуктивности лесов Белорусской ССР путем рационального использования условий местопроизрастания выступил акад. АН БССР И. Д. Юркевич.

В секции лесоводства (руководитель доц. П. Н. Мегалинский) было заслушано более 20 докладов. Акад. АН УССР П. С. Погребняк сделал доклад «Смешанные культуры как способ повышения продуктивности лесов». Проф. Н. А. Коновалов (Уральский лесотехнический институт) доложил о путях применения лесной селекции для повышения продуктивности лесов; проф. Б. Д. Жилкин (Белорусский технологический институт) — о повышении продуктивности лесов культурой люпина; доц. П. Н. Мегалинский — об использовании закономерностей естественного возобновления в решении проблемы продуктивности лесов и др.

На секции лесных культур и лесомелиорации (руководитель проф. Б. И. Логгинов) было заслушано 29 докладов. Проф. Ф. Н. Харитонович (Белорусский НИИ лесного хозяйства) доложил о росте и продуктивности сосновых и сосново-березовых насаждений; проф. Б. И. Логгинов и канд. сельскохозяйственных наук М. И. Гордиенко — о выращивании культур амурского бархата и эксплуатации их на пробковую кору; проф. Д. Д. Лавриненко (УкрНИИЛХ) — о путях регулирования взаимодействия древесных пород; канд. сельскохозяйственных наук Б. А. Павлов (Крымская ГЛОС) — о повышении продуктивности лесов Крыма путем искусственной смены пород; доц. И. И. Полубояринов и младший научный сотрудник И. А. Никитин (Боярская ЛОС) — о некоторых вопросах агротехники выращивания тополей.

На секции таксации и лесоустройства (руководитель проф. М. В. Давидов) было заслушано 15 докладов. Проф. И. В. Воронин (Воронежский лесотехнический институт) рассказал о методике планирования и определения продуктивности лесного хозяйства; проф. М. В. Давидов (Украинская сельскохозяйственная академия) — о продуктивности и строении насаждений вельфы и акации белой. С докладами выступили также доц. А. А. Луцевич и доц. В. П. Разу-



Участники конференции по повышению продуктивности лесов Украины 7—10 октября 1963 г.

мов (Брянский технологический институт), доц. А. И. Котов и доц. Ю. М. Руденко (Украинская сельскохозяйственная академия), проф. В. К. Захаров (Белорусский технологический институт), проф. М. Л. Дворецкий (Поволжский лесотехнический институт), доц. В. Антанайтис (Литовская ССР) и др.

На заседаниях секции защиты леса (руководитель проф. В. И. Гусев) было заслушано 13 докладов по борьбе с вредителями леса и 6 — с болезнями леса. Выступили доц. И. Т. Показий (Харьковский сельскохозяйственный институт), канд. биологических наук Б. В. Рывкин (БелНИИЛХ), проф. Д. Ф. Руднев (УкрНИИЗР), доц. Н. Н. Падий (Украинская сельскохозяйственная академия), канд. биологических наук И. М. Тарасенко (Нижнеднепровская опытная станция облесения песков), канд. сельскохозяйственных наук И. В. Тропин (ВНИИЛМ) и доц. С. В. Шевченко (Львовский лесотехнический институт) и др.

На секции механизации лесохозяйственных работ (руководитель проф. И. М. Зима) было сделано 11 докладов. Проф. И. М. Зима осветил пути развития механизации в лесном хозяйстве Украины, доц. Е. И. Власов (Московский лесотехнический институт) изложил научные основы комплексной механизации и автоматизации лесовосстановительных работ, доц. Т. Т. Малюгин (Украинская сельскохозяйственная академия) доложил о системе машин и орудий для комплексной механизации лесосошительных работ. Канд. сельскохозяйственных наук П. П. Калинин (ВНИИЛМ) осветил технологию лесовосстановительных работ на нераскорчеванных вырубках на базе комплексной механизации. С большим интересом были заслушаны доклады канд. сельскохозяйственных наук А. Г. Полосухина (ВНИИЛМИ), Главного конструктора Новоград-Волинского машиностроитель-

ного завода С. А. Тхоржевского, канд. сельскохозяйственных наук А. И. Недашковского (УкрНИИЛХ), канд. сельскохозяйственных наук тов. Ларюхина (ВНИИЛМ), доц. А. И. Баранова, доц. И. А. Лаврова и др.

