

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТНАДЦАТЫЙ

4

1972

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. **И. М. Боховкин** (отв. редактор), доц. **Е. С. Романов** (зам. отв. редактора), доц. **С. И. Морозов** (зам. отв. редактора), проф. **Н. М. Белая**, проф. **Г. А. Вильке**, доц. **П. И. Войчалъ**, 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. **Ф. И. Коперин**, проф. **С. Я. Коротов**, акад. **ВАСХНИЛ**, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, доц. **В. О. Самуйлло**, доц. **Г. Я. Трайтельман**, проф. **В. Н. Худоногов**, доц. **В. В. Щелкунов**.

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

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

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная **В. И. Ленина**, 17,
Архангельский лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

(Год издания пятнадцатый)

Сдан в набор 4/VII-72 г. Подписан к печати 12/IX 1972 г. Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆.
Печ. л. 15,4 + 2 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,187. Тираж 2100.
Сл 07021 Заказ 4610. Цена 1 руб.

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

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.5

О ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ БОНИТИРОВАНИИ
ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ

М. В. ДАВИДОВ

Украинская сельскохозяйственная академия

Установление типов роста древостоев (согласно составленной ранее дифференцированной бонитировочной шкале) должно войти в практику лесоустройства. В статье приведена схема, отражающая связь между типами леса, классами бонитета и типами роста древостоев. Последние могут быть определены при тренировке перед началом лесоустроительных работ.

В развивающемся быстрыми темпами социалистическом лесном хозяйстве нашей страны с каждым годом становится все актуальнее проблема повышения продуктивности лесов и усовершенствования учета природных ресурсов. На этом фоне, среди известных лесохозяйственных мероприятий, направленных на достижение указанной цели, немаловажную роль должно сыграть лесоустройство, проводимое на высоком научно-техническом уровне.

Правильная организация и ведение лесного хозяйства немыслимы без разработки специальной классификации лесов, в которой в равной мере заинтересованы как типологи, так и лесоустроители.

Типологическая классификация, как известно, зародилась еще в конце прошлого столетия (1889 г.), когда впервые она была применена в практике лесоустройства. В 1911 г. проф. М. М. Орловым была предложена таксационная классификация насаждений по классам бонитета, которая также имела целью упорядочить ведение лесного хозяйства.

Разработанные классификации привлекли серьезное внимание многих специалистов лесного хозяйства, что видно из полемики, возникшей в свое время между типологами и лесоустроителями по вопросу о типах леса и классах бонитета. В результате развернувшейся дискуссии было, однако, признано, что лесному хозяйству нужны как типы леса, так и бонитеты, хотя типологическая классификация является естественной, а таксационная — искусственной; но даже самая совершенная классификация, как известно, имеет условный характер. Поэтому и общепонятная бонитировочная шкала, являющаяся выражением таксационной классификации, не лишена некоторых недостатков, однако в ней дается один, определенный масштаб для сравнения продуктивности, и в этом заключается ее положительная сторона, которая, к сожалению, не всегда учитывается противниками таксационной классификации. Особенность данной шкалы заключается также в том, что при ее построении было принято положение о неизменности класса бонитета во времени.

Между тем, как показал ряд исследований, класс бонитета древостоев с возрастом может меняться. Этот интересный вопрос давно уже привлек внимание лесоводов. Еще в 1907 г. при исследовании еловых насаждений Швейцарии [19] было отмечено, что ель в зависимости от рельефа растет по-разному: на всхолмленной местности в молодости

она растет в высоту энергичнее, чем в горных условиях, но к спелому возрасту средние высоты сравниваемых древостоев оказались практически одинаковыми, то есть оба насаждения были отнесены к одному классу бонитета; однако в более молодом возрасте они, очевидно, принадлежали к разным классам, что, несомненно, отразилось на их сортиментной структуре.

Несколько позже (1915 г.) при аналогичных исследованиях А. Гетенбергом [20] было обнаружено, что ель в области южного и северного Тироля и в нижней Австрии до 80—100-летнего возраста различна по энергии роста в высоту. Причем с возрастом в первом случае (южный Тироль) наблюдается «повышение», а во втором (нижняя Австрия), наоборот, «падение» класса бонитета. «Понижение» класса бонитета с возрастом было отмечено для еловых и буковых насаждений, произрастающих между Альпами и Дунаем в Баварии [21].

В нашей отечественной литературе тоже накопился значительный опыт в этой области исследований. Например, в 1932 г. было установлено, что сосняки Бузулукского бора растут нередко с «повышением» класса бонитета [15], а в Горьковской области — с «падением» [16]. «Понижение» класса бонитета с возрастом было отмечено и для березняков Сибири [13].

В последние годы были вскрыты особенности роста различных древесных пород на Украине в насаждениях лиственницы [11], белой акации [1], березы [14], вязы [2], дуба [4], [9], [10], осины [8] и черной ольхи [3], а также в дубравах лесостепной зоны РСФСР [5], [6]. В этой связи вопрос о бонитировании насаждений при лесоустроительных работах, особенно в зоне интенсивного ведения лесного хозяйства, должен быть рассмотрен в новом аспекте.

В нашей лесохозяйственной литературе уже введено понятие о дифференцированном бонитировании в связи с типами роста древостоев [7], [12]. По предложению проф. Н. В. Третьякова [17], как известно, принято три типа роста древостоев: с умеренным приростом по высоте при неизменном классе бонитета во времени (T_0); с ускоренным приростом в высоту в молодости и убывающей интенсивностью в последующем, сопровождающимися «падением» бонитета (T_1); с замедленным приростом в высоту в молодости и возрастающей интенсивностью впоследствии, сопровождающимися «повышением» бонитета (T_2).

С учетом названных типов роста в последние годы была опубликована новая дифференцированная бонитировочная шкала [12], которая по ряду причин пока еще не вошла в лесохозяйственную практику. Между тем, в связи с повышением требований к качеству работ при современном лесоустройстве, вопрос о внедрении дифференцированного бонитирования в лесохозяйственную практику с каждым годом становится все более актуальным.

Установление типов роста древостоев, наряду с типами леса, по нашему мнению, должно войти в практику лесоустройства. Как показали последние исследования в этой области, в пределах условий местопроизрастания существует определенная связь между типами леса, классами бонитета и типами роста древостоев.

В качестве примера приводим схему (рис. 1), разработанную для семенных дубовых древостоев, произрастающих в типе лесорастительных условий свежая дубрава (D_2), наиболее распространенном как на Украине, так и за ее пределами. Из приведенной схемы видно, что тип роста T_2 в свежей грабовой дубраве приурочен к определенной форме рельефа: в насаждениях I класса бонитета — это тальвеги балок, нижние части склонов; а на ровных плато и нижних частях крутых склонов чаще можно встретить насаждения II класса бонитета.

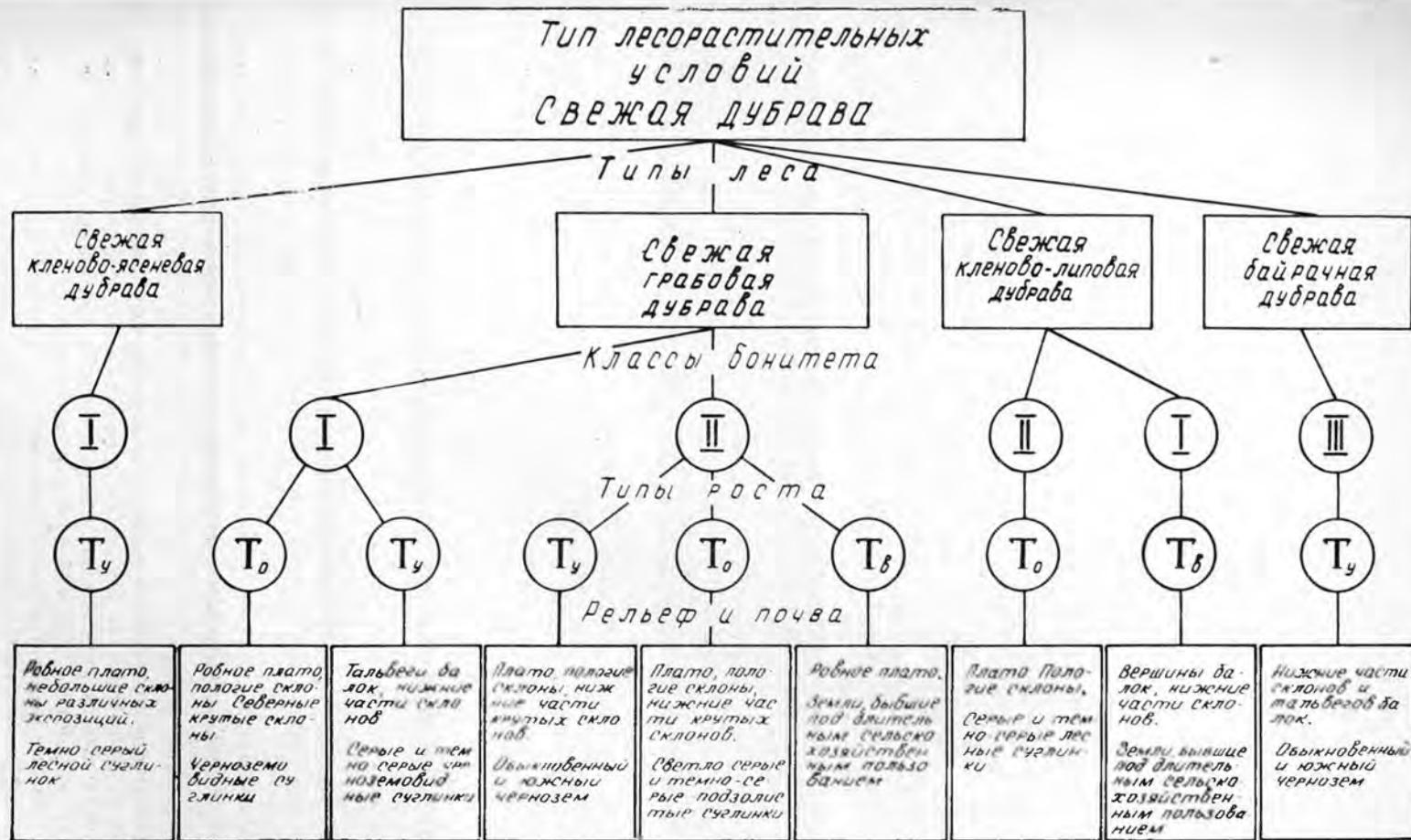


Рис. 1. Схема взаимосвязи между типами леса, классами бонитета и типами роста в свежих дубравах УССР.

В свежей кленово-ясеневой дубраве древостой данного типа роста отличаются наиболее высокой продуктивностью (Ia класс бонитета) и приурочены к ровным плато и небольшим склонам.

Древостой свежей байрачной дубравы имеют сравнительно низкую продуктивность (III класс бонитета) и встречаются преимущественно в нижних частях склонов и в тальвегах балок.

Древостой типа T_6 могут быть обнаружены, как видно из схемы, на землях, бывших ранее под длительным сельскохозяйственным использованием.

Эта схема является выдержкой из общей схемы, составленной для дубрав УССР. В интересах лесохозяйственной практики, по-видимому, целесообразно в ближайшие годы составить аналогичные схемы и для других основных типов лесорастительных условий. Такие схемы при соответствующей тренировке, несомненно, могут послужить хорошим пособием таксатору для установления типов роста древостоев в выделенных участках леса.

Из литературы [7] известно, какое важное практическое значение имеет установление типов роста древостоев в лесном хозяйстве. С типами роста древостоев, как выяснилось, связано изменение во времени текущего объемного прироста, а также и динамика их товарности, а следовательно, наступление возраста технической спелости и возраста рубки. На этом основании к установлению возраста рубки и очередности ее проведения следует также подходить дифференцированно [7]. Очевидно, что такая дифференциация имеет определенное практическое значение и особенно уместна в районах, где ведется интенсивное лесное хозяйство.

Дифференцированное бонитирование в данных условиях может способствовать повышению продуктивности древостоев путем своевременной вырубке их, так как возраст технической спелости, в зависимости от типа роста древостоев, наступает в различные сроки. Эту работу, в первую очередь, по-видимому, необходимо провести при устройстве ценных лесных массивов. Очевидно, лесоустройство здесь следует выполнять на более высоком техническом уровне. Оно также должно стремиться к организации дифференцированного лесного хозяйства, приближаясь в своей основе к участковому методу. Практическое осуществление дифференцированного бонитирования мыслится, примерно, в таком плане.

При тренировочной таксации, которая обычно проводится лесоустроительной партией перед началом полевых работ, необходимо уделять особое внимание установлению как типов леса, так и типов роста древостоев на пробках. На каждой тренировочной пробе, как известно, обычно срубается три средние модели для определения запаса. Эти модели необходимо подвергнуть упрощенному анализу хода роста в высоту, что вполне осуществимо в пределах норм времени на закладку пробы.

Целесообразно также проделать аналогичную работу и на тех моделях, которые срубается таксатором в отдельных случаях при описании участков для уточнения глазомерной таксации.

Материалы пробных площадей и дополнительные данные, полученные таксатором в процессе работы, послужат ему хорошим коррективом для установления типов роста древостоев. Описание проб должно быть детальным и тщательным, причем особое внимание следует уделять характеристике условий местопроизрастания.

Те участки, на которых установлены особенности роста древостоя (тип роста), по нашему мнению, следует картировать, как это осуществляется, например, в зарубежной лесоустроительной практике [18].

Проведение указанной работы вполне возможно и вряд ли потребует дополнительных денежных затрат, но в результате несомненно будет получен соответствующий лесохозяйственный эффект.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. В. Давидов. Белоакациевые насаждения Украины. Облнитолес, Киев, 1962. [2]. М. В. Давидов. Рост и продуктивность насаждений ветлы. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962. [3]. М. В. Давидов. Особенности росту культур ч. вильхи в западных районах СРСР. Труды УСХА, вып. 2, 1967. [4]. М. В. Давидов. Особенности роста и таксации дубовых насаждений УССР. Сб. «Дубравы Советского Союза и повышение их продуктивности». Изд. Министерства лесного хозяйства УССР, 1968. [5]. М. В. Давидов. Особенности роста культур дуба в Тульских засеках. Журн. «Лесоведение» № 4, 1970. [6]. М. В. Давидов. О культурах дуба Шипова леса. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1971. [7]. М. В. Давидов. Дифференцированное бонитирование и его роль в проблеме повышения продуктивности лесов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1971. [8]. М. В. Давидов, О. В. Поляков. Особенности росту осичників Полісся та лесостепу України. «Вісник сільськогосподарської науки» № 12, 1966. [9]. В. В. Данилов. Особенности таксационного строения и рост культур дуба в Житомирской области. Автореферат диссертации, 1970. [10]. Е. И. Луций. Рост и сортиментная структура культур дуба степной зоны УССР. Автореферат диссертации, 1964. [11]. К. Е. Никитин. Таблицы хода роста культур лиственницы в УССР. Таблицы ходу росту і товарності насаждень деревних порід України., Київ, 1958. [12]. К. Е. Никитин. К вопросу бонитирования насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1960. [13]. В. Я. Поляков. Основы хозяйства в подгорной лесной даче Сибирского института сельского хозяйства и лесоводства. Труды Сибирского института сельского хозяйства и лесоводства, т. XII, 1929. [14]. Г. А. Порицкий. Ход роста, строение и сортиментная структура насаждений березы Полесья УССР. Автореферат диссертации, 1962. [15]. Г. А. Смагин. Таксационная характеристика типов леса Бузулукского бора. Сборник трудов ГНИИЛХА, 1932. [16]. С. Я. Соколов. Типы леса восточной части Баково-Варнавинского учебно-опытного леспромхоза. Сб. «Природа и хозяйство учебных леспромхозов Лесотехнической академии», вып. II, Государственное сельскохозяйственное изд-во, М.—Л., 1931. [17]. Н. В. Третьяков. Методика учета текущего и среднего приростов древостоев. Сб. трудов ЦНИИЛХ «Вопросы лесной таксации», 1937. [18]. Шпейдель. Отражение динамической бонитировки в лесоустройстве. Журн. «Бюллетень» № 20, 1956. [19]. Ph. Flury. Ertragstafeln f. d. Fichte und Buche der Schweiz. 1907. [20]. A. Guttenberg. Wachstum und Ertrag Fichte um Hochgebirge. 1915. [21]. Rebel. Waldbauliches aus Bayern. 1926.

Поступила 3 апреля 1972 г.

УДК 631.342

ВЛИЯНИЕ ОБРЕЗКИ КРОН НА РОСТ СОСНЫ И ЕЛИ

И. М. ИЗВЕКОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматривается влияние обрезки кроны сосны и ели на рост деревьев по диаметру и в высоту. Обрезка кроны сосны на $1/3$ — $1/2$ и ели на $1/5$ — $2/5$ их длины привела к значительно замедлению роста деревьев. Обрезка сильнее сказалась на радиальном приросте, чем на приросте в высоту. Ель более чувствительна к обрезке, чем сосна.

Обрезка сучьев — мероприятие, направленное на получение высококачественной бессучковой древесины. На целесообразность ее проведения указывали Н. С. Нестеров [4], М. Е. Ткаченко [7], В. Г. Нестеров [5] и другие авторы. Удаление, помимо сучьев, и живых нижних ветвей кроны позволило уменьшить число приемов обрезки и обеспечило большую экономическую эффективность этого мероприятия ([10], [11], [3], [2], [8] и др.). Было установлено, что интенсивная обрезка кроны вызывает снижение роста древесных растений ([3], [8], [9] и др.). Однако о влиянии умеренной обрезки сведения противоречивы. По мнению

одних авторов (Weck, 1938; Dahms, 1954 — цит. по Möller, [8]; [11]), удаление $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ кроны не вызывает снижения роста деревьев. Другие авторы указывают, что подобная обрезка приводит даже к увеличению прироста по диаметру и высоте ([1], [6], Stein, 1955 — цит. по Möller, [8]). По-видимому, получение разноречивых результатов связано с неоднородностью условий проведения опытов, особенностями местопрорастания, роста и строения насаждений. Кроме того, при суммировании приростов растений за ряд лет средние данные сглаживаются, в связи с чем возможны ошибочные выводы [8]. Поэтому наибольший интерес представляют наблюдения за ростом растений в первые годы после обрезки кроны.

С целью выяснения допустимой интенсивности обрезки кроны сосны и ели мы заложили специальный опыт на территории Лисинского лесхоза Ленинградской области. Тип леса ельник-черничник. Насаждение II класса возраста, состав БЕ4С+Б, средняя высота 5—8 м, сомкнутость кроны 0,3—1,0.

Обрезку кроны сосны и ели провели в сентябре 1968 г. Помимо всех отмерших, удаляли 10, 20, 40 и 60% живых мутовок. При этом длина кроны уменьшилась соответственно: у сосны на 5, 21, 30, 46%, у ели на 9, 11, 19 и 38%.

Летом следующего после обрезки года в хвое опытных и контрольных деревьев определяли содержание хлорофилла (методом Т. Н. Годнева с колориметрированием растворов на ФЭК-М). Смешанные образцы отбирали из хвои, взятой у 10 деревьев с ветвей средней части кроны (четвертая — пятая мутовки), с южной ее стороны. Повторность определения — трехкратная.

Влияние обрезки кроны на рост сосны и ели изучали на 150 модельных деревьях (по 15 в каждом варианте), срубленных через два года после закладки опыта (осенью 1970 г.). Измеряли высоту деревьев, длину кроны, приросты в высоту за последние 5 лет (чтобы можно было сравнивать рост опытных деревьев до и после обрезки). При анализе выпиллов ствола, взятых на высоте пня, 1,3 м; 2 и 4 м, определяли возраст моделей и радиальные приросты за последние 5 лет. Величину годичных колец измеряли на инструментальном микроскопе с точностью до 0,01 мм. Повторность определений четырехкратная (по четырем радиусам).

Таблица 1

Процент удаления живых мутовок	Содержание хлорофилла	
	мг/г сухого вещества	% к контролю
20	2,094	100,3
	1,763	102,6
40	2,097	100,4
	1,779	103,6
60	2,054	98,4
	1,899	110,5
Контроль	2,088	100
	1,718	100

Примечание. В числителе данные для трехлетней хвои; в знаменателе — для двухлетней.

с приростом деревьев контрольных групп. Интересно, что снижение роста в высоту в полной мере проявляется только на второй год после обрезки, а в первый год оно небольшое и заметно лишь при сравнении длины побегов 1969 г. со средней длиной побега за предыдущие три года у деревьев того же варианта. Подобное усиление отрицательного влияния на рост деревьев в высоту через два года после обрезки отмечено Оксбьергом [9].

Удаление 60% живых мутовок вызвало резкое падение радиального прироста деревьев (рис. 1). В первый год после обрезки прирост

Обрезка кроны не вызвала сколько-нибудь существенных и длительных изменений в содержании хлорофилла в хвое опытных деревьев. Через 8 месяцев после обрезки кроны содержание хлорофилла в трехлетней хвое опытных деревьев сосны было идентичным содержанию хлорофилла в хвое деревьев контрольной группы, а в хвое двухлетней — несколько повышенное (табл. 1).

При изучении роста опытных деревьев в высоту выяснилось, что на него повлияла лишь самая интенсивная обрезка кроны (табл. 2). При удалении 60% живых мутовок прирост сосны в 1970 г. снизился на 17%, ели — на 47% по сравнению

Таблица 2

Количество удаленных мутовок		Снижение длины кроны после обрезки, % от исходной длины	Длина терминального побега, см				
шт.	%		средняя за 1966—1968 гг.	1969 г.		1970 г.	
				$M \pm m$	t	$M \pm m$	t

Сосна

—	—	—	43	40,53 ± 2,16	—	41,27 ± 1,50	—
6	60	46	48	41,13 ± 1,15	0,3	34,47 ± 1,57	3,1
4	40	30	49	44,53 ± 1,53	1,5	41,33 ± 1,42	0,0
2	20	21	45	43,87 ± 1,07	1,4	39,33 ± 1,52	0,9
1	10	5	51	46,67 ± 1,75	2,2	40,67 ± 2,26	0,2

Ель

—	—	—	33	29,40 ± 2,61	—	30,87 ± 2,44	—
7	60	38	39	21,33 ± 2,17	2,4	16,47 ± 1,76	4,8
5	42	19	44	32,13 ± 3,10	0,7	29,20 ± 3,87	0,4
3	25	11	42	34,87 ± 2,66	1,5	28,33 ± 3,06	0,7
1	8	9	34	25,93 ± 1,77	1,1	21,33 ± 2,13	2,9

сосны и ели в нижней части ствола снизился на 65%, в верхней — на 40—60% по сравнению с приростом контрольных деревьев. На следующий год прирост частично восстановился, оставаясь в среднем на 30% ниже прироста контрольных деревьев.

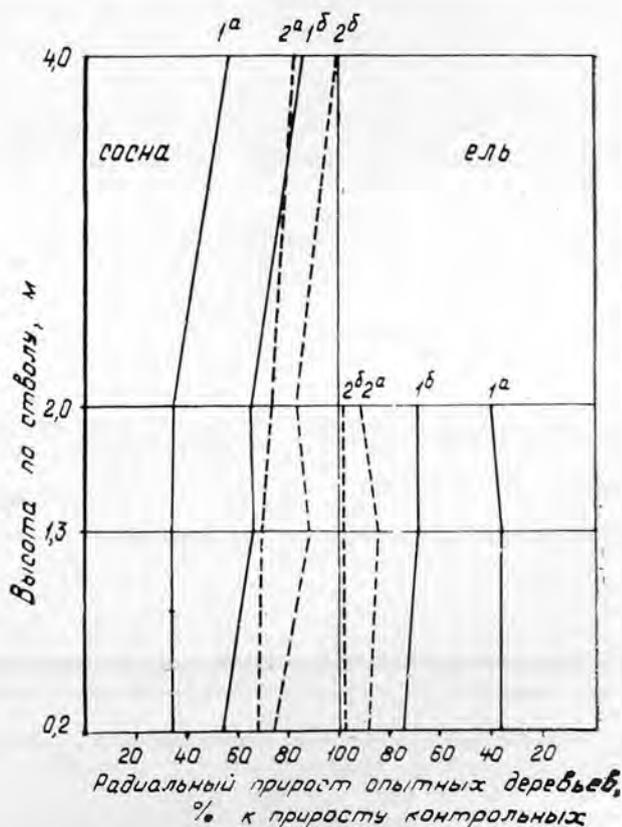


Рис. 1. Радиальный прирост сосны и ели на разной высоте по стволу при удалении: 60% мутовок (1), 40% мутовок (2); а — в 1969 г., б — в 1970 г.

Удаление 40% живых мутовок также привело к снижению радиального прироста сосны и ели в первый год после обрезки. На следующий год у ели он восстановился полностью, у сосны только в верхней части ствола (на высоте 4 м).

Итак, уменьшение длины кроны у сосны на 30—46%, а у ели на 19—38% привело к замедлению роста на протяжении более двух лет. Падение радиального прироста было более значительным; в отличие от падения прироста в высоту, оно наблюдалось и при минимальной интенсивности обрезки. Ель оказалась более чувствительной к обрезке, чем сосна. По-видимому, это связано с биологическими особенностями пород: строением кроны и теневыносливостью хвои. Удаление у сосны 20% и у ели 25% живых мутовок (уменьшение длины кроны на 21 и 11% соответственно) не оказало какого-либо заметного влияния на рост растений.

Итак, существующее мнение о том, что удаление $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ кроны у хвойных не приводит к снижению роста, в нашем опыте не подтвердилось. По-видимому, в разных почвенно-климатических зонах допустимая интенсивность обрезки кроны у разных пород требует уточнения опытным путем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. П. Изюмский. Возможности повышения устойчивости степных лесонасаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1949. [2]. Т. Кригуль. Затрата времени на искусственное очищение стволов от сучьев и вопросы экономики при проведении этих работ. Сборник научных трудов Эстонской сельскохозяйственной академии по агрономии и лесному хозяйству, т. 6, 1959. [3]. П. Г. Кроткевич. Выращивание высококачественной древесины. Гослесбумиздат, М.—Л., 1955. [4]. Н. С. Нестеров. Опилка сучьев как мера ухода в строевом лесу. Лесопромышленный вестник, 29, 1909. [5]. В. Г. Нестеров. Общее лесоводство. Гослесбумиздат, М.—Л., 1949. [6]. В. П. Разумов. Применение обрезки сучьев для улучшения качества древесины сосны. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1952. [7]. М. Е. Ткаченко. Общее лесоводство. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952. [8]. С. М. Möller. The influence of pruning on the growth of conifers. «Forestry», v. 33, p. 1, 1960. [9]. E. B. Oksbjerg. Some phenomena associated with pruning. «Forestry», v. 35, p. 1, 1962. [10]. E. Zederbauer. Исследования над обрезкой сучьев у лесных деревьев (реферат). «Лесной журнал» № 3, 1910. [11]. J. W. L. Zehetmayer. Forest pruning. «Wood». v. 19, p. 5, 1954.

Поступила 16 марта 1972 г.

УДК 634.0.524.1

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМУ СТВОЛОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. А. КУЛЕШИС

Литовская сельскохозяйственная академия

В статье изучается существенность и величина влияния высоты дерева, диаметра на высоте груди, длины кроны, возраста дерева, условий местопроизрастания и полноты насаждений на форму стволов сосны обыкновенной.

При определении объема стволов на корню через образующую поверхности ствола важно выявить те факторы, которые непосредственно и значимо влияют на форму ствола.

В нашей работе изучена существенность и величина влияния высоты дерева, диаметра на высоте груди, длины кроны, возраста дерева, условий местопроизрастания и полноты насаждений на форму стволов сосны обыкновенной в условиях Литовской ССР. При изуче-

нии влияния какого-либо фактора влияние других факторов уравновешивалось и элиминировалось.

В работе использованы модельные деревья, срубленные в чистых насаждениях с суммой площадей сечений от 15 до 35 м²/га, произрастающих в свежих борах, борах-суборах, суборах и во влажных суборах. Насаждения указанных условий местопроизрастания в среднем соответствуют I,9, II,3, II,9 и III,3 классам бонитета. Под формой древесного ствола понимается совокупность характеристик формы q_i , где

$$q_i = \frac{d_i}{d_1} \frac{H}{H} \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Существенность влияния упомянутых факторов на форму стволов определяли через три характеристики формы q_i ($i = 3, 5, 7$) при помощи двухфакторного дисперсионного анализа [5], одновременно изучая влияние двух рядов факторов (K и L) на разных уровнях. Для каждой совокупности характеристик формы ствола q_i оценивали дисперсии факторов K, L (S_K^2, S_L^2), их совместного взаимодействия KL (S_{KL}^2) и остаточных факторов R (S_R^2). Величины отношений

$$\frac{S_K^2}{S_R^2} = F_K, \quad \frac{S_L^2}{S_R^2} = F_L, \quad \frac{S_{KL}^2}{S_R^2} = F_{KL}$$

были использованы для вероятностной проверки влияния факторов K, L или их совместного взаимодействия KL на изучаемую величину при помощи критерия F -распределения (уровень значимости $\alpha = 0,05$).

Определив значимое влияние какого-либо фактора на характеристику формы ствола, в дальнейшем мы изучали степень изменения фактора, которая вызывает значимое изменение характеристики формы ствола. Для этой цели применяли методику проверки равенства средних двух генеральных совокупностей, причем при заданной ошибке первого рода α вычисляли ошибку второго рода β [7].

1. Влияние высоты дерева и условий местопроизрастания на форму стволов. Исследовали 977 модельных деревьев 51—80-летнего возраста с высотой 10,6—25,5 м и протяженностью кроны до $\frac{2}{3}$ длины ствола.

Модельные деревья были распределены на пять высотных групп (с интервалом 3 м) и на четыре группы условий местопроизрастания. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование фактора	Отношение F		
	q_3	q_5	q_7
Высота (K)	18,4	9,7	0,5
Условия местопроизрастания (L) . .	2,0	1,6	4,3
Совместное взаимодействие (KL) . .	2,7	2,5	3,4

Высота дерева значимо влияет на характеристики формы ствола q_3 и q_5 .

Изменение q_3 и q_5 зависит от высоты ствола (табл. 2). Увеличение q_3 значимо при увеличении высоты ствола на 3 м и характеризуется ошибками второго рода $\beta = 0,03 \div 0,10$, при $\alpha = 0,05$ (за исключением интервала высот от 12 до 15 м); q_5 статистически значимо изменяется

Таблица 2

Данные	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Число моделей	q_3	q_5
Наши	12	12,7	43	81,1 ± 0,9	67,4 ± 1,0
	15	15,6	152	81,1 ± 0,3	68,6 ± 0,4
	18	19,3	319	82,4 ± 0,2	69,5 ± 0,2
	21	24,3	315	83,5 ± 0,2	70,5 ± 0,2
	24	28,6	148	84,2 ± 0,3	70,7 ± 0,4
В. К. Захарова	17,8	16,0	13	81,1 ± 0,8	68,9 ± 0,8
	20,8	20,0	40	83,0 ± 0,7	71,3 ± 0,6
	22,5	24,0	94	84,4 ± 0,4	72,0 ± 0,4
	23,4	28,0	58	84,4 ± 0,4	72,7 ± 0,4

и характеризуется ошибками второго рода $\beta = 0,01 \div 0,25$ ($\alpha = 0,05$) при изменении высоты от 15 до 21 м и от 18 до 24 м, то есть на 6 м.

В табл. 2, наряду с результатами нашего исследования, приведены данные В. К. Захарова [2]. Деревья одних и тех же диаметров, по материалам В. К. Захарова, в большинстве случаев выше. Этим можно объяснить их несколько большую полндревесность. По нашим данным, при увеличении высоты деревьев на 6 м (от 15 до 21 м) характеристики формы ствола q_3 и q_5 возрастают соответственно на 2,4 и 1,9%. Увеличение высоты деревьев на 4,7 м (от 17,8 до 22,5 м), по В. К. Захарову, вызывает повышение q_3 и q_5 соответственно на 3,4 и 3,1%. Анализируя приведенные в табл. 2 стандартные отклонения и числа использованных моделей, находим, что изменчивость характеристик формы ствола q_3 и q_5 по нашим материалам в большинстве случаев больше, чем по В. К. Захарову. Все сказанное позволяет использовать данные В. К. Захарова при доказательстве значимости влияния высоты деревьев на форму стволов. Рассуждая чисто практически, В. К. Захаров различия в форме стволов в зависимости от высоты деревьев считал незначительными. Более глубокое и детальное изучение формы стволов требует пересмотра трактовки вопроса.

Принципиально схожие выводы для черной ольхи получил Р. К. Озолиньш [4], для сосны и березы — Н. Т. Смирнов [6].

2. Влияние диаметра на высоте 1,3 м и длины кроны на форму стволов. Исследовали 383 модельных дерева 51—80-летнего возраста с высотой 18,6—21,5 м, диаметрами на высоте груди 14,1—34,0 см. Длина кроны модельных деревьев составляла 20,1—80,0% общей длины ствола. Модельные деревья были распределены на пять групп толщины (интервал 4 см) и на три группы длины кроны (интервал 20%). Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование фактора	Отношение F		
	q_3	q_5	q_7
Длина кроны (K)	0,6	1,7	9,3
Диаметр на высоте 1,3 м (L)	1,8	2,4	17,8
Совместное взаимодействие (KL)	0,7	1,0	0,1

Величина кроны и диаметр на высоте груди значимо влияют на характеристику формы ствола q_7 .

Изменение характеристики формы ствола q_7 зависит от диаметра на высоте 1,3 м (табл. 4). Увеличение диаметра на высоте груди на

Таблица 4

Диаметр на высоте 1,3 м, см	16	20	24	28	32
Число моделей	57	131	117	53	25
q_7	$53,4 \pm 0,7$	$53,3 \pm 0,4$	$51,5 \pm 0,5$	$49,4 \pm 0,8$	$45,6 \pm 1,3$

4 см вызывает значимое уменьшение характеристики формы ствола q_7 (исключая изменение диаметра от 16 до 20 см, то есть при относительной высоте H (м): d (см) ≥ 1) и характеризуется ошибкой второго рода 0,17—0,36 (при $\alpha = 0,05$). Деревья более толстые (той же высоты) достигают баланса сбег в верхних частях ствола.

Изменение характеристики формы ствола q_7 в зависимости от длины кроны показано в табл. 5. Значимое уменьшение (характеризуется ошибкой второго рода $\beta = 0,08$, при $\alpha = 0,05$) q_7 вызывает удлинение кроны от 30 до 50%. Дальнейшее удлинение кроны на форму ствола влияет незначительно.

Таблица 5

Длина кроны, %	30	50	70
Число моделей	161	158	64
q_7	$53,0 \pm 0,5$	$50,8 \pm 0,5$	$50,7 \pm 0,7$

3. Влияние возраста деревьев и сумм площадей сечений насаждений на форму ствола. Использованы 374 модельных дерева высотой 18,6—21,5 м, возрастом 41—110 лет, длиной кроны до $\frac{2}{3}$ длины ствола. Модельные деревья были распределены на восемь возрастных (интервал 10 лет) и три группы сумм площадей сечений насаждений (интервал 5 м²). Результаты исследований представлены в табл. 6 и показывают, что сумма площадей сечений значимо влияет на характеристику формы ствола q_7 . Кроме того, изменение среднего диаметра значимо зависит от суммы площадей сечений ($\alpha = 0,05$, $F = 15,9$). Значимое увеличение характеристики формы ство-

Таблица 6

Наименование фактора	Отношение F		
	q_2	q_3	q_7
Сумма площадей сечений насаждений (K)	0,1	1,3	7,4
Возраст (L)	0,4	0,6	2,1
Совместное взаимодействие (KL)	0,9	2,0	1,3

Таблица 7

Сумма площадей сечений насаждений, м ²	20	25	30
Число моделей	95	190	89
Средний диаметр моделей, см	25,7	22,9	22,2
q_7	$49,8 \pm 0,6$	$52,5 \pm 0,4$	$51,7 \pm 0,6$

ла q_7 ($\beta = 0,07$, при $\alpha = 0,05$) происходит при увеличении суммы площадей сечений от 20 до 25 м²/га, то есть в том же интервале, в котором значимо уменьшаются и диаметры ($\beta = 0,01$, при $\alpha = 0,05$; табл. 7).

При увеличении суммы площадей сечений насаждений от 25 до 30 м²/га значимого увеличения q_7 мы не обнаружили, так как в этом же интервале изменения суммы площадей сечений не наблюдали значимого уменьшения диаметров. Определенная аналогия указывает, что при оценке формы древесных стволов нет необходимости определять суммы площадей сечений, достаточно фиксировать диаметры деревьев.

Средний диаметр модельных деревьев в пределах 41—110 лет в наших исследованиях оказался фактически постоянным. Поэтому при изучении влияния возраста на форму ствола мы ограничили влияние не только высоты дерева, но и его диаметра. Это предопределило отсутствие значимого влияния возраста деревьев на форму стволов.

Подводя итоги, можно сказать, что на форму стволов сосны обыкновенной значимо влияют высота дерева, диаметр (при постоянной высоте) и длина кроны. Полнота насаждений, возраст деревьев и условия местопроизрастания, в которых эти деревья выросли, вполне отражаются на размерах деревьев. Этим можно объяснить заключения некоторых авторов [1], [3], что форма стволов зависит от густоты насаждений, условий местопроизрастания и возраста деревьев. Изучение влияния этих факторов на форму стволов, как показано в нашей работе, сводится к изучению влияния размеров деревьев. По сути дела (при одинаковых размерах деревьев) густота насаждений, условия местопроизрастания и возраст деревьев не проявляют значимого влияния на форму ствола. При оценке формы древесных стволов на корню необходимо и достаточно фиксировать диаметр на высоте 1,3 м, высоту дерева и длину кроны.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Л. Дворецкий, И. В. Мамаев. О средней форме древесных стволов. Сборник трудов ПЛТИ, № 58, 1967. [2]. В. К. Захаров. Новое в технике лесной таксации. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [3]. Л. Ф. Ипатов. О форме стволов сосны в молодняках. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [4]. Р. К. Озолинш. Аналитические методы определения объема и формы древесных стволов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, Елгава, 1970. [5]. В. Н. Романовский. Математическая статистика. Книга вторая (оперативные методы математической статистики). Изд-во АН Узбекской ССР, Ташкент, 1963. [6]. Н. Т. Смирнов. О методе В. К. Захарова по составлению таблиц объемов и сбega. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [7]. А. Хальд. Математическая статистика с техническим приложением. ИЛ, М., 1965.

Поступила 27 марта 1972 г.

УДК 634.0.524.2

ОБЪЕМЫ МАЛОМЕРНЫХ СТВОЛОВ ОСНОВНЫХ ЛЕСОБРАЗУЮЩИХ ПОРОД НАГОРНЫХ ДУБРАВ ЮГА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

П. А. ХАЗОВ

Воронежский лесотехнический институт

Приводятся объемные таблицы маломерных стволов дуба, осины и ильма, построенные по двум входам — диаметру и высоте — согласно методике В. К. Захарова. Опытная проверка показала пригодность и высокую точность таблиц.

При научных исследованиях, проводимых в дубравных молодняках, часто возникает необходимость точного учета запаса насаждений

и заготавливаемых сортиментов. Однако объемные таблицы М. С. Чернобровцева [2] составлены лишь по одному входу — диаметру на высоте груди. Это не позволяет учесть особенности соотношения диаметра и высоты конкретного насаждения, что в конечном итоге не может не сказаться на точности определения запаса. Чтобы восполнить этот пробел, мы составили специальные таблицы объемов маломерных стволов по двум входам — диаметру и высоте на основании экспериментального материала, собранного в нагорных дубравах Воронежской области (Воронцовский, Теллермановский леспромхозы и Бутурлиновский лесхоз).

Всего было срублено и обмерено применительно к сложной формуле срединных сечений 1276 стволов с диаметром на высоте груди от 0,5 до 10 см (в том числе дуба искусственного происхождения — 192, самосева дуба — 173, поросли дуба — 242, осины — 363 и ильма — 306 стволов).

Для каждого стволика были вычислены объем и видовое число. Сводная обработка произведена согласно методике, предложенной В. К. Захаровым [1]. В пределах пород стволики сгруппированы по одноступенчатым ступеням высоты и для каждой совокупности вычислено среднелогарифмическое видовое число (табл. 1) и другие статистические показатели.

Таблица 1

Ступени высот, м	Средние видовые числа				
	дуба искусственного происхождения	самосева дуба	поросли дуба	осины	ильма
2	1,110 ± 0,046	1,134 ± 0,071	1,100 ± 0,053	1,325 ± 0,031	1,324 ± 0,037
3	0,868 ± 0,028	0,883 ± 0,041	0,852 ± 0,026	0,918 ± 0,012	0,950 ± 0,014
4	0,710 ± 0,016	0,730 ± 0,015	0,707 ± 0,008	0,751 ± 0,006	0,814 ± 0,007
5	0,665 ± 0,013	0,682 ± 0,014	0,638 ± 0,007	0,603 ± 0,007	0,750 ± 0,009
6	0,607 ± 0,007	0,631 ± 0,009	0,593 ± 0,005	0,600 ± 0,007	0,667 ± 0,007
7	0,578 ± 0,007	0,595 ± 0,009	0,565 ± 0,007	0,535 ± 0,004	0,613 ± 0,005
8	0,546 ± 0,006	0,565 ± 0,010	0,530 ± 0,006	0,500 ± 0,006	0,582 ± 0,007
9	0,534 ± 0,007	0,542 ± 0,012	0,528 ± 0,007	0,483 ± 0,008	0,572 ± 0,010

При сравнении можно видеть, что средние видовые числа по ступеням высот для дуба искусственного происхождения, самосева и поросли имеют несущественную разницу (показатель существенности различия меньше 3), что дает основание пользоваться одной объемной таблицей. В то же время средние видовые числа осины и ильма существенно разнятся как по сравнению с видовыми числами дуба, так и между собой.