На заключительном пленарном заседании с большим вниманием был заслушан доклад доц. К. Е. Никитина (Украинская сельскохозяйственная академия) «Пути и методы использования электронных цифровых машин в лесном хозяйстве». Доклад вызвал огромный интерес у участников конференции. Выступил также начальник Главного управления лесного хозяйства и лесозаготовок при Совете Министров УССР Б. Н. Лукьянов, который изложил пути дальнейшего развития лесного хозяйства республики.

Участники конференции приняли возвращенное решение. Материалы конференции подготавливают к изданию.

Закрывая конференцию, проректор Украинской сельскохозяйственной академии проф. П. А. Горшков пожелал участникам дальнейшей плодотворной работы в развитии лесохозяйственной науки и быстрейшего внедрения их исследований в производство.

Участники конференции ознакомились с работой кафедр лесохозяйственного факультета академии, посетили дендрологический сад и просмотрели кинофильмы; созданные факультетом. 11 октября они совершили поездку на автобусах в Боярский учебно-опытный лесхоз академии, где осмотрели опытные объекты и многие участки высокопродуктивных насаждений; небольшая группа ученых посетила институт кибернетики.

А. Н. ЧЕРНЕГА

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук.

(Украинская сельскохозяйственная академия).

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

К ВОПРОСУ СТЕПНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ

Как самостоятельная отрасль степное лесоразведение начало развиваться в нашей стране после Великой Октябрьской Социалистической революции.

В дореволюционной России с ее общей отсталостью сельского хозяйства лесоразведение не могло широко развиваться, хотя имело большую давность. Уже Петр I издал указы о сохранении и возобновлении дубовых лесов в целях кораблестроения. Но лесоразведение в более узком смысле началось значительно позже. В лесоводственной литературе укоренился неверный взгляд о времени начала степного лесоразведения, так как первые его опыты в степях Ставрополья, по-видимому, не были известны авторам и не нашли отражения в работах Рожкова [5], Чернявского [6], Доброхвалова [2] и др.

Ставрополье — один из первых районов нашей страны, где в начале XIX века были сделаны первые разрозненные попытки создания лесонасаждений различных по своему практическому назначению.

В двадцатые годы XIX столетия военная администрация Кавказской области проявляет большой интерес к разведению лесов. Командующий войсками в 1826 г. делает сообщение областному правлению о разведении лесов в «удобных местах» области. В феврале 1827 г. последовало предложение «О разведении лесов при разных селениях и станицах». В этом же году было пересажено 2000 деревьев из русской лесной дачи в район г. Ставрополя**. С этого времени проведение мероприятий по разведению леса носит регулярный и организованный характер. Начинается закладка рассадников молодых деревьев в различных селах. Уже к 1833 г. в Кавказской губернии «вдобавок к прежде существовавшим плантациям были сделаны на площади 1 десятины посевы разных семян и рассадка тополей и вербовых черенков». [4]. В 1834 г. эти посевы увеличились до двух десятин и была произведена «сверх того посадка клена, ясеня, вербы и др. на площади 34 десятины». В 1835 г. при пяти деревьях на площади в 74 десятины были высажены бук, граб, клен, ясень и карагач (всего 444 400 дичков 3—5-летнего возраста) [4]. Таким образом, 1827 год надо считать годом начала лесоразведения на Ставрополье.

После военной администрации вопросами сохранения лесных массивов, восстановления их и лесоразведения на Ставрополье занимался Департамент Государственных Имуществ. Посадки в этот период проводили, как правило, при казенных лесных дачах в целях восстановления лесных массивов***.

Более широко начинает развиваться отечественное степное лесоразведение с момента начала его в степях Удельного ведомства.

А. Рожков [5], рассматривая степное лесоразведение, указывает, что в Ставропольской губернии работы по облесению степи начались лишь в 1885 г. Вслед за ним повторяет эту ошибку В. П. Доброхвалов [2], говоря, что «удельное ведомство начало работы по облесению степей с 1886 г. на нескольких участках бывшей Самарской и Ставропольской губерний». В действительности работы по облесению в Ставропольском Удельном имении были начаты с 1870 г., когда туда был направлен старший ученый лесовод ведомства Варгас де Бедемар с поручением составить проект постепенного облесения Янкульской степи. В своем рапорте от 20 февраля 1871 г.**** в департамент уделов Варгас де Бедемар сообщает, что разведение леса в местных условиях является самой трудной задачей. В связи с этим он рекомендует вначале ограничиться созданием в степи небольших питомников с площадью до 2—3 га для посадки семян и только после этого приступить к облесению участка. В этом же

* Государственный архив Ставропольского края (ГАСК), ф. 63, д. 292, л. 1, 47—19.

** ГАСК, ф. 70, д. 168, л. 1.

*** ГАСК, ф. 444, д. 37, л. 29.

**** ГАСК, ф. 716, д. 10, л. 6.

году были начаты работы по созданию двух первых питомников — Тартаев аул и Горькая балка *, а осенью этого же года в них были высажены первые 3240 дичков-самосева, полученных из Темнолесской казенной лесной дачи.

В последующие годы количество питомников значительно увеличивается. В 1872 г. закладываются питомники Калаусский и Барсуковский, в 1874 г. — Калюженский и в 1875 г. — Петровский. К 1876 г. в степях Удельного ведомства на Ставрополье общая площадь питомников достигла почти 25 га (22 десятины 1520 кв. сажений)**.

Лесоводы удельного ведомства первоначально придерживались принципа разведения леса на отдельных участках, создавая редкостойные массивы насаждения. Поэтому принципу шло облесение и Ставропольского имения и создаваемые питомники рассматривались как начальные пункты будущих лесных массивов. Опыт и результаты лесоразведения 1871 и 1872 гг. считались вполне успешными***.

В большом количестве разводили ясень, дуб, белую акацию и липу. Несколько меньше выращивали вяза, клена (полевого и остролистного), каштана и тополя и совсем немного яблонь, груш и слив.

Наряду с закладкой питомников Удельное ведомство в семидесятых годах XIX столетия начало работу по восстановлению лесных массивов в степи. Были приняты меры по охране остатков прежних лесов, по улучшению существующих массивов. Проводят обследование всех районов с остатками кустарников и древесных пород****. В урочищах Дубовая балка и Ульджа начинают работы по лесоразведению и восстановлению прежнего лесного древостоя. К 1885 г. было создано около 116 десятин редкостных массивных насаждений в Янкульской степи [6].

С 1886 г. Удельное ведомство рекомендует придерживаться полосного лесоразведения, предложенного известным лесоводом Н. К. Генко. Были начаты работы по созданию лесных полос на водоразделах в Янкульской степи*****.

Одновременно продолжают работы по лесоразведению в казенных лесничествах, особенно в Русской лесной даче, имевшей питомник площадью более 2 га, где выращивали дуб, ясень, клены (ясенелистный и полевой), липу, акацию и много плодовых деревьев (яблонь, груш, слив и др.). В 1874 г. в засушливой северо-западной части Ставропольской губернии на казенных землях был выделен участок в 100 десятин и засеян ясенем, дубом, белой акацией и другими породами. Как сообщалось в 1877 г. «большая часть деревьев выросла больше сажени и теперь рассадник Иванова кажется лесным оазисом среди голой открытой степи». [1].

Этот участок впоследствии послужил основой для образования в 1888 г. «степного Медвеженского лесничества», при описании которого Ф. Н. Коченову не были, вероятно, известны первые посевы 1874 г., что привело его к ошибочному выводу о том, что они были произведены в 1888 г. [3]. Противоречиво и указание Д. Ф. Чернявского [6] о том, что начало лесоразведения в Медвеженском лесничестве относится к восьмидесятым годам XIX столетия или к 1891 г.