Средние значения видовых чисел выравнены по уравнению прямой с учетом линейной зависимости видовых высот от высоты деревьев. В дальнейшем путем подстановки различных значений высот и на основании материалов о сочетании диаметров и высот по формуле $V = ghf$ были вычислены объемы (табл. 2).

Для выявления точности предлагаемых таблиц была заложена пробная площадь, на которой произведена сплошная рубка. Объем срубленных деревьев вычисляли по сложной формуле срединных сечений.

Запас, определенный по нашим таблицам, оказался выше на 2%, что вполне удовлетворяет требованиям учета молодняков.

Высо- та, м	Объем стволов, д.м ³ , в зависимости от диаметра на высоте груди (в коре), см									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дуб										
2	0,167	0,672	1,513	2,690	—	—	—	—	—	—
3	0,197	0,791	1,782	3,168	4,947	7,124	—	—	—	—
4	—	0,911	2,050	3,645	5,693	8,198	11,159	—	—	—
5	—	1,030	2,319	4,123	6,439	9,273	12,621	16,489	20,867	—
6	—	—	2,588	4,601	7,185	10,347	14,084	18,399	23,285	28,746
7	—	—	2,856	5,077	7,929	11,418	15,542	20,304	25,696	31,722
8	—	—	—	5,551	8,669	12,484	16,993	22,199	28,095	34,683
9	—	—	—	—	9,416	13,561	18,459	24,115	30,519	37,676
Осина										
2	0,179	0,722	1,626	2,891	—	—	—	—	—	—
3	0,203	0,816	1,838	3,268	5,104	7,354	—	—	—	—
4	0,226	0,910	2,050	3,645	5,693	8,198	11,159	14,578	—	—
5	—	1,005	2,262	4,022	6,282	9,046	12,312	16,086	20,358	—
6	—	—	2,473	4,397	6,864	9,882	12,460	17,584	22,154	27,273
7	—	—	—	4,778	7,461	10,745	14,626	19,108	24,172	29,853
8	—	—	—	—	8,040	11,579	15,761	20,591	26,059	32,176
9	—	—	—	—	—	12,442	16,935	22,124	27,999	34,565
Ильм										
2	0,207	0,832	1,874	3,331	—	—	—	—	—	—
3	0,234	0,941	2,119	3,767	5,883	8,473	—	—	—	—
4	—	1,051	2,367	4,198	6,572	9,465	12,883	16,830	—	—
5	—	1,162	2,616	4,651	7,263	10,360	14,238	18,600	23,539	—
6	—	—	2,863	5,091	7,950	11,449	15,584	20,359	25,766	—
7	—	—	—	5,526	8,629	12,326	16,916	22,099	27,967	—
8	—	—	—	—	9,328	13,434	18,286	23,888	30,232	—
9	—	—	—	—	—	14,401	19,602	25,608	32,408	—

ЛИТЕРАТУРА

[1] В. К. Захаров. Таблицы объема и сбег маломерных стволов сосны и методики их составления. Сборник научных трудов Белорусского лесотехнического института, вып. VIII, Минск, 1956, стр. 40—55. [2] М. С. Чернобровцев. Таксация молодняков при рубках ухода. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1951, стр. 56—57.

Поступила 9 марта 1972 г.

УДК 634.0.5

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРОВ СТВОЛОВ МОДАЛЬНЫХ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ

С. В. СОКОЛОВ

Уральский лесотехнический институт

По данным III пробных площадей проанализированы изменчивость, асимметрия и эксцесс рядов распределения диаметров стволов модальных сосняков разнотравных, ягодниковых и брусничниковых подзоны южной тайги Зауралья в зависимости от интенсивности рубок ухода, условий местопрорастания, типов леса, состава, возраста и происхождения древостоев. Отмечаются особенности этих сосняков. Материалы обработаны на ЭВМ.

Вопросы таксационного строения древостоев Урала по диаметру практически не изучены. Данная работа обобщает исследования по некоторым вопросам строения модальных сосняков разнотравных, ягодниковых и брусничниковых зауральских холмисто-предгорной и равнинной провинций южнотаежных лесов (по Б. П. Колесникову) [2]. Для исследований заложено 111 пробных площадей. Их таксационная характеристика следующая: возраст древостоя 17—160 лет, диаметр 5,1—36,5 см, число деревьев по перечету 42421, в том числе 1474 срубленных учетных дерева. Применительно к типам возрастной структуры (по И. В. Семечкину) исследуемые сосняки относятся к условно одно-возрастным. Исходные материалы обработаны на ЭВМ «Одра 1013» и «Урал-4» по схемам и программам проф. К. Е. Никитина. Статистические показатели, использованные при анализе материалов, достоверны. Точность опыта 1—3%.

При анализе материалов выявлено, что изменчивость диаметров в древостоях колеблется в пределах от 14% (122 года, 35,6 см) до 44% (28 лет, 5,3 см). Довольно широки пределы ее колебаний и по возрастным категориям: для древостоев в 17—40 лет (5,1—15,1 см) — 31—44%; 41—80 лет (16,1—23,2 см) — 22—40%; 81—120 лет (28,4—29,1 см) — 16—38% и старше 120 лет (31,2—36,5 см) — 14—34%. Вычисленное основное отклонение σ_c составляет 3—4%. Изменчивость диаметров стволов в сосняках разных лесорастительных провинций, типов леса и в целом по району исследований в зависимости от среднего диаметра в пределах указанных возрастных категорий древостоев представлена в табл. 1.

Исследование зависимости изменчивости диаметров деревьев от средних диаметров древостоев показывает, что в разных типах леса и возрастах при одних средних диаметрах (например, равных общим средним диаметрам для отдельных возрастных категорий древостоев) наблюдаются некоторые различия в изменчивости диаметров деревьев. Так, в сосняке ягодниковом она на 4% (17—120 лет) — 6% (старше 120 лет) меньше, чем в разнотравном, а в сосняке брусничниковом

Таблица 1

Лесорастительные провинции и типы леса	Средние коэффициенты изменчивости, % (числитель), и средний возраст, лет (знаменатель) при среднем диаметре (см) и возрасте (лет)			
	$\frac{8,5}{17-40}$	$\frac{20}{41-80}$	$\frac{26}{81-120}$	$\frac{33}{121-160}$
Зауральские провинции:				
холмисто-предгорная	$\frac{38 \pm 2,0}{23}$	$\frac{31 \pm 1,5}{65}$	$\frac{27 \pm 1,1}{95}$	$\frac{21 \pm 1,0}{138}$
равнинная	$\frac{39 \pm 2,4}{38}$	$\frac{36 \pm 2,2}{65}$	$\frac{31 \pm 1,3}{94}$	$\frac{28 \pm 1,4}{148}$
Типы сосняков:				
брусничниковый	—	$\frac{33 \pm 1,5}{68}$	$\frac{30 \pm 1,3}{99}$	$\frac{30 \pm 1,3}{144}$
разнотравный	$\frac{39 \pm 2,4}{38}$	$\frac{32 \pm 1,7}{65}$	$\frac{28 \pm 1,2}{94}$	$\frac{26 \pm 1,1}{142}$
ягодниковый	$\frac{38 \pm 2,0}{23}$	$\frac{32 \pm 1,6}{64}$	$\frac{27 \pm 1,1}{92}$	$\frac{21 \pm 0,9}{143}$
В целом по району исследова- ний	$\frac{38 \pm 2,1}{28}$	$\frac{32 \pm 1,7}{65}$	$\frac{28 \pm 1,2}{95}$	$\frac{26 \pm 1,3}{145}$

занимает среднее положение. Отмеченные различия, как видно, несущественны.

Связь между изменчивостью стволов в сосновых древостоях по диаметру C_d и возрастом A выражается уравнениями: для холмисто-предгорной провинции $C_d = 41,3 - 0,15A$ (%), для равнинной — $C_d = 41,4 - 0,10A$ (%) при коэффициентах корреляции между опытными и выравненными данными 0,99 и 0,97.

Изменчивость диаметров древостоя элемента леса сосны находится в прямой зависимости от доли участия сосны в составе древостоев. В целом же для яруса не наблюдается ясно выраженного влияния состава на изменчивость диаметров.

Наряду с коэффициентами варьирования, важными показателями распределения количества стволов в древостое по диаметру являются показатели асимметрии и эксцесса ряда, которые были определены нами для указанных 111 пробных площадей. При этом оказывается, что кривые распределения, существенно отличающиеся от нормального по показателю асимметрии (18 пробных площадей в древостоях 28—150 лет), характеризуются левым смещением (от +0,2 до +0,9); по показателю эксцесса (10 пробных площадей с древостоями 65—119 лет) — плосковершинностью (от -0,4 до -1,0); по обоим показателям (5 пробных площадей в древостоях 65—96 лет) — левым смещением (от +0,4 до +0,7) и плосковершинностью (от -0,4 до -1,0). Однако преобладающее большинство кривых распределения (78 пробных площадей, или 70%) можно считать подчиняющимися закону нормального распределения (отношение обоих показателей к их ошибкам меньше 3). Показатели асимметрии и эксцесса изменяются в довольно широких границах (для 111 пробных площадей они приведены в табл. 2).

По величинам показателя асимметрии (табл. 2) видно, что чем моложе древостой, тем больше кривые распределения отклоняются от нормальных, и наоборот. Для древостоев 17—40 лет наблюдается только левое, преимущественно среднее по величине смещение, в возрасте старше 40 лет — левое и правое (с преобладанием левого), от среднего до слабого, с 90 лет практически приближающееся к нормальному.

Таблица 2

Возраст древостоев, лет	Среднее значение		Пределы колебаний	
	асимметрии	эксцесса	асимметрии	эксцесса
17—40	+0,55	-0,10	от +0,06 до +0,85	от -0,26 до +0,08
41—80	+0,33	-0,36	от -0,22 до +0,84	от -1,04 до +1,02
81—120	+0,15	-0,34	от -0,36 до +0,70	от -0,98 до +0,84
121 и более	+0,11	-0,37	от -0,31 до +0,42	от -0,86 до +0,12

В среднем в возрасте 41 год и старше значение показателя эксцесса может быть принято $-0,35$, а для древостоев моложе 40 лет $-0,10$.

Приведенные показатели изменчивости, асимметрии и эксцесса относятся к древостоям, пройденным в основном слабыми рубками ухода. В древостоях, где рубки были более интенсивными, показатели изменчивости и асимметрии уменьшаются (в отношении эксцесса эта зависимость выражена нечетко).

Полученные нами коэффициенты варьирования практически одинаковы с данными М. Л. Дворецкого [1] для сосняков Марийской АССР и больше, чем по Шваппаху (сосна [3], на 8—12%; по К. Е. Никитину (лиственница в культурах) [3] — на 10%; по Гергардту, Гуттенбергу, Флори (в среднем по ели) [3] — на 11—16%.

В возрасте до 60 лет лиственничники по К. Е. Никитину [3] имеют меньшее левое смещение кривых, чем исследованные нами сосняки, а с 60 лет — большее, причем с возрастом средние величины показателя асимметрии рядов для лиственничников увеличиваются очень незначительно, практически оставаясь постоянными (от +0,2 до +0,4). Пределы же колебаний этого показателя почти одинаковы.

Для лиственницы [3] с увеличением ее возраста кривые распределения диаметров приближаются к нормальным (средние величины показателя эксцесса изменяются от $-0,2$ в 12—25 лет до +0,1 в 50 и более лет), хотя сам показатель тоже невелик. У сосняков наблюдается обратное явление, причем по абсолютной величине показателя эксцесса несколько выше, чем в лиственничниках. Разница эта объясняется неодинаковой интенсивностью рубок ухода за лесом, различием условий произрастания, происхождением, биологическими особенностями породы, а также тем, исследовался весь древостой или его часть.

В заключение отметим, что параметры рядов распределения диаметров стволов модальных древостоев сосны изменяются в зависимости от ряда причин. Так, коэффициенты изменчивости уменьшаются с возрастом. Сосняки Зауральской равнинной провинции обладают большей изменчивостью диаметров, чем холмисто-предгорной, в среднем на 4,4% (с возрастом эта разница увеличивается от 1,2% в 17—40 лет до 6,9% в 121 год и более). Во всех возрастных категориях при одном среднем диаметре в порядке уменьшения изменчивости сосняки располагаются в следующий ряд: разнотравные, брусничниковые, ягодничковые. Разница в изменчивости диаметров по типам леса несколько увеличивается с возрастом древостоев. Не остаются постоянными и показатели асимметрии и эксцесса рядов распределения диаметров. Преобладающее большинство кривых распределения диаметров в сосняках подчиняется закону нормального распределения.

Полученные закономерности несколько восполняют пробел в познании структуры сосняков на Урале и могут быть использованы при определении числа наблюдений и организации исследовательских работ и при таксации сосняков в данном районе.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. Л. Дворецкий. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [2]. Б. П. Колесников. Лесорастительное районирование как естественноисторическая основа районирования систем лесного хозяйства (на примере лесов Урала). «Вопросы географии и охраны природы Урала», доклады Всесурьского совещания по вопросам географии и охраны природы, Пермь, 1960. [3]. К. Е. Никитин. Лиственница на Украине. Изд-во «Урожай», Киев, 1966.

Поступила 24 марта 1972 г.

УДК 634.0.561

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНОГО ПРИРОСТА В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКАХ

П. А. АНИШИН

Ухтинский индустриальный институт

У разновозрастных ельников-черничников среднетаежной подзоны (Коми АССР) исследован характер изменения ширины годичного слоя по всей длине ствола, а также линейного прироста на высоте груди. Отмечена связь ширины годичного слоя с жизнедеятельностью деревьев и обусловленность большой изменчивости (более 50%) ширины годичного слоя на высоте груди биологическими свойствами ели (способностью в течение длительного времени переносить недостаток световой энергии).

Объектом нашего изучения явились наиболее полные разновозрастные ельники-черничники среднетаежной подзоны Коми АССР (среднее течение р. Вычегды), не затронутые хозяйственной деятельностью человека. Примесь других пород (Б, С, П) составляла не более 0,1—0,2.

Были заложены 22 пробные площади, на трех из которых производили сплошную рубку всех деревьев (1011 шт.) и подроста (7547 шт.); на остальных брали по 20—30 учетных деревьев (451 шт.). Выполнен полный анализ 51 ствола.

Исследовали среднепериодический текущий линейный прирост за последние 10 лет. Для того чтобы определить, как ширина годичного слоя изменяется по стволу, на графике по высоте и средней ширине годичного слоя каждого дерева получали ряд точек (через 2 м). Их соединение давало наглядное представление о приросте.

Мы получили следующее распределение деревьев по приросту в соответствии с терминологией М. Л. Дворецкого [3]: у 42% деревьев прирост по диаметру непрерывно возрастает к вершине ствола («возрастающий»); у 46% деревьев эта величина примерно постоянная («постоянный прирост»); 7% деревьев имеют «вогнутый прирост», который от основания ствола уменьшается, а затем начинает возрастать; 3% деревьев характеризуются убыванием прироста от основания к вершине («падающий»); 2% деревьев имеют переходную форму прироста, который сначала падает, затем увеличивается, а к вершине снова уменьшается («выпуклый»). Таким образом, основные виды прироста по ширине годичных слоев по стволу — возрастающий и постоянный.

Распределение деревьев в пределах 40-летних возрастных поколений по видам изменения ширины годичного слоя показало, что угнетенные тонкомерные и перестойные толстомерные (заканчивающие свой рост) деревья характеризуются равномерным приростом. Они, есте-

Таблица 1

Статистические показатели	Линейный среднепериодический текущий прирост по диаметру, см (числитель) и высоте, м (знаменатель) в зависимости от возрастных поколений, лет					в целом по ельникам
	60—100	101—140	141—180	181—220	221 и более	
Число наблюдений	285	346	211	61	48	951
Среднее значение признака	0,83	0,87	0,91	0,95	0,80	0,88
	<u>0,73</u>	<u>0,78</u>	<u>0,74</u>	<u>0,76</u>	<u>0,68</u>	<u>0,76</u>
Основное отклонение	0,50	0,51	0,51	0,66	0,46	0,55
	<u>0,48</u>	<u>0,40</u>	<u>0,43</u>	<u>0,41</u>	<u>0,33</u>	<u>0,47</u>
Ошибка среднего значения	0,030	0,027	0,035	0,085	0,066	0,018
	<u>0,028</u>	<u>0,022</u>	<u>0,029</u>	<u>0,052</u>	<u>0,048</u>	<u>0,015</u>
Коэффициент изменчивости	60,0	59,3	55,9	69,5	57,4	62,5
	<u>65,5</u>	<u>51,2</u>	<u>53,2</u>	<u>53,8</u>	<u>48,6</u>	<u>61,8</u>
Точность опыта	3,6	3,1	3,9	8,9	8,1	2,0
	<u>3,8</u>	<u>2,8</u>	<u>3,6</u>	<u>6,8</u>	<u>7,0</u>	<u>2,0</u>
Мера косости	+1,36	+1,05	+0,27	+1,24	+0,31	+0,63
	<u>-1,09</u>	<u>+0,39</u>	<u>-0,83</u>	<u>+0,17</u>	<u>+0,34</u>	<u>-0,23</u>
Мера крутости	+1,81	+1,93	+0,76	+1,56	-1,08	+0,20
	<u>-0,76</u>	<u>+2,23</u>	<u>-1,68</u>	<u>+1,58</u>	<u>+1,98</u>	<u>-0,67</u>

ственно, имеют небольшой прирост и по высоте (за год не более 5—7 см).

Чаще всего абсолютное значение ширины годичного слоя на высоте 1,3 м у деревьев с равномерным приростом меньше, чем с возрастающим. Это положение весьма важно при разработке способов определения текущего прироста по запасу на основании данных о ширине годичного слоя.

У деревьев высокой физиологической активности (хорошо развита крона, ярко-зеленая хвоя, хороший прирост по высоте и другие признаки), которые не испытывают недостатка в освещенности, отмечается возрастающий прирост. Ширина годичных слоев в подкронной части ствола наибольшая: в 3—5 раз больше, чем в нижней части (на высоте груди). Мы не могли установить, что в суровых условиях климата световой прирост вертикально сомкнутого полога разновозрастных ельников вызывает ухудшение формы ствола. Надо полагать, что регулирование светового режима в северных разновозрастных ельниках будет ускорять процесс оздоровления древостоя, то есть увеличивать число деревьев физиологически активных, характеризующихся возрастающим приростом.

Количество деревьев с другими видами прироста по диаметру составляет только 12%. Падающий и выпуклый приросты присущи отмирающим деревьям.

Для изучения изменчивости среднепериодического текущего прироста (за последние 10 лет) по диаметру на высоте груди и прироста по высоте были использованы материалы трех пробных площадей со сплошной рубкой деревьев (951 шт.). Древостои этих пробных площадей характеризуют три наиболее важных периода роста и развития разновозрастных ельников: исходное звено, спелость и стабилизацию запаса. Подробно этот вопрос нами был изложен ранее [1]. Статистические показатели рядов распределения линейных приростов по отдельным пробным площадям претерпевают небольшие отклонения, поэтому мы приводим эти данные по трем пробам.

Для разновозрастных ельников характерна очень большая изменчивость линейных приростов как по возрастным поколениям, так и в целом по насаждению (более 50%). Это указывает на неоднородность процесса накопления древесины. Максимальная средняя ширина годового слоя за последние 10 лет отмечается при возрасте деревьев 181—220 лет (0,95 см), а прирост по высоте — в 101—140 лет.

Надо отметить, что средние значения линейных приростов возрастных поколений различаются совсем мало. Это обстоятельство еще раз подтверждает, что в формировании поколений участвуют деревья, различные по размерам и энергии роста.

И. И. Гусев [2] для разновозрастных ельников Архангельской области установил изменчивость прироста по диаметру в 54,5% и по высоте — 44,6%. Как видим, коэффициент изменчивости прироста по диаметру, полученный нами, согласуется с материалами для Архангельской области, но изменчивость прироста по высоте имеет значительное различие. Причину этого явления, по-видимому, следует искать в разных подходах при отнесении тонкомерных деревьев к подросту или к основному древостою.

Таким образом, большая изменчивость линейных приростов разновозрастных ельников обусловлена биологическими свойствами ели — способностью в течение длительного времени переносить недостаток световой энергии. Поэтому наряду с хорошо растущими деревьями имеется большое количество угнетенных.

Регулирование светового режима — первоочередная задача в повышении продуктивности разновозрастных ельников. Нами отмечено, что положительная реакция на улучшение светового режима в первую очередь проявляется в приросте по высоте и только спустя 2—4 года отражается на ширине годовичного слоя на высоте груди.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. А. Анишин. Ход роста, прирост и динамика товарной структуры разновозрастных ельников Коми АССР. Сб. «Вопросы лесостроительства и таксации лесов Европейского Севера», вып. 2, Северо-Западное книжное изд-во, 1970. [2]. И. И. Гусев. Изменчивость линейного прироста ели и связь его с некоторыми таксационными показателями деревьев. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964. [3]. М. Л. Дворецкий. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. Изд-во «Лесная промышленность», 1964.

Поступила 20 марта 1972 г.

УДК 634.0.232.32

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОДНОЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ, ВЫРАЩЕННЫХ ПОД ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМИ УКРЫТИЯМИ

И. П. КОНДРАТОВИЧ

ЛенНИИЛХ

Рассматриваются особенности анатомического строения однолетних сеянцев сосны и ели, выращенных под укрытиями из полиэтиленовой пленки. Кольцо древесины, диаметр сердцевины и другие анатомические элементы опытных сеянцев значительно больших размеров, чем у контрольных.

Осенью 1964 г. и весной 1965 и 1966 гг. в питомниках Сиверского и Тосненского опытно-показательных лесхозов (Ленинградская область) были проведены посевы сосны, ели и лиственницы с последующей установкой над ними малогабаритных полиэтиленовых укрытий.

Таблица 1

Вариант	Диаметр стебля	Толщина эпидермы	Ширина первичной коры и луба	Ширина кольца древесины	Диаметр сердцевинки	Диаметр грахенд (тангенциальный)	Количество рядов грахенд	Количество измерений
Сосна								
Опыт, однолетка	$\frac{1623 \pm 65}{100}$	$\frac{14 \pm 0,4}{1,7}$	$\frac{348 \pm 14}{42,9}$	$\frac{266 \pm 11}{32,8}$	$\frac{367 \pm 23}{22,6}$	$15,8 \pm 0,7$	16—18	9
Контроль, однолетка	$\frac{545 \pm 25}{100}$	$\frac{13 \pm 0,5}{4,8}$	$\frac{69 \pm 3}{25,3}$	$\frac{160 \pm 8}{58,7}$	$\frac{61 \pm 3}{11,2}$	$13,1 \pm 0,4$	11—13	7
Контроль, двухлетка	$\frac{1634 \pm 68}{100}$	$\frac{15 \pm 0,7}{1,8}$	$\frac{270 \pm 11}{33,1}$	$\frac{392 \pm 16}{48,0}$	$\frac{280 \pm 12}{17,1}$	$16,3 \pm 0,5$	23—26	7
Ель								
Опыт, однолетка	$\frac{1446 \pm 20}{100}$	$\frac{32 \pm 2,2}{4,4}$	$\frac{285 \pm 4}{39,5}$	$\frac{323 \pm 7}{44,6}$	$\frac{166 \pm 3}{11,5}$	$15,4 \pm 0,1$	21—22	5
Контроль, однолетка	$\frac{738 \pm 26}{100}$	$\frac{19 \pm 0,3}{5,2}$	$\frac{116 \pm 4}{31,4}$	$\frac{197 \pm 7}{53,4}$	$\frac{74 \pm 5}{10,0}$	$13,1 \pm 0,3$	14—16	5

Примечание. В числителе данные в *мк*; в знаменателе — в % от диаметра стебля (двойная ширина эпидермы, первичной коры и луба, кольца древесины).

Благоприятные микроклиматические условия, создающиеся под укрытиями из полиэтиленовой пленки (влажность почвы и воздуха, температура почвы и воздуха), а также повышенная концентрация CO_2 в воздухе под укрытием (в среднем в 1,2—1,9 раза больше, чем в открытом грунте) оказывают положительное влияние на фотосинтез, накопление органического вещества и рост сеянцев. Однолетние сеянцы хвойных пород, выращенные под пленочными укрытиями, имеют, как правило, такие же показатели роста, как двухлетние сеянцы в обычных производственных посевах, или несколько больше, и значительно превышают по всем показателям роста контрольные сеянцы, выращенные в открытом грунте. Так, средняя длина стебля однолетних сеянцев сосны составила 12,6 см, а лиственницы 19,0 см. Подробно результаты опытов по выращиванию сеянцев хвойных пород описаны в других наших статьях [1], [2].

У опытных и контрольных сеянцев, наряду с их линейными размерами (длина стебля, корня), изучали также особенности роста анатомических элементов сеянцев. Препараты приготавливали на микротоме и исследовали с помощью микроскопов МБИ-1 и МБИ-3.

Из табл. 1 видно, что кольцо древесины, диаметр сердцевинки и другие анатомические элементы у опытных сеянцев значительно больших линейных размеров, чем у контрольных.

Величина трахеид в поперечном сечении у опытных однолеток сосны была на 20,6% больше, чем у контрольных. У опытных сеянцев ели, выросших под пленкой, трахеидные клетки также несколько крупнее, чем у контрольных однолетних.

Количество рядов трахеид в древесине у опытных однолетних сеянцев больше, чем у контрольных, что также свидетельствует о более активной деятельности камбия и, как следствие, о более высокой энергии роста сеянцев под пленкой.

Таблица 2

Вариант	Площади сечения, $\frac{\text{мм}^2}{\%}$		
	древесины и сердцевинки вместе	в том числе	
		древесины	сердцевинки
Сосна			
Опыт	$\frac{0,632 \pm 0,059}{100}$	$\frac{0,521 \pm 0,047}{82,5}$	$\frac{0,111 \pm 0,014}{17,5}$
Контроль . . .	$\frac{0,115 \pm 0,011}{100}$	$\frac{0,112 \pm 0,011}{97,4}$	$\frac{0,003 \pm 0,001}{2,6}$
Ель			
Опыт	$\frac{0,540 \pm 0,001}{100}$	$\frac{0,518 \pm 0,028}{95,9}$	$\frac{0,022 \pm 0,001}{4,1}$
Контроль . . .	$\frac{0,150 \pm 0,048}{100}$	$\frac{0,146 \pm 0,021}{97,4}$	$\frac{0,004 \pm 0,001}{2,6}$

У опытных сеянцев сердцевинная часть развита относительно сильнее, чем у контрольных (табл. 2). Это, очевидно, связано с тем, что из-за общего усиления интенсивности физиологических процессов [2] развивается запасная ткань, регулирующая отток синтезируемых веществ.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Д. А. Комиссаров, И. П. Кондратович. Рост семян хвойных пород под полиэтиленовыми укрытиями на лесных питомниках Ленинградской области. Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству, вып. XI, ЛенНИИЛХ, 1967 [2]. И. П. Кондратович. Фотосинтез и рост семян хвойных пород под полиэтиленовыми укрытиями. Сборник аспирантских работ по лесному хозяйству, ЛенНИИЛХ, 1968.

Поступила 22 февраля 1972 г.

УДК 634.0.812

ОБЪЕМНЫЙ ВЕС ДРЕВЕСИНЫ МУЖСКИХ И ЖЕНСКИХ ОСОБЕЙ ОСИНЫ ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

А. М. ИЛЬИН

Воронежский лесотехнический институт

Объемный вес древесины мужских и женских особей осины находится в прямой зависимости от количества запасных питательных веществ в ней. Он изменяется в пределах вегетационного периода и у мужских особей может быть больше на 4–5% в период плодоношения и максимального накопления вегетативной массы; поздней осенью различие практически исчезает.

Объемный вес абс. сухой древесины одной и той же породы зависит от многих факторов: ширины годичного слоя и процента поздней древесины, условий местопроизрастания, возраста дерева, местоположения древесины по высоте ствола, принадлежности дерева к классу роста и места взятия образца по диаметру ствола [3], а также от формового разнообразия.

В связи с этим нами была принята методика подбора объектов для взятия образцов, позволявшая практически предотвратить возможное влияние указанных факторов на полученные результаты. Объектами послужили деревья 48-летнего серокорого корнеотпрыскового осинника, диаметром 21–23 см, расположенного в типе условий произрастания С₂ на лесных темно-серых супесчаных почвах Правобережного лесничества институтского учебно-опытного лесхоза. Образцы брали на высоте 110–120 см с периферической (заболонной) части ствола. В указанном типе условий произрастания было два рядом расположенных участка с мужскими и женскими особями осины.

Анализируя по литературным источникам различные методы взятия проб древесины растущих деревьев, мы остановились на использовании пристяжного бурава, который с успехом применяли многие исследователи для определения не только влажности древесины [1], [2], [5], [13], [15], [16], но и объемного веса [4], [9], [10], [16].

Образцы брали в различные сроки: 24 апреля, 22 мая, 24 июня, 24 июля, 20 августа, 19 сентября и 25 октября 1968 г. с двадцатикратной повторностью, одновременно от мужских и женских особей осины и всегда в одно время (с 9 до 11 час.). Образцы брали с одних деревьев (20 мужских и 20 женских). Каждый образец имел длину (без коры) 50 мм, диаметр 4 мм и составлял, при извлечении, постоянный объем 628 мм³. Взятые образцы использованы нами ранее для определения влажности древесины [5]. Объемный вес определяли на образцах, доведенных до абс. сухого состояния. Результаты обрабатывали методом вариационной статистики [14] с нахождением коэффициента достоверности t сравниваемых величин [8]. Полученные данные приведены в табл. 1.

Как видно, в объемном весе древесины от особей разного пола имеются различия; они вполне достоверны в мае, июне и июле; близки к достоверности показатели объемного веса в августе.

Объемный вес древесины в различные сроки вегетации неодинаков. В начале вегетационного периода он снижается, достигая минимума в

Дата взятия образцов	Объемный вес абс. сухой			
	мужских особей			
	$M \pm m$	σ	$C, \%$	$P, \%$
24.IV-68 г.	$0,529 \pm 0,001$	0,003	0,6	0,2
22.V-68 г.	$0,524 \pm 0,003$	0,014	2,7	0,6
24.VI-68 г.	$0,522 \pm 0,005$	0,022	4,2	1,0
24.VII-68 г.	$0,513 \pm 0,004$	0,017	3,3	0,8
20.VIII-68 г.	$0,519 \pm 0,006$	0,027	5,2	1,2
19.IX-68 г.	$0,530 \pm 0,007$	0,031	6,0	1,3
25.X-68 г.	$0,527 \pm 0,006$	0,026	5,0	1,1

июле; к осени, к концу вегетации, повышается. Такой динамике подчинен объемный вес древесины как мужских, так и женских особей, однако изменение его у древесины мужских особей выражено значительно слабее и в меньшей степени, чем у женских. Различия в объемном весе древесины, выраженные в процентах, имеют тенденцию к увеличению с наступлением лета и уменьшению к осени, при этом максимальный объемный вес выше минимального у мужских особей на 3%, а у женских на 6%.

Таким образом, древесина мужских экземпляров осины на протяжении всего вегетационного периода имела различный, но всегда больший объемный вес, чем женских.

Результаты наших исследований находятся в противоречии с данными В. Б. Волковича [4] для Ленинградской области, по которым объемный вес древесины оказался несколько больше у женских особей. Однако автор в своей работе не показал математически выраженной достоверности, а оказалось, что $t = 1,3$. Кроме того, неизвестно, в какое время года были взяты образцы и идентичны ли условия произрастания мужских и женских особей осины. Но существует еще одна работа по Болгарии [11], в которой сообщается, что древесина мужских особей осины имела объемный вес в среднем на 5% выше.

Ясно выраженную динамику объемного веса древесины, по нашим данным, можно объяснить изменением количества запасных питательных веществ за вегетационный период. На такие изменения указывают О. Г. Каппер [6], П. Б. Раскатов [12], П. Крамер и др. [7]. П. Ф. Шелякина [16] также отмечает, что содержание сухого вещества древесины в единице объема в разное время года неодинаково и что с увеличением количества запасных питательных веществ повышается объемный вес древесины и наоборот.

Существующее различие в объемном весе древесины мужских и женских особей осины вполне объяснимо. Кроме цветения, появления листвы и новых побегов, женские особи должны затратить огромное количество питательных веществ на образование семян. Мужские же особи последней миссии не выполняют, поэтому и расход запасных питательных веществ у них значительно меньше. Опустошив свои «кладовые» весной и в начале лета на образование семян, женские экземпляры начинают постепенно вновь накапливать запасы питательных веществ. К концу вегетационного периода их количество у женских особей приближается к запасу у мужских.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. М. Арциховский. К вопросу о содержании воды в здоровой и больной древесине. Труды по лесному опытному делу Центральной ЛОС, вып. 11, 1931. [2] А. Т. Вакин. К методике определения влажности непросушенной древесины. ИВУЗ.

Таблица 1

женских особей				t	различия, %
M ± m	σ	C, %	P, %		
0,524 ± 0,006	0,025	4,6	1,1	0,8	1
0,503 ± 0,002	0,010	2,0	0,4	6,2	4
0,499 ± 0,008	0,034	6,9	1,6	2,5	5
0,495 ± 0,003	0,015	3,0	0,6	3,6	4
0,505 ± 0,003	0,012	2,4	0,6	2,1	3
0,524 ± 0,006	0,025	4,6	1,1	0,7	1
0,525 ± 0,009	0,039	7,4	1,7	0,2	0,4

«Лесной журнал» № 1, 1959. [3]. С. И. Ванин. Древесиноведение. Гослестехиздат, Л., 1934. [4]. В. Б. Волкович. Сравнительная пораженность мужских и женских деревьев осины ложным трутовиком. Материалы научно-технической конференции ЛТА 1966 г., вып. 2, Л., 1966. [5]. А. М. Ильин. Динамика влажности древесины мужской и женской осины за вегетационный период. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970. [6]. О. Г. Каппер. Значение времени рубок на порослевое возобновление дуба. Труды областной станции лесного хозяйства, т. 2, Воронеж, 1934. [7]. П. Крамер, Т. Козловский. Физиология древесных растений. Гослесбумиздат, М., 1963. [8]. А. К. Митропольский. Элементы математической статистики. Изд. ЛТА, Л., 1965. [9]. М. Я. Оскретков. Опыт определения объемного веса древесины сосны у стоящих деревьев. Труды Брянского ЛХИ, т. 2—3, 1940. [10]. М. Я. Оскретков. Результаты применения нового способа определения объемного веса древесины. Труды Брянского ЛХИ, т. 5, 1951. [11]. К. Рангелов. Сравнительно исследование върху някой физико-механични свойства на дървесината на трептливоки и дървата от мъжки и женски пол. Съобщ. Горскостоп. наук, в. 6, № 4, 1969. [12]. П. Б. Раскатов. Физиология растений с основами микробиологии. Изд-во «Советская наука», М., 1958. [13]. Г. И. Редько. Изменение влажности древесины некоторых пород в течение года. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1968. [14]. А. В. Тюрин. Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. Гослесбумиздат, 1961. [15]. А. А. Чепетаев. Заготовка и хранение бревен летней рубки. Гослестехиздат, М.—Л., 1934. [16]. И. Ф. Шелякина. Содержание воды в древесине живого дерева. Труды по лесному опытному делу Центральной ЛОС, вып. 11, 1931.

Поступила 20 марта 1972 г.

УДК 674.87

ИЗМЕНЕНИЕ ЗОЛЬНОГО СОСТАВА ХВОИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ

Р. И. ДЕРЮЖКИН, А. Г. РЫЧКОВА, В. Т. МЕЗЕНЦЕВА

Воронежский лесотехнический институт

Исследованные алтайская, ленская и саянская разновидности лиственницы сибирской в культурах под Воронежем отличаются по содержанию зольных элементов в хвое, что связано с биохимическими особенностями интродуцируемых растений. Дальнейшие исследования в этом направлении дадут возможность установить признаки для ранней диагностики наследственных форм растений.

Изучение содержания зольных элементов в листьях и хвое интродуцируемых растений имеет определенное теоретическое и практическое значение, так как позволяет вскрыть биохимические особенности реакции на новые условия среды и, в свою очередь, глубже объяснить причины различия растений по скорости роста и устойчивости.

Наши исследования проведены на опытных географических культурах лиственницы, произрастающих в квартале 54 Правобережного лесничества ВЛТИ на серых свежих суглинистых почвах [3]. Возраст культур 15 лет. Для изучения взяты варианты культур алтайской, саянской и ленской разновидностей лиственницы сибирской, наиболее различающиеся по времени наступления и продолжительности фенофаз, показателям роста и сохранности растений (табл. 1).

Таблица 1

Показатели	Разновидности лиственницы сибирской		
	алтайская	саянская	ленская
Происхождение семян область, край	Восточно- Казахстанская область	Красноярский край	Иркутская область
географическая широта, °	49	52	59
высота над уровнем моря, м . . .	1800	600—700	300—500
Количество вариантов опыта по происхождению	2	3	2
Основные фенофазы			
распускание почек	22.IV	16.IV	12.IV
период роста побегов в высоту (дней)	40—45	65—70	35—40
начало пожелтения хвои	20.IX	5.X	15.IX
Сохранность саженцев через 5 лет после посадки, %	29,0	60,3	66,6
Средняя высота растений, м, в воз- расте			
5 лет	0,4	1,3	0,6
15	4,0	8,8	5,6
Поражаемость хвои грибом <i>Mertia laricis</i> Vall.	Сильная	Очень слабая	Средняя

На этих культурах в течение вегетационного периода 1970 г. (в мае, августе и сентябре) с освещенной части южного сектора кроны деревьев отбирали по 4—6 сборных проб пучковой хвои. Всего для анализов было взято 84 пробы.

Для каждой пробы по двум—трем навескам определяли влажность хвои. Озодение хвои производили сухим методом [4]. Химический состав золы изучали комплексометрическим [1] и колориметрическим методами [5], а также методом пламенной фотометрии [2]. Весовые количества зольных элементов вычисляли по их окислам в расчете на 100 частей золы. Зольность хвои рассчитана в процентах к абс. сухому веществу. Результаты опытов (содержание отдельных зольных элементов в золе хвои) обработаны методом дисперсионного анализа [7].

Сопоставление данных табл. 1 и 2 позволяет отметить, что как зольность, так и содержание зольных элементов в хвое лиственницы существенно изменяется в течение вегетационного периода. При этом отчетливо заметно различие в ходе накопления зольных элементов у всех разновидностей лиственницы.

Для весеннего периода (майские пробы), когда в растениях только начинаются ростовые процессы, характерна относительно низкая зольность хвои, причем у растений ленской и саянской разновидностей, начавших вегетацию на 5—10 дней раньше, зольность хвои на 0,45—0,75% выше, чем у алтайской разновидности.

В хвое алтайской (высокогорной) и ленской (северной) разновидностей весной активнее, чем у саянской, накапливается кремний

Таблица 2

Время отбора проб (фактор В)	Разновидность лиственницы (фактор А)	Количество зольных элементов, % на 100 частей золы										Зола, % к абс. сухому веществу	
		SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₂	MnO		
Май	Алтайская	34,41	19,00	10,25	9,50	5,81	9,06	7,76	0,50	2,87	0,42	3,50	
	Саянская	18,69	21,52	12,00	10,13	12,12	6,63	12,24	0,76	4,67	0,50	4,05	
	Ленская	40,25	14,11	6,69	9,31	9,95	7,00	8,20	0,29	3,00	0,22	4,25	
Август	Алтайская	63,00	11,11	6,12	4,72	4,48	2,50	2,80	0,26	4,50	0,05	7,75	
	Саянская	38,06	14,50	6,69	11,75	7,62	4,38	10,00	0,26	5,58	0,34	5,8	
	Ленская	62,21	8,50	4,25	9,13	5,81	1,37	3,25	0,25	4,63	0,05	7,0	
Сентябрь	Алтайская	65,04	4,84	2,37	11,0	4,20	1,93	2,56	0,38	7,10	0,21	8,75	
	Саянская	44,94	10,48	4,08	15,12	6,87	2,50	7,59	0,28	7,15	0,25	7,08	
	Ленская	64,66	2,50	1,25	11,57	5,81	1,55	4,36	0,23	7,37	0,05	8,12	
Доля участия факторов в формировании изменчивости признаков, %:													
		фактор А	38	23	23	30	31	3	42	15	5	39	5
		фактор В	54	63	64	31	32	68	31	37	75	40	71

и менее активно магний, железо, калий, натрий, сера и фосфор. Таким образом, растения саянской разновидности, отличающиеся в данных условиях лучшими показателями роста и устойчивости, обладают большей избирательной способностью по отношению к зольным элементам почвы, активнее поглощают наиболее важные из них. Растения других разновидностей поглощают, в основном, кремний, который не играет существенной роли в биосинтезе [6]. Алтайская лиственница, кроме того, весной активнее, чем другие разновидности, накапливает алюминий. Этот элемент при повышенном содержании в растениях вызывает ряд патологических явлений [6], [8]. Примечательно, что высокогорная альпийская разновидность европейской лиственницы при культивировании на равнинах Европы, так же как алтайская разновидность сибирской лиственницы в наших опытах, активно поглощает алюминий и отличается худшими показателями роста и сохранности [8].

К концу лета (августовские пробы) зольность хвои значительно повысилась у всех разновидностей, но более всего у алтайской (в 2 раза). Содержание отдельных элементов в золе также изменилось. Алтайская и ленская лиственницы продолжали весьма активно накапливать кремний, количество которого у них достигло 62—63%. В золе хвои саянской разновидности количество кремния также увеличилось, но его содержание составило всего 38%. По сравнению с весенними пробами в хвое всех разновидностей существенно уменьшилось количество натрия, калия, магния, алюминия, железа, фосфора, марганца и несколько возросло содержание серы. Относительное количество кальция повысилось только у саянской разновидности.

Осенью (сентябрьские пробы), как и летом, в хвое алтайской и ленской лиственниц наблюдалось наибольшее содержание кремния (65%) и меньшее количество других элементов, чем в хвое саянской разновидности. К этому времени отчетливее проявился процесс относительного уменьшения содержания в хвое натрия, калия, алюминия.

Дисперсионным анализом данных о зольности хвои установлено, что этот показатель изменяется в основном (на 71%) под влиянием времени отбора проб хвои. Связь изменчивости этого признака с происхождением лиственницы незначительна. От географического происхождения лиственницы в довольно большой степени (на 30—40%) зависит содержание в хвое кремния, кальция, магния, железа и марганца, несколько меньше натрия, калия и фосфора.

В заключение можно отметить, что исследованиями установлено существенное различие растений лиственницы сибирской по поглощению и накоплению зольных элементов. Растения саянской разновидности в опытах под Воронежем отличаются лучшим ростом и устойчивостью, так как наследственные свойства этой лиственницы наиболее соответствуют данным условиям. В связи с этим тип обмена зольными элементами саянской лиственницы можно считать «нормальным» (относительно умеренное поглощение и накопление в хвое основных зольных элементов).

Растения алтайской разновидности (высокогорный экотип) в тех же условиях опыта растут и сохраняются плохо, сильно повреждаются грибными болезнями.

Их тип обмена зольными элементами характеризуется повышенным накоплением в хвое кремния и алюминия (в весенний период), чрезмерно слабым вовлечением в обмен магния и железа, что в свою очередь сказывается на фотосинтезе.

Растения ленской разновидности (северный низкогорный экотип) также обладают недостаточно подходящими для данных условий на-

следственными свойствами и мало отличаются то типу обмена зольных элементов от высокогорных растений Алтая.

Дальнейшие исследования в этом направлении, по-видимому, дадут возможность лесным селекционерам установить признаки для ранней диагностики наследственных форм растений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. В. Аринушкина. Руководство по химическому анализу почв. Изд. Московского университета, 1962. [2]. Ф. Бурриель-Марти, Х. Рамирес-Муньос. Фотометрия пламени. ИЛ, М., 1962. [3]. Р. И. Дерюжкин. Результаты изучения географических культур лиственницы в Воронежской области. Научные труды, т. XXXII, вып. 3, «Вопросы повышения интенсивности лесного хозяйства». Центральное-Черноземное книжное изд-во, Воронеж, 1969. [4]. А. И. Ермаков, В. В. Арасимович. Методы биохимического исследования растений. Сельхозгиз, М.—Л., 1952. [5]. В. В. Ковальский, А. Д. Гололобов. Методы определения микроэлементов в органах и тканях животных, растений и почвах. Изд-во «Колос», М., 1969. [6]. П. Крамер, Т. Козловский. Физиология древесных растений. Гослесбумиздат, 1963. [7]. Н. А. Плехинский. Биометрия. Изд. Московского университета, 1970. [8]. M. Schreiber. Über neuere Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der Lärchenrassenbiologie. Schweiz. L. Forstwesen, Jg. 115, № 1/2, 1964.

Поступила 3 апреля 1972 г.

УДК 634.0.44. : 634.0.2

О ВЛИЯНИИ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РОСТ И ПОРАЖАЕМОСТЬ ОСИНЫ ЛОЖНЫМ ОСИНОВЫМ ТРУТОВИКОМ

А. С. КОСТЫЛЕВ

ЛенНИИЛХ

Важнейшими факторами внешней среды, определяющими рост и санитарное состояние осиновых насаждений, являются богатство, дренаж, достаточное проточное увлажнение почвы и освещенность деревьев. Для выращивания здоровых высокотоварных насаждений осины необходимо подбирать молодняки с оптимальными почвенно-грунтовыми условиями и проводить регулирование освещенности деревьев посредством рубок ухода.

Выращивание здоровой высокотоварной осины — одна из важных задач советского лесного хозяйства. В ее решении в настоящее время четко определились два направления. Первое — селекционное — ставит целью выявление гнилеустойчивых форм осины, их селекцию и организацию на этой основе хозяйства на здоровую осину. Второе — лесоводственное — основываясь на морфолого-анатомо-биологических особенностях осины, призвано лесоводственными мерами ухода вырастить здоровую высокотоварную осину из естественных молодняков. Решение этой задачи возможно в том случае, если будет хорошо изучена биологическая природа осины как древесной породы и осинников как лесных биогеоценозов.

Важнейшими факторами, определяющими природу осины, ее рост и санитарное состояние насаждений, являются условия внешней среды: богатство, дренаж и увлажнение почвы и освещенность деревьев. В нашей литературе можно найти много сведений о влиянии первых трех факторов на осину. Обобщая выводы, полученные разными авторами ([1] — [8] и др.), отметим, что осина требовательна к богатству, дренажу и увлажнению почвы. Более производительные и здоровые

осинники произрастают на плодородных, хорошо дренированных почвах с достаточным проточным увлажнением, преимущественно на пологих склонах холмов с небольшим уклоном поверхности (типы леса — кисличный, кислично-широкотравный, широкотравный, липняковый, лещиновый и производные от них).

Четвертый важный компонент условий среды, к которым требовательна осина, — освещенность деревьев. При закладке пробных площадей в осинниках Смоленской, Калининской, Ленинградской и других областей мы обратили внимание на то, что насаждения, произрастающие на опушках леса, примыкающих к сельскохозяйственным угодиям, лесным полянам, широким квартальным просекам и дорогам, а также на хорошо освещенных склонах повышенных форм рельефа (с южной экспозицией), отличаются выраженным зеленым цветом коры и лучшей очищаемостью стволов от сучьев, по сравнению с насаждениями, произрастающими в глубине леса на расстоянии 20—60 м от дороги или поляны. Длина бессучковой части ствола на модельных деревьях, взятых на хорошо освещенных опушках, как правило, оказывалась в 2—2,5 раза больше, чем на деревьях, взятых в глубине участков. Деревья на опушках леса отличались прямизной стволов и, в большинстве случаев, не имели плодовых тел дереворазрушающих грибов (пробные площади закладывали в насаждениях III—IV классов возраста). Наоборот, деревья в глубине леса имели худший внешний вид, плохую очищаемость от сучьев, серый цвет коры. На деревьях IV класса возраста нередко встречались плодовые тела осинового трутовика.

Это обстоятельство навело на мысль, что зеленый цвет коры, лучшая очищаемость стволов от сучьев и меньшая пораженность насаждений ложным осиновым трутовиком зависят не только от богатства, дренажа и увлажнения почвы, но и от условий освещенности. Лучшая освещенность увеличивает интенсивность фотосинтеза, а это обуславливает быстрый рост и лучшую очищаемость стволов от сучьев.

Для выяснения этого вопроса в Пожевском лесничестве Пермской области была заложена специальная пробная площадь в осиннике IV класса возраста, расположенном рядом с большой лесной поляной на берегу р. Камы. Со стороны поляны насаждение отличалось ярко выраженным зеленым цветом коры деревьев, прямизной и хорошей очищаемостью стволов от сучьев, то есть по внешнему виду напоминало типичное зеленокорое насаждение. При сплошном перече-те проба площадью 0,3 га была разделена на две части. Одна часть шири-

Часть пробы	Площадь, га	Преобладающий цвет коры деревьев	Таксационная харак.			
			состав	класс возраста возраст, лет	средняя высота, м	средний диаметр, см
Освещенная (опушечная)	0,09	Зеленый	10Ос, ед. Б, Лп	$\frac{IV}{37}$	21,8	20,2
Теневая (в глубине леса)	0,21	Серый	10Ос, ед. Б, Лп, Е, Пх	$\frac{IV}{37}$	20,8	19,0

ной 20 м, примыкающая к поляне, находится в условиях хорошей освещенности; другая шириной 40 м — в глубине леса на расстоянии до 60 м от опушки. В обеих частях пробы люксметром Ю-16 трижды измеряли освещенность (лк): в 9 час., в 13 час. и в 18 час. Измерения проводили на высоте 2 м от земной поверхности на открытом месте (поляне), на опушке в 5 м от поляны и в глубине пробы на расстоянии 40 и 60 м. Освещенность на опушке леса (5 м от поляны) оказалась в 2,5 раза выше, чем в глубине пробы на расстоянии 40 м от опушки, и в 5 раз выше, чем на расстоянии 60 м от опушки.

Таксационные показатели насаждений в обеих частях пробы приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, насаждения в условиях лучшей освещенности отличаются от насаждений в глубине леса по средней высоте на 1 м, среднему диаметру на 1,2 см, полноте на 0,05 единиц, длине бессучковой части ствола в 4 раза, более зеленым цветом коры и меньшей пораженностью деревьев дереворазрушающими грибами (по наличию плодовых тел).

Приведенные показатели получены при обследовании в насаждении, произрастающем в обычных условиях без рубок ухода, когда площадь почвенного и светового питания, приходящаяся на одно дерево, осталась без изменения. Влияние рубок ухода на увеличение почвенно-светового прироста осины хорошо можно проследить по росту осинников, произрастающих в кулисах после реконструкции малоценных молодняков.

В 1953 г. в квартале 27 Вырицкого лесничества Ленинградской области в осиннике (состав 8Ос1Б1Ол, класс возраста — II, 15 лет, средняя высота 7 м, средний диаметр 5 см, полнота 0,7, II класс бонитета, тип леса — кислично-черничный, запас 40 м³/га) была проведена реконструкция малоценных молодняков путем прорубки коридоров шириной 3—4 м, вспашки почвы в них плугом-канавокопателем ЛКА-2 и посадки в отвалы пластов саженцев ели. В кулисах между коридорами шириной 4,5—7 м была оставлена осина. Осина получила хорошие условия освещенности. Степень изреживания ее (определенная по площади) составила 30—40%. Поскольку реконструкция молодняков была проведена с применением плужного канавокопателя ЛКА-2, значительно улучшился и дренаж почв в кулисах.

Осенью 1966 г., спустя 13 лет после реконструкции, в кулисах были заложены пробные площади. На пробах был проведен сплошной пересчет деревьев и разделаны модельные деревья. Для контроля была

Таблица 1.

ристка насаждений

полнота	класс бонитета тип леса	запас на 1 га, м ³	длина бессучковой части ствола, м/ %	количество деревьев, шт./ %	в том числе	
					здоровых	с плодовыми телами гриба
1,25	Iб Кислично- широко- травный	400	1,29	107	105	2
			5,9	100		
1,20	Iа Кислично- широко- травный	360	0,60	220	208	12
			2,9	100		

заложена пробная площадь в другой части того же осинника, где не было реконструкции.

Таблица 2

Место закладки пробной площади	Состав	Класс возраста Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота	Класс бонитета Тип леса	Запас на 1 га, м ³
Кулисы	10Ос.ед.Б,Ол	III 28	15,3	11,1	1,5	Ia Кисличник	264
Контроль	10Ос.ед.Б,Ол	III 28	13,1	8,4	0,9	II Кислично-черничный	130

Как видно из табл. 2, насаждения, произрастающие в кулисах, отличаются от контрольных на 2,2 м по средней высоте, 2,8 см по среднему диаметру, 0,6 по полноте, на два класса бонитета по производительности и на 134 м³ по запасу.

Показатели текущего (среднепериодического по пятилетиям) прироста модельных деревьев по диаметру на кулисах и в контроле приведены в табл. 3.

Таблица 3

Место взятия модельных деревьев	Среднепериодический прирост по диаметру на высоте груди, см, по пятилетиям				
	I	II	III	IV	V
Кулисы	1,8	2,2	2,3	3,3	2,8
Контроль	1,8	1,8	1,8	1,8	1,3

Из таблицы видно, что прирост деревьев по диаметру в насаждении, произрастающем в кулисах, в среднем в 2 раза выше, чем на контроле.

Приведенные в табл. 1—3 данные свидетельствуют о том, что регулированием освещенности насаждений в осинниках можно существенно повысить почвенно-световой прирост деревьев и улучшить их санитарное состояние.

Опытными работами на постоянных пробных площадях было установлено, что оптимальной выборкой, при которой наилучшим образом обеспечивается освещенность деревьев и достигается увеличение почвенно-светового прироста, является выборка в пределах 50—60% по числу стволов (30—40% по запасу). Освещенность в насаждениях II класса возраста при этом увеличивается в 2—5 раз, в насаждениях III класса в 2—3 раза. Повторными перерасчетами, проведенными на пробных площадях спустя 5 лет после разреживания, кроме увеличения прироста по диаметру было установлено изменение цвета коры у деревьев на секциях, пройденных рубкой. Серый цвет коры (пробные площади были заложены в обычных насаждениях, где преобладали деревья с серой корой) на секциях, пройденных рубкой, изменился на выраженный зеленый. На контрольных же секциях он остался прежним. Изменение цвета коры у деревьев наблюдается на всех пробных площадях спустя 5—6 лет после разреживания. Это свидетельствует о том, что увеличение освещенности насаждений повышает интенсивность фотосинтеза, ускоряя рост деревьев и улучшая их санитарное состояние.

Для выращивания здоровой высокотоварной осины из естественных молодняков, наряду с подбором насаждений с оптимальными почвенно-грунтовыми условиями, необходимо улучшить освещенность деревьев в насаждении, что достигается путем разреживания. Работы по разреживанию осиновых молодняков необходимо вести со II класса возраста (с 12—15 лет) и заканчивать с первым приемом рубок ухода, как правило, не позднее 20 лет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Анкудинов. Сердцевинная гниль осины и меры борьбы с ней. Труды ВНИИЛХ, вып. 7, 1939. [2]. В. С. Ермилова. Развитие гнили у осины. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1938. [3]. Б. Исполатов. Выбор экспортной осины. Журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность» № 8—9, 1928. [4]. Ю. Ф. Косяков. О формовом разнообразии осины в лесостепи Башкирии. Сборник трудов по лесному хозяйству Башкирской лесной опытной станции, вып. 6, 1952. [5]. Н. П. Ремезов, Л. Н. Быкова, К. М. Смирнова. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах Европейской части СССР, М., 1959. [6]. Н. Старк. Влияние почвы на энтомофауну вредителей осины. Сб. «Защита растений от вредителей», т. III, 1926. [7]. В. С. Шумаков. Быстрорастущие насаждения и плодородие почвы. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1963. [8]. И. В. Якимов. Физико-механические свойства древесины осины в связи с условиями местопроизрастания. Сб. ВЛТИ «Вопросы повышения продуктивности лесного хозяйства», изд. Воронежского госуниверситета, Воронеж, 1963.

Поступила 14 июля 1971 г.

УДК 634.0.43

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ВЫРУБОК ЗАПАДНЫХ СКЛОНОВ БУРЕЙНСКОГО ХРЕБТА

В. И. ОБЫДЕННИКОВ

ВНИИЛМ

Излагаются материалы о влиянии лесных пожаров на экологические условия вейниковых и багульниковых вырубок западных склонов Буреинского хребта. Приводятся результаты исследования неблагоприятного влияния пожаров на лесорастительные условия вырубок.

Огонь вызывает резкие изменения экологических условий на вырубках. Необходимо различать паловые и беспаловые вырубки, так как условия для возобновления леса в них неодинаковы [2]. Это хорошо подтверждается результатами исследований, проведенных нами в лесах западных склонов Буреинского хребта, на вырубках, нарушенных лесными пожарами. Паловые вырубки в исследованном районе расположены в основном на площадях сплошных концентрированных рубок, прилегающих к железнодорожной полосе, где чаще всего случаются лесные пожары.

Нашей задачей было изучить характер влияния лесных пожаров на широко представленные в этом районе вырубки вейникового и багульникового типов. Экспериментальные работы осуществлены в соответствии с методикой, разработанной акад. И. С. Мелеховым [1], [2], [3]. Исследования проведены в 1968—1970 гг. в Тынтинском и Ургальском лесхозах Хабаровского края.

Как установлено, лесные палы воздействуют на вырубки вейникового типа, характеризующиеся преобладанием в напочвенном покрове вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis Langsdorffii* Trin.), к которому единично примешивается в первом подъярусе иван-чай. Багульник

подбелый (реже широколистный) иногда образует отдельные фрагменты. Степень проективного покрытия подъяруса 70—80%, высота 60 см. Второй подъярус (высота 12—15 см, проективное покрытие 20%) представлен в основном дудником даурским, золотарником тихоокеанским, осоками (Ван-Хьюрке, бледной, большеплодной). Третий подъярус (высота 8—10 см) состоит преимущественно из брусники. Покров зеленых мхов (*Hylocomium proliferum* Lindb., *Pleurozium Schreberi* (Brid.) Mitt., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.) обычно рыхлый и мало-мощный. В микропонижениях встречается сфагновый мох (*Sphagnum girgensohnii* Russ.). Почвы вейниковых вырубок горно-таежные бурые и бурые оподзоленные. Вейник Лангсдорфа образует рыхлую дернину. Кислотность верхних горизонтов почвы рН в течение сезона колеблется: в горизонте A_0 от 4,6 до 5,2, в A_1 от 4,2 до 4,6 (в водном растворе).

После воздействия пожаров в напочвенном покрове вейниковых вырубок происходят существенные изменения. Вейник Лангсдорфа интенсивно разрастается и занимает почти всю площадь вырубок. К нему в первом подъярусе примешиваются, как правило, иван-чай, кокалия копьевидная, крестовник дубравный, синюха опушенная, василистники (водосборный, простой и байкальский), астра татарская, дудник Максимовича, полыни красночерешковая и побегоносная. Иван-чай в первом подъярусе нередко образует отдельные фрагменты. Степень покрытия почвы первым подъярусом 90—100%, высота 80—90 см. Второй подъярус (высота 20—30 см, проективное покрытие почвы 10%) представлен в основном осоками, реже — молоканом сибирским, соссюреей амурской, золотарником тихоокеанским. Третий подъярус (высота 8—10 см, проективное покрытие 5%) состоит преимущественно из дерна канадского и брусники. Мховой покров представлен обычным послепожарным мхом (*Ceratodon purpureus* Brid.). На поверхности вырубок в связи с интенсивным разрастанием вейника накапливается мощный слой (до 5—7 см) опада его надземной части и наблюдается сильное задернение почвы. Кислотность верхних горизонтов почв (A_0 и A_1) вейниково-паловых и вейниковых вырубок почти не различается. На вырубках после пожара интенсивность процессов аммонификации и нитрификации верхних горизонтов почв значительно снижается (рис. 1, табл. 1), по всему почвенному профилю незначительно повышается содержание фосфора, калия, подвижных форм железа.

Нами было изучено влияние пожаров на багульниковые вырубки. Важнейший индикатор вырубок этого типа — доминирующий в покрове багульник широколистный (*Ledum macrophyllum* Tolm.). Среди растений багульника в первом подъярусе (проективное покрытие 70—80%) рассеянно встречается вейник Лангсдорфа. Второй подъярус (высота 12—15 см) изреженный, состоит в основном из осок придатковой и круглой. На переувлажненных частях волоков преобладает осока круглая. В третьем подъярусе напочвенного покрова (высота 8—10 см) абсолютно преобладает брусника. Проективное покрытие 20%. Мхи (*Pleurozium Schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*, *Hylocomium proliferum*, *Sphagnum girgensohnii*, *Polytrichum juniperinum*) образуют 13—15-сантиметровый слой. Почвы багульниковых вырубок горно-таежные бурые оподзоленные и торфянисто-подзолистые. Кислотность верхних горизонтов почв в течение сезона колеблется: в горизонте A_0 — рН = 4,2 ÷ 4,4, в A_2 — рН = 4,5 ÷ 4,8 (в водном растворе).

После прохождения слабо- и среднеинтенсивных пожаров по багульниковым вырубкам образуются вырубки багульниково-палового

Таблица 1

Тип вырубки	Горн- зонт	Нитрификационная способность почв, мг азота NO_3 на 1 кг абс. сухого вещества (данные 1969 г.)							
		май		июнь		июль		август	
		в образцах							
		свежих	компо- стиро- ванных	свежих	компо- стиро- ванных	свежих	компо- стиро- ванных	свежих	компо- стиро- ванных
Вейниковый	A_0^*	Следы	44,1	105,6	32,0	110,0	94,3	96,6	58,6
	A_0^{***}	.	62,3	52,2	19,9	57,4	44,5	68,5	48,3
	A_1	.	10,2	8,5	—	9,4	5,1	6,8	3,7
Вейниково- паловый	A_0^*	Следы	83,9	51,3	22,0	48,5	84,9	49,4	73,4
	A_0^{***}	.	43,1	73,3	5,3	53,9	36,3	36,6	33,2
	A_1	.	6,2	4,2	1,4	6,6	5,7	6,8	4,9
Багуль- никовый	A_0^*	Следы	29,5	59,8	32,2	74,6	49,0	90,4	73,8
	A_0^{***}	.	47,6	60,8	3,8	39,4	23,3	57,1	35,9
	A_2	.	8,8	5,1	12,1	8,6	3,9	6,6	4,3
Багульниково- во-паловый	A_0^*	Следы	23,1	20,9	Следы	31,2	29,9	33,6	29,2
	A_0^{***}	.	21,0	37,6	.	31,4	36,7	26,6	27,6
	A_2	.	6,0	3,8	.	4,8	4,9	6,9	4,5

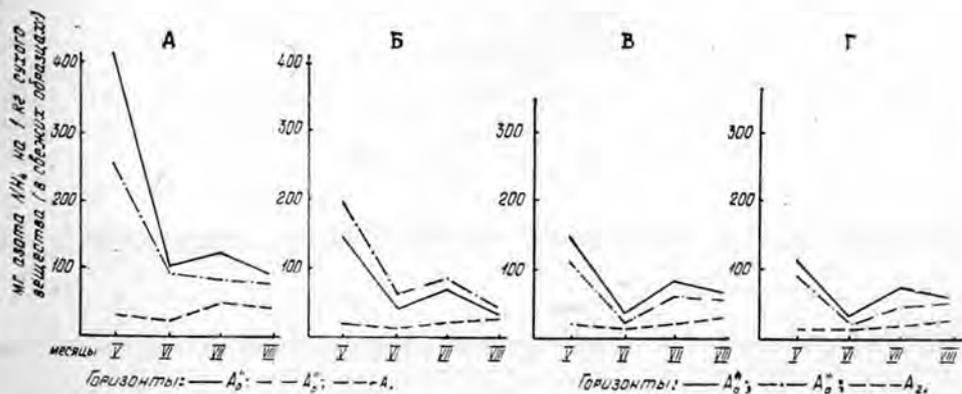


Рис. 1. Сезонная динамика процесса аммонификации на вырубках, наиболее распространенных в лесах западных склонов Бурейского хребта (данные 1969 г.).

А — вейниковые вырубки; Б — вейниково-паловые;
В — багульниковые; Г — багульничково-паловые.

типа. Багульниковый покров в результате воздействия огня разрастается за счет корневых отпрысков и пневой поросли.

Первый подъярус напочвенного покрова представлен в основном багульником широколистным. В покрове рассеянно встречается вейник Лангсдорфа, который преобладает на волоках и в местах интенсив-

ного выгорания подстилки. После пала поверхность почвы на вырубках уплотняется, кислотность рН в горизонте A_0 снижается до 5,0—5,4, в горизонте A_2 — повышается до 4,2 (в водном растворе); интенсивность процессов аммонификации и нитрификации значительно снижается (рис. 1, табл. 1), уменьшается содержание фосфора, подвижных форм железа, количество поглощенных оснований в верхнем горизонте почв (A_0 и A_2).

Подводя итоги, отметим, что на вейниково-паловых вырубках условия среды ухудшаются: образуется плотная дернина вейника Лангсдорфа, дающего мощный опад надземной части; понижается аммонификационная и нитрификационная способность верхних горизонтов почвы; несколько повышается содержание фосфора, калия, подвижных форм железа по всему почвенному профилю. После прохождения пала по багульниковым вырубкам разрастается багульниковый покров, уплотняются верхние горизонты почвы, понижается содержание азота аммиачной и нитратной форм, фосфора, подвижных форм железа и поглощенных оснований в корнеобитаемом слое почв. Следовательно, условия для естественного возобновления леса на вейниково-паловых и багульниково-паловых вырубках становятся менее благоприятными, чем на вейниковых и багульниковых.

Из результатов проведенных исследований следует, что лесные пожары оказывают неблагоприятное влияние на условия для естественного возобновления леса на вырубках западных склонов Бурейнского хребта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Мелехов. Вопросы диагностики и классификации концентрированных вырубков. В кн. «Концентрированные рубки в лесах Севера», изд. АН СССР, М., 1954.
- [2]. И. С. Мелехов. Рубки главного пользования. Изд. 2, Гослесбумиздат, М., 1966.
- [3]. И. С. Мелехов, Л. И. Корконосова, В. Г. Чертовской. Руководство по изучению типов концентрированных вырубков. Изд. 2, изд-во «Наука», М., 1965.

Поступила 24 января 1972 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.3

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ
ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ
ПРИ ДВИЖЕНИИ ИХ НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ

В. И. МЕЛЬНИКОВ, Г. М. СОКОЛОВ

Марийский политехнический институт

В статье рассматривается аналитическое решение задачи определения взаимного положения основных элементов лесовозных автомобильных поездов (автомобиля-тягача, роспуска и пакета хлыстов) с прямой дышловой и крестообразной сцепками при криволинейном движении.

На основе допущений о плоско-параллельности движений этих элементов получены дифференциальные зависимости между углом складывания автопоезда и путем автомобиля. Приведены способы их интегрирования для разных стадий криволинейного движения. На конкретном примере показана приемлемость для практических целей предложенного аналитического метода.

При перевозке хлыстов лесовозными автомобильными поездами возникает ряд проблем, связанных с устойчивостью их движения, действием на путь и т. п., особенно при движении по кривым, когда элементы автопоезда испытывают наиболее ощутимые воздействия. Однако все динамические факторы могут быть изучены исчерпывающим образом после рассмотрения кинематических явлений.

Для установления соотношений между кинематическими параметрами криволинейного движения автопоезда важно определить взаимное положение его основных элементов (автомобиля-тягача, роспуска и пакета хлыстов) при статическом вписывании в кривые. Решая эту задачу, некоторые исследователи [3] считают возможным использовать графический метод. Однако, на наш взгляд, более полное и общее решение может быть получено аналитически.

Настоящая статья посвящена исследованию возможности аналитического решения задачи определения взаимного положения основных элементов лесовозных автопоездов с крестообразной и прямой дышловой сцепками при их статическом вписывании в кривые. Рассматривая криволинейное движение автопоезда, будем исходить из следующих допущений: движение автопоезда происходит на горизонтальной плоскости; боковое скольжение колес отсутствует; геометрические размеры элементов автопоезда остаются неизменными на протяжении всего движения; поворот передних колес автомобиля осуществляется за весьма малые промежутки времени (мгновенно), и угол их поворота α остается постоянным на рассматриваемом участке пути; провисание тяговых тросов крестообразной сцепки отсутствует, так что она обеспечивает определенность траектории движения роспуска при заданной траектории автомобиля; пакет хлыстов свободно перемещается по отношению к заднему конику.

В каждый момент времени взаимное положение автомобиля и роспуска определяется углом φ между продольной осью автомобиля и

направлением дышла. Поэтому, зная траекторию активного элемента автопоезда (тягача) и закон изменения угла φ , в силу принятых допущений, можно определить положение элементов автопоезда на протяжении всего движения (их траектории).

Выделим три этапа, характерные для криволинейного движения: I — переход из прямолинейного движения в установившееся криволинейное при постоянном угле поворота передних колес автомобиля α ; II — установившееся криволинейное движение, при котором взаимное положение основных элементов автопоезда остается неизменным; III — переход из установившегося криволинейного движения в установившееся прямолинейное в результате мгновенного выравнивания передних колес автомобиля до $\alpha = 0^\circ$. Рассмотрим каждый этап в отдельности.

I этап. При повороте передних колес на угол α автомобиль в абсолютном движении начинает вращаться вокруг точки O_a , лежащей на пересечении перпендикуляров к векторам скоростей всех точек

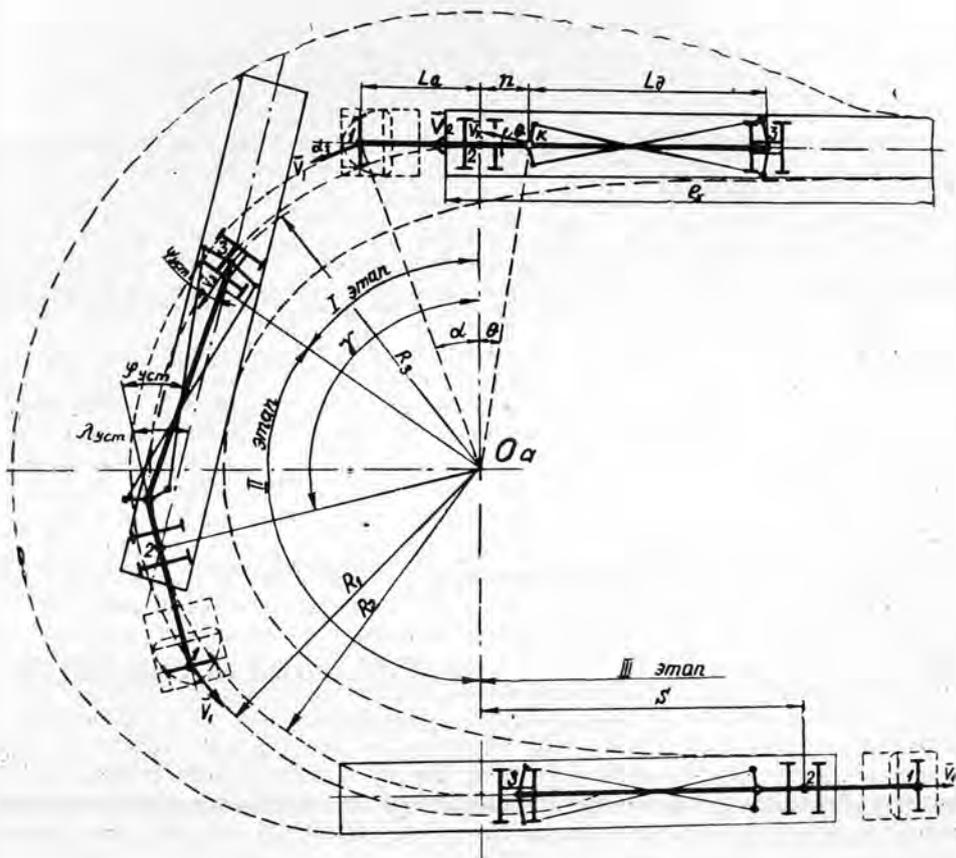


Рис. 1. Схема криволинейного движения лесовозного автопоезда с крестообразной сцепкой на базе автомобиля ЗИЛ-157 с роспуском 2-Р-8.

автомобиля. Так, если \bar{V}_1 и \bar{V}_2 — векторы скоростей точек 1 и 2 (рис. 1), то радиусы траекторий этих точек определяются соотношениями:

$$R_1 = \frac{L_a}{\sin \alpha}; \quad R_2 = L_a \cdot \operatorname{ctg} \alpha,$$

где L_a — база автомобиля.

Приняв точку O_a за начало полярной системы координат, установим связь между φ и γ , где γ — полярный угол, определяющий положение точки 2 (можно также говорить о любой другой точке автомобиля).

Приведя относительные вращательные движения автомобиля и дышла к точке K (цепной крюк), нетрудно заметить, что угловая скорость вращения дышла относительно автомобиля

$$\omega_{da} = \omega_a - \omega_d, \quad (1)$$

где

$$\omega_{da} = \frac{d\varphi}{dt}; \quad \omega_a = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{V_2 \operatorname{tg} \alpha}{L_a}; \quad \omega_d = \frac{V_2}{L_d \cos \theta} \cdot \frac{\sin(\varphi + \psi - \theta)}{\cos \psi},$$

здесь L_d — расстояние от цепного крюка до средней точки 3 площадки роспуска;

ψ — угол между вектором скорости \bar{V}_3 и направлением дышла, определяемый по формуле

$$\begin{aligned} \psi = 90^\circ - \beta + \operatorname{arccos} \frac{L_d - B_1 \cos(\varphi + \delta)}{\sqrt{B_1^2 - 2L_d B_1 \cos(\varphi + \delta) + L_d^2}} - \\ - \operatorname{arccos} \frac{0,5(L_d^2 + B_2^2 + B_3^2 - L_1^2) - L_d B_1 \cos(\varphi + \delta)}{B_2 \sqrt{B_1^2 - 2L_d B_1 \cos(\varphi + \delta) + L_d^2}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где B_1, B_2, L_1, δ и β — размеры, показанные на рис. 2.

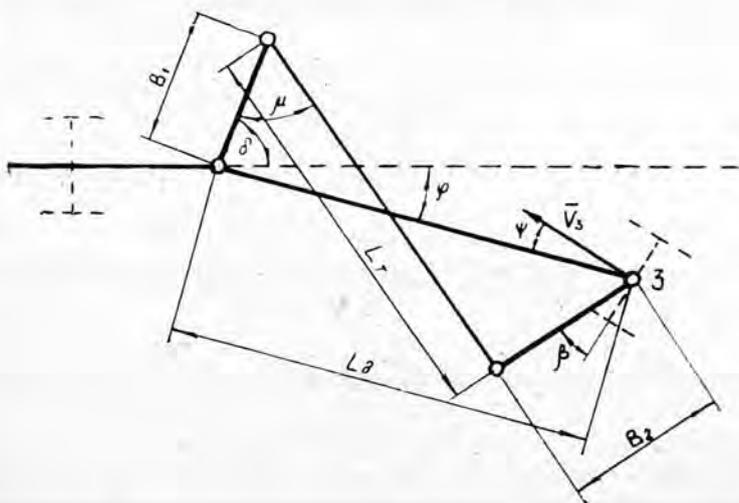


Рис. 2. Схема четырехзвенника для определения функции $\psi = \psi(\varphi)$.

Угол между направлением \bar{V}_k и продольной осью автомобиля

$$\theta = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{n}{L_a} \operatorname{tg} \alpha \right) = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{k}{l} \operatorname{tg} \alpha \right),$$

здесь n — вынос цепного крюка,

$$k = \frac{n}{L_2}; \quad l = \frac{L_3}{L_4}.$$

Развернув соотношение (1) и сделав соответствующие преобразования, получим

$$d\gamma = \frac{\sin \theta \cdot \cos \psi}{\sin \theta \cdot \cos \psi - k \sin(\varphi + \psi - \theta)} \cdot d\varphi. \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение (3) в квадратурах не решается. Поэтому разложим функцию

$$f(\varphi) = \frac{\sin \theta \cdot \cos \psi}{\sin \theta \cdot \cos \psi - k \cdot \sin(\varphi + \psi - \theta)}$$

в ряд Маклорена

$$f(\varphi) \cong f(0) + f'(0) \cdot \frac{\varphi}{1!} + f''(0) \cdot \frac{\varphi^2}{2!} + \dots \quad (4)$$

Определим члены этого ряда, имея в виду, что при $\varphi = 0$ $\psi = 0$. Приведем окончательные формулы

$$\left. \begin{aligned} f(0) &= \frac{1}{1+k}; \\ f'(0) &= \frac{k(1+\psi_0')}{\operatorname{tg} \theta (1+k)^2}; \\ f''(0) &= \frac{k(1+2\psi_0' + \operatorname{ctg} \theta \cdot \psi_0'')}{(1+k)^2} + \frac{2k^2(1+\psi_0')^2}{\operatorname{tg}^2 \theta (1+k)^3}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Выражения ψ_0' и ψ_0'' находятся из формулы (2) при $\varphi = 0$

$$\psi' = -\frac{Q^2 - AL_2}{Q^2} + \frac{L_2 A' (Q^2 - C)}{Q^2 \sqrt{(B_2 Q)^2 - C^2}}; \quad \psi'' = -\frac{A' Q - 2Q'A}{Q^3} \cdot L_2 + \frac{Q(C'' Q - C Q'') (B_2^2 Q^2 - C^2) - (C' Q - C Q') (2B_2 Q^2 Q' - CC' Q - C^2 Q')}{Q^2 (B_2^2 Q^2 - C^2)^{1.5}}, \quad (6)$$

где

$$\left. \begin{aligned} A &= L_2 - B_1 \cos(\varphi + \delta); \quad A' = B_1 \sin(\varphi + \delta); \quad A'' = B_1 \cos(\varphi + \delta); \\ Q &= \sqrt{B_1^2 - 2L_2 B_1 \cos(\varphi + \delta) + L_2^2}; \quad Q' = L_2 \cdot \frac{A'}{Q}; \\ Q'' &= L_2 \cdot \frac{A'' Q - A' Q'}{Q^2}; \\ C &= 0,5(L_2^2 + B_1^2 + B_2^2 - L_2^2) - L_2 B_1 \cos(\varphi + \delta); \\ C' &= L_2 A'; \quad C'' = L_2 A''. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Подставляя функцию $f(\varphi)$ из формулы (4) в (3) и интегрируя обе части последнего в пределах от φ_0 до φ , имеем

$$\gamma \cong \left[f(0) \cdot \frac{\varphi}{1!} + f'(0) \cdot \frac{\varphi^2}{2!} + f''(0) \cdot \frac{\varphi^3}{3!} + \dots \right] - \gamma_0. \quad (8)$$

Для случая прямой дышловой сцепки соотношение между φ и γ в дифференциалах можно получить из уравнения (3), положив $\psi = 0$

$$d\gamma = \frac{1}{1 - l \cdot \sin(\varphi - \theta)} \cdot d\varphi. \quad (9)$$

Решение этого уравнения с учетом начальных условий (при $\varphi = \varphi_0$ $\gamma = \gamma_0$) выглядит так:

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \gamma_0 + \frac{2}{\sqrt{1-I^2}} \cdot \left[\arctg \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi-\theta}{2} - I}{\sqrt{1-I^2}} - B \right] \quad (\text{для } \sin \theta > k) \\ \gamma &= \gamma_0 + \frac{1}{\sqrt{I^2-1}} \cdot \left[\ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi-\theta}{2} - I - \sqrt{I^2-1}}{\operatorname{tg} \frac{\varphi-\theta}{2} - I + \sqrt{I^2-1}} - \ln D \right] \quad (\text{для } \sin \theta < k), \end{aligned} \right\} (10)$$

где обозначено

$$I = \frac{k}{\sin \theta}; \quad B = \arctg \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi_0-\theta}{2} - I}{\sqrt{1-I^2}}; \quad D = \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi_0-\theta}{2} - I - \sqrt{I^2-1}}{\operatorname{tg} \frac{\varphi_0-\theta}{2} - I + \sqrt{I^2-1}}.$$

Найдем $\varphi = \varphi(\gamma)$ из уравнений (10) как обратную функцию

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \theta + 2 \arctg \left[\sqrt{1-I^2} \cdot \operatorname{tg} \left(B + \frac{\gamma-\gamma_0}{2} \cdot \sqrt{1-I^2} \right) + \right. \\ &\quad \left. + I \right] \quad (\text{для } \sin \theta > k) \\ \varphi &= \theta - 2 \arctg \left[I + \sqrt{I^2-1} \cdot \frac{1 + D \cdot e^{(\gamma-\gamma_0) \sqrt{I^2-1}}}{1 - D \cdot e^{(\gamma-\gamma_0) \sqrt{I^2-1}}} \right] \quad (\text{для } \sin \theta < k). \end{aligned} \right\} (11)$$

Граничные значения углов $\varphi_{\text{уст}}$ и $\psi_{\text{уст}}$ в конце I этапа определяются путем совместного решения уравнений (3) при условии $\frac{d\varphi}{d\tau} = 0$ и (2).