Таким образом, степное лесоразведение в Ставропольском крае началось в двадцатых годах XIX столетия и продолжалось в течение всего века. Несмотря на видимые успехи, в условиях капиталистического общества лесоразведение не могло достичь широкого развития.

* Там же, лл. 9, 13—15.

** Там же, д. 48, л. 45.

*** ГАСК, ф. 716, д. 10, л. 29.

**** Там же, д. 12, л. 6.

***** ГАСК, ф. 716, д. 210, л. 8.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. С. Лесоразведение в Медвеженском уезде Ставропольской губернии. «Лесной журнал», кн. 5, С-Пб., 1877. [2]. В. П. Доброхвалов. Очерки истории степного лесоразведения. Изд-во МГУ, М., 1950. [3]. Ф. Н. Коченов. Очерки лесоразведения в Медвеженском образцовом степном лесничестве Ставропольской губернии. «Лесной журнал» № 10, С-Пб., 1905. [4]. М. Орлов. Исторический очерк искусственного лесоразведения в России. Заповедник Ново-Александрийского института сельскохозяйственного лесоводства, т. 9, в. 2, Варшава, 1895. [5]. А. Рожков. Степное лесоразведение на землях Удельного ведомства. Журн. «Сельское хозяйство и лесоводство», вып. 12, 1894. [6]. Д. Ф. Чернявский. Краткий исторический очерк степного лесоразведения. Труды по лесному опытному делу Украины, вып. 3, Харьков, 1926.

М. Д. ЧЕРНОВАЛОВ

Аспирант.

(Московский государственный университет)

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

ОБ УЧЕБНИКЕ А. И. ВОРОНЦОВА
«ЛЕСНАЯ ЭНТОМОЛОГИЯ» *

Публикация нового учебника означает обобщение всего достигнутого наукой и практикой в соответствующей отрасли знаний. Этой задаче вполне отвечает книга «Лесная энтомология», изданная в качестве учебника для лесохозяйственных факультетов лесотехнических и технологических ВУЗов.

Десять глав учебника последовательно, в соответствии с программой курса, излагают вопросы лесной энтомологии.

Во введении с достаточной полнотой рассмотрены основные этапы развития отечественной лесной энтомологии, начиная с работ Ф. Кеппена, И. Я. Шевырева, Н. А. Холодковского и кончая последними исследованиями ученых Всеукраинского и Украинского институтов защиты растений, Сибирского отделения и Дальневосточного филиала АН СССР, лесотехнических ВУЗов и др. Параллельно с этим освещено развитие лесозащиты как составной части лесного хозяйства страны.

Глава I касается вопросов общей энтомологии, где наряду с рассмотрением внешнего и внутреннего строения, нашли отражение элементы физиологии насекомых, их размножения и развития. Автор правильно поступил, исключив из учебника разделы, которые студенты изучали на лабораторных занятиях (например, классификация насекомых). Однако по этому пути можно было бы идти смелее, значительно сократив объем раздела «Внешнее строение».

Во II главе «Экология лесных насекомых и причины их массового размножения» автор совершенно правильно отошел от нередко встречающегося слишком общего определения экологии как науки о взаимосвязи животных со средой, подчеркнув в качестве основного содержания этого раздела биологии «изучение их (насекомых — Б. Л.) образа жизни в связи с условиями существования и выяснение значения последних для размножения, выживания и распространения насекомых» (стр. 53). Следовало бы добавить к этому, что в отличие от ряда других биологических

дисциплин объектом изучения экологии является популяция. Хорошо, с достаточной полнотой (насколько позволил объем книги) разобраны вопросы влияния на насекомых абиотических факторов, связь насекомых с растениями. Однако межвидовым отношениям, равно как и колебаниям численности насекомых, уделено слишком мало внимания, хотя первый вопрос является основой биологического метода борьбы с вредителями, а второй составляет главное содержание экологии. Правда, вопросы колебания численности отдельных групп энтомовредителей рассмотрены в последующих главах учебника. Слишком мало внимания обратил автор на рассмотрение вопроса энтомоустойчивости растений, а такой важный раздел, как антропогенные факторы, которые в настоящее время часто оказываются решающими в развитии популяции, совершенно выпал из этой главы так же, как и раздел о внутривидовых отношениях.