Для случая прямой дышловой сцепки

$$\varphi_{\text{уст}} = \theta + \arcsin \left(\frac{\sin \theta}{k} \right). \quad (12)$$

II этап. Для установившегося криволинейного движения автопоезда характерно неизменное взаимное положение его элементов ($\varphi = \varphi_{\text{уст}} = \text{const}$; $\psi = \psi_{\text{уст}} = \text{const}$). Автомобиль, роспуск, пакет хлыстов в абсолютном движении вращаются вокруг единого центра — точки O_a .

Теоретически эта фаза движения наступает при $\gamma \rightarrow \infty$, практически же можно считать ее начало при $\gamma = 270^\circ \div 300^\circ$ [1].

Смещение траектории средней точки площадки роспуска 3 относительно средней точки задней тележки автомобиля 2 равно:

$$C = R_3 - R_2,$$

где для крестообразной сцепки

$$R_3 = n \cdot \frac{\cos(\varphi_{\text{уст}} - \theta)}{\sin \theta \cdot \cos \psi_{\text{уст}}}; \quad (13)$$

для прямой дышловой сцепки

$$R_3 = n \cdot \frac{\cos(\varphi_{\text{уст}} - \theta)}{\sin \theta}. \quad (14)$$

III этап. Установим закон $s = s(\varphi)$, где s — путь автомобиля от начала этапа, то есть с момента начала выравнивания передних колес до $\alpha = 0^\circ$. Соотношение между s и φ в дифференциалах выглядит так:

$$ds = -L_A \cdot \frac{\cos \psi}{\sin(\varphi + \psi)} \cdot d\varphi. \quad (15)$$

Разложим функцию

$$f(\varphi) = \frac{\cos \psi}{\sin(\varphi + \psi)} \quad (16)$$

в ряд Тейлора при $\varphi = \varphi_{уст}$, $\psi = \psi_{уст}$

$$f(\varphi) \cong f(\varphi_{уст}) + f'(\varphi_{уст}) \cdot \frac{\varphi - \varphi_{уст}}{1!} + f''(\varphi_{уст}) \cdot \frac{(\varphi - \varphi_{уст})^2}{2!} + \dots \quad (17)$$

Определим члены этого выражения (в окончательном виде)

$$\left. \begin{aligned} f(\varphi_{уст}) &= \frac{\cos \psi_{уст}}{\sin(\varphi_{уст} + \psi_{уст})} \\ f'(\varphi_{уст}) &= - \frac{\psi'_{уст} \cdot \cos \varphi_{уст} + \cos \psi_{уст} \cdot \cos(\varphi_{уст} + \psi_{уст})}{\sin^2(\varphi_{уст} + \psi_{уст})} \\ & \quad [\psi'' \cdot \cos \varphi_{уст} - \psi'_{уст} \cdot \sin \varphi_{уст} - \psi'_{уст} \cdot \sin(\varphi_{уст} + 2\psi_{уст}) - \\ & \quad - \cos \psi_{уст} \cdot \sin(\varphi_{уст} + \psi_{уст})] \cdot \sin^2(\varphi_{уст} + \psi_{уст}) - \\ & \quad - [\psi'_{уст} \cdot \cos \varphi_{уст} + \cos \psi_{уст} \cdot \cos(\varphi_{уст} + \psi_{уст})] \cdot \sin [2(\varphi_{уст} + \\ f''(\varphi_{уст}) &= - \frac{+ \psi_{уст})] \cdot (1 + \psi'_{уст})}{\sin^4(\varphi_{уст} + \psi_{уст})} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

где $\psi'_{уст}$ и $\psi''_{уст}$ могут быть найдены из формул (6) и (7) при $\varphi = \varphi_{уст}$.

Подставляя функцию $f(\varphi)$ из (17) в (16) и интегрируя обе части последнего в пределах от $\varphi_{уст}$ до φ , получим

$$\begin{aligned} s = -L_d [& f(\varphi_{уст}) \cdot (\varphi - \varphi_{уст}) + f'(\varphi_{уст}) \cdot \frac{(\varphi - \varphi_{уст})^2}{2!} + \\ & + f''(\varphi_{уст}) \cdot \frac{(\varphi - \varphi_{уст})^3}{3!} + \dots] \end{aligned} \quad (19)$$

Для случая прямой дышловой сцепки соотношение между s и φ в дифференциалах может быть получено из уравнения (15) при $\psi = 0$

$$ds = -L_d \cdot \frac{d\varphi}{\sin \varphi} \quad (20)$$

С учетом начальных условий при $s = 0$ $\varphi = \varphi_{уст}$ находим решение этого уравнения

$$s = L_d \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi_{уст}}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} \quad (21)$$

или

$$\varphi = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(e^{-s/L_d} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi_{уст}}{2} \right) \quad (22)$$

Отметим, что на всех этапах движения положение пакета хлыстов определяется углом λ между продольными осями автомобиля и самого пакета

$$\lambda = \operatorname{arc} \sin \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 + 2k \cos \varphi + k^2}} \quad (23)$$

Пример. Определим взаимное положение основных элементов лесовозного автопоезда с крестообразной сцепкой на базе автомобиля ЗИЛ-157 с роспуском типа 2-Р-8 при криволинейном движении на горизонтальной ровной поверхности, осу-

ществуящемся в результате мгновенного поворота передних колес автомобиля на угол $\alpha = 20^\circ$ и последующего их выравнивания до $\alpha = 0^\circ$ после наступления установившегося криволинейного движения.

Основные размеры автопоезда: $L_a = 4,225$ м; $n = 1,75$ м; $L_n = 8,75$ м. Размеры элементов крестообразной сцепки: $B_1 = 0,715$ м; $B_2 = 1,012$ м; $\beta = 8^\circ 42'$; $\delta = 78^\circ 08'$ (эти данные соответствуют случаю, рассмотренному И. И. Леоновичем [2]).

Определим производные величины

$$k = \frac{n}{L_a} = \frac{1,75}{8,75} = 0,2; \quad l = \frac{L_n}{L_a} = \frac{4,225}{8,75} = 0,4829; \quad \theta = \text{arctg} \left(\frac{k}{l} \text{tg} \alpha \right) = \\ = \text{arctg} \left(\frac{0,2}{0,4829} \text{tg} 20^\circ \right) = 8^\circ 34';$$

$$L_r = \sqrt{L_a^2 + B_1^2 + B_2^2 + 2B_1 B_2 \sin(\delta + \beta) - 2L_a B_1 \cos \delta - 2L_a B_2 \sin \beta} = \\ = \sqrt{8,75^2 + 0,715^2 + 1,012^2 - 2 \cdot 0,715 \cdot 1,012 \cdot \sin(78^\circ 08' + 8^\circ 42') - 2 \cdot 8,75 \cdot 0,715 \cdot \cos 78^\circ 08' - 2 \cdot 8,75 \cdot 1,012 \cdot \sin 8^\circ 42'} = 8,619 \text{ м}$$

I этап. На основании формул (5), (6), (7), (8) найдем

$$\gamma \cong 0,8333 \varphi + 0,7867 \varphi^2 + 1,5227 \varphi^3 + \dots$$

В конце этапа $\varphi_{\text{уст}} = 31^\circ 10'$ и $\psi_{\text{уст}} = 21^\circ 25'$

II этап. Смещение траекторий точек 2 и 3:

$$C = R_3 - R_2 = n \cdot \frac{\cos(\varphi_{\text{уст}} - \theta)}{\sin \theta \cdot \cos \psi_{\text{уст}}} - L_a \cdot \text{ctg} \alpha = \\ = 1,75 \cdot \frac{\cos(31^\circ 10' - 8^\circ 34')}{\sin 8^\circ 34' \cdot \cos 21^\circ 25'} - 4,225 \cdot \text{ctg} 20^\circ = 11,61 - 11,65 = -0,04 \text{ м}$$

III этап. На основании выражений (6), (7), (18), (19) получим:

для $\varphi_{\text{уст}} > \varphi > \varphi_1 = 12^\circ$

$$s \cong -8,75 [1,1722(\varphi - \varphi_{\text{уст}}) - 0,8933(\varphi - \varphi_{\text{уст}})^2 + 1,2465(\varphi - \varphi_{\text{уст}})^3 - \dots];$$

для $\varphi_1 > \varphi > 0$

$$s \cong s(\varphi_1) - 8,75 [2,8665(\varphi - \varphi_1) - 6,7546(\varphi - \varphi_1)^2 + 22,0200(\varphi - \varphi_1)^3 - \dots].$$

Чтобы проверить расчет, была проведена серия испытаний на модели. Результаты расчета и экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

φ	ψ	λ	γ — I этап		s , м — III этап		
			расчет	эксперимент	расчет		эксперимент
					$\varphi = \varphi_{\text{уст}}$	$\varphi = \varphi_1$	
0°	0°00'	0°00'	0°00'	0°00'	9,65	15,36	∞
2°	1°25'	1°40'	1°41'	1°50'	8,68	12,81	13,0
4°	2°47'	3°20'	3°35'	3°40'	7,78	9,89	10,0
6°	4°11'	5°00'	5°36'	5°40'	6,94	8,21	8,3
8°	5°36'	6°40'	7°47'	7°50'	6,15	6,91	7,0
10°	7°00'	8°20'	10°08'	10°10'	5,41	5,94	6,0
12°	8°12'	10°00'	12°44'	12°50'	4,71	—	4,8
14°	9°48'	11°41'	15°37'	15°40'	4,07	—	4,1
16°	11°11'	13°21'	18°45'	19°00'	3,46	—	3,5
18°	12°34'	15°02'	22°09'	22°30'	2,90	—	2,9
20°	13°58'	16°42'	25°53'	26°30'	2,38	—	2,4
22°	15°22'	18°23'	29°55'	31°00'	1,89	—	1,9
24°	16°40'	20°04'	34°19'	36°00'	1,43	—	1,4
26°	18°00'	21°45'	39°06'	43°00'	1,00	—	1,0
28°	19°20'	23°26'	44°18'	52°00'	0,59	—	0,6
30°	20°37'	25°07'	49°54'	≈ 75°00'	0,21	—	0,2
31°10'	21°25'	26°08'	53°20'	∞	0,00	—	0,0

Примечание. Все вычисления выполнены с точностью до четвертого знака после запятой с последующими округлениями.

Заметим, что разложение функции $s(\varphi)$ в ряд Тейлора при $\varphi = \varphi_{уст}$ не дает хорошего приближения для конечной части III этапа. Зато уже одно разложение этой функции в ряд в промежуточной точке интервала (при $\varphi = \varphi_1 = 12^\circ$) вносит вполне достаточное уточнение.

На рис. 1 показана построенная графически габаритная полоса движения автопоезда при длине хлыстов $l_x = 18$ м.

Аналитический метод, являясь наиболее общим по сравнению с другими методами изучения подобных транспортных систем, дает возможность довольно просто с достаточной для практических целей точностью определить взаимное положение основных элементов лесовозного автопоезда для всех этапов криволинейного движения: на входе в кривую, в установившемся движении и на выходе из кривой.

В заключение отметим, что полное исследование кинематической стороны движения, основанное на решении рассмотренной задачи, позволит перейти в дальнейшем к динамической оценке движущейся системы в виде автопоезда с пакетом длинномерных грузов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Я. Х. Закин. Прикладная теория автопоезда. Изд-во «Транспорт», М., 1967.
 [2]. И. И. Леонович. Графический метод определения пути следования роспуска при статическом вписывании автомобиля в кривые. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968.

Поступила 1 марта 1972 г.

УДК 634.0.378.5

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ БРЕВЕН ПРИ УСТАНОВИВШЕМСЯ ДВИЖЕНИИ

И. П. ДОНСКОЙ, Б. Я. КОРЕХОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В статье освещаются результаты исследований при установившемся поступательном движении бревен. Выявлено увеличение коэффициента сопротивления бревна в диапазоне исследуемых скоростей (по сравнению с существующими методами расчета) вследствие погружения бревна в воду при продольном движении и нормально потоку. Результаты эксперимента подтвердили исследования И. П. Донского о сопротивлении щети бревен.

Анализ технологических процессов сортировочно-сплоточных рейдов, обрабатывающих молеву древесину, показывает, что сортировочные работы в основном выполняются вручную. Попытки механизировать, а тем более автоматизировать сортировку древесины (бревен) на воде до сих пор не дали положительных результатов.

В настоящее время разработан ряд эскизных проектов для сортировки леса на воде [5]. Однако возникает ряд вопросов, требующих дополнительных исследований по определению силовых и кинематических параметров бревна.

Существующие методы расчета силы сопротивления движению бревна [1], [3], [4] пригодны для незначительных относительных скоростей их перемещения, когда волновое сопротивление можно не принимать во внимание. Но в проекте машины для сортировки леса на воде [5] отмечается, что скорость перемещения бревен на плавучем транспортере может достигать до 1 м/сек, и при этом нельзя не учитывать составляющей волнового сопротивления.

Кроме того, при продольном движении бревна со скоростью более 0,6 м/сек оно начинает погружаться в воду, и сопротивление его увеличивается. Необходимо было выяснить степень увеличения сопротивления по сравнению с существующими расчетными данными [1], [3], [4]. Поэтому в гидротехнической лаборатории кафедры водного транспорта леса и гидравлики ЛТА мы выполнили экспериментальные исследования моделей бревен при поступательном установившемся движении.

Экспериментальные исследования проводили на моделях бревен масштаба 1:5. Минимальное отношение глубины воды в бассейне к осадке моделей составляло 5,0. Модели имели длину (в переводе на натуру) 6,5 и 4,5 м; диаметр 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 м; объемный вес 700—800 кг/м³. Их буксировали в продольном направлении при скоростях, соответствующих натурным 1,0; 1,5 и 2,0 м/сек; в поперечном — 0,25; 0,5 0,75 и 1,0 м/сек. Кроме того, буксировали шесть бревен до 10 шт.

Для определения достаточного числа наблюдений (записей) проведены контрольные записи, по результатам которых определен коэффициент вариации. Достаточное число повторений наблюдения (записи) оказалось равным 2.

Модели бревен относятся к телам плохо обтекаемой формы [6], [7]. При буксировке вдоль оси — это тело плохо обтекаемой формы с фиксированной точкой отрыва пограничного слоя. Фиксированной точкой отрыва являются острые кромки бревна. При буксировке нормально потоку — это тело плохо обтекаемой формы с перемещающейся точкой отрыва пограничного слоя.

Для расчета сопротивления воды движению бревна принята формула

$$R = C \frac{\rho v^2}{2} S, \quad (1)$$

где C — безразмерный коэффициент сопротивления движению;

ρ — плотность воды;

S — характерная площадь. В качестве характерной принимаем площадь миделевого сечения бревна, так как в рассматриваемом нами интервале диаметров и длин бревен преобладает вихревое сопротивление.

Выбор одночленной формулы объясняется тем, что все силы в гидромеханике, кроме инерционных, связанных с присоединенными массами, записываются в такой форме [6], [7].

Из уравнения (1) общий коэффициент сопротивления движению

$$C = \frac{2R}{\rho v^2 S}. \quad (2)$$

Таким образом, определяя величину сопротивления и скорость равномерного движения по записи на осциллограмме и зная также величины ρ и S , можно найти в каждом случае значение коэффициента сопротивления C .

Моделирование осуществляли по закону подобия Фруда. Вязкостное сопротивление не моделируется, поэтому важной предпосылкой надежности пересчета является соблюдение соответствия режима обтекания модельного и натурального бревен, то есть обеспечение автомодельности по числу Рейнольдса.

Испытание моделей бревен вдоль потока проводили при числах Рейнольдса: $Re = 3,7 \cdot 10^5 \div 7,4 \cdot 10^5$. Для тел плохо обтекаемой формы с фиксированной точкой отрыва пограничного слоя коэффициент вихревого сопротивления в широком пределе не зависит от числа Рейнольдса, то есть в этом случае наблюдается автомодельность по числу Рейнольдса [6], [7].

При существующих методах расчета [1], [3], [4] входящие в формулу значения площади подводного миделя и площади трения бревна

принимаются для каждого объемного веса постоянными, то есть предполагается, что при любых скоростях движения бревна площади подводного миделя и трения строго соответствуют объемному весу (как при статическом положении бревна).

Эксперименты показывают, что при исследуемых скоростях движения площади миделя и трения не остаются постоянными, бревно погружается в воду, вследствие чего увеличивается его вязкостное сопротивление. Для того чтобы выяснить влияние этого погружения на сопротивление бревна, принимаем, что площадь подводного миделя постоянна для каждого объемного веса (как при статическом положении бревна), а степень увеличения его сопротивления выражаем через коэффициент сопротивления C .

На рис. 1 показана зависимость коэффициента C от скорости по результатам эксперимента (сплошная линия) и по существующим формулам (пунктирная линия) для разных соотношений длины модели к ее диаметру. В экспериментах коэффициент сопротивления бревна оказался выше.

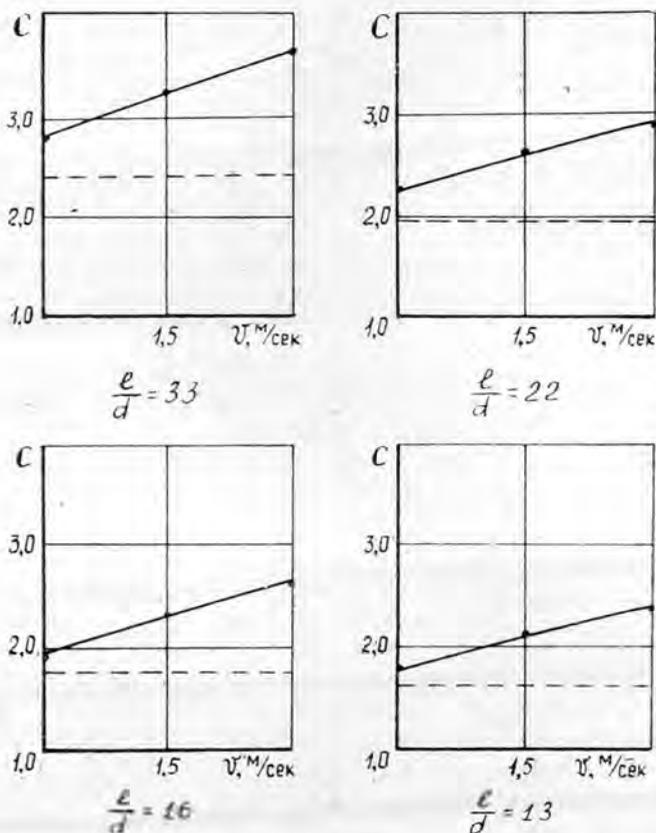


Рис. 1.

Испытание моделей бревен нормально потоку проводили при числах Рейнольдса: $Re = 4,0 \cdot 10^3 \div 4,0 \cdot 10^4$. У тел плохо обтекаемой формы с перемещающейся точкой отрыва пограничного слоя диапазон автомодельности лежит в пределах [2], [6], [7]: $Re = 1,5 \cdot 10^4 \div 2 \cdot 10^5$.

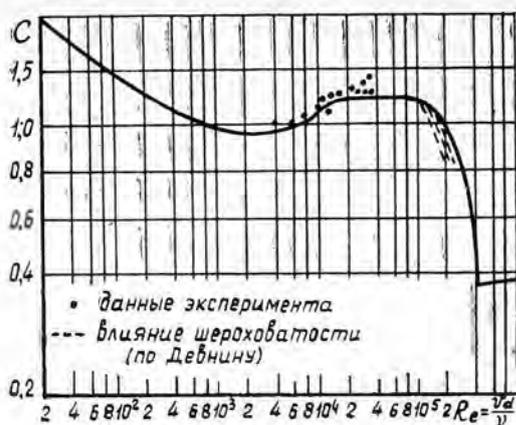


Рис. 2.

На рис. 2 изображена кривая зависимости коэффициента вихревого сопротивления цилиндра в безграничной жидкости при установившемся движении от Re . Эта зависимость приводится в многочисленных руководствах по гидромеханике [2], [6], [7]. Экспериментальные точки, нанесенные на графике, располагаются выше теоретической кривой, что указывает на появление составляющей волнового сопротивления в вихревом сопротивлении. Согласно графику, коэффициент вихревого сопротивления натуральных бревен по числам Рейнольдса, соответствующим пределу автомодельности, можно принимать равным 1,2 (скорость движения бревен 0,1—1,0 м/сек и диаметры 0,1—0,5 м). При увеличении диаметров бревен будет наблюдаться «кризис сопротивления», представленный на рис. 2.

Многочисленные эксперименты [2] показывают, что уменьшение Re , соответствующее началу «кризиса сопротивления», наблюдается и с ростом относительной шероховатости, что также показано на графике. Отсюда можно сделать вывод, что в натуральных условиях «кризис сопротивления», возможно, будет наступать и при меньших значениях скоростей и диаметров, чем указано выше.

При расчете по существующим формулам [1], [3], [4] коэффициент сопротивления принимается равным 0,88—1,0. Таким образом, существующие методы расчета дают несколько заниженный результат.

Теперь рассмотрим результаты экспериментальных исследований шести бревен. На рис. 3 приведена зависимость коэффициента сопро-

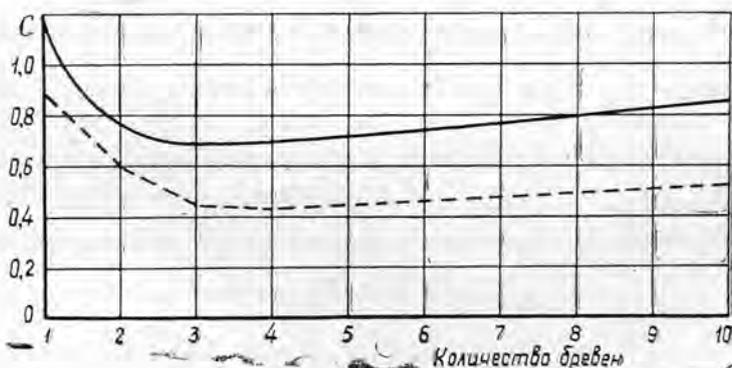


Рис. 3.

тивления движению щети бревен длиной 6,5 м; диаметром 0,5 м и объемным весом 700 кг/м³ при скорости движения 0,5 м/сек от количества бревен (сплошная линия), а также данные, полученные ранее И. П. Донским [1], [4] (пунктирная линия). По материалам эксперимента, сопротивление двух бревен меньше, чем одного, на 40% и десяти бревен меньше, чем одного, на 30%; по данным И. П. Донского [1], [4] соответственно на 30 и 50%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гипролестранс. Технические условия проектирования лесосплавных предприятий. Гослесбумиздат, М.—Л., 1957. [2]. С. И. Девнин. Аэрогидродинамический расчет плохообтекаемых судовых конструкций. Изд-во «Судостроение», Л., 1967. [3]. И. П. Донской. Водный транспорт леса. Гослесбумиздат, М.—Л., 1955. [4]. И. П. Донской. Механизация продвижения леса по рейдам. Гослесбумиздат, 1947. [5]. П. Е. Осипов. Механизированная сортировка леса на воде с помощью гидропривода. Материалы научно-технической конференции ЛТА, Л., 1969. [6]. А. Н. Патрашев и др. Прикладная гидромеханика. Изд-во Министерства обороны СССР, М., 1970. [7]. К. К. Федяевский и др. Гидромеханика. Изд-во «Судостроение», Л., 1968.

Поступила 1 июня 1972 г.

УДК 634.0.372.

КОНТАКТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПАРЫ КАНАТ — КАТОК С РИФЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

И. И. СЛЕПКО

Львовский лесотехнический институт

Рассматриваются контактные напряжения, возникающие в проволоках несущего каната двойной свивки при его соприкосновении с рифленным катком грузовой каретки. Получено выражение для определения максимальных контактных напряжений пары канат — рифленный каток.

Показано, что применение катка с рифленной поверхностью позволяет уменьшить величину контактных напряжений, что приводит к повышению выносливости каната.

На подвесных лесотранспортных установках в качестве несущих используют прядевые канаты двойной свивки. Повышение долговечности несущих канатов и сокращение расходов на канатную оснастку — одна из важных задач повышения экономической эффективности канатного транспорта в целом. Эффективным путем повышения срока службы канатов является применение катка с рифленной поверхностью [5].

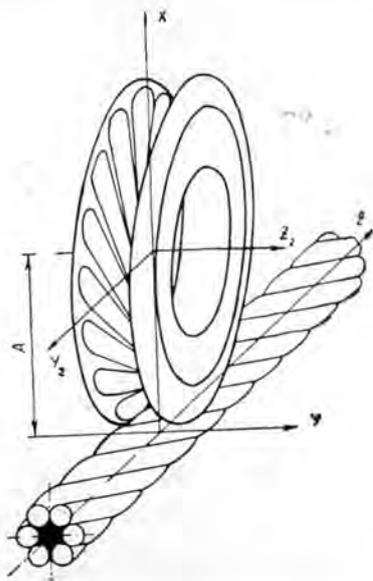
Настоящая работа посвящена исследованию максимальных контактных напряжений, возникающих в проволоках несущего каната двойной свивки при соприкосновении его с рифленным катком грузовой каретки (рис. 1).

Максимальные контактные напряжения пары каток — канат открытого типа [6]

$$p_0 = \frac{A_0}{m \cdot n} \sqrt[3]{Pk_0^2 \frac{1}{\delta^2}} \text{ кг/м}^2, \quad (1)$$

где A_0 — коэффициент, зависящий от упругих постоянных материала обода катка и проволоки;
 δ — диаметр проволоки внешнего слоя пряди;

Рис. 1. Пара канат — каток с рифленной поверхностью.



P — сила давления в точке контакта катка с проволокой каната;

k_0 — коэффициент формы поверхностей;

$$k_0 = 1 + C_1 - C_2 + C_3;$$

$$C_1 = \frac{K_{21}}{K_{11}}; \quad C_2 = -\frac{K_{22}}{K_{11}}; \quad C_3 = \frac{K_{12}}{K_{11}};$$

K_{11} , K_{12} и K_{21} , K_{22} — соответственно максимальная и минимальная главные кривизны поверхности проволоки и катка в точке контакта;

mn — произведение коэффициентов, зависящее от геометрии тел в точке контакта и являющееся функцией $\cos \theta$.

$$\cos \theta = \frac{[(1 - C_3)^2 - 2(1 - C_3)(C_1 + C_2) \cos 2\eta + (C_1 + C_2)^2]^{\frac{1}{2}}}{k_0};$$

η — угол между плоскостями, содержащими главные кривизны K_{12} и K_{21} , равный

$$\eta = \gamma - \lambda,$$

γ — угол между касательной к оси проволоки в точке контакта с осью каната; приближенно можно считать

$$\gamma = \beta \pm \alpha^{\circ},$$

α и β — углы свивки проволок в прядь и прядей в канат с учетом деформации растяжения, определяются из выражений

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{1 - 1,5k_2 \varepsilon}{1 + \varepsilon} \cdot \operatorname{tg} \beta' \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{1 - \mu_n \varepsilon (\cos^2 \beta' - 1,5 k_2 \sin^2 \beta')}{1 + \varepsilon (\cos^2 \beta' - 1,5 k_2 \sin^2 \beta')} \cdot \operatorname{tg} \alpha' \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

* Знак минус относится к канатам крестовой свивки.

здесь α' и β' — углы свивки проволок в прядь и прядей в канат в новом канате;

k_2 — конструктивный коэффициент каната, значение которого приведено в работе Н. К. Гончаренко [2];

ε — относительное удлинение каната;

μ_n — коэффициент сужения пряди; согласно [1], $\mu_n \leq 1$;

λ — угол между плоскостью, содержащей кривизну K_{21} , и осью каната.

Из выражения (1) следует, что контактные напряжения зависят от геометрии тел и силы давления в точке контакта.

Рифленая поверхность катка соприкасается с канатом из отжатых прядей по линии, уравнение которой имеет вид

$$\left. \begin{aligned} x &= R[(1 + j \sin t) \cos u - j \cos \beta \cdot \cos t \sin u] \\ y &= -R[(1 + j \sin t) \sin u + j \cos \beta \cos t \cos u] \\ z &= -R[(u + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta - j \sin \beta \cdot \cos t]; \\ \operatorname{tg} t &= \left(\frac{1}{\cos u} - 1 \right) \frac{\sin \beta}{(u + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta} + \cos \beta \operatorname{tg} u, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где t и u — параметры поверхности каната;

φ_1 — угол поворота каната в относительном движении;

R — радиус окружности центров прядей в сечении натянутого каната [1];

j — отношение диаметра пряди d_1 к диаметру окружности центра прядей с учетом деформации растяжения, равное [4],

$$j = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\cos^2 \beta}}}$$

При соприкосании катка с обычным канатом двойной свивки вместо линии контакта (3) получаем отдельные точки контакта, координаты которых удовлетворяют уравнениям (3). Число n_2 точек контакта определяется как частное от деления общей длины линии контакта на расстояние между двумя точками контакта или устанавливается экспериментально. Принимая, что каток соприкасается с одной прядью каната, максимальную силу давления P в точке контакта можно определить из выражения

$$P = \frac{Q \cdot k_V}{n_1 \cdot n_2}, \quad (4)$$

где Q — вес пачки бревен с кареткой;

n_1 — число катков каретки;

$$k_V = k_n k_a k'_n,$$

k_n — коэффициент неравномерности распределения груза между катками каретки;

k_a — коэффициент неравномерности распределения поперечного давления катка на прядь между ее проволоками,

$$k'_n = \frac{n_2}{\sum_{i=1}^{n_1} \left(\frac{a_i}{a_{max}} \right)^3}, \quad (4a)$$

a_{max} и a_i — соответственно размеры больших полуосей наибольшего и i -того эллипсов контакта;

k_a — коэффициент динамичности.

Поверхность катка с рифлением представляет собой совокупность линий контакта (3) и выражается уравнениями

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= R \{ [(1 + j \sin t) \cos u - j \cos \beta \cdot \cos t \sin u - (1 + \\ &+ i_{12} \operatorname{ctg} \beta)] \cdot \cos i_{21} \varphi_1 - [(u + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta - j \sin \beta \cos t] \sin i_{21} \varphi_1 \} \\ y_2 &= R \{ [1 + j \sin t \cos u - j \cos \beta \cos t \sin u - (1 + \\ &+ i_{12} \operatorname{ctg} \beta)] \cdot \sin i_{21} \varphi_1 - [(u + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta - j \sin \beta \cos t] \cos i_{21} \varphi_1 \} \\ z_2 &= -R [(1 + j \sin t) \sin u + j \cos \beta \cos t \cos u]; \\ \operatorname{tg} t &= \left(\frac{1}{\cos u} - 1 \right) \frac{\sin \beta}{(u + \varphi_1) \operatorname{ctg} \beta} + \cos \beta \cdot \operatorname{tg} u, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $i_{12} = \frac{1}{i_{21}} = \frac{z_k}{6}$ (z_k — число зубьев колеса).

Главные кривизны поверхности удовлетворяют уравнению (3)

$$K^2 - 2HK + \Gamma = 0, \quad (6)$$

где H — средняя кривизна поверхности,

$$H = \frac{1}{2} \frac{LG - 2MF + NE}{EG - F^2}; \quad (6a)$$

Γ — полная кривизна поверхности,

$$\Gamma = \frac{LN - M^2}{EG - F^2}, \quad (6б)$$

E, G, F и L, M, N — коэффициенты первой и второй квадратичных форм поверхности.

Находя значения коэффициентов квадратичных форм поверхности (5) в точке $[-R(i_{12} \operatorname{ctg} \beta - j), 0, 0]$ с параметрами $t = 90^\circ$, $u = \varphi_1 = 0$ и подставляя их значения в выражения (6a) и (6б), уравнение (6) можно написать так:

$$\begin{aligned} K^2 + \left[\frac{1}{j} + \frac{1}{j + \frac{1}{(1 - i_{21} \operatorname{ctg} \beta) \sin^2 \beta}} \right] \frac{K}{R} + \\ + \frac{1}{R^2 \cdot j \left[j + \frac{1}{(1 - i_{21} \operatorname{ctg} \beta) \sin^2 \beta} \right]} = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Корни квадратичного уравнения (7)

$$K_{21} = \frac{1}{\frac{1}{(i_{21} \operatorname{ctg} \beta - 1) \cdot \sin^2 \beta} - j} \cdot \frac{1}{R}; \quad K_{22} = -\frac{1}{R \cdot j} = -\frac{2}{d_1}. \quad (8)$$

На основании того, что главные направления ортогональны, а ось катка перпендикулярна оси каната, и плоскость, содержащая кривизну K_{22} , перпендикулярна оси пряди, получим, что $\lambda = \beta$, а $\eta = \alpha$.

Используя зависимость, полученную П. П. Нестеровым [4],

$$d_1 = \delta \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\operatorname{tg} \mu}{\cos \lambda} \right)^2} \right), \quad (9)$$

где $\mu = 90^\circ - \frac{180^\circ}{i}$;

i — число проволок в наружном слое пряди,

и учитывая, что для канатов открытого типа $K_{11} = \frac{2}{b}$, получим выражения для определения значений коэффициентов C_1 и C_2

$$C_1 = \frac{1}{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{tg \mu}{\cos \alpha}\right)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3}{\cos^2 \beta}}}; \quad (10)$$

$$C_2 = \frac{1}{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{tg \mu}{\cos \alpha}\right)^2}} \cdot \frac{1}{(i_{21} \operatorname{ctg} \beta - 1) \sin^2 \beta} - 1$$

Так как на подвесных лесотранспортных установках используются катки малых диаметров (120—180 мм), для которых $i_{21} \operatorname{ctg} \beta \approx 1$, то с некоторым приближением можно принять $C_1 = 0$.

Подставляя значение из равенства (3) в формулу (1), получим выражение для определения максимальных контактных напряжений пары канат — каток с рифленой поверхностью

$$p_0 = k_p A_0 \sqrt[3]{\frac{Q k_v}{n_1} \cdot \frac{1}{\delta^2}}, \quad (11)$$

где

$$k_p = \frac{1}{m \cdot n} \sqrt[3]{\frac{k_0^2}{n_2}};$$

$$k_0 = 1 - \frac{1}{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{tg \mu}{\cos \alpha}\right)^2}} + C_3;$$

$$\cos \Theta = \frac{[(1 - C_3)^2 - 2(1 - C_3)C_3 \cos 2\alpha + C_3^2]^{\frac{1}{2}}}{k_0}.$$

Исследования показали, что применение стального катка с рифлением полного профиля вместо стального катка с оптимальной полукруглой выточкой позволяет уменьшить величину максимальных контактных напряжений в несущем канате 25-Н-ГОСТ 3070—66 приблизительно в 1,6 раза при тех же условиях эксплуатации, что соответствует уменьшению поперечной нагрузки на каток с полукруглой выточкой примерно в 4 раза. Следовательно, можно поставить вопрос о допустимости применения для ободов катков материалов с меньшей контактной прочностью — таких как чугуны и бронзы, что также приведет к дальнейшему уменьшению величины контактных напряжений от нормального давления и сил трения и позволит повысить долговечность канатов.

Полученные выражения хорошо подтверждаются экспериментальными исследованиями многих авторов, которые показали, что при использовании катков с рифленой поверхностью долговечность канатов повышается, примерно, в 15 раз [3].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Ф. Глушко. Стальные подъемные канаты. Изд-во «Техніка», Киев, 1966.
- [2]. Н. К. Гончаренко. Экспериментальное определение конструктивного коэффициента каната. Сб. «Многоканатный подъем», Углетехиздат, 1958. [3]. Б. И. Добрымыслов. Исследование и совершенствование подвесных канатных лесотранспортных установок. Доклад к/д Укр. ОТКЗ Сельхозакадемия, Киев, 1969. [4]. П. П. Нестеров. Основы конструирования шахтных подъемных канатов, Углетехиздат, М., 1949. [5]. А. Г. Прохоренко. Исследование работы канатов лесотранспортных установок и канатно-рельсовых дорог. Автореферат кандидатской диссертации. ЛПИ, Львов, 1968. [6]. И. И. Слепко. Исследование напряженного состояния проволоки несущего каната. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1970.

УДК 624.138

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ НА УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ АЛЮМОФТОРФОСФАТНЫМИ ВЯЖУЩИМИ

В. М. КНАТЬКО, Э. А. СЕЛЕЗНЕВА

Московский лесотехнический институт

Исследованы результаты закрепления алюмофторфосфатными вяжущими грунта с добавками глинистых минералов: гидрослюда, каолинита и монтмориллонита в разных соотношениях. Установлено, что наиболее предпочтительна при этом гидрослюда, наименее — бентонит кальциевый. Каолинит не оказывает отрицательного влияния до соотношения в смеси (грунт: минерал) 1:1, а бентонит натриевый до соотношения 0,3:0,7.

Свойства укрепляемых глинистых грунтов определяются не только их гранулометрическим составом и степенью дисперсности частиц. Известно, что минералогический состав грунтов может оказывать определяющее влияние на характер их взаимодействия с химическими реагентами [1], [2], [4]. Например, минералы группы каолинита улучшают инженерные свойства грунтов, минералы группы монтмориллонита — ухудшают. Аналогичным образом указанные минералы влияют и на процесс укрепления грунтов добавками цемента, битумов и т. п. Поэтому важно выявить значение для этого процесса тех или иных минералов, особенно если они содержатся в грунте в преобладающем количестве. Ранее мы отмечали [4], что при укреплении грунтов фосфатными вяжущими одни минералы более предпочтительны (например, гидрослюда), другие — менее (монтмориллонит). Однако достаточно четких (количественных) сведений экспериментального характера не было.

Нами выполнены лабораторные опыты с использованием тяжелого пылеватого суглинка (Шаховское, Московской обл.) и трех видов глинистых минералов: гидрослюда, каолинита и монтмориллонита. В качестве монтмориллонитовых минералов применяли бентонит огландынский (натриевый) и бентонит аскангель (кальциевый). Фракционный состав тяжелого пылеватого суглинка следующий: частицы $> 2,00$ мм — 3,5%; $2,0 \div 0,25$ — 4,1; $0,25 \div 0,05$ — 4,9; $0,05 \div 0,01$ — 17,3; $0,01 \div 0,005$ — 14; $0,005 \div 0,002$ — 26,2; $< 0,002$ мм — 30%; молекулярная влагоемкость — 16%; граница текучести — 31%; граница раскатываемости — 18%; число пластичности — 13; оптимальная влажность — 16%; удельный вес твердой фазы — $2,75$ г/см³; объемный вес твердой фазы — $1,87$ г/см³; рН солевой вытяжки — 6,6. Химический состав (вазовой) глин и суглинка приведен в табл. 1.

Для определения влияния на физико-механические свойства укрепленного грунта содержания в нем того или иного глинистого минерала применяли специально подобранные грунтовые смеси. Методика составления смесей такова. Исходный грунт — воздушно сухой тяжелый пылеватый суглинок (табл. 1) — просеивали через сита с диаметрами отверстий 2; 1; 0,5; 0,25 и 0,005 мм для отделения песчаной фракции. После этого составляли контрольную смесь из выделенной песчаной фракции

Наименование грунта	Содержание, % по весу								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	потери при прокаливании + влага	сумма
Тяжелый пылеватый суглинок (гидрослюдистый, Московская область, Шаховское)	72,88	14,38	5,18	—	0,5	0,43	0,21	6,41	99,99
Гидрослюда черкасская	54,26	15,97	13,39	2,30	1,17	5,65	0,40	6,49	99,63
Бентонит огландынский (Na)	66,70	20,50	3,57	—	1,93	1,07	3,50	2,61	99,88
Бентонит аскагель (Ca)	68,68	15,21	1,68	—	5,34	4,72	0,30	3,83	99,96
Каолин (Латвиенское месторождение Воронежской обл.)	48,48	36,55	1,25	—	0,58	0,49	0,20	12,32	99,87

Таблица 3

Наименование грунта	Влажность смеси, %	Дозировка H ₂ PO ₄ % от веса грунта	Показатели физико-механических свойств образцов						
			W _э , %	W _с , %	R _{сэ} , кг/см ²	R _э , кг/см ²	R _в , кг/см ²	K _у = $\frac{R_{э}}{R_{сэ}}$	K _в = $\frac{R_{в}}{R_{э}}$
Каолинит	28	0	—	—	8	—	—	—	—
	28	3	—	—	—	—	—	—	—
	28	5	—	—	—	10	5,4	1,2	0,54
	28	7	—	—	—	14	8,1	1,7	0,58
	28	9	—	—	—	16	9,0	2,0	0,56
	28	15	11	21	—	20,5	12,0	2,5	0,58
	28	21	—	—	—	25	15,0	3,1	0,6
	28	—	—	—	—	—	—	—	—
Бентонит огландынский (карбонатный)	36	0	—	—	5	—	—	—	—
	36	3	—	—	—	—	—	—	—
	36	5	—	—	—	—	—	—	—
	36	7	—	—	—	8	—	1,6	—
	36	9	—	—	—	9	—	1,8	—
	36	15	18	28	—	11,2	2,7	2,2	0,24
	36	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	21	—	—	—	14	5,4	2,8	0,38

Применание. W_э — водопоглощение по весу образцов эксикаторного хранения; W_с — водопоглощение по весу сухих образцов; R_{сэ} — предел прочности при сжатии образцов из естественного (не обработанного реагентами) грунта после эксикаторного хранения; R_э — предел прочности при сжатии образцов эксикаторного хранения; R_в — предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов; K_у, K_в — коэффициенты соответственно структурного упрочнения и водостойчивости обработанного реагентами грунта. Перед испытаниями образцы выдерживали 28 суток в эксикаторе, а затем погружали в воду на 24 часа (для определения R_в, W_с и W_э).