Главы III, IV посвящены методам, средствам и техническим приемам борьбы с вредителями леса. Вначале изложены общие вопросы организации лесозащитных работ, в частности служба учета колебаний численности энтомовредителей в лесном хозяйстве, кратко описаны лесохозяйственные мероприятия, направленные на борьбу с вредными насекомыми, и физико-механические методы борьбы. Совершенно справедливо основное внимание уделено биологическому и химическому методам. Характеризуя использование живых организмов в борьбе с энтомовредителями, автор обобщил соответствующие достижения отечественных и зарубежных ученых и практиков.

В главе IV удачно введен раздел основных понятий токсикологии. В перечне инсектицидов основной упор сделан на наиболее распространенные препараты ДДТ и ГХЦГ и новые перспективные хлороорганические и фосфорсодержащие яды. Совершенно правильно почти исключены устаревшие, практически отсутствующие в лесном хозяйстве препараты мышьяка. К сожалению, в перечне и характеристике ядов не упо-

* Изд-во «Высшая школа», М., 1962.

мануты некоторые инсектициды, рекомендуемые автором в последующих главах в качестве высокоэффективных в борьбе с вредителями: ДИНОК, меркаптофос, М-81, М-74 (стр. 197), меркуран (стр. 145) и др.

В целях экономии места можно было бы исключить из этих глав разделы «Охрану и привлечение птиц» (стр. 97), рассматриваемые в курсе «Биология лесных зверей и птиц», а также «Фумиганты» (стр. 126), фактически не применяемые в лесном хозяйстве. Зато раздел «Техника безопасности при работе с ядохимикатами» надо было сохранить, а не ссылаться на курс «Техники безопасности», изучаемый студентами позднее лесной энтомологии.

Вопросы частной энтомологии разобраны в главах V—X. Автор принял удачную очередность в расположении материала: от вредителей семян до технических вредителей древесины.

Очень хорошо, что внутри основных экологических группировок — вредители корней, хвои и листьев, стволов (главы VI, VIII, IX) — автор расположил описание конкретных видов не по повреждаемым ими древесным породам, а в порядке систематических категорий — по отрядам и семействам. Благодаря этому, студенты легче усваивают систематику насекомых, особенности строения и образа жизни энтомофагов. К сожалению, этот порядок нарушен в главах V и VII.

Каждая глава начинается общим обзором соответствующей группы энтомофагов, разбором свойственных ей экологических закономерностей и общих для группы мер борьбы. Во всех главах автор ориентирует читателя на правильный подбор древесных пород, создание многолетних насаждений и другие лесохозяйственные приемы, направленные на создание здорового древостоя. Наряду с этим, приведены рекомендации истребительных мер борьбы с вредителями.

В главе VIII, хотя и кратко, освещена картина развития вспышек массового размножения вредителей хвои и листьев и влияние их на состояние и прирост насаждений. При разборе образа жизни отдельных видов наиболее подробно рассмотрены те энтомофаги, в борьбе с которыми наиболее заинтересовано современное лесное хозяйство страны (сибирский шелкопряд, непарный шелкопряд и др.). Для основных вредителей указаны не только географические районы возникновения очагов высокой численности, но и стадии, в которых наиболее вероятно нарастания вспышек массовых размножений; даны конкретные рекомендации по проведению надзора. Все это при-

ближает изучаемый материал к нуждам лесного хозяйства, связывает лесную энтомологию с практическими задачами лесоводов.

Удачно размещена в конце общих глав или после рассмотрения отдельных видов рекомендуемая автором дополнительная литература. В числе книг и статей, наряду с новейшими работами наших современников даны и классические работы ученых прошлого столетия. Библиография включает в себя более 350 названий.

Учебник иллюстрирован 117 рисунками и очень хорошими фотографиями.

К сожалению, учебник изобилует опечатками.

Не всегда удачны подписи под рисунками. Так, на рис. 1 вместо «передне-спинка», «средне-спинка» и «задне-спинка» лучше было бы написать «переднегрудь» и т. д., поскольку речь идет об основных частях тела насекомого, а не о детализации строения отдельной части. На рис. 3 расчлененный грызущий-лижущий ротовой аппарат почему-то назван «поперечным разрезом» и т. д.

При переиздании учебника необходимо устранить все эти неточности и опечатки.

В связи с тем, что автор был ограничен определенным объемом учебника, он не смог с достаточной полнотой развернуть отдельные главы и разделы. Кроме упомянутых ранее, следовало бы расширить изложение эмбрионального и постэмбрионального развития насекомых (стр. 40—43), физиологии насекомых, техники проведения лесопатологического надзора и обследования (стр. 82—83); при разборе биологических методов борьбы — дать обстоятельное описание образа жизни основных энтомофагов; при рассмотрении методов борьбы, особенно химических, — привести хотя бы общие данные об используемых механизмах и их производительности; расширить разделы «Биологические особенности хвое-листо-грызущих вредителей» (глава VIII, стр. 201—203), «Вспышки массовых размножений» (стр. 204—207); дать более подробное описание образа жизни подгрызающих совков, рогохвостов и некоторых других вредителей.

В целом учебник «Лесная энтомология» производит хорошее впечатление, написан с учетом последних достижений современной науки и практики и будет служить основным руководством для студентов лесохозяйственных специальностей при изучении курса.

Б. Б. ЛЕБЛЕ

Доцент, кандидат
биологических наук.

(Архангельский лесотехнический институт).

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

С. Л. Макацария. Семенное возобновление бука в лесах Абхазской АССР	3
Н. Б. Муравьева. Повреждения стволов ели и раневые гнили	6
А. Ф. Лисенков. К методике определения урожая семян лиственницы сибирской по пробным ветвям	10
Л. В. Бицин. Объемные и сбеговые таблицы акации белой Северного Кавказа	14
Г. Ш. Камалтинов. Количество хлорофилла и фотосинтез привитых и маточных кедров	22
К. И. Рудик. К вопросу об акустике леса	26
А. Г. Мошкалев. Характеристика неоднородности древостоя таксационного выдела и ее значение	30
Н. Г. Акимочкин. Псевдотсуга тиссолистная на неудобных землях лесостепной опытной станции	35
Ф. Т. Костюкович. Экономическая спелость леса	39
О. Г. Чертов. Опыт характеристики и оценки лесорастительных условий на основе мелкомасштабных почвенных исследований	42
К. К. Смаглюк. Особенности хода роста насаждений бука в Северной Буковине	46
Чэнь Суй-чин. Опыты по внекорневому поступлению фосфора в древесные растения	52

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Б. И. Кувалдин. Исследование влияния упругости пути на колебания подвижного состава	56
Ф. Е. Захаренков. О некоторых зависимостях процесса обрезки сучьев методом силового резания	70
Г. А. Манухин, В. Т. Решетников. Донные железобетонные опоры продольных запаней	76
В. М. Львовский. О равномерном движении сосредоточенной нагрузки по бесконечной балке, лежащей на упругом массивном двухслойном основании	81
Э. Д. Мартюшов. К вопросу о промерзании и оттаивании дорожного полотна на севере Европейской части СССР	89
Ю. Л. Шевченко. Сопrotивление движению вагонов-сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ	97

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И. Г. Корчаго. Форма, размер и качественная характеристика станочной стружки	103
С. Ионайтис. Нагрев размельченных древесных отходов в электрическом поле высокой частоты	108
В. Е. Вихров, Л. А. Шмаргунов. Стабилизация формы и размеров древесины, обработанной глифталем	110
Б. И. Артамонов. Электрические свойства пакетов шпона при склеивании в поле высокой частоты	118
А. И. Егоров, А. Н. Ветрова. К использованию газа энергохимических установок	122

- А. К. Махнев. Физико-механические свойства древесины некоторых форм березы Припышминских боров лесостепного Зауралья 127
 Г. И. Редько. Влажность заболонной и ядровой древесины тополей 132