(2,0—0,05 мм) и пылевато-глинистой фракции с частицами мельче 0,05 мм. При этом содержание песчаной фракции принимали равным 12%, а пылевато-глинистой — 88%, что примерно соответствовало соотношению этих фракций в исходном грунте. В подлежащих изучению смесях содержание песчаной фракции оставалось таким же, как и в контрольной, а пылевато-глинистая фракция варьировалась следующим образом. Вначале брали навеску указанной фракции мономинеральной глины n в количестве от 10 до 80% (с градацией через 10%) от веса смеси. Затем добавляли $(88 - n)$ % исходной пылевато-глинистой фракции ($< 0,05$ мм). Из полученных смесей, обработанных фосфорной кислотой (в количестве 3%, в пересчете на 100%-ную концентрацию), формовали образцы $d = h = 2,5$ см на гидравлическом прессе при статической нагрузке 150 кг/см^2 , которые испытывали по общепринятой методике [5].

Таблица 2

Состав грунтовой смеси, % по весу		Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов, кг/см^2 , при добавке мономинералов глины			
тяжелого суглинка гидрослюди- стого	добавка фракции $< 0,05$ мм мономинеральной глины	гидрослюды	каолинита	бентонита Na	бентонита Ca
100	—	$\frac{23,7}{22,0}$	—	—	—
90	10	$\frac{28,0}{25,0}$	$\frac{40,0}{38,0}$	$\frac{33,0}{32,0}$	$\frac{23,0}{18,0}$
80	20	$\frac{32,0}{29,0}$	$\frac{40,0}{37,6}$	$\frac{28,0}{25,0}$	$\frac{17,0}{11,0}$
70	30	$\frac{37,0}{36,0}$	$\frac{33,0}{36,0}$	$\frac{18,5}{18,0}$	$\frac{10,0}{11,0}$
60	40	$\frac{38,6}{37,1}$	$\frac{30,0}{32,0}$	$\frac{16,0}{17,8}$	$\frac{8,1}{5,4}$
50	50	$\frac{40,0}{39,8}$	$\frac{28,0}{30,0}$	$\frac{16,0}{9,8}$	$\frac{7,3}{4,8}$
40	60	$\frac{40,5}{40,0}$	$\frac{19,0}{22,0}$	$\frac{8,1}{5,4}$	$\frac{6,1}{2,8}$
30	70	$\frac{42,3}{41,2}$	$\frac{9,5}{8,0}$	$\frac{5,4}{4,3}$	—
20	80	$\frac{43,5}{42,0}$	$\frac{2,5}{4,3}$	—	—

Примечание. В числителе данные для образцов, обработанных H_3PO_4 экстракционной; в знаменателе — H_3PO_4 технической. Перед испытанием образцы выдерживали 28 суток в эксикаторе и затем 24 часа в воде.

Результаты опытов, приведенные в табл. 2, показывают, что добавки каждой из использованных мономинеральных глин оказывают специфическое влияние на процесс укрепления грунта. В связи с этим прочностные материалы оказалась различной как для каждого из видов вносимых в смесь минералов, так и для разного их соотношения. Установлено, что вид кислоты не оказывает существенного влияния на показатели прочности обработанных смесей (табл. 2). Учитывая, что неочищенная фосфорная кислота в 3—3,5 раза дешевле технической и содержит примеси в виде фтора, которые оказывают положительное влияние на формирование вяжущих, можно говорить о целесообразности использования экстракционной фосфорной кислоты для формирования водоустойчивых соединений в смесях. Поэтому в дальнейших исследованиях использовали только экстракционную фосфорную кислоту.

Возрастающие добавки в грунтовую смесь гидрослюды привели к равномерному повышению прочности материала, а аналогичные малые

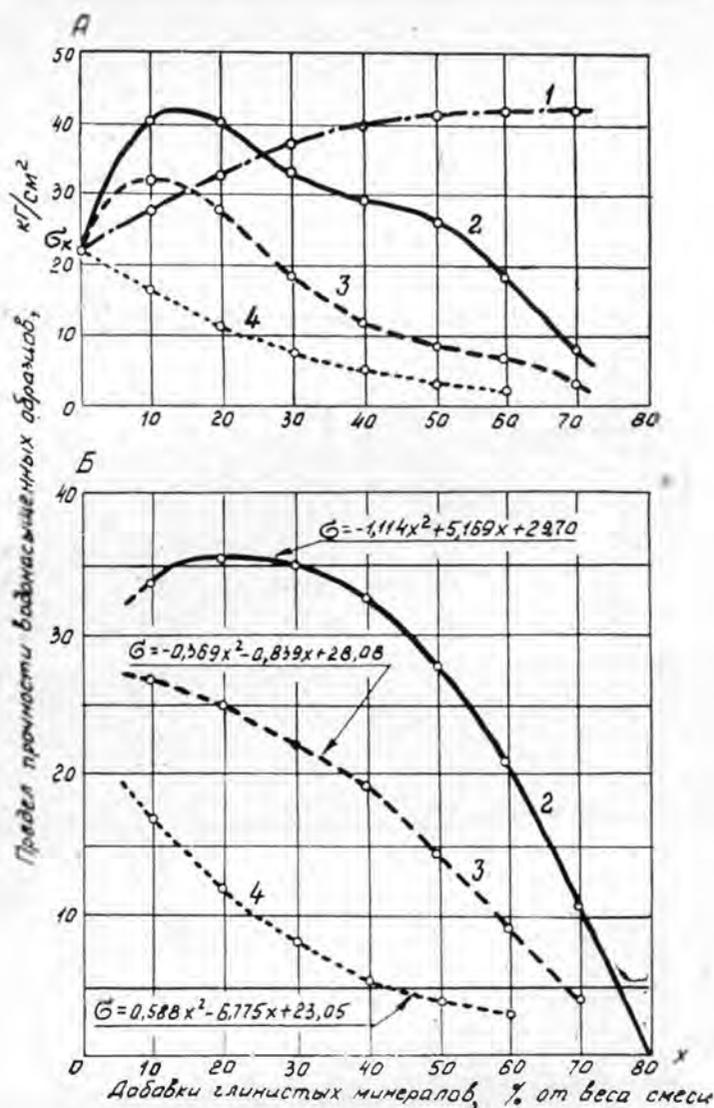


Рис. 1. Влияние глинистых минералов на прочность грунто-фосфатных образцов.

А — по экспериментальным данным; Б — после математической обработки. 1 — при добавке гидрослюда; 2 — каолинита; 3 — бентонита Na; 4 — бентонита Ca; G_x — прочность грунта без добавок при обработке H_2PO_4 экстракционной.

добавки каолинита и бентонита натриевого способствуют резкому (почти в 2 раза) увеличению прочности образцов. По мере увеличения добавок этих глин сверх некоторого оптимального количества прочность материала постепенно снижается. Так, для каолинита диапазон таких оптимальных добавок к гидрослюдистому грунту, вероятно, не должен превышать 20—25%, а для бентонита натриевого — 10—15%. Добавки же бентонита карбонатного (монтмориллонит кальциевый) оказывают отрицательное влияние на прочность образцов даже при добавках 10% и менее (рис. 1). Нетрудно убедиться, что характер кривой, отражающей прочность материала для добавок этой мономинеральной глины,

вполне подобен аналогичным зависимостям, показывающим отрицательное влияние естественных карбонатов на укрепляемый фосфатным вяжущим грунт [3]. Поэтому естественно предположить, что положительное влияние малых добавок, установленное для каолинита и бентонита натриевого, в данном случае полностью погашается отрицательным воздействием на укрепление грунта процесса декарбонизации.

Целесообразно также отметить, что добавки каолинита в грунтовую смесь, не превышающие 60% (от веса смеси), не оказывают отрицательного влияния на прочность материала (рис. 1). Аналогично добавки монтмориллонита натриевого не должны превышать 30%.

На основании полученных данных (рис. 1 и табл. 2) можно ориентировочно оценить значение каждого из минералов в грунте как преобладающего при укреплении грунтов фосфатными вяжущими. По степени положительного влияния на процесс синтеза фосфатного вяжущего испытанные мономинеральные глины можно расположить в ряд (от лучшей к худшей): гидрослюда — каолинит — монтмориллонит натриевый — монтмориллонит кальциевый.

При этом представляется возможным объяснить специфическое положительное влияние малых добавок каолинита и монтмориллонита натриевого на указанный процесс не присущими им особыми благоприятными (для данного процесса) свойствами, а проявлением эффекта наиболее оптимального взаимодействия с фосфорной кислотой смеси минералов (в данном случае гидрослюда грунта и вносимых минералов — каолинита и монтмориллонита). Это заключение достаточно полно подтверждается данными табл. 3, из которых следует, что обе названные мономинеральные глины сами по себе трудно поддаются процессу укрепления фосфатным вяжущим. Однако по мере увеличения дозировки реагента повышаются прочность и водоустойчивость глин. Для укрепления каолинита необходимы в несколько раз меньшие дозировки кислоты, чем для карбонатного монтмориллонита (кальцевого бентонита). Так, водоустойчивость образцов из каолинита обеспечивается при дозировках кислоты не менее 5%, а из бентонита — соответственно только при 15%. Аналогично указанному коэффициенты структурного упрочнения K_y и водоустойчивости K_v для каолинитовых образцов получились большими в 1,5—2 раза.

Из выполненных экспериментов следует, что для укрепления глинистых грунтов алюмофторфосфатными вяжущими предпочтительны те грунтовые разности, в составе которых преобладают глинистые минералы типа гидрослюда и каолинита. Содержание минералов монтмориллонитовой группы в этих грунтовых разностях должно быть минимальным или, во всяком случае, не преобладающим. При укреплении грунтов фосфатными вяжущими наиболее благоприятным минералом следует считать гидрослюда, а нежелательным — монтмориллонит кальциевый. Каолинит не оказывает отрицательного влияния на прочность до соотношения в грунтовой смеси (грунт:минерал) 1:1, а бентонит натриевый — до соотношения 0,3:0,7. Смеси различных минералов в грунтовой смеси оказывают благоприятное влияние на синтез фосфатного вяжущего.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Безрук. Укрепление грунтов. Изд-во «Транспорт», М., 1965.
- [2]. Б. М. Гуменский. Основы физико-химии глинистых грунтов и их использование в строительстве. Стройиздат, Л., 1965.
- [3]. В. М. Князько, Э. А. Селезнева. Влияние естественных карбонатов на эффективность укрепления глинистых грунтов лесовозных дорог фосфатными и алюмофторфосфатными вяжущими. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1972.
- [4]. Технические указания по укреплению грунтов на аэродромах

гражданской авиации (ВСН 23—65). РИО МГА, М., 1966. [5]. Указания по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами (СН 25—64). Госстрройиздат, М., 1965.

Поступила 20 марта 1972 г.

УДК 626.86

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПЛОТНЯЮЩИХ СИЛ ПРИ ГЛУБИННОМ ОСУШЕНИИ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ

Н. П. КОВАЛЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

При осушении торфяной залежи происходят значительные деформации вследствие развития уплотняющих сил выше депрессионной кривой. Для расчета деформаций уплотнения необходимо знать величину и распределение уплотняющих сил. Излагается метод нахождения уплотняющих сил при допущении, что фильтрационный поток к дренам — процесс случайный. При этом используются конечно-разностные отношения, решение которых осуществляется с помощью метода Монте-Карло.

Глубинное осушение торфяных отложений широко используется для сельскохозяйственных, лесовосстановительных и строительных целей. В некоторой части осушаемого массива, вследствие снижения уровня грунтовых вод, возникают силы, природа которых раскрыта в ряде работ ([2], [5]—[7] и др.). Под воздействием этих сил торфяные грунты уплотняются, а иногда происходят горизонтальные смещения, вызванные неодинаковой пространственной плотностью торфяных отложений. Для того чтобы прогнозировать деформации торфяной залежи, необходимо знать величину и распределение уплотняющих сил, возникающих в результате глубинного осушения торфяного пласта.

Для решения этой задачи сделаем следующие допущения.

1. Считаем пласт невесомым. Это упрощает отыскание давлений, связанных только с потоком грунтовых вод к дренам. Последующее наложение собственного веса, распределяемого по треугольнику, позволит найти истинное давление в интересующей нас точке торфяного массива.

2. Проницаемость торфяных отложений зависит от x, z [8] и является непрерывной функцией по x, z (без отрицательных значений).

3. При определении фильтрационных свойств торфяных отложений всегда имеем элемент неопределенности, вызванной неоднородностью торфяного пласта. Если полученную информацию о водопроницаемости исследуемого массива торфяных отложений считать случайной функцией, то можно определить математическое ожидание и корреляционные функции [4].

По результатам восстановления уровня в скважинах нами установлено, что корреляционная функция имеет вид

$$k(r) = c \exp\left(-\frac{r}{a}\right) \cos \beta r, \quad (1)$$

где r — радиус рассматриваемой области;

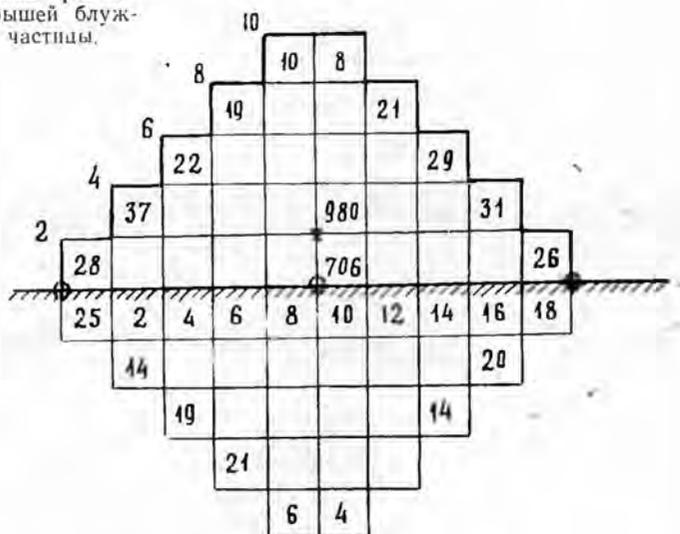
c, a, β — константы, зависящие от вида торфяного пласта и содержания информации о его водопроницаемости. Для верховой

залежи, сложенной лесотопяным торфом ($8 < R < 25\%$) мощностью 4,2 м, $a = 16,0$ м; $r = 6,5$ м; $\beta = \frac{\pi}{2r} = \frac{3,14}{2,65} = 0,0241 \text{ м}^{-1}$, следовательно,

$$k'(r) = \frac{k(r)}{k(0)} = \exp\left(-\frac{r}{160}\right) \cdot \cos 0,0241 r.$$

Итак, третье допущение можно сформулировать следующим образом. Движение поровой жидкости к дренам — случайный процесс, первым приближением которого являются классические решения [9], [1], основанные на теории массопереноса. Это позволяет применить теорию случайных процессов для отыскания давлений в любой точке пласта [11]. При этом может быть использована система конечно-разностных соотношений, решение которых осуществляется по методу Монте-Карло [3].

Рис. 1. Схема проведения розыгрышей блуждающей частицы.



Область между двумя дренами покроем сеткой с шагом l (рис. 1). Все узлы сетки разделим на особые (дрены); обычные первого рода в пределах области течения; обычные второго рода, где возникают давления с обратным знаком (уплотняющие давления); точки граничных узлов.

В особых узлах имеем следующие разностные соотношения [11]:

$$\sum_{i=1}^4 (u_i - u_j) B_{ji} = (u_j - u_{j_0}) B_{j_0}. \quad (2)$$

В обыкновенных узлах

$$\sum_{i=1}^4 (u_i - u_j) B_{j_0} = 0, \quad (3)$$

где

$$B_{ji} = \frac{k_i \cdot H}{\mu}; \quad B_{j_0} = \frac{v_i^{-1}}{1} \sum_{i=1}^4 B_{ij}.$$

$$\nu_j = -\frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{r}{l} + 1,6 \right); \quad (4)$$

k_i — водопроницаемость в точке i ;
 H — мощность пласта;
 μ — вязкость фильтрующей жидкости.

В граничных узлах, то есть по дисперсионной кривой

$$u_j = u_j(x, z). \quad (5)$$

Если, согласно методу Монте-Карло, вести розыгрыш с точки j , который в данном случае осуществляется блуждающей точкой на модели, то получим определенное количество блужданий (рис. 1). При этом модель выполняется так, что блуждающая частица пересекает обыкновенные узлы и останавливается в граничных и особых узлах. Таким образом, блуждающая частица из точки розыгрыша j либо перейдет с вероятностью a_{jr} в соседнюю точку r и остановится в какой-то точке i с вероятностью A_{ri} , либо при $i = j$ сразу остановится в j с вероятностью b_j . Если блуждающая точка остановится в i , то запишем штраф T_i . Согласно [4], [11], [3]

$$\sum_1^4 a_{jr} + b_j = 1;$$

$$A_{ji} = \sum_1^4 a_{jr} A_{ri} + \delta_{ij} b_i. \quad (6)$$

$$i, j = 1 \dots n \quad \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases}$$

Для математического ожидания штрафов в обыкновенных узлах следует выражение

$$\bar{M}_j = \sum_1^4 A_{jr} \cdot T_i = \sum_1^4 a_{jr} \bar{M}_r. \quad (7)$$

В граничных узлах (обязательная остановка)

$$\bar{M}_j = T_j. \quad (8)$$

Между уравнениями (3) — (5) и (6) — (8) наблюдается полная аналогия, тогда

$$a_{jr} = \lambda_{ir} = \frac{B_{jr}}{\sum_1^4 B_{ir}}; \quad b_j = \xi_j = \frac{B_{j0}}{B_{j0} + \sum_1^4 B_{jr}};$$

$$T_j = u_{j0}. \quad (9)$$

Рассмотрим пример. Торфяная залежь (верховая, $H = 4,0$ м, сложенная топяным торфом $R < 25\%$, уровень грунтовых вод на $0,5$ м от поверхности) осушается горизонтальными глубинными дренами. Составим макет междреннего пространства, согласно рис. 1. Принимаем следующее распределение давлений на контуре (депрессионной кривой) и в дренах (совершенный дренаж): $u = 0$. В точке 0; 8 $u_{0;8} = u_0 = 1$ (100%). Например, начнем блуждание с точки 2; 8 и отмечаем остановки в точке 0; 8 и на контуре. Из 980 блужданий на контуре окончилось 274, в точке 0; 8 — 706, тогда давление в точке (2; 8) составит

$$u_{(2;8)} = \frac{274}{980} \cdot 0 + \frac{706}{980} u_0 = 0,71 u_0.$$

Аналогично для точки (4; 8) в узле (0; 8) — 426 остановок, на контуре 214. Всего блужданий 640.

$$u_{(4,8)} = \frac{426}{640} \cdot u_0 \cdot \frac{214}{640} \cdot 0 = 0,665 u_0.$$

Таким путем можем найти распределение давлений в долях от u_0 или в % для любой точки. За пределами депрессионной кривой, то есть в точках второго рода, давление взято с противоположным знаком. Представим u_0 как гидростатическое давление, равное $0,35 \text{ кг/см}^2$.

На рис. 2 показаны линии равных уплотняющих давлений без учета веса грунта. Распределение уплотняющих давлений, согласно изложенной выше методике, подтверждается экспериментальными данными, полученными ранее [5], [10].

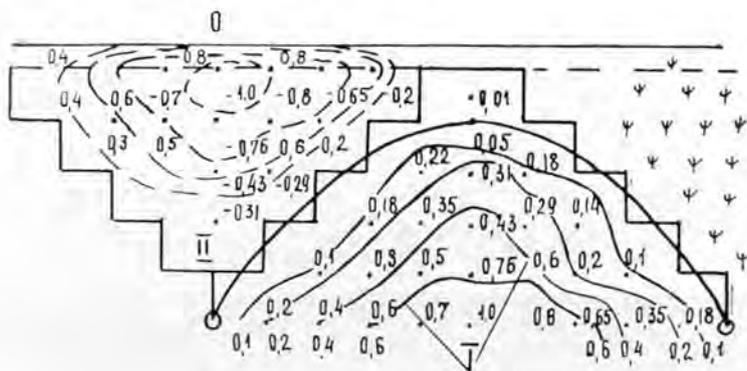


Рис. 2. Линии равных давлений.

I — в зоне фильтрации; II — уплотняющие силы.

С помощью данного метода можно найти распределение давлений в залежи со значительными неоднородностями.

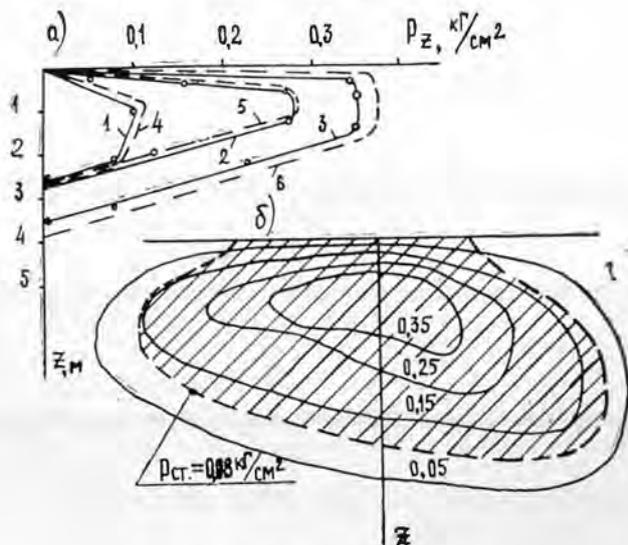


Рис. 3. Распределение P по глубине осушаемой залежи.

а) 1, 2, 3 — без учета собственного веса; 4, 5, 6 — с учетом веса на 8, 4, 2 м от оси дрены, соответственно. б) область, где развиваются деформации уплотнения, для случая когда $k_1 < k_2$.

На рис. 3 представлена залежь, когда у дрены 2 имеем область повышенной водопроницаемости. На модели создаются такие условия для блуждающей частицы, чтобы увеличить число штрафов на участке $a_1 b$. При этом на участке $a_1 b$ может быть введено сопротивление (например, на «шумовых» машинах) или, в нашем случае, некоторый уклон. При этом должно соблюдаться условие $\frac{k_1}{k_2} = \frac{R_2}{R_1}$.

На рис. 3 представлено распределение давлений с учетом наличия у одной из дрен сильно водопроницаемой области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. М. Бочевер, И. В. Гармонов, А. В. Лебедев, В. М. Шестаков. Основы гидрологических расчетов. Изд-во «Недра», М., 1969. [2]. А. Д. Брудастов. Осушение минеральных и болотных земель. Сельхозгиз, 1955. [3]. А. П. Бусленко, Ю. А. Шрейдер. Метод статистических испытаний (Монте-Карло) и его реализация на цифровых вычислительных машинах. Физматгиз, 1961. [4]. Б. В. Гнеденко. Курс теории вероятности, ГИТТЛ, 1954. [5]. Е. А. Коновалов. О методике расчета уплотнения и осадки торфяной залежи при осушении. Журн. «Торфяная промышленность» № 7, 1957. [6]. С. С. Корчупов, И. И. Могилевский, О. Н. Абакумов, С. М. Дулькина. Изучение водного режима осушенных торфяных залежей. Труды ВНИИП, вып. XVII, Госэнергоиздат, 1960. [7]. К. П. Лундин. Водные свойства торфяной залежи и ее осушение. Журн. «Торфяная промышленность» № 3, 1959. [8]. К. П. Лундин. Водные свойства торфяной залежи. Изд-во «Урожай», Минск, 1964. [9]. П. Я. Полубаринова-Кочина. Теория движения грунтовых вод. Гостехиздат, 1952. [10]. А. Д. Худяков, Н. П. Коваленко, Н. Ф. Бондаренко. Уплотнение торфяных грунтов и изменение их физико-механических характеристик в результате глубинного осушения. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [11]. М. И. Швидлер. Фильтрационные течения в неоднородных средах. Гостехиздат, 1963.

Поступила 22 ноября 1971 г.

УДК 629.114.2

СТАТИСТИЧЕСКИЙ СПОСОБ АНАЛИЗА НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

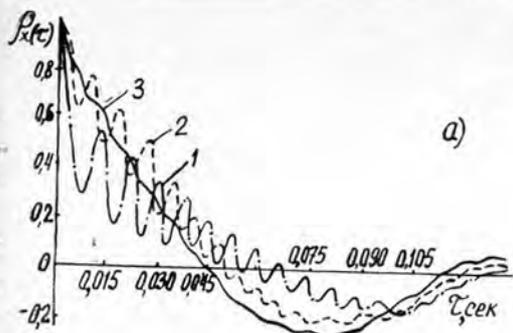
Г. М. АНИСИМОВ, А. М. ГОЛЬДБЕРГ, М. Ф. СЕМЕНОВ

Воронежский лесотехнический институт

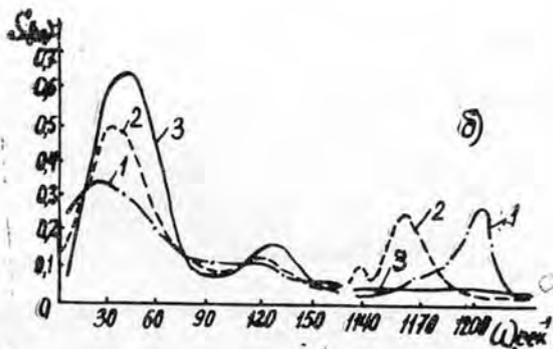
В статье изложено применение методов статистической динамики для анализа нагруженности, определения динамических свойств и совершенствования параметров трансмиссии.

Изучение динамических свойств системы двигатель—трансмиссия—трактор позволит решать различные задачи по совершенствованию и оценке долговечности трансмиссии.

Исследования нагруженности трансмиссии трелевочного трактора ТДТ-55 показали, что нагрузки в общем случае движения носят случайный характер. В одной из работ [1] статистически проанализирована нагруженность трансмиссии от возмущений со стороны волока при движении трактора с пакетом на III передаче. Установлено, что наибольшая доля мощности процесса приходится на частоту $\omega \approx 38 \text{ сек}^{-1}$ возмущения от гусеничного движителя. При понижении номера передачи (II—I) на возмущающий момент со стороны волока с частотами $\omega \approx 20 \div 28 \text{ сек}^{-1}$ аддитивно накладываются возмущения от двигателя с диапазоном частот $\omega = 1140 \div 1200 \text{ сек}^{-1}$, о чем свидетельствуют характеристики, представленные на рис. 1.



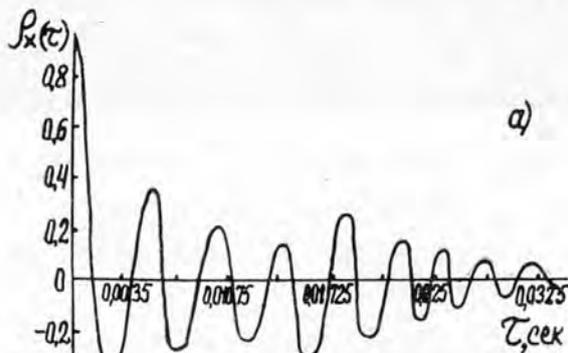
а)



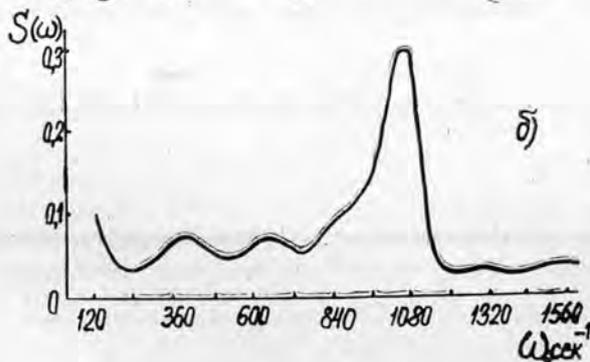
б)

Рис. 1. Статистические характеристики нагруженности грузового вала при движении трактора по волоку с пакетом $Q = 5,5 \text{ м}^3$.

а, б — соответственно корреляционные функции и спектральные плотности; 1, 2, 3 — соответственно I II и III передачи.



а)



б)

Рис. 2. Статистические характеристики нагруженности первичного вала при движении трактора по волоку с пакетом $Q = 5,5 \text{ м}^3$ на III передаче. а, б — соответственно корреляционная функция и спектральная плотность.

Для более полного учета влияния возмущений от двигателя на трансмиссию процесс необходимо центрировать относительно высокочастотной составляющей. Анализ статистических характеристик (рис. 2) нагруженности первичного вала для III передачи показывает, что в этом случае спектральная плотность достигает максимального значения при частоте $\omega \approx 1075 \text{ сек}^{-1}$. Учет энергетических спектров от всех составляющих процесса позволит достаточно полно оценить нагруженность и долговечность трансмиссии.

Оценка же динамических свойств трансмиссии в принципе не зависит от источника возмущения. В данном случае целесообразно определять модули амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) по спектральным плотностям процесса при воздействии со стороны волокна [1], так как эти возмущения проходят всю трансмиссию, что позволяет оценить ее свойства по всем участкам.

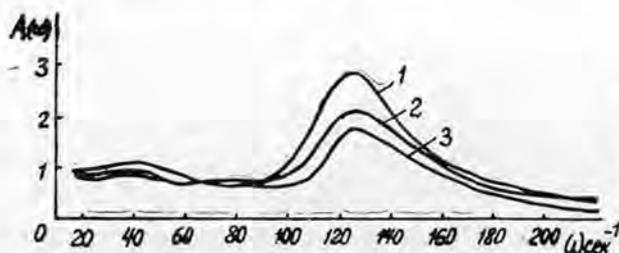


Рис. 3. Модули АЧХ участков трансмиссии для III передачи.

1, 2, 3 — соответственно участки от ведомых валов бортовых передач до первичного вала, грузового вала коробки передач, вала ведущей шестерни главной передачи.

Полученные АЧХ (рис. 3) свидетельствуют о наличии в трансмиссии резонансной зоны при частоте процесса $\omega \approx 120 \text{ сек}^{-1}$. Для определения коэффициентов передаточных функций модули АЧХ аппроксимировали методом шаблонов [3]. С достаточной точностью полученные характеристики (рис. 3) могут быть аппроксимированы выражением

$$W(P) = \frac{K}{T^2 P^2 + 2\zeta TP + 1}, \quad (1)$$

где ζ — относительный коэффициент демпфирования;

K — коэффициент передачи или усиления;

P — переменные преобразования Лапласа;

T — постоянная времени, сек.

Важный параметр АЧХ — безразмерный относительный коэффициент демпфирования ζ , который при анализе двухмассовой системы легко выразить через размерные параметры: ξ — коэффициент демпфирования, $\text{кг} \cdot \text{см} \cdot \text{сек}$; C — коэффициент жесткости, $\text{кг} \cdot \text{см}/\text{рад}$; I — момент инерции, $\text{кг} \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^2$ [4].

В случае многомассовой системы определение коэффициентов демпфирования для участков представляет довольно сложную задачу. Исследования показали, что при оценке нагруженности участков трансмиссии трактора ТДТ-55 реальную систему необходимо заменить шестимассовой эквивалентной динамической системой. Дифференциальные уравнения движения масс такой системы можно записать так:

$$I_1 \ddot{\varphi}_1 = -C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - \xi_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)$$

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 = C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) + \xi_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - \xi_2(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3)$$

$$I_6 \ddot{\varphi}_6 = C_{56}(\varphi_5 - \varphi_6) + \xi_5(\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_6) + M_b(t),$$

(2)

где $M_B(t)$ — возмущающий момент со стороны волюка;
 $I_1 - I_6$ — приведенные моменты инерции узлов трактора и пакета;
 $C_{12} - C_{56}$ — приведенные жесткости участков трансмиссии;
 $\xi_1 - \xi_5$ — приведенные коэффициенты демпфирования участков трансмиссии;
 φ_i — абсолютные углы поворота масс.

После преобразования по Лапласу при нулевых начальных условиях и исключения из системы всех промежуточных переменных находим уравнение, связывающее возмущение со стороны волюка с угловым перемещением вала φ_1

$$\begin{aligned} & (a_{12}P^{12} + a_{11}P^{11} + a_{10}P^{10} + a_9P^9 + a_8P^8 + a_7P^7 + a_6P^6 + \\ & + a_5P^5 + a_4P^4 + a_3P^3 + a_2P^2 + a_1P + a_0)\varphi_1(P) = \\ & = (b_5P^5 + b_4P^4 + b_3P^3 + b_2P^2 + b_1P + b_0)M_B(P), \end{aligned} \quad (3)$$

где $a_{12} - a_0, b_5 - b_0$ — коэффициенты, характеризующие параметры системы (ввиду громоздкости записи взаимосвязь параметров не показана).

Для определения коэффициентов демпфирования на участках трансмиссии теоретическое уравнение двенадцатого порядка необходимо свести к эквивалентному уравнению второго порядка, коэффициенты которого зависели бы от всех конструктивных параметров системы. Вопросу понижения порядка дифференциального уравнения посвящен ряд работ, в основу которых положен принцип акад. А. Ю. Ишлинского [3], [2].

Для типового возмущения на входе в виде скачка дифференциальное уравнение системы в общем виде с постоянными коэффициентами в изображении по Лапласу запишем

$$\begin{aligned} (a_nP^n + a_{n-1}P^{n-1} + \dots + a_1P + a_0)\varphi_1(P) = & (b_mP^m + b_{m-1}P^{m-1} + \dots + \\ & + b_1P + b_0)\frac{1}{P}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $m < n$.

Упрощенное эквивалентное уравнение имеет вид

$$\begin{aligned} (P^{n-k} + a_{n-k-1}^0P^{n-k-1} + \dots + a_1^0P + a_0^0)\varphi(P) = & (-b_{m-k}^0P^{m-k} - \\ & - b_{m-k-1}^0P^{m-k-1} - \dots - b_1^0P - b_0^0)\frac{1}{P}. \end{aligned} \quad (5)$$

В этом уравнении коэффициенты левой и правой частей требуется определить по известным коэффициентам уравнения (4) таким образом, чтобы переходные процессы, описываемые этими уравнениями, были близки с необходимой степенью точности; k — число, показывающее, на сколько единиц понижается порядок.

Приравнивание коэффициентов передаточной функции, соответствующей эквивалентному уравнению (5), и коэффициентов экспериментальной передаточной функции (1) при одинаковых степенях P дает возможность получить алгебраические уравнения, из которых легко определяются коэффициенты демпфирования на участках трансмиссии.

Наличие всех параметров системы (моментов инерции, коэффициентов жесткости и демпфирования) дает возможность найти такое их соотношение, которое обусловило бы переходный процесс с незначительными амплитудами крутильных колебаний в трансмиссии.

Исходя из требований к нагруженности трансмиссии, определяем вид, до которого должна трансформироваться передаточная функция (1), и желаемую передаточную функцию запишем так:

$$W_{ж}(P) = \frac{K}{T_1^2 P^2 + 2\zeta_1 T_1 P + 1} \quad (6)$$

При этом предполагаем, что размахи крутильных колебаний в трансмиссии должны уменьшаться при частотах процесса $\omega = 18 \text{ сек}^{-1}$ и выше. На рис. 4 представлены логарифмические АЧХ существующей трансмиссии и соответствующие желаемым переходным процессам, которые обеспечивают уменьшение, согласно требованию, амплитуд крутильных колебаний в трансмиссии.

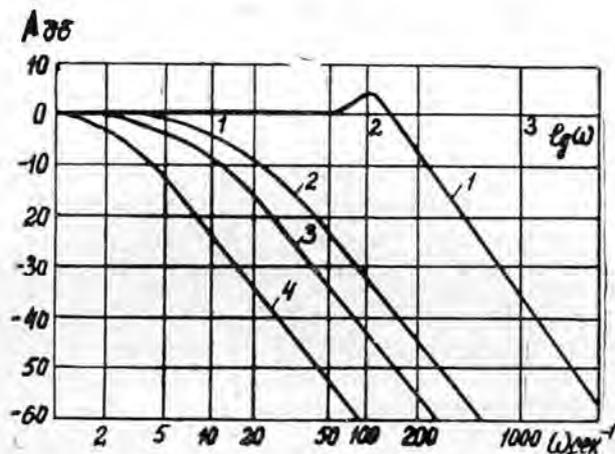


Рис. 4. Логарифмические АЧХ трансмиссии для III передачи.

1 и 2, 3, 4 — соответственно характеристики переходных процессов в существующей трансмиссии и обеспечивающие уменьшение амплитуд крутильных колебаний в 3, 5 и 10 раз.

Переходный процесс в существующей трансмиссии можно представить в виде

$$\varphi_{1с}(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_L M_{в}(P) \frac{K}{T_1^2 P^2 + 2\zeta_1 T_1 P + 1} e^{tP} dP, \quad (7)$$

где L — контур интегрирования, представляющий собой прямую, параллельную вещественной оси, проходящую справа от нее и окружности бесконечного радиуса.

Желаемый переходный процесс в системе

$$\varphi_{1ж}(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_L M_{в}(P) \frac{K}{T_1^2 P^2 + 2\zeta_1 T_1 P + 1} e^{tP} dP. \quad (8)$$

Понизив по указанной выше методике порядок расчетной передаточной функции, соответствующей уравнению (3), до второго, расчетный переходный процесс можно записать следующим образом:

$$\varphi_{1р}(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_L M_{в}(P) \frac{K}{q_2 P^2 + q_1 P + 1} e^{tP} dP, \quad (9)$$

где q_2 и q_1 — соответственно постоянная времени и относительный коэффициент демпфирования в упрощенной эквивалентной системе.

Из выражений (8) и (9) следует, что для определения конструктивных параметров, соответствующих желаемому процессу, нужно положить

$$\left. \begin{aligned} q_2 &= T_1^2 \\ q_1 &= 2\zeta_1 T_1 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

и из системы уравнений (10) определить необходимые величины параметров трансмиссии.

Рассмотренный способ универсален. Основанный на методах статистической динамики, он в принципе может быть распространен и на трансмиссии других машин, нагруженность которых носит в основном произвольный характер.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Гольдберг, Г. М. Анисимов, М. Ф. Семенов. Статистические исследования нагруженности звеньев трансмиссии трактора ГДТ-55 при подвозке древесины. Материалы научно-технической конференции ЛМФ, изд. ЛТА, Л., 1971. [2]. В. И. Жилин, А. В. Фокин. К обоснованию правила академика А. Ю. Ишлинского о переходных процессах в системах высокого порядка. Материалы семинара по теории автоматического управления, Киев, 1965. [3]. Н. Т. Кузовков. Теория автоматического регулирования, основанная на частотных методах. Оборонгиз, М., 1960. [4]. Р. С. Цзе, И. Е. Морзе, Р. Т. Хинкл. Механические колебания. Изд-во «Машиностроение», М., 1966.

Поступила 19 апреля 1972 г.

УДК 634.0.378.2

ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПУЧКА НА ВОДЕ ЛЕНТОЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Ф. Г. КУКОВИЦКИЙ

Трест «Вычегдалесосплав»

В статье теоретически обосновано определение усилий при формировании пучков бревен на воде гибким рабочим органом способом одновременного сжатия и вращения. Приведены методика экспериментальной проверки теоретических данных и результаты эксперимента, которые показывают, что этим способом можно получать пучки высокого качества при снижении удельного усилия сжатия до $0,28 \text{ Т/м}^3$, или в 3,8 раза по сравнению со сплочкой пучка тросовой петлей. Приведены данные выбора угла поворота, который обеспечивает высокое качество пучка.

При формировании пучка бревен в сплочочных машинах не обеспечиваются максимальная полнодревесность и коэффициент формы, близкий к единице. При всех способах формирования пучка на воде взаимодействие бревен в пучке при сжатии отличается сложным сводовым характером. Поэтому для получения высокого качества пучка требуются значительные сжимающие усилия и дополнительные воздействия на пучок, например, вибрацией. Однако и при этом не достигаются предельные качественные параметры пучка.

При разработке в КБ треста «Вычегдалесосплав» учетно-сплочочной машины* был принят как наиболее эффективный способ сплочки пучков гибким рабочим органом. Было сделано предположение, что образование сводов в пучке — основной фактор, снижающий его качество. Влияние этого фактора может быть исключено при сплочке путем

* Ф. Куковицкий. Сплочочно-учетная машина. Реферативная информация «Лесозэксплуатация и лесосплав» № 3, 1971, стр. 13.

сжатия и вращения пучка бревен гибким рабочим органом. В качестве гибкого рабочего органа применена резино-тканевая лента шириной 2 м, наматываемая на барабаны.

В процессе конструирования узлов и привода сплочного устройства выявилось отсутствие информации по определению оптимальных значений усилий сжатия пучка и величины его поворота.

В целях определения усилий, необходимых для формообразования пучка предложенным способом, исходили из того, что для получения пучка с коэффициентом формы, близким к единице, и максимальной полндревесности требуется усилие, обеспечивающее сжатие пучка до размеров, при которых он теряет остойчивость под действием опрокидывающего момента от усилия натяжения гибкого рабочего органа. При этом сделаны допущения, что пучок представляет собой эллиптический цилиндр и не подвержен воздействию внешних сил, кроме действия гибкого рабочего органа.

Для определения усилия сжатия в зависимости от объема пучка в качестве расчетных приняты объемы 10; 20; 30; 40; 50 м³ и коэффициенты формы 1; 1,5; 2; 2,5.

Усилия сжатия пучка бревен S определяли по формуле

$$S = K_c (\gamma - \gamma^2) \left(1 - 1,4 \frac{d}{H}\right) H^2 l \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} + 1}, \quad (1)$$

где K_c — коэффициент сжатия для еловых неокоренных бревен (1,57);

γ — плотность бревен (0,7 т/м³);

d — средний диаметр бревен в пучке (0,3 м);

l — длина сплавиваемых бревен (6,5 м);

H — высота пучка, м;

e — основание натуральных логарифмов (2,718);

f — коэффициент трения резиновой ленты о пучок (0,15);

α — угол обхвата пучка рабочим органом (по конструктивным данным, равный 5,24 рад).

Величины γ , d , l и f приняты по данным, полученным при испытании модельных бревен. Высоту пучка H (м) находят из формулы

$$V = 0,785 \rho B H l, \quad (2)$$

где V — объем пучка, м³;

B — ширина пучка, м;

ρ — коэффициент полндревесности (0,7);

$$B = C H,$$

где C — коэффициент формы пучка.

Подставив значения B в формулу (2), получим

$$V = 0,785 \rho C H^2 l,$$

откуда

$$H = \sqrt{\frac{V}{0,785 \rho C l}}. \quad (3)$$

Для принятых значений V и C получена серия кривых 1—5 (рис. 1). На этот же график нанесена серия кривых 6—10 зависимости усилий, необходимых для опрокидывания пучков соответствующих объемов и коэффициентов формы.

Эти усилия найдены при допущении, что положение пучка на воде определяется только силами плавучести, и он имеет форму эллиптического цилиндра. Пучок опрокидывается, когда натяжение на при-

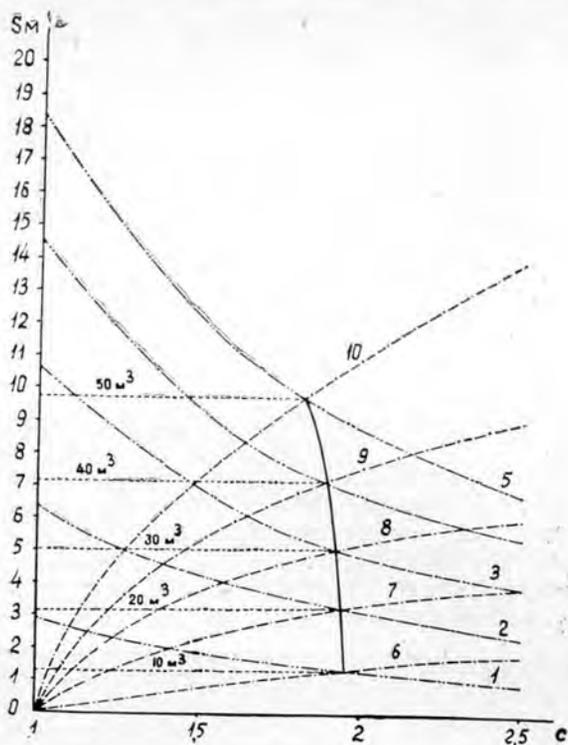


Рис. 1.

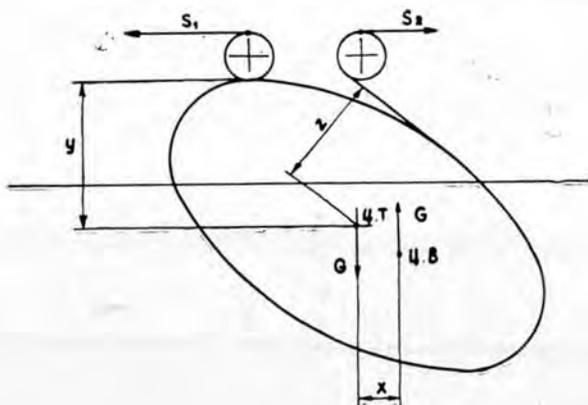


Рис. 2.

водном барабане превысит сумму составляющей опрокидывающего момента и натяжения на ведомом барабане (рис. 2), то есть при условии

$$S_1 y = Gx + S_2 z, \quad (4)$$

где S_1 — натяжение на ведущем барабане;

G — масса пучка;

S_2 — натяжение на ведомом барабане. Значения S_2 приняты равными усилию в пучковой обвязке.

Из формулы (4) следует, что

$$S_1 = \frac{Gx + S_2 z}{y}. \quad (5)$$

Для каждого значения принятых объемов и соотношения осей величин x , y и z находили графически по схеме, приведенной на рис. 2. Было установлено, что угол поворота пучка, при котором ордината центра величины x достигала максимального значения, составил 30° . Значения G и S_2 вычисляли по формулам

$$G = V \gamma$$

и

$$S_2 = \frac{\rho(1-\gamma)H^2 t \gamma}{4}.$$

Пересечение кривых на рис. 1 дает оптимальную величину усилия сжатия пучка.

Процесс формообразования пучка протекает следующим образом. По мере нарастания натяжения гибкого рабочего органа пачка бревен уплотняется, приобретает форму эллиптического цилиндра, и одновременно поворачивается (кренится). При угле поворота около 30° , что соответствует оптимальному натяжению гибкого рабочего органа, последний стравливается с дополнительного барабана. Пучок поворачивается (при этом разрушаются своды), уплотняется, приобретает форму, близкую к круглому цилиндру, и максимальную полндревесность.

На рис. 3 приведены кривые натяжения гибкого рабочего органа при формировании способом сжатия (кривая 1) и способом сжатия и вращения пучка (кривая 2), при котором форма пучка близка к круглому цилиндру.

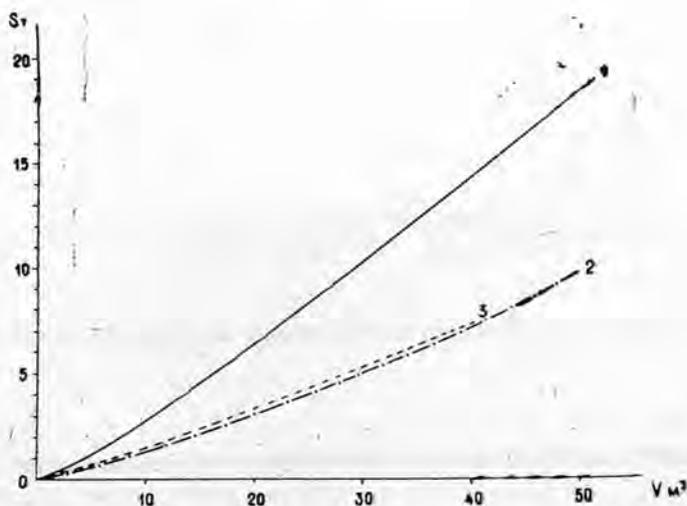


Рис. 3.

В целях проверки теоретических значений оптимального усилия натяжения гибкого рабочего органа и влияния угла поворота пучка на его полндревесность были проведены исследования на экспериментальной установке (в масштабе 1:6), состоящей из емкости, сплотночного устройства и привода (рис. 4).

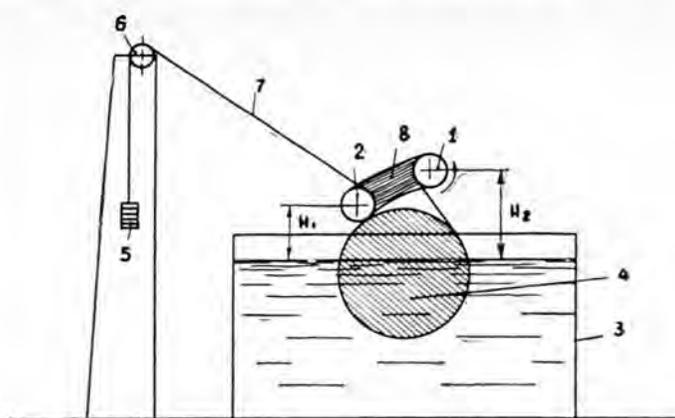


Рис. 4.

Учитывая, что геометрическая характеристика модельных бревен (кривизна, суковатость, размеры и т. д.) не может быть приведена к натуральной, плотность укладки бревен в пучке, характеризующаяся коэффициентом полндревесности пучка, сравнивали с предельным значением коэффициента, полученного по контрольному пучку. Контрольный пучок установленного объема получали путем многократного встряхивания вручную, с максимальной утяжкой проволокой до стабилизации периметра. После этого определяли коэффициент полндревесности и периметр пучка.

Таблица 1

Объем пучка $V, м^3$	Усилие сжатия S, T	Угол поворота пучка $\alpha, ^\circ$	Ширина* пучка $B, м$	Высота* пучка $H, м$	Периметр пучка* $L, м$	Коэф-фициент формы C	Коэффи-циент полндревесности ρ	Предельные значения	
								периметр L_{min}	коэффи-циент полндревесности ρ_{max}
10	1,58	0	1,95	1,68	5,82	1,17	0,598	5,27	0,7
		90	1,895	1,7	5,62	1,115	0,608		
		180	1,9	1,66	5,7	1,14	0,62		
		270	1,865	1,68	5,58	1,11	0,625		
20	3,36	0	3,42	2,24	9,0	1,52	0,51	8,02	0,6
		90	2,76	2,54	8,4	1,08	0,56		
		180	2,68	2,5	8,3	1,06	0,585		
		270	2,66	2,52	8,25	1,06	0,585		
30	5,05	0	4,3	2,67	11,2	1,6	0,511	9,6	0,63
		90	3,42	3,04	10,3	1,11	0,564		
		180	3,34	3,11	10,1	1,07	0,566		
		270	3,2	3,12	9,95	1,02	0,587		
40	7,3	0	4,92	2,84	12,9	1,76	0,56	11,35	0,605
		90	4,23	3,42	12,2	1,23	0,545		
		180	3,92	3,54	11,8	1,1	0,555		
		270	3,78	3,53	11,7	1,07	0,578		

* Среднеарифметическая величина, полученная по десяти значениям данной серии опытов.

Эти же пачки модельных бревен формировали на экспериментальной установке. Для каждого объема подбирали массу груза 5 (рис. 4), при котором наблюдалось опрокидывание (поворот) пучка 4 в емкости 3. Первоначально под действием груза 5 натягивалась лента 7, сжимая пучок при фиксированном положении барабана 1. После этого измеряли ширину, высоту и периметр пучка. Затем, вращая приводом барабан 1, пучок поворачивали на углы 90, 180 и 270°, при которых замеры повторяли. Данные замеров и вычисленные величины приведены в табл. 1.

На рис. 3 кривая 2 соответствует теоретическим значениям натяжения и 3 — полученным опытным путем. Опытные усилия сжатия приведены к натуральным по формуле

$$S = S_0 m^3 \eta,$$

где S — натяжение гибкого рабочего органа;

S_0 — масса груза 5 (рис. 4);

m — масштаб опытной установки (6);

η — к.п.д. передачи (роликов 2 и 6), по опытным данным равен 0,865.

Как видно из рис. 3, опытные и теоретические значения натяжений практически совпадают.

Положение барабанов 1 и 2 (рис. 4) определяли опытным путем из условия, чтобы масса груза 5 была минимальной. Тем самым найдены значения H_1 и H_2 , при которых, в принятом диапазоне объемов пучков и с учетом конструктивных требований, отсутствуют дополнительные потери на сопротивление повороту пучка от его прижима к ограничителю 8.

Значения усилий сжатия при разных способах сплотки приведены в табл. 2.

При постановке опыта ставили задачу определить оптимальный угол поворота пучка. На рис. 5 приведены кривые относительного значения коэффициента полндревесности ϵ и коэффициента формы пучка C в зависимости от угла его поворота α , полученные по результатам

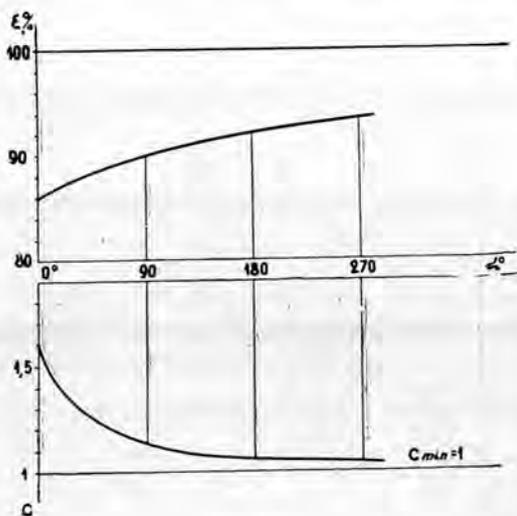


Рис. 5.

Таблица 2

Способ сплотки	Усилие сжатия		Примечание
	т	%	
В тросовой петле*	28	100	Объем пучка в натуре $V=40 \text{ м}^3$; $C \approx 1$
То же, с вибрацией*	14	50	
Ленточным рабочим органом с одно- временным сжатием и вращением	7,3	26	

* Отчет НИР по теме 16—1967 института «ЦНИИЛесослав», стр. 36.

всех замеров. При повороте пучка даже на 90° значение коэффициента формы резко приближается к 1 и далее постепенно достигает минимальных значений.

Анализируя выполненные исследования, можно сделать следующие выводы.

1. Способ сплотки пучков в ленточном гибком рабочем органе с одновременным сжатием и вращением пучка дает возможность получать пучки высокого качества.

2. Исследованный способ сплотки позволяет снизить величину сопротивления пачки бревен сжатию; он наименее энергоемок из всех известных способов формообразования пучка на воде.

Поступила 1 июня 1972 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.812

ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. М. ИВАНОВ

ЦНИИ строительных конструкций

Показано, что данные длительных испытаний древесины изображаются в координатах «напряжение — логарифм времени до разрушения» одной прямой для различных видов напряженного состояния и разных пород. Влияние влажности выражается пучком прямых, более пологих с повышением равновесной влажности древесины. Предложено нижней прямую в пучке использовать для экстраполяции длительной прочности древесины, конструктивных элементов и деталей.

Во всех случаях длительного действия в древесине напряжений от внешней нагрузки или внутренних напряжений надежная работа конструктивных элементов и деталей обусловлена длительными деформационными и прочностными свойствами материала. Характеристики деформативности древесины известны, поэтому рассмотрим ее прочностные показатели. Пределом прочности, найденным при машинных испытаниях, могут характеризоваться механические свойства древесины лишь качественно в силу того, что процесс такого испытания осуществляется в условиях скоростного нагружения и является реактивным (уравновешивается реакция образца). Чтобы знать действительное сопротивление древесины длительным силовым воздействиям, необходимо определять ее длительную прочность в условиях непосредственного нагружения. Имеются многочисленные исследования сопротивления древесины длительным нагрузкам [2], [3], [8], [10], [11], [13], [14] и предложен ряд ускоренных методов определения предела длительного сопротивления [2], [4], [8], [9]. В данном случае мы придаем особое значение виду зависимости сопротивления древесины от времени.

Для описания снижения сопротивления древесины с длительностью действия нагрузки используются различные зависимости. Так, Ф. П. Белянкин [2] предложил уравнение

$$\sigma = \sigma_n + (\sigma_{вр} - \sigma_n)e^{-bt}, \quad (1)$$

где σ и t — соответственно напряжение и время;

σ_n — предел длительного сопротивления;

$\sigma_{вр}$ — предел прочности при машинных испытаниях;

b — постоянная.

В своих исследованиях Л. В. Вуд [13] и Н. Л. Леонтьев [8] применили прямую в полулогарифмических координатах: первый — для того, чтобы изобразить ранее принятое в Медисонской лаборатории США снижение сопротивления древесины на $9/16$ от $\sigma_{вр}$ в течение 27 лет, а второй — для ускоренного определения предела длительного сопротивления древесины, экстраполируя по прямой $\sigma - \lg t$ на 27 лет результаты машинных испытаний (с двумя скоростями нагружения). При этом продолжительность машинных испытаний не приводили к дей-

ствию неизменного напряжения, для которого определяли длительное сопротивление. В работе [8] предложено называть «пределом длительно-го сопротивления» ряд значений σ_t для разных периодов времени, что не логично, так как само понятие предела означает некоторую величину, в данном случае — постоянное значение сопротивления. Использование того или другого вида зависимости для изображения длительного сопротивления древесины до сих пор не имело убедительного обоснования.

Ранее [7] было показано, что важное значение при изучении прочности древесины имеют современные воззрения на длительную прочность твердых тел. Выдвинутая С. Н. Журковым [5] и Г. М. Бартневым [1] концепция температурно-временной зависимости длительной прочности в сущности впервые позволила связать длительную прочность твердого тела с характеристиками его молекулярного строения. Это положение подтверждено опытами на полимерных волокнах и производных целлюлозы, что дает принципиальное основание применить его к древесине. Согласно данной концепции, время до разрушения t выражается (при постоянной температуре) в зависимости от неизменно действующего напряжения σ уравнением:

$$t = Ae^{-\alpha\sigma}, \quad (2)$$

где A и α — постоянные;

$$A = ae^{bU_0},$$

здесь a и b — постоянные;

U_0 — энергия химических связей полимера.

Логарифмируя выражение (2), получим прямую

$$\ln t = \ln A - \alpha\sigma. \quad (3)$$

Длительные испытания древесины наиболее тщательно были проведены Н. Л. Леонтьевым [8]; для каждого напряжения устанавливали под нагрузку 5 образцов однородной древесины, продолжительность испытаний достигала 5 лет. Опыты проводили при изгибе и скалывании вдоль волокон образцов древесины ели объемной массой $\sim 0,4$ и влажностью 13—14% в комнатных условиях при температуре $\sim +20^\circ\text{C}$. На этих данных основана описываемая ниже проверка применимости уравнения (2) к древесине. Значения времени до разрушения, приведенные в работе [8] в сутках, пересчитаны нами в секунды (табл. 1); на рис. 1 построена прямая $\sigma - \lg t$ для изгиба и скалывания вдоль волокон древесины ели при значениях $\lg A = 17,1$ и $\alpha = 5,56$. Для проверки правильности прямой рис. 1 продолжительность машинного испытания t_1 при определении $\sigma_{вр}$ приведем к времени t_1 действия неизменного напряжения, затем по величине t_1 на прямой найдем значение σ_1 и сравним его с пределом прочности $\sigma_{вр}$, принятым в книге [8] за 100%-ный уровень длительных напряжений*.

Скорость машинных испытаний [8] принимали (по ГОСТу 6336—52) равной $700 \pm 20\%$ кг/мин на образец, нагружаемый в третья пролета, что соответствует скорости роста краевого напряжения $\omega =$

* Вместо указанных в работе [8] значений $t=0$ в табл. 1 принято $t=t_1$. При изгибе в случае $\sigma = 4,12$ кг/мм² точка построена для образца с меньшим значением $t = 317$ суткам, а при скалывании в случае $\sigma = 0,329$ кг/мм² — для образца с $t = 499,9$ суток с постоянной влажностью (11,1—11,2 %).

$= 2100 \text{ кг/см}^2 \cdot \text{мин}$, отсюда $\omega = \frac{2100}{60 \cdot 100} = 0,35 \text{ кг/мм}^2 \cdot \text{сек}$. Согласно данным работы [6]

$$t_1 = \frac{1}{\alpha \omega} = \frac{1}{5,56 \cdot 0,35} = 0,513 \text{ сек}; \lg t_1 = -0,290.$$

По прямой рис. 1 найдем $\sigma_1 = 7,18 \text{ кг/мм}^2$, тогда

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_{\text{вр}}}{\sigma_{\text{вр}}} \cdot 100 = \frac{7,18 - 6,86}{6,86} = 4,7 \%$$

Таблица 1

Значения времени до разрушения образцов древесины ели при изгибе и скальвании вдоль волокон (исходные данные по [8])

Изгиб		ед [8], сутки	$\lg t$ (сек)	Скальвание вдоль волокон			$\lg t$ (сек)
кг/мм ²	%			кг/мм ²	%	t [8], сутки	
6,86	100	—	—	0,65	100	—	—
6,19	90	$9,37 \cdot 10^{-2}$	3,908	0,585	90	0,2409	4,318
		$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,083			0,1007	3,937
		0	-0,290			0	-0,310
		$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,083			0,0007	1,178
		$2,1 \cdot 10^{-3}$	2,260			0	-0,310
			$\Sigma 10,056$				$\Sigma 8,833$
			Ср.2,011				Ср.1,766
5,50	80	$2,84 \cdot 10^{-1}$	4,390	0,520	80	0,6013	4,716
		$1,62 \cdot 10^{-2}$	3,146			0,0049	2,626
		2,802	5,384			0,0062	2,729
		$2,22 \cdot 10^{-1}$	4,283			0,0007	1,178
		$3,55 \cdot 10^{-1}$	4,487			0,0146	3,097
			$\Sigma 21,690$				$\Sigma 14,346$
			Ср.4,340				Ср.2,869
4,80	70	4,07	5,546	0,455	70	0,1153	3,999
		15,56	6,129			14,63	6,097
		4,61	5,601			7,257	5,797
		7,25	5,797			72,0	6,794
		0,902	4,892			23,12	6,301
			$\Sigma 27,965$				$\Sigma 28,988$
			Ср.5,593				Ср.5,798
4,12	60	$3,17 \cdot 10^2$	7,438	0,390	60	82,50	6,853
		$1,832 \cdot 10^3$	8,201			102,49	6,948
		$1,088 \cdot 10^3$	7,974			20,11	6,240
		$(1,832 \cdot 10^3)$	(8,201)			69,50	6,780
		$(1,832 \cdot 10^3)$	(8,201)			69,96	6,782
			$\Sigma 40,415$				$\Sigma 33,603$
			Ср.8,003				Ср.6,720
3,43	50	$4,25 \cdot 10^2$	7,565	0,325	50	216,9	7,274
		$8,20 \cdot 10^2$	(7,852)			193,9	7,225
			(7,852)			499,9	7,635
			(7,852)			234,9	7,308
			(7,852)			217,8	7,275
			$\Sigma 38,973$				$\Sigma 36,717$
			Ср.(7,794)				Ср.7,343

Примечание. В скобках приведены данные для неразрушившихся образцов.

Применим прямую рис. 1 к опытам со скальванием; в результате такой же проверки разница между σ_1 и $\sigma_{\text{вр}}$ составляет 4,9%, как и при

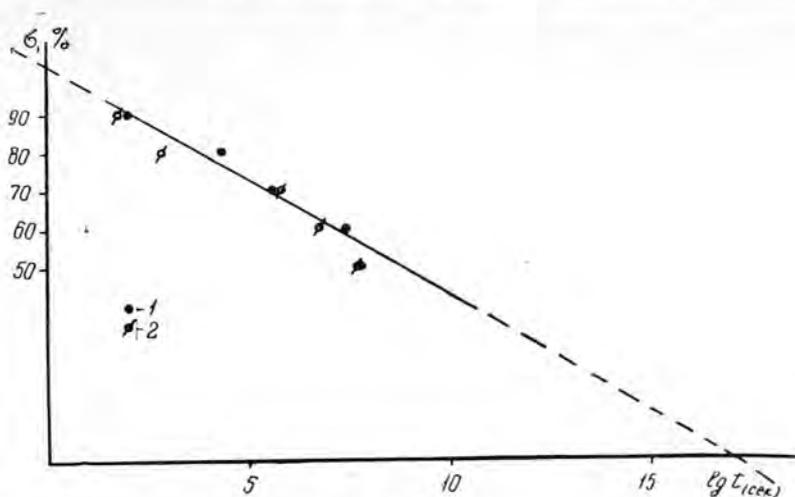


Рис. 1.

1 — опытные точки для изгиба; 2 — для скалывания (по работе [8]).

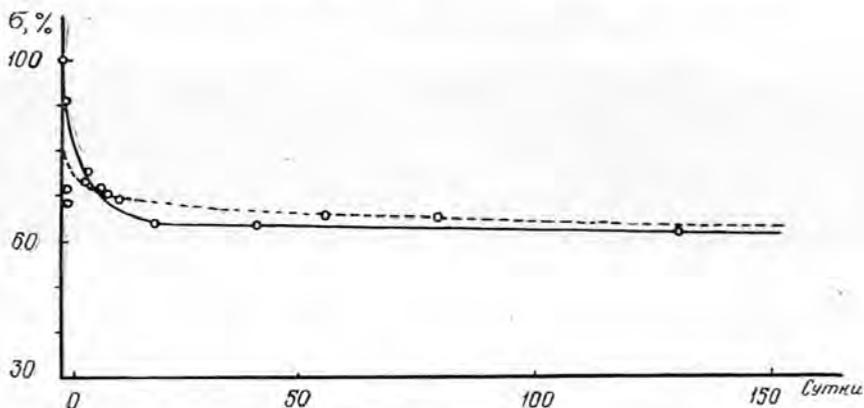


Рис. 2.

изгибе $\sim 5\%$. Полученный результат распространения одной прямой (рис. 1) на разные виды работы материала согласуется с концепцией, по которой закономерность изменения прочности со временем действительна для разных видов напряженного состояния. Поскольку длительная прочность древесины зависит от времени действия нагрузки, необходимо указывать, к какому периоду времени относится величина прочности; то же касается и значения $k_{дс} = \sigma_t / \sigma_{ур}$.

Нами сделана попытка применить прямую рис. 1 к результатам длительных испытаний древесины разных пород. На рис. 2 показана для древесины осины при изгибе кривая длительного сопротивления (сплошная линия) по уравнению (1) и опытные точки по данным Ф. П. Белянкина [2], а для сравнения построена кривая $\sigma - t$ (штриховая линия), соответствующая прямой рис. 1 для древесины ели. Разница между этими кривыми находится в пределах разброса опытных точек, хотя ель и осина достаточно различаются как по строению, так и по свойствам древесины. Можно предполагать, что существует единая закономерность снижения сопротивления древесины во времени независимо от породы. Такое предположение основано на том, что от-

Таблица 2

Значения времени до разрушения образцов древесины дугласовой пихты при изгибе (исходные данные по [14])

Серия образцов с влажностью 12 %			Серия образцов с влажностью 6 %					
σ , %	$\lg t(\text{час})$ [14]	$\lg t(\text{сек})$	σ , %	$\lg t(\text{час})$ [14]	$\lg t(\text{сек})$	σ , %	$\lg t(\text{час})$ [14]	$\lg t(\text{сек})$
95	-1,000	2,556	95	-0,250	2,913	75	0,750	5,959
				-0,522			1,482	
90	-0,833	3,331		-0,587			1,886	
	-0,544			-0,620			1,960	
	0,042			-0,736			2,820	
	0,434			-0,866			2,980	
Среднее	-0,225			-0,925			3,342	
			Среднее	-0,644			3,941	
85	-0,446	3,628				Среднее	2,403	
	0,141		90	-0,719	3,901			
	0,529			-0,297		70	2,442	6,803
Среднее	0,072			-0,108			3,313	
				0,311			3,406	
80	0,368	4,867		0,580			3,492	
	2,253			1,164			3,584	
Среднее	1,311		Среднее	1,486		Среднее	3,247	
				0,345				
75	2,235	5,918				65	3,950	7,814
	2,399		85	-1,000	3,720		4,205	
	2,452			-0,618			4,262	
Среднее	2,362			-0,521			4,354	
				-0,344			4,390	
70	2,164	6,668		-0,115			4,258	
	2,605			0,680				
	2,697			0,850				
	3,370			0,973				
	3,533			1,576				
	3,840		Среднее	0,164				
Среднее	3,112							
65	3,278	7,081	80	1,516	5,543			
	3,427			1,742				
	3,870			1,827				
Среднее	3,525			1,920				
				1,962				
				2,000				
				2,042				
				2,128				
				2,300				
			Среднее	1,987				

носительное снижение сопротивления древесины во времени определяется молекулярным строением одного и того же несущего вещества — целлюлозы вторичного слоя механических волокон, общего для древесины разных пород. Различия же в абсолютных величинах прочности обусловлены всем многообразием анатомического и тонкого строения древесной ткани как у одной, так и у разных пород древесины.

Длительные испытания были также тщательно проведены в Медисонской лаборатории при изгибе древесины дугласовой пихты [14]; общая продолжительность испытаний ~ 5 лет; среднее число образцов на каждый уровень напряжений 3—6. Опыт проводили в помещении с кондиционированием воздуха и постоянной равновесной влажностью образцов 12 и 6%, размер образцов $25,4 \times 25,4$ мм, пролет 457 мм, температура в помещении 80°F ($26,7^\circ\text{C}$) [12]. По графикам работы [14] на-

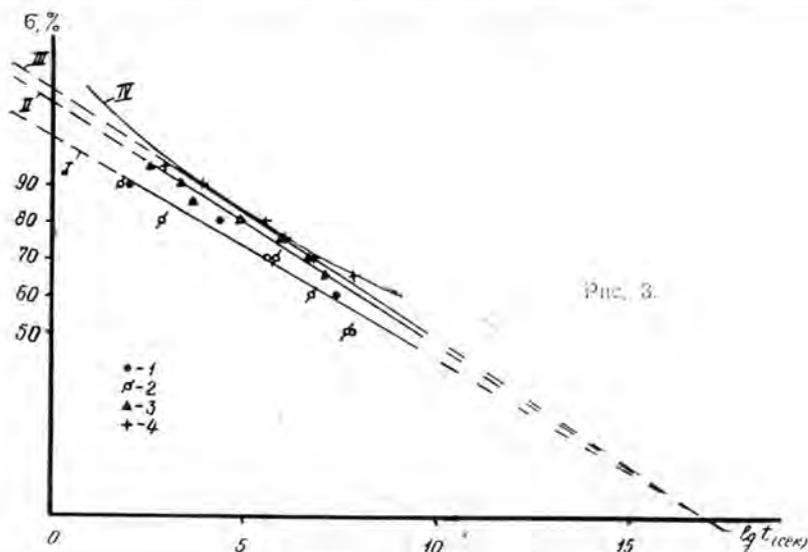


Рис. 3.

ми взяты величины $\lg t$ и по ним вычислены средние $\lg t$ (табл. 2). Сопоставление разброса значений $\lg t$ на разных уровнях напряжения (см. серию с большим числом образцов при влажности 6%) показывает отсутствие закономерности в изменении вероятности разрушения с изменением величины напряжения.

По средним значениям $\lg t$ (табл. 2) на рис. 3 нанесены опытные точки и проведены прямые II и III по данным работы [14] для изгиба древесины дугласовой пихты; влажность образцов соответственно 12 и 6%; прямая I нанесена по данным рис. 1; кривая IV гиперболического типа предложена в работе [14] как описывающая опытные данные для образцов с влажностью 12 и 6%. Из рис. 3 следует, что прямые II и III находятся ближе к опытным точкам, чем кривая IV; для образцов с разной влажностью отчетливо располагаются две прямые II и III, закономерно сходящиеся приблизительно в точке пересечения прямой I с осью $O \lg t$ (абсцисса $\lg A_{(сек)} = 17,1$).

Поскольку для прямых II и III температура была одинаковой (27°C), различный наклон их следует, очевидно, объяснить различной влажностью древесины образцов; при этом повышенной влажности соответствует более пологое расположение прямых. Последнее согласуется с данными о длительной прочности полимерных волокон, для которых с увеличением пластификации расположение лучей в пучке (при $\lg A = \text{const}$) становится более пологим. В данном случае пластификатор древесины — влага. Этой же причиной, по-видимому, следует объяснить и более пологое расположение прямой I, соответствующее большей влажности и, кроме того, не постоянной, как для прямых II и III, а подверженной колебаниям в обычных комнатных условиях, где производили длительные испытания [8]. Различие температуры здесь не оказывает заметного влияния, так как относительная разница в ее величине (°K)

$$\frac{300 - 293}{300} \cdot 100 = 2,3 \%$$

незначительна по сравнению с относительной разницей во влажности древесины, например, для прямых I и II,

$$\frac{13,5 - 12}{13,5} \cdot 100 = 11 \%$$

Прямую I можно использовать для определения длительной прочности древесины на длительные периоды времени по результатам кратковременных испытаний. Если известен результат испытаний кратковременной нагрузкой (два значения σ и t), то прямая I позволяет экстраполировать этот результат на другой период времени действия длительной нагрузки. Прямую I, отвечающую обычным температурным условиям внутри отапливаемых помещений, можно рекомендовать для оценки длительной прочности конструкционных элементов и деталей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. М. Бартевев. Временная и температурная зависимость прочности твердых тел. Известия АН СССР, Отделение технических наук, № 9, 1955. [2]. Ф. П. Белянкин. Граница тривалого опоры дерева. Збірник Праць Інституту Будівельської Механіки, ВУАН, Киев, т. 7, 1931. [3]. Ф. П. Белянкин, В. Ф. Яценко. Деформативность и сопротивляемость древесины как упруго-вязко-пластического тела. Изд. АН УССР, Киев, 1957. [4]. В. Н. Быковский. Основы ускоренного определения предела долговременного сопротивления древесины. Сб. «Деревянные конструкции и изделия», Стройиздат, М., 1958. [5]. С. Н. Журков, Б. Н. Нарзуллаев. Временная зависимость прочности твердых тел. Журн. «Техническая физика», т. 33, в. 10, 1953. [6]. С. Н. Журков, Э. Е. Томашевский. Временная зависимость прочности при различных режимах нагружения. Сб. «Некоторые проблемы прочности твердых тел». Изд. АН СССР, М.—Л., 1959. [7]. Ю. М. Иванов. Современное состояние исследований длительного сопротивления древесины. Сб. «Исследования прочности и деформативности древесины», НТО строительной промышленности. Стройиздат, М., 1956. [8]. Н. Л. Леонтьев. Длительное сопротивление древесины. Гослесбуиздат, М.—Л., 1957. [9]. В. Ф. Яценко. Ускоренный метод определения предела долговременного сопротивления древесины. Информационный листок № 14, ИСМ АН УССР, Киев, 1957. [10]. O. Graf. Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe u. der Konstruktionselemente, Berlin, 1929. [11]. H. D. Tiemann. Some results dead load bending tests of timber by means of a recording deflectometer. Proc. Amer. Soc. for testing materials, v. 9, 1909. [12]. H. D. Tiemann. Wood Technology. N—Y., 1951. [13]. L. W. Wood. Behavior of wood under continued loading. Eng. News Record, v. 139, № 24, 1947. [14]. L. W. Wood. Relation of Strength of Wood to Duration of Load. US Forest Products Laboratory NR 1916, Dec. 1951.

Поступила 28 марта 1972 г.

УДК 674.05 : 621.9

УСТАНОВКА ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРЕУГОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ЭПИЦИКЛИЧЕСКИХ КРИВЫХ

В. В. РУКИН, И. В. БАТИН

Львовский лесотехнический институт

На основе разработанной авторами теории в статье предлагается сравнительно простой метод расчета параметров эквивалентного механизма в зависимости от параметров детали. Преобразование эквивалентного механизма позволяет дать простое конструктивное решение установки для механизации изготовления подобных деталей. Несколько необычное использование одноступенчатого редуктора, дополненного рядовой передачей, позволяет создать установку для изготовления деталей треугольного профиля, различных по габаритам и конфигурации.

В деревообрабатывающей промышленности широко применяются детали треугольного профиля с радиально закругленными вершинами. Технологический процесс изготовления таких деталей строится на осно-

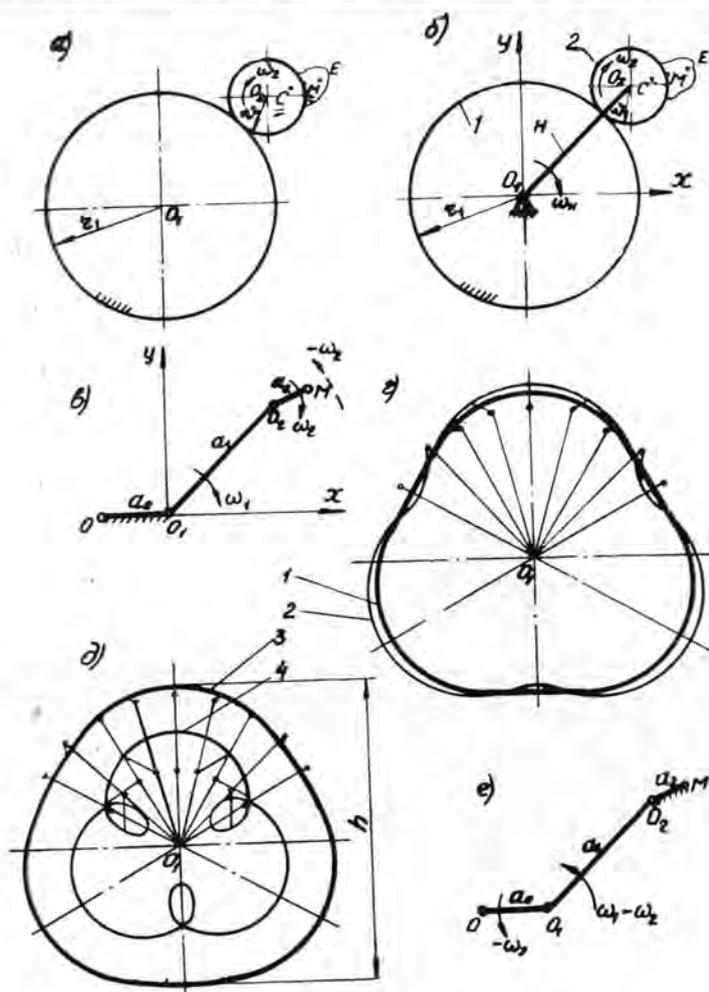


Рис. 1.

ве ручной обработки по контуру предварительно размеченной заготовки или по шаблону.

В нашей статье изложены предложения по механизации и последующей автоматизации обработки подобных деталей на базе математических кривых, фактически не используемых до настоящего времени в технике.

Вообразим производящий круг радиусом r_2 (рис. 1, а), катящийся без скольжения по неподвижному направляющему кругу радиусом r_1 [5]. Геометрическое место, описанное при таком движении некоторой точкой M окружности катящегося круга, называется «обыкновенной» эписциклоидой. Если радиус производящего круга в три раза меньше радиуса направляющего круга ($K_r = \frac{r_1}{r_2} = 3$), то эписциклоида имеет три точки возврата или три ветви. Возьмем точку C внутри и точку E вне окружности производящего круга и жестко свяжем их с последним. Подобно точке M окружности производящего круга точки C и E двигаются вместе с кругом и описывают некоторые родственные обыкновенные*

новенной эпициклоиде кривые: внутренняя точка описывает обыкновенную укороченную эпициклоиду без заострений, а внешняя — обыкновенную удлиненную эпициклоиду с петлями.

Для кинематического замыкания эпициклический механизм можно выполнить в виде планетарной передачи, состоящей из двух цилиндрических колес и водила (рис. 1, б) [3]. Функцию производящего круга здесь выполняет сателлит 2, который вместе с водилом H совершает сложное вращательное движение вокруг собственной геометрической оси O_2 и вместе с этой осью — вокруг оси O_1 опорного колеса 1.

Выведем уравнение эпициклоиды как кривой, описываемой некоторой точкой M сателлита 2 эпициклической планетарной передачи. Из рис. 1, б находим

$$\begin{aligned}x_M &= (r_1 + r_2) \cos \omega_H t + r_2 \cos \omega_2 t; \\y_M &= (r_1 + r_2) \sin \omega_H t + r_2 \sin \omega_2 t.\end{aligned}\quad (1)$$

Поскольку передаточное отношение от сателлита к водилу

$$i_{2H} = \frac{\omega_2}{\omega_H}, \quad (2)$$

то выражение (1) можно переписать

$$\begin{aligned}x_M &= (r_1 + r_2) \cos \omega_H t + r_2 \cos i_{2H} \omega_H t; \\y_M &= (r_1 + r_2) \sin \omega_H t + r_2 \sin i_{2H} \omega_H t.\end{aligned}\quad (1a)$$

Возьмем точку C на расстоянии $O_2C = b_{2C} < r_2$ и точку E на расстоянии $O_2E = b_{2E} > r_2$. Чтобы получить уравнение обыкновенной укороченной эпициклоиды, в выражении (1a) во втором слагаемом значение r_2 заменим величиной b_{2C} , а для обыкновенной удлиненной эпициклоиды — b_{2E} . Введем коэффициент K_2 искажения эпициклической кривой по второму звену

$$K_2 = \frac{b_2}{r_2}, \quad (3)$$

тогда уравнение (1a) в общем виде можно представить выражением:

$$\begin{aligned}x &= (r_1 + r_2) \cos \omega_H t + K_2 r_2 \cos i_{2H} \omega_H t; \\y &= (r_1 + r_2) \sin \omega_H t + K_2 r_2 \sin i_{2H} \omega_H t.\end{aligned}\quad (4)$$

Выражение (4) при $K_2 = 1$ — уравнение обыкновенной эпициклоиды, при $K_2 < 1$ — обыкновенной укороченной эпициклоиды и при $K_2 > 1$ — обыкновенной удлиненной эпициклоиды.