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Н. В. Чалов, Л. Б. Паасикиви. Гидролиз целлолигнина 38—41%-ной соляной кислотой при 20°С 137
 Е. Д. Гельфанд. О взаимодействии тиолигнина с раствором щелочи 144
 Г. Ф. Прокшин. Количественное определение пирокатехина потенциометрическим титрованием 149
 А. А. Соколова, Е. В. Назарьева. О гидроксильных группах лигнина 154

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- П. Ф. Совершаев. Определение величины морозного пучения почвы с помощью нивелира 161
 Х. К. Павес. Курильская лиственница в Эстонской ССР 163

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- А. Н. Чернега. Научно-производственная конференция по повышению продуктивности лесов Украинской ССР 168

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

- М. Д. Черновалов. К вопросу степного лесоразведения 171

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Б. Б. Лебле. Об учебнике А. И. Воронцова «Лесная энтомология» 173

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2.

(Год издания седьмой).

№ микро-районов	Площадь, %	КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОРАЙОНОВ	П О Ч В Ы	Индексы типов местообитаний	Т И П Ы Л Е С А	Средневзвешенная оценка производительности микрорайонов				Характер процессов на вырубках	Общий средний балл производительности в случае осушения переувлажненных местообитаний (индексы 13—21)		Способ обработки почв под лесные культуры	Преобладающие породы лесных культур и примеси
						общий средний балл		средний балл без учета площадей торфяников			ель	сосна		
						ель	сосна	ель	сосна					
О С Ь М И Њ С К И Й Л Е С Х О З														
I	11	Слабо дренированная равнина на карбонатных моренных суглинках	Торфянисто-перегнойные и торфяно-перегнойные глеевые; модергумусные подзолистые	13, 20; 2, 19	Сосняки хвощево-сфагновые, осинники и ельники травяно-таволжные, кислично-папоротниковые, кислично-черничные	5,2	4,8	6,5	5,6	Временное заболачивание и сильное задержание	5,8	5,7	Гребневая с посадкой и посевом в гребни	Ель* (ясень, дуб, липа)
II	11	Флювио-гляциальная слабо дренированная равнина и камовая гряда на супесях и песках	Торфянистые, перегнойные и торфяные глеевые; грубогумусные подзолистые	18, 9, 21, 15; 10	Сосняки- и березняки-долгомошники, сфагновые, орляково-брусничные, поручейные	4,2	4,4	4,9	5,0	Временное заболачивание и слабое задержание	4,8	5,0	Гребневая и поверхностная	Сосна* (береза)
III	16	Слабо дренированная равнина на бескарбонатных моренных суглинках	Торфянисто-грубогумусные и грубогумусные подзолистые глееватые; торфяные глеевые	16, 5, 10; 21	Березняки- и ельники-черничники, долгомошники, чернично-кисличные, сосняки сфагновые	3,7	4,1	5,2	5,4	Временное заболачивание, местами задержание	6,3	6,5	Гребневая, местами поверхностная	Сосна, ель (береза)
IV	17	Дренированная равнина на двучленных наносах	Модергумусные и грубогумусные подзолистые; торфяные глеевые	12, 10; 21	Березняки-, осинники- и ельники-кисличники, кислично-черничные, травяные; сосняки сфагновые	4,2	4,5	5,3	5,5	Задержание	5,2	5,3	Поверхностная обработка, местами гребневая	Сосна, ель (береза, липа)
Ia	7	Дренированная равнина на карбонатных моренных суглинках	Модергумусные и муллевые, буроподзолистые; торфянисто-перегнойные глеевые	2, 13; 21, 19	Осинники-, березняки- и ельники-кисличники, сложные и травяные; сосняки хвощево- и осоко-сфагновые	6,1	5,9	7,7	7,0	Сильное задержание	7,0	7,0	Глубокая	Ель (дуб, липа, клен)