Общая формула для определения передаточного отношения от сателлита к водилу в эпициклической планетарной передаче:

$$i_{2H} = 1 + i_{21}^H, \quad (5)$$

где

$$i_{21}^H = \frac{r_1}{r_2}. \quad (5a)$$

Для трехветвистой эпициклоиды $i_{2H} = 4$. Для эпициклической планетарной передачи направления вращения сателлита и водила совпадают.

Каждый механизм, включающий высшие пары, теоретически можно заменить механизмом, содержащим только низшие пары [1]. На рис. 1, в изображен механизм в виде трехзвенника с низшими парами. В этом

механизме: a_0 — неподвижное звено или стойка; a_1 — звено, выполняющее функцию водила; a_2 — звено, выполняющее функцию сателлита.

Для трехзвенного механизма с низшими парами уравнение (4) имеет вид:

$$\begin{aligned} x &= a_1 \cos \varphi_1 + K_2 a_2 \cos K_{\omega} \varphi_1; \\ y &= a_1 \sin \varphi_1 + K_2 a_2 \sin K_{\omega} \varphi_1. \end{aligned} \quad (6)$$

Выражение (6) при $K_2 = 1$, $a_2 = r_2$ и $K_{\omega} = i_{2H}$ — уравнение обыкновенной эциклоиды; при $K_2 < 1$ — обыкновенной укороченной эциклоиды и при $K_2 > 1$ — обыкновенной удлиненной эциклоиды.

Для обыкновенной трехветвистой эциклоиды $K_a = \frac{a_1}{a_2} = 4$. Как показали расчеты [2], для эциклоид, приближенных к треугольникам, отношение длин звеньев обратно пропорционально отношению квадрата их угловых скоростей.

Если в выражение (6) подставить значение $a_1 = \frac{h}{2}$ (рис. 1, δ), $a_2 = \frac{a_1}{4}$ и $K_2 = \frac{1}{K_{\omega}}$, то геометрическое место, описанное при таком движении некоторой точкой звена a_2 , удаленной от центра O_2 на расстоянии $\frac{a_2}{K_{\omega}}$, соответствует фигуре 1, при несколько увеличенном значении K_2 — соответствует фигуре 2, при несколько уменьшенном K_2 — фигуре 3 (рис. 1, z, δ).

В традиционной схеме фрезерного станка ось фрезы неподвижна, а обрабатываемая заготовка движется относительно фрезы. Чтобы применить изложенную теорию в схеме станка, всем звеньям в системе заменяющего трехзвенного механизма сообщим вращение с угловой скоростью ω_2 (рис. 1, b, e). Тогда звено a_2 (фреза) остановится, угловая скорость звена a_1 равна $\omega_1 - \omega_2$, а заготовка (звено a_0) будет вращаться с угловой скоростью ω_2 . При этом заготовка вращается относительно оси O_1 , а звено a_1 , несущее эту ось, — относительно оси O_2 . Неподвижный инструмент находится на расстоянии a_2 от оси O_2 .

Для трехветвистой эциклоиды передаточное отношение между заготовкой a_0 и звеном a_1 при неподвижной фрезе равняется $\frac{1}{3}$.

Чтобы применить изложенную теорию в конструкции установки, в качестве основного возьмем обычный одноступенчатый редуктор с передаточным отношением, равным 3. Повернем его так, чтобы оси валов расположились вертикально, и ведущий вал жестко соединим со станиной (рис. 2, a). При вращении корпуса H редуктора относительно неподвижного вала последний работает как эциклическая планетарная передача, у которой передаточное отношение между сателлитом z_2 и водилом (корпусом)

$$i_{2, H} = 1 + \frac{z_1}{z_2} = \frac{4}{3}, \quad (7)$$

а направления вращения водила и сателлита совпадают. Если на ведомом валу редуктора закрепить заготовку, то необходимое отношение между угловой скоростью заготовки и корпусом редуктора будет выдержано.

Однако при такой схеме установки можно изготовить семейство деталей треугольного профиля с постоянной величиной $h = 2A$. Для универсальности установки воспользуемся дополнительной передачей с передаточным отношением, равным 1, и межцентровым расстоянием, равным расстоянию A основного редуктора. Передачу установим так,

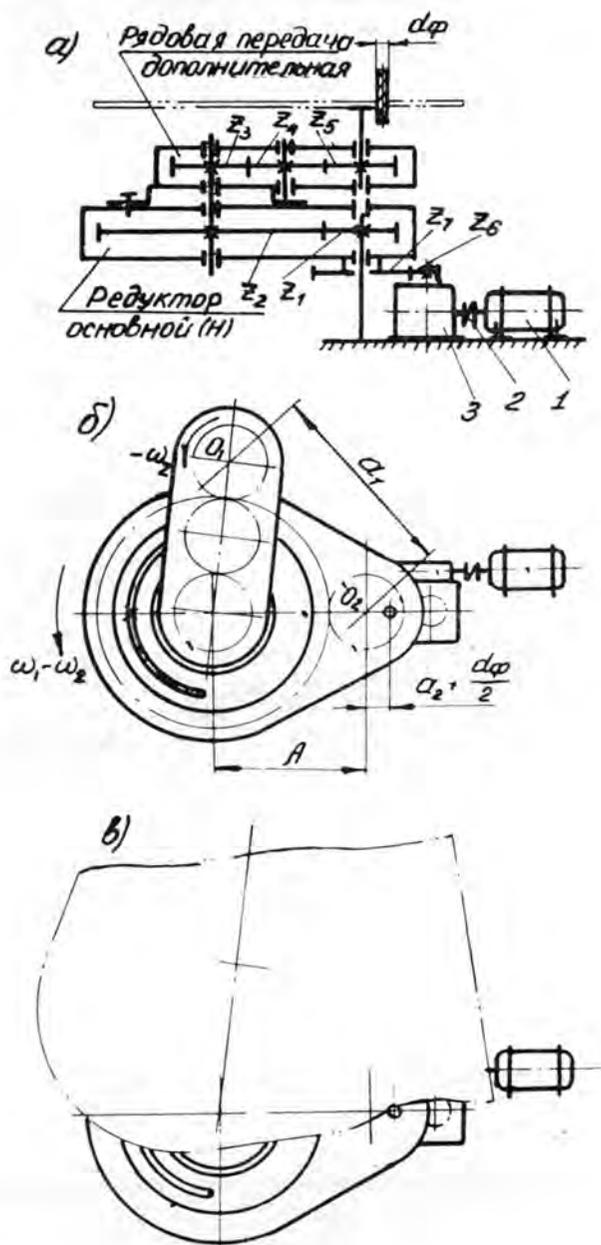


Рис. 2.

чтобы ведомый вал основного редуктора служил ее осью поворота и приводом вращения колеса z_3 . Для обеспечения необходимой длины звена a_1 рядовую передачу повернем и зафиксируем так, чтобы расстояние $O_1O_2 = a_1$. Необходимую длину звена a_2 (рис. 2, б) устанавливаем путем перемещения фрезы относительно оси O_2 . Заготовку крепим к столу, смонтированному на торце ведомого вала дополнительной передачи. Привод установки осуществляем от двигателя 1 через муфту 2, червячный редуктор 3 и открытую передачу колесами z_6 и z_7 ; ве-

домое колесо передачи жестко соединено с корпусом основного редуктора. В соответствии с рис. 2, в обрабатываемая деталь имеет размер $h = 2a_1$. Меняя a_1 и a_2 , можно изготовить бесчисленное множество различных деталей треугольного профиля до максимального размера $h = 4A$.

С помощью параллельной установки или установки, рассмотренной выше, но соответствующим образом перестроенной ($K_2 > 1$), на изготовленную деталь можно наносить резьбу в виде трехветвистой удлиненной эпициклоиды 4 (рис. 1, в). Для получения детали более четкого треугольного профиля с меньшими радиусами закругления подобную установку следует проектировать на основе теории гипоциклических кривых [4].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. И. Артоболовский. Теория механизмов и машин. Изд-во «Высшая школа», 1968. [2]. Н. М. Карелин. О кинематических методах обработки деталей с криволинейными сечениями. Журн. «Приборостроение» № 6, 1956. [3]. Н. И. Колчин. Механика машин. Т. 1. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1962. [4]. В. В. Рукин, И. В. Батин. Станок для бесшаблонного изготовления деталей треугольного профиля с радиально-закругленными вершинами. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 1, 1972. [5]. В. И. Смирнов. Курс высшей математики. Т. 1. Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1951.

Поступила 28 марта 1972 г.

УДК 674.053

О ТОЧНОСТИ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

В. К. ПАШКОВ, В. Г. БОДАЛЕВ

Уральский лесотехнический институт

Приведены аналитические зависимости для оценки возможных ошибок при бесконтактном измерении температуры движущихся объектов и даны рекомендации по повышению точности таких измерений за счет термостабилизации приемника излучения, оснащения его оптической системой и пр.

Неравномерный нагрев дисковых пил — один из главных факторов, определяющих их динамическую устойчивость в процессе продольной распиловки. Проведенные экспериментальные исследования не позволяют с достаточной достоверностью установить связь между нагревом дисковых пил и режимами распиловки, что в значительной степени связано с трудностями замера температуры движущихся объектов.

Для этой цели наиболее перспективны радиационные пирометры с болометрическими и термоэлектрическими приемниками излучения, так как они отвечают главным требованиям, предъявляемым к средствам измерения температуры движущихся объектов: отсутствие механического и электрического контакта измерительной аппаратуры с исследуемым объектом, малая инерционность, достаточная точность и объективность измерения. Но точность бесконтактного измерения температуры дисковых пил может быть значительно снижена вследствие появления ошибок, вызванных: 1) нелинейным распределением плотности излучения по радиусу диска пилы; 2) нарушением теплового равновесия пилы; 3) изменениями температуры приемника излучения, не связанными с измеряемой температурой.

Для выявления способов уменьшения этих ошибок рассмотрим физические основы их возникновения. Нагретое тело, подчиняющееся закону Ламберта*, ежесекундно излучает в пространство энергию B в форме электромагнитных колебаний, пропорциональную четвертой степени абсолютной температуры T этого тела,

$$B = cT^4,$$

где c — коэффициент пропорциональности.

Некоторая часть $\Phi = BS\omega_n$ полной излучаемой энергии, определяемая площадью поверхности тела

$$S = \omega l^2, \quad (1)$$

«видимой» приемником излучения внутри телесного угла ω с расстояния l (рис. 1, а), а также телесным углом

$$\omega_n = \frac{S_n}{l^2}, \quad (2)$$

под которым излучение падает на приемник (S_n — площадь чувствительной поверхности приемника), вызывает нагрев приемника и преобразуется им в электрический сигнал, пропорциональный температуре исследуемого тела.

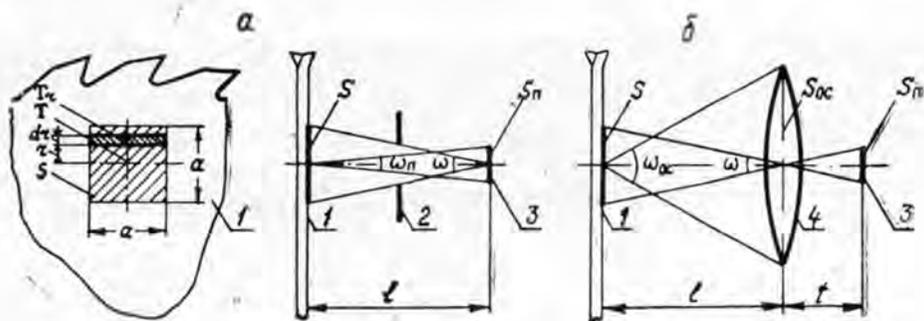


Рис. 1. Схемы бесконтактного измерения температуры: непосредственного (а) и с помощью оптической системы (б).

1 — дисковая пила; 2 — диафрагма; 3 — приемник излучения; 4 — оптическая система.

При измерении температуры дисковых пил появляется неизбежная ошибка, обусловленная нелинейным распределением плотности излучения по радиусу диска. Из данных нашей работы [3] видно, что температура по радиусу диска r изменяется по закону показательной функции $T_r = T k^r$. В этом случае получаемая датчиком с квадратной площадки (сторона a , температура центра площадки T) энергия (рис. 1, а)

$$\Phi = c\omega_n \int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} T_r^4 ds = c\omega_n a \int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} (Tk^r)^4 dr = \frac{c\omega_n a T^4 (k^{2a} - k^{-2a})}{4 \ln k}. \quad (3)$$

При равномерном распределении температуры по площадке (как это имеет место при градуировке прибора)

* В пределах углов, используемых в радиационной пирометрии, поверхность пил можно считать подчиняющейся закону Ламберта.

$$\Phi = c \omega_n a^2 T^4. \quad (4)$$

С учетом выражений (3) и (4), при измерении температуры возникает относительная ошибка

$$\varepsilon = 1 - \frac{k^{2a} - k^{-2a}}{4a \ln k}. \quad (5)$$

Так как в выражении (5) коэффициент k — функция скорости вращения и толщины пилы, то учесть эту ошибку трудно. Ее можно значительно снизить, уменьшив площадь S либо путем снижения угла ω , либо уменьшением расстояния l . Однако уменьшение расстояния l увеличивает ошибки второго и третьего типов.

Расположение приемника излучения в непосредственной близости от вращающейся пилы вызывает перераспределение граничных воздушных потоков (а следовательно, и температур), главным образом, в той области пыльного диска, где производится измерение температуры. Может возникнуть ошибка, которую трудно учесть, так как ее величина зависит от размеров пилы, скорости ее вращения и местоположения приемника излучения.

При измерении температуры дисковых пил наибольшую величину имеют ошибки, обусловленные изменением температуры приемника излучения, вследствие изменения температуры окружающей среды или интенсивности охлаждения приемника излучения окружающими воздушными потоками. Удельный вес этой ошибки особенно велик в связи с низкими значениями (порядка 20—30°) измеряемых перепадов температур. В таких условиях обычная компенсация изменения температуры приемника по мостовой схеме малоэффективна из-за разброса параметров рабочего и компенсационного элементов приемника, и изменение окружающей температуры в пределах $\pm 2^\circ$ вызывает ошибку измерения $\pm 5\%$. Снижение этого вида ошибки до приемлемой величины (порядка $\pm 0,5\%$) требует либо чрезвычайно тщательного подбора характеристик рабочего и компенсационного элементов приемника, либо его термостабилизация (точность $\pm 0,2^\circ\text{C}$).

Если приемник поместить на незначительном расстоянии от пилы, то изменение температуры приемника за счет изменения скоростей воздушного потока увеличивает ошибку до $\pm 20\%$. Меньшую часть этой ошибки (от изменения скоростей потока при боковом отклонении пилы) удастся скомпенсировать путем дифференциального включения двух приемников излучения, расположенных по обе стороны пыльного диска [1]. А для устранения большей части ошибки (от изменения скоростей воздушного потока при изменении скорости вращения пилы и радиальном перемещении приемника) нужно вынести приемник излучения за пределы эксгаустерного устройства. Однако в таком случае отпадает необходимость компенсации изменения расстояния l , возникающего при боковом отклонении пилы. Действительно, из выражений (1) и (2) видно, что при изменении расстояния l изменяются величины S и ω_n , но воспринимаемая приемником (без учета ослабления воздухом) и определяющая его показания энергия

$$\Phi = BS\omega_n = B\omega l^2 \frac{S_n}{r} = B\omega S_n$$

остаётся неизменной. При возможных значениях величин T и Δl относительная ошибка, вызываемая изменением ослабления излучения воздухом при изменении расстояния на величину Δl [2], ничтожна ($< 10^{-11}$)

$$\varepsilon = 1 - e^{-1,41 \cdot 10^{-11} T^4 \Delta l}$$

Рассмотренные ошибки можно уменьшить, применяя термостабилизацию приемника излучения и снижая площадь S до 1—3 мм² (за счет уменьшения угла ω) при одновременном увеличении расстояния от приемника до пилы до 100—200 мм. Последнее мероприятие значительно снижает полезный сигнал и, следовательно, может увеличить ошибку третьего типа. Это противоречие разрешается применением оптической системы (рис. 1, б), перераспределяющей поток лучистой энергии и тем самым увеличивающей полезный сигнал в n раз

$$n = \frac{\Phi_{o.c.}}{\Phi} = \frac{B \cdot S \cdot \omega_{o.c.}}{B \cdot S \omega_n} = \frac{S_{o.c.}}{S_n},$$

где $\omega_{o.c.} = \frac{S_{o.c.}}{r}$ — телесный угол, под которым излучение падает на входное отверстие оптической системы площадью $S_{o.c.}$;

n — коэффициент оптического усиления.

Необходимое для получения заданной площади S фокусное расстояние оптической системы f можно определить по формуле

$$f = l \sqrt{\frac{S_n}{S}}.$$

Повышение точности бесконтактного измерения температуры достигается применением термостабилизации приемника излучения и оснащением приемника излучения рационально спроектированной оптической системой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Э. Грубе, В. И. Санев. Унификация методов расчета сил резания при пилениях. Научный отчет № 3399 по теме № 0.34.053 «б», Архангельск, 1968.
 [2]. В. В. Козелкин, И. Ф. Усольцев. Основы инфракрасной техники. «Машиностроение», М., 1967.
 [3]. В. К. Пашков, В. Г. Бодалев. Исследование нагрева дисков пил при пилениях в зависимости от технологических факторов и конструктивных параметров пил. Научный отчет № 12/69 НИСа УЛТИ, Свердловск, 1969.

Поступила 13 марта 1972 г.

УДК 634.0.812

ОБ ОДНОМ ЭФФЕКТЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ В НИЗКОЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ НАГРУЖЕНИЯ

Б. П. ЕРЯХОВ, Н. Л. ПЕРФИЛЬЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены данные о реологических свойствах древесины в инфранизкочастотной области нагружения. Аномальная зависимость изменения модуля сдвига с ростом частоты доказывает наличие элементов сухого трения в реологической модели древесины десяти исследованных пород.

В предыдущей нашей работе [2] при помощи метода затухающих крутильных колебаний призматического образца [1], ориентированного волокнами перпендикулярно направлению сдвиговых колебаний, было показано, что для всех десяти исследованных пород древесины ди-

намический модуль сдвига G и сдвиговая вязкость η уменьшаются при возрастании частоты от 20 гц и выше.

В настоящей статье приведены данные о реологических свойствах древесины в инфранизочастотной области нагружения. Чтобы повысить точность измерений реологических параметров древесины, установку модернизировали и перевели на резонансный метод возбуждения.

Теоретическая часть

Метод затухающих крутильных колебаний [1] имеет ряд недостатков. Например, для определения частоты и логарифмического декремента затухания требуется осциллографирование затухающего колебательного процесса на фотопленку, что существенно снижает надежность и увеличивает трудоемкость измерений. Кроме того, индукционный датчик скорости смещения коромысла колеблющейся системы недостаточно совершенен и удобен, так как установка нового образца требует дополнительной юстировки системы, что снижает производительность труда экспериментатора.

При резонансном методе возбуждения количество недостатков существенно уменьшается, точность измерений резко возрастает, а продолжительность измерений сводится к минимуму (продолжительность одного измерения составляет 1—2 мин).

Для определения реологических свойств древесины и других твердых полимеров применяют следующие формулы [3]:

$$G = \frac{4\pi^2 I_c h}{k_1 A^3 B} \nu^2; \quad (1)$$

$$\eta = \frac{2G\Delta'}{4\pi^2\nu}, \quad (2)$$

где G и η — динамические модуль сдвига и сдвиговая вязкость материала;

I_c — момент инерции колеблющейся системы;

$k_1 = f \left(\frac{B}{A} \right)$ — коэффициент формы сечения образца в виде прямоугольника со сторонами $B \geq A$;

Δ' — логарифмический декремент затухания, определяемый логарифмом отношения двух последующих амплитуд колебаний;

ν — циклическая частота затухающих крутильных колебаний, соответствующая первой гармонике (узел на верхнем конце образца, пучность — на нижнем).

Величины Δ' и ν определяли из осциллограммы затухающего колебательного процесса. В резонансном методе возбуждения добротность колеблющейся системы Q при малом демпфировании связана с резонансной частотой ν крутильных колебаний следующим образом [6]:

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\Delta\nu}{\nu}, \quad (3)$$

здесь $\Delta\nu$ — изменение частоты возмущающей силы, необходимое для изменения амплитуды колебаний от половины ее максимального значения по одну сторону резонансной кривой до половины максимального значения по другую сторону;

$\frac{\Delta\nu}{\nu}$ — ширина резонансного пика — мера внутреннего трения в материале.

Величина $\frac{\Delta v}{v}$ связана с логарифмическим декрементом затухания Δ' следующим образом:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\sqrt{3}}{\pi} \Delta'. \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) найдем

$$Q = \frac{\pi}{\Delta'}. \quad (5)$$

Если в формулу (2) вместо Δ' подставить выражение из уравнения (5), то с учетом равенства (3) получим

$$\eta = \frac{G \Delta v}{2 \sqrt{3} \pi v^2}. \quad (6)$$

Для проверки формулы (6) вместо комбинации $\frac{\Delta v}{v}$ можно подставить выражение из уравнения (4). Тогда

$$\eta = \frac{2 G \Delta'}{4 \pi^2 v}. \quad (7)$$

что совпадает с выражением (2).

Подставляя в равенство (6) значение модуля сдвига из формулы (1), получим окончательную расчетную формулу для динамической сдвиговой вязкости

$$\eta = \frac{2 \pi I_c h}{\sqrt{3} k_1 A^3 B} \Delta v. \quad (8)$$

Для призматического стержня с постоянным сечением в течение всей серии опытов имеем

$$\eta = N h \Delta v, \quad (9)$$

где $N = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\pi I_c}{k_1 A^3 B}$ — постоянная величина, характеризующая геометрию сечения и инерционность всей колеблющейся системы.

Описание экспериментальной установки

На рис. 1 приведена схема возбуждения вынужденных крутильных колебаний и фиксации резонансной частоты. К коромыслу 1, подвешенному к нижнему концу образца 2, приклеены два постоянных ферритовых магнита 3, против которых находятся два электромагнита 4, соединенных последовательно и питаемых от инфранизкочастотного генератора типа ГЗ-16 или ГЗ-47. Изменяя частоту генератора, добиваются максимального отклонения колеблющейся системы от положения равновесия. Датчиком вибро смещения служит пьезоэлектрический датчик 5 типа Д6.000 массой 30 г, прикрепленный к коромыслу. Максимум амплитуды определяется с помощью предусилителя ПУ, на который сигнал от вибродатчика подается гибким коаксиалом. От предусилителя ПУ сигнал поступает на виброизмерительную аппаратуру типа ВА-1 со стрелочным индикатором. В момент резонанса по цифровому частотомеру типа ЧН-6 отсчитывается резонансная частота ν , совпадающая с частотой собственных или свободных колебаний системы.

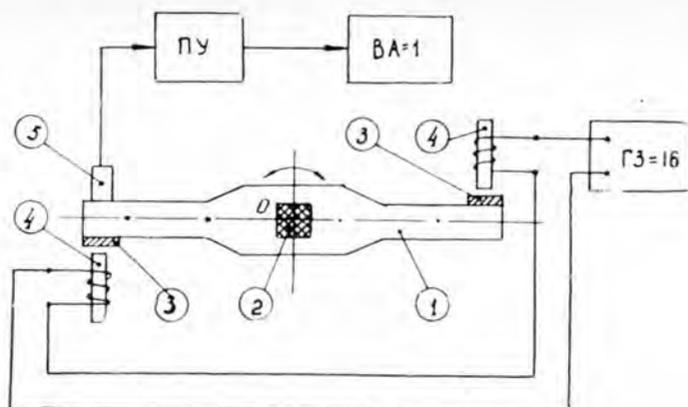


Рис. 1.

Для определения полуширины резонансной кривой $\frac{\Delta\nu}{\nu}$ в генераторе ГЗ-47 предусмотрена расстройка по частоте $\pm 15\%$ от резонансной частоты. Значение частот ν' и ν'' , связанных соотношением $\Delta\nu = \nu' - \nu''$, контролируется цифровым частотомером ЧН-6.

Результаты исследований и их анализ

Чтобы расширить частотный диапазон в сторону более низких значений (ниже 20 гц), из исследованных образцов размерами 2×2 см изготавливали более тонкие. Всего было испытано 10 пород древесины (общее количество 50 образцов). Высоту рабочей части образцов

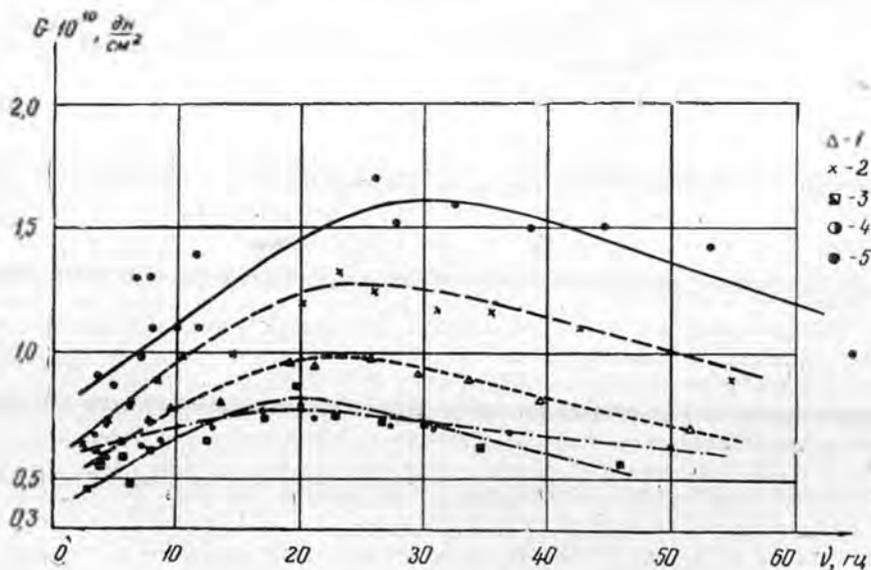


Рис. 2. Зависимость модуля сдвига от частоты.

1 — дуб; 2 — ясень; 3 — осина; 4 — лиственница; 5 — кедр.

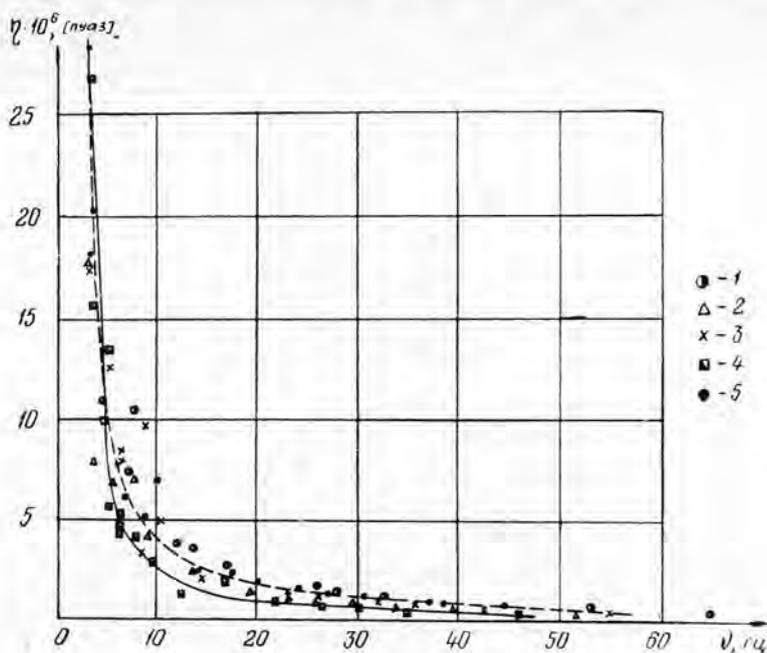


Рис. 3. Зависимость динамической сдвиговой вязкости от частоты.
1 — лиственница; 2 — дуб; 3 — ясьень; 4 — осина; 5 — кедр.

также варьировали. В результате был перекрыт диапазон исследуемых частот от 3 до 70 гц. Виброаппаратура ВА-1 надежно фиксирует частоты, начиная с 3—4 гц и выше.

На рис. 2 и 3 представлены графические зависимости $G(\nu)$ и $\eta(\nu)$ для пяти пород древесины. Значительный разброс экспериментальных точек для одного и того же образца объясняется влиянием годичных слоев, проявляющимся в большей степени у тонких образцов, то есть в низкочастотной области.

Особый интерес представляет наличие максимума зависимости $G(\nu)$ в диапазоне частот 18—25 гц для всех исследуемых пород древесины и уменьшение модуля сдвига с дальнейшим возрастанием частоты, то есть наличие отрицательной дисперсии для скорости сдвиговых колебаний. С позиции теории линейной вязко-упругости, включающей в свои реологические модели только комбинации упругих и вязких элементов, факт падения модуля сдвига с изменением частоты необъясним [9].

Можно предположить, что такая аномалия обуславливается влиянием элементов сухого трения на реологическое поведение древесины. Эти элементы называются элементами Сен-Венана и описывают пластическое поведение материала, связанное с необратимым смещением волокон древесины относительно друг друга. Однако и при этом предположении возникает необходимость экспериментального или теоретического доказательства падения коэффициента трения между волокнами с ростом частоты.

Эта задача для осциллятора с «кулоновским» сухим трением достаточно подробно изложена в работах С. Э. Хайкина, А. Ю. Ишлинского, Н. Л. Кайдановского, А. Лисовского, а также в монографии И. В. Крагельского и В. С. Щедрова [4], [5], [7], [8], [10].

Несмотря на то, что точки зрения на природу сухого трения различны у разных исследователей, все они признают существование зависимости силы трения (а следовательно, и коэффициента трения) от скорости относительного скольжения элементов, между которыми это сухое трение проявляется. Причем при малых относительных скоростях трение увеличивается, а при больших уменьшается. Так, например, для материалов органического и неорганического происхождения было показано, что изменение силы трения T с увеличением скорости относительного скольжения v можно представить формулой

$$T = a + (b + cv)e^{-kv}, \quad (10)$$

где a , b , c , k — постоянные, характеризующие материал.

С ростом частоты увеличивается скорость относительного скольжения волокон, что влечет за собой снижение коэффициента трения между ними, и, следовательно, поперечные связи между волокнами древесины уменьшаются (модуль сдвига становится меньше).

Аномальная зависимость изменения модуля сдвига с ростом частоты доказывает наличие элементов сухого трения в реологической модели древесины десяти исследованных пород. Окончательное суждение о месте включения этих элементов Сен-Венана в реологическую модель древесины и их параметрах может быть сделано только после проведения исследований вязко-упругих характеристик древесины в широком интервале частот и амплитуд.

В заключение авторы выражают признательность Ю. П. Сырникову за внимательное обсуждение работы и В. П. Нижегородову за участие в экспериментах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. П. Ерыхов. Прибор для определения модуля сдвига древесных материалов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968. [2]. Б. П. Ерыхов, Н. Л. Перфильева. Исследование реологических свойств древесины в динамическом режиме нагружения. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969. [3]. Б. П. Ерыхов, Ю. П. Сырников. К вопросу определения вязкости древесины и других твердых тел. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1972. [4]. А. Ю. Ишлинский, И. В. Крагельский. О скачках при трении. ЖТФ, т. 14, вып. 4—5, 1944. [5]. Н. Л. Кайдановский, Э. С. Хайкин. Механические релаксационные колебания. ЖТФ, т. 3, вып. 1, 1933. [6]. Г. Кольский. Волны напряжения в твердых телах. М., 1965. [7]. И. В. Крагельский, В. С. Щедров. Развитие науки о трении. М., Изд-во АН СССР, 1956. [8]. А. Лисовский. Колебания прямых стержней и рам. М., Госстройиздат, 1961. [9]. Свойства полимеров и нелинейная акустика. Под ред. У. Мэзона, М., изд-во «Мир», 1969. [10]. Э. С. Хайкин, А. Е. Саломонович, Л. П. Лисовский. О силах сухого трения. Трение и износ в машинах. Т. 1, 1939, стр. 468—479.

Поступила 22 июня 1971 г.

УДК 674.812

РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ СЖАТИИ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

*И. Г. НАЗАРОВ, Г. К. ГАВРИЛОВ, Б. И. ОГАРКОВ
В. В. РЕШЕТНЯК*

Воронежский лесотехнический институт

Приводятся результаты исследования процесса релаксации напряжений в сжатой поперек волокон прессованной древесине березы. Анализируются результаты аппроксимации зависимостей, соответствующих полученным экспериментальным кривым. Даются таблицы коэффициентов релаксации, что позволяет сделать выводы относительно зависимости скорости релаксации напряжений от начального напряжения и влажности образца при нормальных условиях.

Чтобы оценить реологическую анизотропию древесины, а также получить более точные данные, относящиеся только к релаксации, проводят исследования прессованной древесины.

Вследствие очень высокой чувствительности релаксационных процессов к особенностям структуры и любым микронеоднородностям древесина характеризуется большим разбросом параметров. Поэтому для получения данных, пригодных для вариационно-статистической обработки, проводили, в основном, кратковременные одночасовые или односуточные эксперименты. Полученные результаты брали за отправные при отборе образцов для более длительных испытаний.

По нашим данным, для этой цели пригодны образцы, ранее подвергавшиеся кратковременным релаксационным испытаниям. Основным требованием следует считать минимальную остаточную деформацию. Образцы вторично деформировались и релаксировали при прочих равных условиях по кривой, в точности соответствующей первичной или проходящей ниже нее на 1,5—2,0%. Характерно, что в числе пригодных для подобных испытаний оказывались обычно образцы, первоначально подвергшиеся воздействию усилий, не превышающих 90% от соответствующего значения условного предела прочности.

Вторым основным критерием может служить практически полное восстановление размеров образца при его выдерживании в эксикаторе в течение времени, несколько превышающем продолжительность первоначального испытания.

Для испытаний мы брали образцы из древесины березы бородавчатой, взятой в лесах Воронежской области. Прессование проводили на 100-тонном прессе; плотность древесины находилась в пределах 1,24—1,26 г/см³ при влажности порядка 6%. Приготовленные бруски выдерживали до заданной влажности, после чего на фрезерном станке из них вырезали образцы одной серии. Размеры образцов 20×20×30 мм (последний размер — вдоль волокон) брали такими же, как и для естественной древесины, с целью возможности сопоставления. Для более полного снятия внутренних напряжений готовые образцы выдерживали в эксикаторах в течение 6—6,5 месяцев.

Сернико-кислотные и солевые эксикаторы обеспечивали равновесную влажность исследуемых образцов в пределах $0,1 \pm 0,05\%$; $3 \pm 0,1$; $5 \pm 0,2$; $10 \pm 0,2$; $12 \pm 0,3$ и $15 \pm 0,3\%$. Точное значение влажности образца и его постоянство контролировали весовым способом.

Для обеспечения достаточно высокого постоянства влажности образца, особенно при долговременных контрольных испытаниях, использовали тонкостенную стальную боксу с кольцевой изолирующей боковой стенкой из тонкой резины (0,05 мм). Применение такого несложного приспособления дает хорошие результаты даже при работе с практически сухими образцами в атмосфере с влажностью, превышающей 70%, в течение 20 суток и более.

Подготовленный образец замеряли штангенциркулем в трех направлениях с точностью 0,05 мм и взвешивали на технических весах первого класса с точностью 0,01 г. Знать точный вес образца необходимо для контроля влажности и суждения об ее постоянстве.

При проведении релаксационных испытаний прессованной древесины за величину предельной нагрузки принимали значение условного предела прочности, получаемое на испытательной машине ЦДМУ-30т для каждой серии образцов соответствующей влажности.

Исследование параметров процесса релаксации проводили на релаксационной испытательной машине Рел-Ви-5т при температуре $+20^\circ\text{C}$. Начальные напряжения задавали следующие: 50; 100; 150; 200; 250 и 300 кГ/см^2 .

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. Замеренный и взвешенный образец помещали в изолирующую боксу и вместе с ней фиксировали в рабочем гнезде машины Рел-Ви-5т. Исходя из известной величины поперечного сечения образца, задавали величину нагрузки с тем, чтобы напряжение выразилось целым числом. Нагрузку вели со скоростью 4 кГ/сек . По достижении заданной нагрузки замеряли и корректировали величину общей деформации и одновременно включали фотоэлектронную систему обеспечения постоянства деформации. Скорость разгрузки задавали равной 1 кГ/сек .

С помощью спирального микроскопа через 10, 30 мин и через каждый час визуально контролировали постоянство деформации.

Через 1 час работы посредством замера по силовизмерителю или самописцу определяли величину нагрузки, достаточную для поддержания заданной деформации на данный момент времени. Сброшенная нагрузка, отнесенная к площади поперечного сечения образца, численно равна абсолютной релаксации напряжения. Последняя величина служит характеристикой материала и называется абсолютным коэффициентом релаксации. Если эту величину отнести к начальному напряжению, то получим относительный коэффициент релаксации, при выражении которого в процентах получим коэффициент релаксации a , наиболее часто употребляемый для описания релаксационных процессов.

Известно, что релаксационные процессы описываются затухающими кривыми, для аналитического представления которых предлагается целый ряд теоретических и эмпирических формул.

Мы использовали простую степенную функцию

$$\Delta\sigma = at^a, \quad (1)$$

включающую в себя коэффициент релаксации a и не менее важную реологическую характеристику α — показатель формы релаксационной кривой.

В формуле (1) $\Delta\sigma$ — величина релаксации напряжений, %, на момент времени t , час.

Установлено, что величина a слабо зависит от условий испытаний образца и для древесины с одной плотностью может считаться достаточно постоянной. Поэтому основное внимание в работе уделялось получению и анализу зависимостей коэффициента релаксации от влажности образца и начального напряжения.

После первых 10 опытов величины коэффициента релаксации, соответствующие определенным значениям влажности и начального напряжения, обрабатывали методами вариационной статистики. Если полученный при этом показатель точности не превышал 5%, то статистическая средняя величина достаточно близка к искомой. В противном случае при тех же условиях проводили еще одну серию из 8—10 опытов.

Значения коэффициентов релаксации прессованной древесины, сжатой в радиальном направлении, приведены в табл. 1, а сжатой в тангенциальном направлении — в табл. 2. Данные табл. 1 и 2 наглядно показывают спад напряжений в процентах от начального за первый час процесса релаксации напряжений в сжатой поперек волокон в направлении прессования древесине. Незаполненные клетки относятся к условиям испытаний, при которых деформирование происходит так быстро, что разгрузка со скоростью 4 кг/сек не обеспечивает постоянства деформации.

Таблица 1

Начальное напряже- ние, кг/см ²	Влажность, %					
	0	3	5	10	12	15
50	10	14	17	25	30	36
100	10	14	18	28	35	
150	10	16	20	31,5	38,5	
200	11	20,5	23,5	35		
250	13	22,5	29,5	39		
300	14	27				

Таблица 2

Начальное напряже- ние, кг/см ²	Влажность, %					
	0	3	5	10	12	15
50	10	12	14	17	21	30
100	10	13	16	22	29	
150	11	15	18	28	35	
200	12	16	20	33		
250	12	17	25	37,5		
300	15	25	35			

В результате сопоставления полученных коэффициентов релаксации установлено, что процесс релаксации напряжений в сжатой поперек волокон прессованной древесине березы значительно сильнее зависит от влажности материала, чем от начального напряжения или направления воздействия усилия. При сжатии в направлении прессования зависимости характеристик радиального и тангенциального направлений от условий испытаний подобны между собой и во многом совпадают.

Для прессованной древесины с незначительной (близкой к 0%) влажностью уплотнение, в значительной мере уменьшая или даже подавляя влияние фактора прессования, настолько выравнивает свой-

ства древесины, что коэффициенты релаксации для радиального и тангенциального направлений практически совпадают во всем диапазоне исследованных напряжений.

Повышение влажности прессованной древесины заметно увеличивает анизотропию реологических свойств ее, видимо, вследствие снижения соответствующих значений пределов прочности.

Выводы

1. Релаксация напряжений в прессованной древесине в случае сжатия ее при $+20^{\circ}\text{C}$ в направлении прессования более интенсивно протекает в радиальном направлении.

2. При увеличении влажности прессованной древесины скорость процесса релаксации напряжений возрастает.

Поступила 1 ноября 1971 г.

УДК 634.0.865

К ВОПРОСУ ОДНОСТОРОННЕГО ПРЕССОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

И. Т. МАТЮШИН

Московский лесотехнический институт

Приведена модель одностороннего процесса прессования композиционных древесных пластиков и дано уравнение в общем виде, характеризующее распределение усилий в прессформе. Рассматриваются вопросы, связанные только с внешним трением, так как оно оказывает большое влияние на плотность (неоднородность) и прочность деталей по высоте. Дана математическая зависимость, характеризующая связь между усилиями на верхнем и нижнем пуансонах и силой трения прессматериала о матрицу, которая, по нашему мнению, может быть применена при конструировании прессформ.

При одностороннем прессовании древесной пресскрошки матрица и нижний пуансон в момент прессования находятся в неподвижном состоянии, а прессование производится опусканием верхнего пуансона

$$P_v = P_n + \Sigma R, \quad (1)$$

где P_v — усилие на верхнем пуансоне;

P_n — усилие на нижнем пуансоне;

ΣR — реакция опоры матрицы, по величине равная сумме сил трения прессматериала о матрицу.