V	11	Слабо дренированная равнина на бескарбонатных моренных суглинках и двучленных наносах	Торфянисто-грубогумусные и грубогумусные подзолистые; торфяные глеевые	16, 5, 18, 21	Березняки-, осинники- и ельники-черничники, кислично-черничные и долгомошники; сосняки сфагновые	4,4	4,8	5,7	6,0	Задержание и временное заболачивание	6,4	6,7	Гребневая и поверхностная	Сосна, ель береза, липа
IIa	18	Камовая гряда и флювио-гляциальная дренированная равнина на супесях и песках	Грубогумусные подзолистые; торфяные глеевые	9, 10; 21	Сосняки-брусничники, верещатники и сфагновые	3,4	4,1	4,7	5,3	Слабое задержание	5,3	5,8	Поверхностная	Сосна (береза)
VI	9	Дренированная приподнятая равнина на бескарбонатных моренных суглинках и двучленных наносах	Модергумусные и муллевые подзолистые и буроподзолистые; грубогумусные подзолистые; торфяные глеевые	5, 12; 21	Березняки- и ельники-кисличники, кислично-черничные, травяные; сосняки сфагновые	4,9	4,9	6,2	6,0	Задержание, местами сильное	6,3	6,3	Поверхностная	Ель (липа, клен, дуб)
Всего	100					4,3	4,6	5,6	5,8		5,8	6,0		
В О З Н Е С Е Н С К И Й Л Е С Х О З														
I	22	Дренированная моренная равнина на бескарбонатных суглинках	Грубогумусные и торфянисто-грубогумусные подзолистые; торфяные глеевые	5, 16; 21	Ельники-, сосняки- и березняки-черничники, чернично-кисличные, долгомошники; сосняки сфагновые	4,3	4,4	4,9	4,9	Задержание	5,1	5,6	Поверхностная	Сосна, ель (береза)
II	12	Слабо дренированная равнина на бескарбонатных сильно завалуенных моренных суглинках	Торфянисто-грубогумусные и грубогумусные подзолистые; торфянистые и торфяные глеевые	16, 5; 21	Ельники- и сосняки-долгомошники, черничники; сосняки осоко-сфагновые и сфагновые	4,1	4,4	4,8	5,0	Временное и устойчивое заболачивание	5,8	6,0	Обработка по микроповышениям	Сосна, ель (береза)
III	44	Плоская пониженная равнина на бескарбонатных суглинках, супесях и песках (Ивицкая низменность)	Торфяные и торфянисто-перегнойные глеевые; торфянисто-грубогумусные и грубогумусные подзолистые	21, 16, 18; 9, 5	Сосняки сфагновые, осоко-сфагновые, долгомошники; ельники- и березняки-долгомошники, кислично-черничные и травяные	3,0	3,6	4,2	4,9	Устойчивое и временное заболачивание	4,7	4,8	В сочетании с мелиоративными мероприятиями	Сосна (береза)
IVa	8	Слабо дренированная равнина гряды конечной морены на бескарбонатных моренных суглинках	Торфянисто-перегнойные глеевые, торфянисто-грубогумусные и грубогумусные подзолистые	16, 5, 21	Березняки-, осинники- и ельники-долгомошники, черничники, травяные, осоко-сфагновые	4,2	4,7	4,9	5,4	Временное заболачивание и задержание	5,6	5,8	Гребневая и поверхностная	Сосна (береза)
IVb	12	Гряда конечной морены на бескарбонатных моренных суглинках	Грубогумусные, модергумусные и торфянисто-грубогумусные подзолистые; торфянисто-перегнойные глеевые	4, 16, 12; 19	Ельники-, осинники- и березняки-черничники, чернично-кисличные и травяные	5,1	5,1	5,2	5,2	Задержание	6,0	6,0	Поверхностная	Сосна, ель (береза)
V	2	Озерные террасы на грубых песках	Модергумусные подзолистые	9	Ельники и сосняки кислично-черничные и травяные	4,5	5,0	4,5	5,0	Задержание	4,5	5,0	Поверхностная	Сосна (береза)
Всего	100					3,8	4,2	4,7	5,0		5,2	5,4		

* На отдельных участках — ясень, черная ольха.

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1964 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

**Раздел
„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963 и 1964 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».