При прессовании древесного материала имеет место внутреннее и внешнее трение. «Трение, сопутствующее и противодействующее относительному перемещению двух тел, находящихся в соприкосновении друг с другом, называется внешним, поскольку оно зависит от взаимодействия внешних поверхностей этих тел вблизи участков касания и не зависит от состояния внутренних частей тела» [2]. В нашем случае внешним является трение между прессматериалом и стенкой матрицы. «Трение называется внутренним, если оно сопутствует и противодействует относительному перемещению частей одного и того же тела» [2]. Легко убедиться, что при прессовании древесной пресскрошки между частицами возникает внутреннее трение.

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с внешним трением, так как только оно оказывает влияние на потерю давления по высоте прессформы, что приводит, в свою очередь, к неоднородной плотности и прочности деталей по высоте.

Действие сил трения при одностороннем прессовании показывает, что сила трения материала о матрицу проявляется как внешняя по отношению к системе: прессформа — прессуемый материал. Эта сила воспринимается столбом пресса и значительно снижает прессующее усилие на нижнем пуансоне, что приводит к уменьшению прочности.

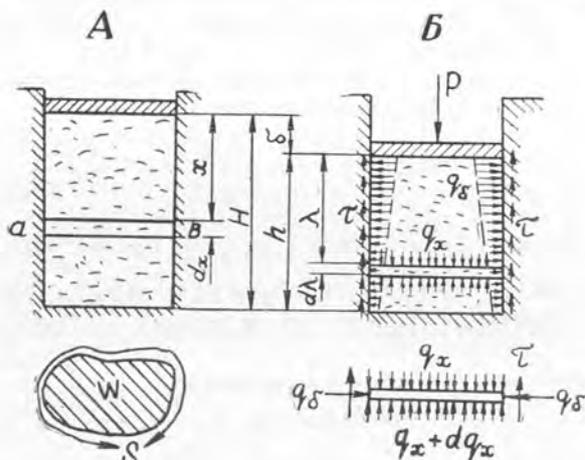


Рис. 1.

Рассмотрим древесный прессматериал как сыпучее тело, свободно насыпанное в форму (рис. 1, А) и затем спрессованное под действием силы P (рис. 1, Б).

На рис. 1 обозначено:

H — первоначальная высота засыпки;

h — высота засыпки при сжатии силой P ;

$H - h = \delta$ — осадка под действием силы P ;

W — площадь сечения формы;

S — периметр сечения формы;

$R = \frac{W}{S}$ — гидравлический радиус сечения формы;

x — первоначальное расстояние от передающей давление поверхности до элементарного слоя ab сыпучего тела;

dx — первоначальная толщина элементарного слоя;

λ — расстояние от передающей давление поверхности до слоя ab при сжатии силой P ;

$d\lambda$ — толщина слоя ab при сжатии силой P ;

q_{δ} — удельное давление непосредственно под верхним пуансоном;

q_x — удельное давление в прессматериале на глубине x ;

q_{δ} — удельное боковое давление на стенки прессформы;

τ — напряжение трения по поверхности стенок прессформы,

$$\tau = f \cdot q_{\delta},$$

где f — коэффициент трения сыпучего тела по стенкам прессформы.

Для исследования распределения напряжений в сыпучем теле П. П. Баладин [1] использует метод, аналогичный выводу известной

формулы Янсена для давления сыпучих тел на стенки силосов. Принимая

$$q_0 = q_x \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2)$$

(φ — угол естественного откоса сыпучего тела) и подставляя это значение в выражение для τ , получим

$$\tau = k \cdot q_x,$$

где

$$k = f \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (3)$$

Из условия равновесия элементарного слоя ab (рис. 1), пренебрегая собственным весом прессматериала, имеем

$$dq_x W + \tau S d\lambda = 0,$$

откуда после замены $\tau = kq_x$ и интегрирования получим

$$q_x = q_b e^{-\frac{k}{R}\lambda}. \quad (4)$$

Отношение наибольшего давления к наименьшему назовем коэффициентом неравномерности давления

$$k = \frac{q_b}{q_n} \approx 1 + \frac{k}{R} \cdot h.$$

Зная из опыта значения q_b , q_n и h , определим

$$k = \left(\frac{q_b}{q_n} - 1 \right) \cdot \frac{D}{4h}, \quad (5)$$

где D — диаметр пуансонов.

В предположении, что k — функция соотношения высоты и гидравлического радиуса прессдетали, можно вычислить соответствующие значения $\frac{h}{R}$ и построить зависимость k от $\frac{h}{R}$.

Неприменимость формулы (2) к условиям прессования древесных прессматериалов можно объяснить, по нашему мнению, следующими причинами.

1. Коэффициент k , как видно из формулы (5), — величина безразмерная и не зависит от давления прессования. Из формулы (3) k — функция коэффициента трения. Между тем коэффициент трения не может оставаться постоянным для разных давлений прессования. Поскольку в ходе эксперимента величина $\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ не изменяется, коэффициент k для различных давлений прессования — величина переменная.

2. Формула (2) выведена для сыпучего тела. Между тем, в процессе прессования материал из дисперсного состояния переходит в твердое тело зернистой структуры и при дальнейшем повышении давления — в стеклообразное твердое тело. Вопрос о применении формулы (2) нуждается в экспериментальной проверке. Нами предлагается попытка найти зависимость между удельным давлением прессования и суммарной силой трения прессматериала о стенки матрицы.

Из условия равновесия сил применительно к прессизделию при одностороннем прессовании (рис. 2) видно, что усилие прессования P_n , приложенное на верхнем пуансоне, вызывает реакцию нижнего на

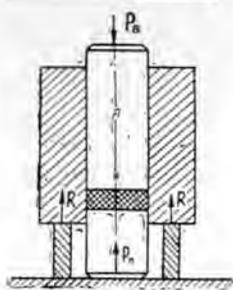


Рис. 2.

прессуемую массу. Эта реакция, направленная навстречу прессующему усилию, меньше усилия прессования на величину сил трения прессматериала о стенку матрицы.

Принимая, что давление распределяется по диаметру прессформы равномерно, можно составить следующее равенство:

$$\frac{\pi D^2}{4} q_v = \frac{\pi D^2}{4} q_n + \pi Dh \mu q_{6n},$$

откуда

$$q_v = q_n + \frac{4h}{D} \mu q_{6n}, \quad (6)$$

где D — диаметр формы;

h — высота прессизделия;

q_{6n} — удельное боковое давление (среднее значение);

μ — среднее значение коэффициента трения.

Значения μ и q_{6n} определяют экспериментально для каждого конкретного случая.

Таким образом, пользуясь формулой (6) и зная усилие на верхнем и нижнем пуансонах, можно определить силу трения прессматериала о матрицу или зная усилие на верхнем пуансоне и силу трения, можно найти величину усилия на нижнем пуансоне. Знание силы трения прессматериала о матрицу дает возможность рационально конструировать выталкивающие устройства и приспособления в производстве древес-пластмасс.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. П. Баландин. О прессовании сыпучих тел. Вестник инженеров и техников, № 6, Профиздат, 1938. [2]. Б. В. Дерягин. Что такое трение. Изд-во АН СССР, М., 1952.

Поступила 31 марта 1972 г.

УДК 634.0.865

СИЛА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

И. Т. ГЛЕБОВ, И. К. КУЧЕРОВ

Уральский лесотехнический институт

Изложены результаты исследования по фрезерованию лигно-углеводных древесных пластиков, выполненные на специальной экспериментальной установке. Приведена зависимость силы резания от скорости резания, угловых параметров и остроты резов.

В настоящей статье излагаются результаты исследовательской работы по фрезерованию лигно-углеводных древесных пластиков (ЛУДП), полученных в Проблемной лаборатории Уральского лесотехнического института путем горячего прессования листовенничной стружки без добавления связующего. Отсутствие связующего — основное достоинство ЛУДП, а высокая механическая прочность делает их достойным конкурентом древесностружечных плит.

Некоторые показатели физико-механических свойств ЛУДП в сравнении со стружечными плитами, изготовленными Усть-Ижорским

Таблица 1

Исследуемый материал	Исходное сырье	Содержание смолы, %	Объемный вес, г/см ³	Влажность, %	Предел прочности, кг/см ² , при	
					сжатии	изгибе
Лигно-углеводные пластики	Лиственничная стружка	—	1,2	7,32	210	290
Древесностружечные плиты	Березовая стружка	7	0,72	5,8	148	188
Лиственница-массив	Цельная древесина	—	0,61—0,7	15	511—616 (вдоль волокон)	964—1062

фанерным заводом, и древесиной лиственницы приведены в табл. 1, из данных которой видно, что по механическим свойствам древесные пластики превосходят стружечные плиты, хотя по прочности они уступают массивной древесине. Исследование обрабатываемости лигно-углеводных пластиков методом фрезерования — актуальная задача.

Работу проводили на специально изготовленной экспериментальной установке, которая позволяет изменять режим резания в широком диапазоне. Силы, возникающие при резании, измеряли тензометрическим динамометром и записывали на пленку с помощью шлейфового осциллографа Н-102. Пластик фрезеровали по кромке плиты, предел прочности которой на сжатие по кромке $\sigma_{сж}^B = 210 \text{ кг/см}^2$. Твердость плит по Янку равна 1542 кг/см².

При проведении опытов мы искусственно создавали желаемые условия и выделяли главный режим резания, который, кроме исследуемого фактора, сохранялся во всех экспериментах. Условия главного режима резания: скорость резания $v = 13,47 \text{ м/сек}$, глубина фрезерования $H = 4 \text{ мм}$, характеристика резца — острота $\rho = 15 \text{ мк}$, задний угол $\alpha = 10^\circ$, угол резания $\delta = 50^\circ$. Подавляющее большинство опытов проводили при четырех значениях толщины стружки $h_{ср} = 0,1; 0,15; 0,25 \text{ и } 0,4 \text{ мм}$, однако в тех случаях, когда мы не могли установить нужной скорости подачи, допускалось $h_{ср} = 0,2 \text{ и } 0,6 \text{ мм}$. В качестве режущего инструмента применяли ножи, оснащенные сплавом ВК-15.

При изучении силовых параметров фрезерования было проведено 160 опытов, в каждом опыте производили в среднем по 60 замеров силы сопротивления подаче и силы, нормальной к направлению подачи. Результаты обрабатывали методом математической статистики. Погрешность опытов в редких случаях превышает 3%, вариационный коэффициент 15,5%, а отношение меры косости и меры крутости к их ошибкам во всех рядах меньше двух.

Перед проведением работы нас, прежде всего, интересовал вопрос о взаимосвязи между силой резания и толщиной стружки. Теперь, имея весь экспериментальный материал, мы можем утверждать, что связь эта линейная. На рис. 1—5 приведены графики зависимости касательной силы резания от толщины стружки при различных переменных факторах фрезерования. Графики показывают, что диаграмма изменения касательной силы резания в зависимости от толщины стружки представляет наклонную прямую, проходящую выше начала координат. Опытные точки связаны линейной корреляционной связью с высоким коэффициентом корреляции, который изменяется от 0,934 до 0,999. Уравнение взаимосвязи между силой резания P и средним

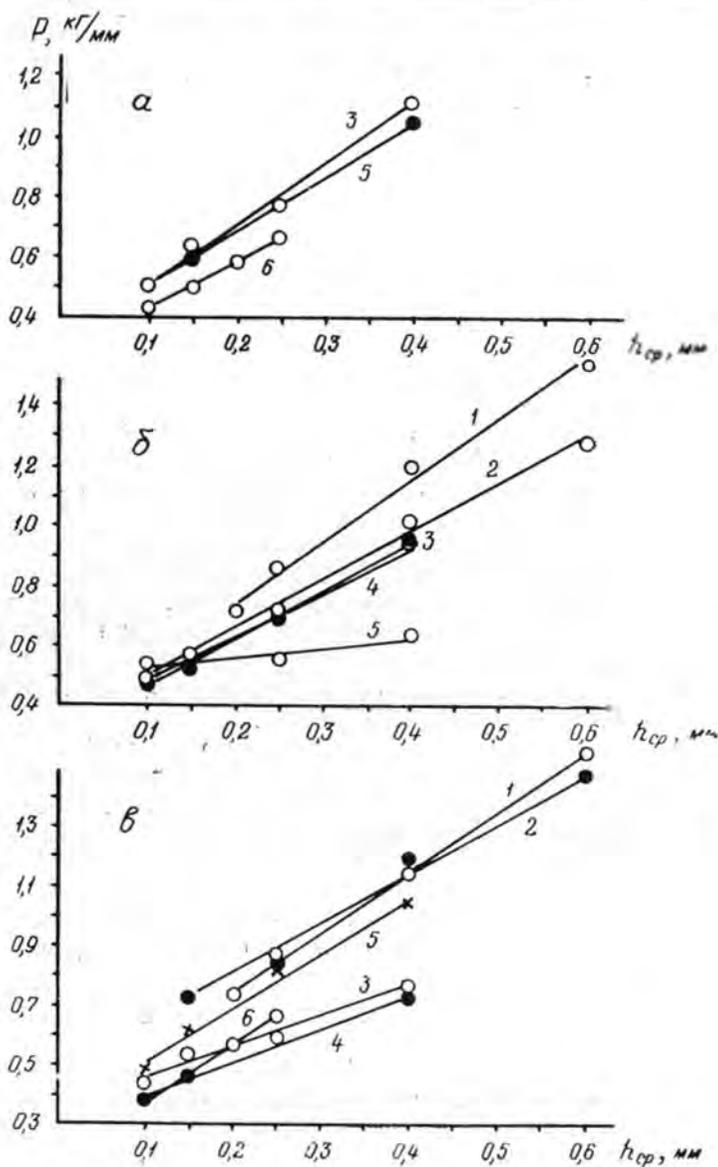


Рис. 1.

a — твердость плит по Янку 1316 кг/см²; *б* — 1542 кг/см²;
в — 1638 кг/см²; 1 — $v = 6,87$ м/сек; 2 — 10,99; 3 — 13,47;
 4 — 15,57; 5 — 20,93; 6 — 24,86 м/сек.

значением толщины стружки на дуге контакта резца с заготовкой h_{cp} можно написать в следующем виде:

$$P = P_0 + kh_{cp}$$

Влияние скорости резания на силу резания изучали при $v = 6,87$; 10,99; 13,47; 15,57 и 20,93 м/сек. Предварительные исследования показали, что на характер изменения силовых параметров фрезерования от скорости резания сильно влияет твердость плит. Основные опыты были выполнены на образцах со следующими механическими свой-

ствами: $\sigma_{сж}^B = 193 \text{ кг/см}^2$, твердость по Янку 1316 кг/см^2 ; 210 кг/см^2 — 1542 кг/см^2 ; 190 кг/см^2 — 1638 кг/см^2 .

Изменение касательной силы резания от толщины стружки при различных скоростях резания показано на рис. 1, из которого следует, что с увеличением скорости резания в некотором интервале касательная сила резания убывает. При этом прямые графика $P = f(h_{ср})$ проходят более полого, указывая, что при больших скоростях резания толщина стружки оказывает меньшее влияние на силу резания. Так, для плит твердостью 1542 кг/см^2 с ростом толщины стружки от 0,25 до 0,4 мм при $v = 6,87 \text{ м/сек}$ сила резания увеличивается в 1,4 раза, а при $v = 20,93 \text{ м/сек}$ — в 1,06 раза. Подобный вывод сделал ранее А. К. Петруша [2].

Если скорость резания выше некоторого значения ($v = 15,57 \text{ м/сек}$ и более, рис. 1, в), то прямые графика становятся круче и сила резания начинает возрастать. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что значение скорости резания, при которой наступает увеличение силы резания, зависит от исходной твердости обрабатываемого материала. Чем тверже материал, тем раньше наступает рост силы резания. Для материала малой твердости этот рост должен наступить при более высоких скоростях резания.

Влияние толщины снимаемого слоя на силу резания изучали при различных глубинах фрезерования. Опыты показали, что с увеличением глубины фрезерования сила резания возрастает (рис. 2).

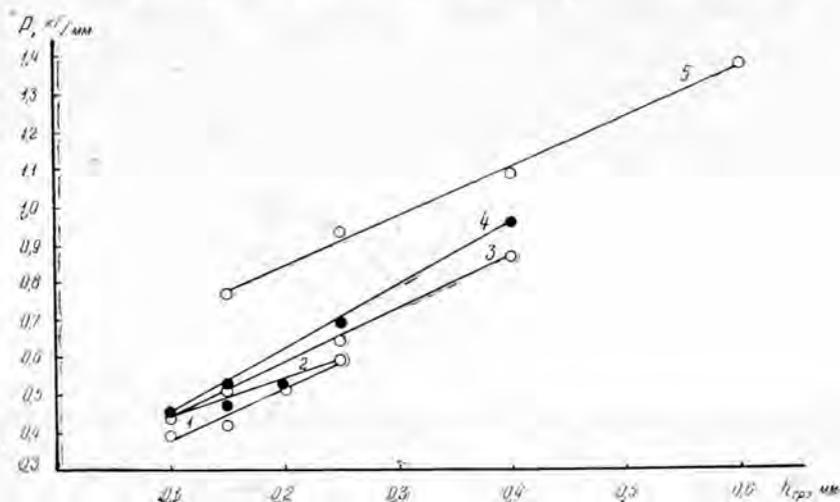


Рис. 2.

1 — H = 1 мм; 2 — 1,5; 3 — 2,5; 4 — 4; 5 — 6 мм.

Влияние заднего угла реза на силу резания исследовали при $\alpha = 3^\circ$; $4^\circ 40'$; $6^\circ 40'$ и 10° и прочих равных условиях (рис. 3). С ростом заднего угла прямые зависимости силы резания от толщины стружки наклонены более круто, сила резания возрастает более интенсивно. Анализируя опытные данные, мы пришли к выводу, что каждому значению толщины стружки должна соответствовать определенная оптимальная величина заднего угла. С точки зрения экономии мощности на резание наиболее выгодными задними углами следует считать: $\alpha = 7^\circ$ до $h_{ср} = 0,1 \text{ мм}$; $\alpha = 5^\circ$ при $h_{ср} = 0,1 \div 0,23 \text{ мм}$; $\alpha = 4^\circ$ при $h_{ср} = 0,23 \div 0,625 \text{ мм}$; $\alpha = 3^\circ$ при $h_{ср} = 0,625 \text{ мм}$.

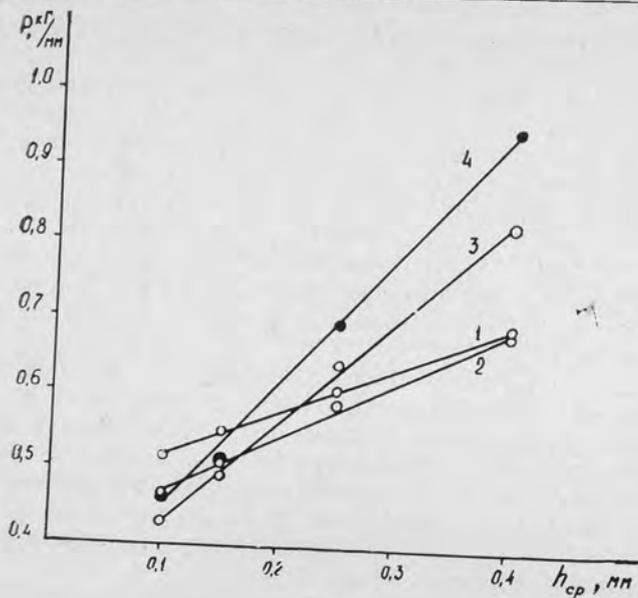


Рис. 3.

1 - $\alpha = 3^\circ$; 2 - 4,67;
3 - 6,67; 4 - 10° .

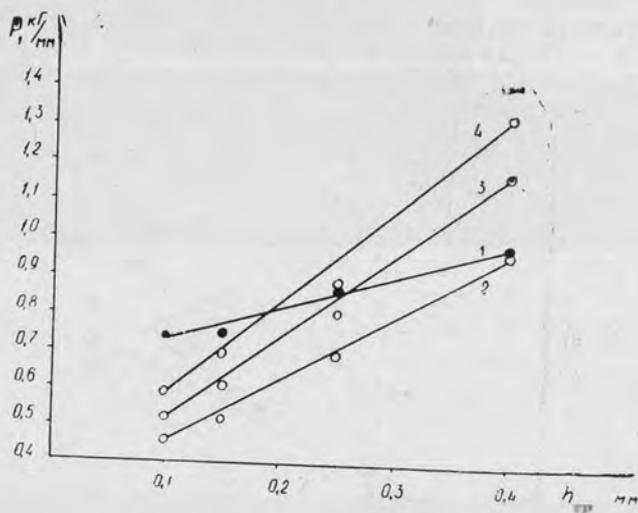


Рис. 4.

1 - $\delta = 40^\circ$; 2 - 50;
3 - 60; 4 - 70° .

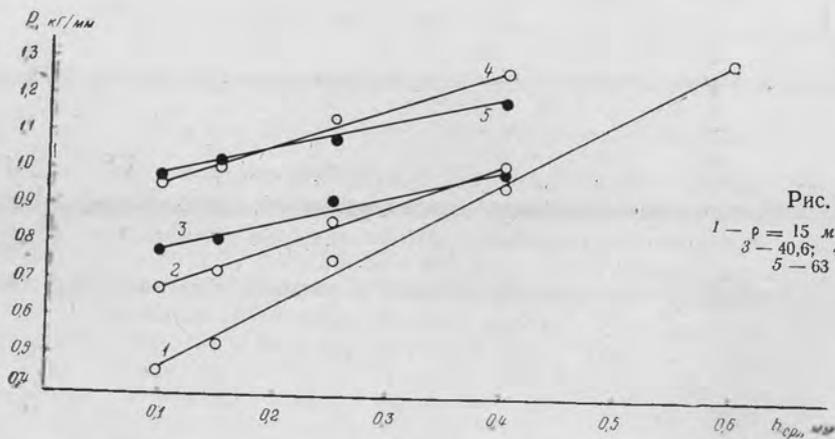


Рис. 5.

1 - $\rho = 15$ МК; 2 - 26,6;
3 - 40,6; 4 - 50,5;
5 - 63 МК.

Итак, оптимальное значение заднего угла находится в тесной зависимости от толщины срезаемой стружки. Такой же вывод был сделан М. Н. Лариным [1].

Зависимость силы резания от толщины стружки для резцов с различными углами резания показана на рис. 4. С ростом угла резания сила резания увеличивается. При этом прямые проходят не только выше, но и круче. Прямая для $\delta = 40^\circ$ не подчиняется общей закономерности. Это объясняется тем, что в данном опыте мы не смогли сохранить неизменной остроту резца из-за аварийного износа. В результате после опыта радиус закругления лезвия равнялся не 15 мк, как мы предполагали, а 28,4 мк.

Влияние затупления резца на силу резания изучали при степени затупления $\rho = 15,0; 26,6; 40,6; 50,6$ и $63,0$ мк. С ростом затупления резца сила резания увеличивается (рис. 5), а прямые становятся более пологими.

В табл. 2 приведены сравнительные значения удельной работы резания при фрезеровании древесностружечных плит, изготовленных на Усть-Ижорском заводе, и березы при продольно-торцовом фрезеровании. Эти величины получены по данным исследования, проведенного А. Э. Грубе и А. В. Алексеевым при следующем режиме резания: $v = 18,2$ м/сек; $d = 82$ мм; $H = 2$ мм; $\alpha = 15^\circ$; $\delta = 55^\circ$. Значения удельной работы резания для лигно-углеводных древесных пластиков, приведенные в табл. 2 для сопоставимости, пересчитаны по этим же режимам.

Таблица 2

Исследуемый материал	Материал резца	Удельная работа резания K , кг·м/см ² , при толщине стружки $h_{ср}$, мм			
		0,1	0,15	0,25	0,4
Стружечная плита	ВК-15	8,45	6,55	4,76	3,54
	ХВГ	5,57	4,3	3,1	2,3
Береза	ХВГ	2,12	1,59	1,1	0,793
Лигно-углеводный древесный пластик	ВК-15	5,16	3,72	2,56	1,91

Как видно из данных табл. 2, удельная работа резания для древесных пластиков значительно выше, чем для березы, однако ниже, чем для древесностружечных плит. Это объясняется тем, что в стружечных плитах имеется отвердевшая смола, которая оказывает существенное сопротивление резанию. При увеличении толщины стружки в 4 раза удельная работа резания убывает в 2,4 раза для стружечных плит, в 2,68 раза для березы и в 2,7 раза для древесного пластика. Это говорит о том, что при фрезеровании лигно-углеводных древесных пластиков толщина срезаемой стружки оказывает большее влияние на величину K .

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. Н. Ларин. Оптимальные геометрические параметры режущей части инструментов. Оборонгиз, 1953. [2]. А. К. Петруша. Влияние скорости резания на процесс резания древесины. Диссертация, Л., 1953.

УДК 674.038.6

**К МЕТОДИКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
КАЧЕСТВА ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ И ПИЛОПРОДУКЦИИ***Ю. П. ТЮКИНА*

Московский лесотехнический институт

В. В. КИСЛЫЙ

ВНИИДрев

В статье излагается метод паспортизации пиловочного сырья, пиломатериалов и заготовок при изучении встречаемости и распространения пороков в древесине, при пересмотре и разработке государственных стандартов на пиловочное сырье и пилопродукцию, при проведении научно-исследовательских работ.

Правильное построение технологического процесса лесопильно- деревообрабатывающих производств, обоснование требований, предъявляемых к качеству пиловочного сырья и пилопродукции, разработка нормативов расхода древесины на выработку конечной пилопродукции, — все эти важные задачи невозможно решить без широких исследований качества пиловочного сырья и пилопродукции.

Проведение таких исследований базируется на обширном экспериментальном материале. Важное значение имеет методика проводимых работ и, в частности, способ учета (записи) экспериментального материала.

К настоящему времени наиболее распространены журнальный способ записи и фотографирование опытных бревен, досок или заготовок. По первому способу в ведомость записывают объемы сырья и получаемой пилопродукции, их сортность, основные пороки и т. д., по второму — фотографируют каждое бревно, доску и т. д. Первый способ примитивен и не дает представления о форме сортимента и характере размещения пороков, второй весьма трудоемок и дорог и не дает представления о характере размещения пороков на всех сторонах сортиментов и т. п. Существенный недостаток обоих способов — невозможность многократного использования экспериментального материала.

Свободен от этих недостатков способ паспортизации пиловочного сырья и пилопродукции, разработанный на кафедре технологии пиломатериалов Московского лесотехнического института. Практически все данные о пиловочном сырье и результаты раскроя пиломатериалов на заготовки записывают в специальные ведомости, а пиломатериалы паспортизируют на миллиметровых планшетах*.

Паспортизация пиловочного сырья

Паспортизацию бревен проводят на площадке, имеющей подштабельники, на которых каждое отобранное бревно можно осмотреть со всех сторон и обмерить. Результаты записывают в паспорт пиловочных бревен (табл. 1).

* Первые опыты по паспортизации пиломатериалов по этому способу проведены С. Н. Рыкуниным.

У бревна с принятой точностью измеряют вершинный и комлевый диаметры и длину, по возможности определяют место вырезки бревна из хлыста. Наружным осмотром устанавливают наличие пороков древесины на боковой поверхности и торцах бревна; имеющиеся пороки измеряют принятым способом.

Величину сбежистости бревна, его объем, сортообразующий порок, сорт бревна по действующему стандарту и группу его качества (новый сорт) можно определить в лабораторных условиях по имеющимся в паспорте данным.

Изучение паспортов пиловочных бревен позволяет получить все размерно-качественные характеристики сырья данной породы или данного района исследования. На основе этого изучения намечаются размерно-качественные группы пиловочного сырья для опытных распиловок. Паспортизацию бревен в этих группах производят по описанному выше способу; паспорт при этом составляют на каждое бревно.

Паспортизация пиломатериалов

Получаемые из бревна или бруса пиломатериалы укладывают на специальную площадку с учетом их местоположения в поставе. Затем для каждой доски составляют паспорт, который заполняют на миллиметровых планшетах или просто на листах миллиметровой бумаги. Планшеты или листы заранее размечают, с учетом выбранного масштаба, по длине и ширине пласти паспортизуемых пиломатериалов (рис. 1). Масштаб обычно принимают равным 1:2 по ширине и 1:20 по длине доски.

Доску укладывают на подставки такой высоты, чтобы она при обмере находилась на уровне пояса или груди экспериментатора. Доску укладывают худшей пластью вверх. По принятому способу и с принятой точностью измеряют длину, ширину и толщину доски. На паспорт наносят контуры пласти и торцов доски. Результаты обмера записывают непосредственно в паспорт или на его поля; здесь же могут быть зафиксированы также данные о местоположении доски в бревне, о диаметре и качестве бревна, объеме доски и др.

Имеющиеся на доске пороки измеряют по принятому способу и данные измерений переносят в паспорт. Для точной ориентации пороков относительно продольной оси, кромок и торцов доски применяют шаблон-сетку, представляющую собой деревянную рамку длиной и шириной не менее длины и ширины паспортизуемых пиломатериалов. Поперечные бруски внутри рамки располагаются на равном расстоянии один от другого, например, на расстоянии 1 м; внутри рамки имеются также продольные нити, отстоящие друг от друга обычно на 5 см. Чтобы улучшить ориентацию, применяют смежные нити различного цвета. В этом случае удобно такими же цветами пользоваться и при предварительной разметке паспортов.

Деревянную рамку можно заменить листовым прозрачным материалом (например, органическим стеклом) размером по ширине не менее ширины досок. Использование шаблонов из таких материалов позволяет наносить на их поверхность более дробную разметку по ширине и длине (например, через 25 см по длине и через 2 см по ширине), что благоприятно сказывается на ориентации в условиях измерения пороков.

При наложении шаблона на доску и совмещении его продольной оси и торца с продольной осью и торцом доски пласт последней получается как бы размеченной на ряд прямоугольников, каждый из которых имеет свой аналог на миллиметровом планшете паспорта.

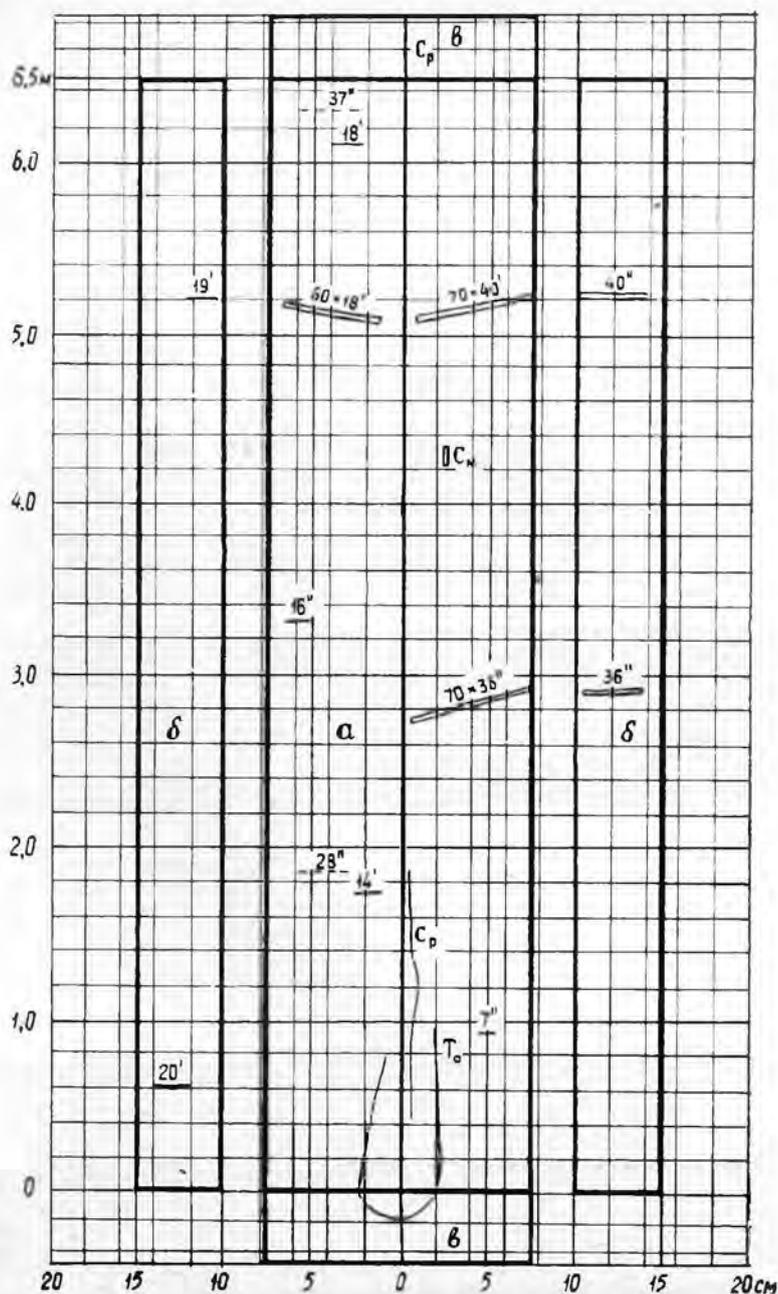


Рис. 1. Паспорт обрезной доски длиной 6,5 м, шириной 150 мм и толщиной 50 мм.

а — плась; *б* — кромки; *в* — торцы; Ср — сердцевина; Т.о — трещина отлупная; См — смоляной кармашек; 20' — сучок здоровый сросшийся, диаметром 20 мм; 16'' — сучок здоровый несросшийся, диаметром 16 мм.

Если в каком-то прямоугольнике имеется порок, его измеряют и результат в принятом масштабе переносят в аналогичный по местоположению прямоугольник на паспорте доски; так же отмечаются пороки,

которые имеются на торцах или кромках доски. Если некоторые пороки имеются только на обратной (лучшей) пласти доски, то их обозначают пунктиром на паспорте худшей пласти. Возможные условные обозначения пороков здесь не рассматриваются.

Паспорта всех досок из каждого бревна составляют с учетом местоположения досок в бревне; к этим паспортам прикладывают и паспорт бревна.

Этот метод паспортизации пиломатериалов позволяет получить всю совокупность требуемых данных по каждой доске и по зонам пиловочного бревна, дает наглядное представление о виде, размерах и форме пороков, а также их взаимном расположении на доске, позволяет определять сорт доски по показателям любого стандарта или его проекта и т. д.

Раскрой пиломатериалов

При изучении влияния качества пиломатериалов на выход заготовок необходимо раскраивать доски одной размерно-качественной группы на заготовки различных типоразмеров. Но пиломатериалы неоднородны даже в пределах одного сорта или группы. Поэтому фактический раскрой пиломатериалов определенной размерно-качественной группы на заготовки только одного типоразмера вносит существенные погрешности в данные по влиянию качества пиломатериалов в целом на выход заготовок различных типоразмеров.

Наличие паспортов-планшетов досок позволяет устранить эти недостатки, так как одну и ту же доску можно разметить на множество типоразмеров заготовок следующим способом.

На паспорт доски накладывают лист кальки, на котором отмечают контуры пластей заготовок требуемого типоразмера; разметка осуществляется с учетом формы доски и имеющихся на ней пороков. При нанесении на кальку контуров заготовок необходимо учитывать припуски на усушку и ширину пропилов. Отметив контуры всех заготовок, которые можно получить из данной доски, кальку снимают с паспорта. Затем на паспорт накладывают второй лист кальки, на котором отмечают контуры пластей заготовок другого типоразмера и т. д. Доски можно размечать и на заготовки нескольких типоразмеров одновременно.

Этот способ изучения влияния качества пиломатериалов на выход заготовок позволяет также исследовать влияние различных способов раскроя досок и получить данные о выходе заготовок для последующей их склейки по длине или ширине. Результаты разметки досок записывают в специальную ведомость (табл. 2), которую затем прикладывают к паспорту доски.

На основе предлагаемого метода паспортизации можно собирать и накапливать «вечный» экспериментальный материал по изучению пиловочного сырья и получаемых из него пиломатериалов и заготовок.

Поступила 24 ноября 1971 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.813

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНОЙ СМОЛЫ
НА ИНГИБИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ

А. И. КИПРИАНОВ, М. И. КРАВЧЕНКО

Ленинградская лесотехническая академия

Г. П. ЛОМАКИНА

Киришский нефтеперерабатывающий завод

Доказана возможность проведения совмещенного процесса непрерывной разгонки и крекинга древесной смолы. Полученные пиролизаты превосходят по ингибирующему эффекту при окислении крекинг-бензинов обычный древесносмоляной ингибитор ГОСТа 3187—67.

При тепловой обработке древесной смолы в присутствии воды и кислот происходят реакции гидролитической диссоциации (кислотного гидролиза) с образованием низкомолекулярных соединений [6]. Благоприятные условия протекания реакций кислотного гидролиза с образованием масел могут быть созданы в реакторе трубчатого типа (трубчатая печь) [1]. Углеводная часть древесной смолы и ряд других соединений ее неустойчивы и при нагревании образуют пек. Во избежание закоксования трубчатой системы реактора по всей нагреваемой части его требуется создать развитый турбулентный режим.

Для большинства сухоперегонных и газогенераторных смол оптимальная температура разгонки составляет 260—280°C; при этом выход масел колеблется от 60 до 80% на безводную смолу. Независимо от выхода групповой состав фенольной части масел меняется незначительно (фенолы 50—55%, нейтральные вещества 30—35%, карбоновые кислоты 8—12%). Выход масел увеличивается вследствие роста фракции с температурой кипения 240—300°C и фракции, выкипающей выше 300°C. В результате разгонки наблюдается рост фенолов в 1,5—1,7 раза и происходит изменение их качественного состава. Так, содержание в суммарных фенолах обычного фенола (оксibenзола) увеличивается в 1,5 раза, ортодоксибензолов — в 1,3 раза, метиловых эфиров пирагаллола — на 20—30%.

Изменение качественного состава фенолов и особенно увеличение ортодоксибензолов, которые обладают повышенным индукционным периодом, дают основание предполагать, что полученные древесные масла должны обладать соответствующим ингибирующим эффектом. Так, для суммарных масел, полученных в результате непрерывной разгонки в трубчатой печи по схеме рис. 1, индукционный период составляет 335 мин, а для Сявского стандартного ингибитора (ГОСТ 3187—67) — 325 мин. Поглощение кислорода за 5 час, определенное по методике НИИМО-25 [5], для суммарных масел составило 64 мл, а для Сявского ингибитора сорта Б — 65 мл. Испытания на индукционный период проводили по ГОСТу 4039—48 на Киришском нефтеперерабатывающем заводе. Процесс непрерывной разгонки древесной смолы позволяет получить древесные масла, не уступающие по своим ингибирующим свойствам обычному древесносмоляному ингибитору.

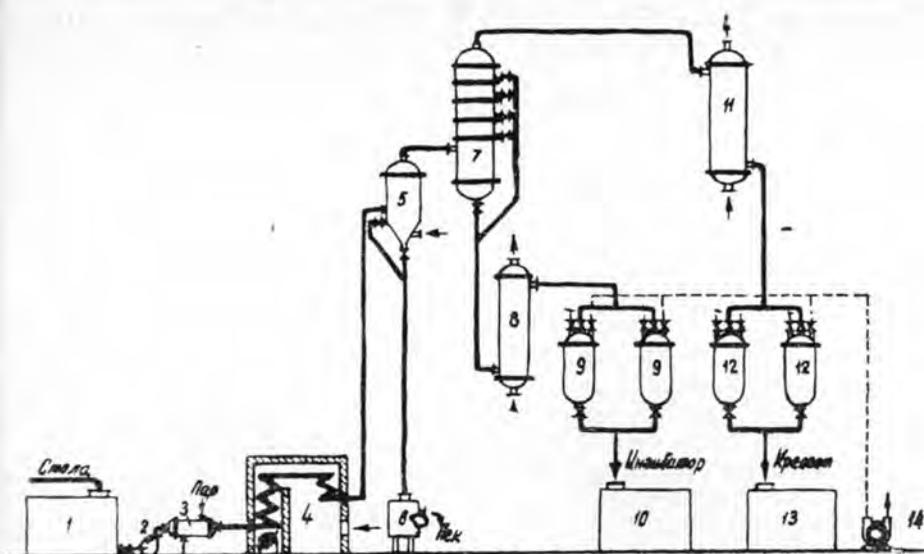


Рис. 1.

1 — емкость для смолы; 2 — насос; 3 — теплообменник; 4 — трубчатая печь; 5 — сепаратор; 6 — пекоприемник; 7 — ректификационная колонка; 8, 11 — холодильники; 9, 12 — вакуум-приемники; 10, 13 — емкости для масел; 14 — вакуум-насос.

Принципиальная технологическая схема непрерывной разгонки древесной смолы в трубчатом реакторе (рис. 1) довольно проста. Ее успешно применяют на Свальявском лесохимическом комбинате для производства древесносмоляного ингибитора и пека. С целью увеличения выхода ингибитора, а также для упрощения состава фенольной смеси предложено подвергать древесные масла парофазному пиролизу [7].

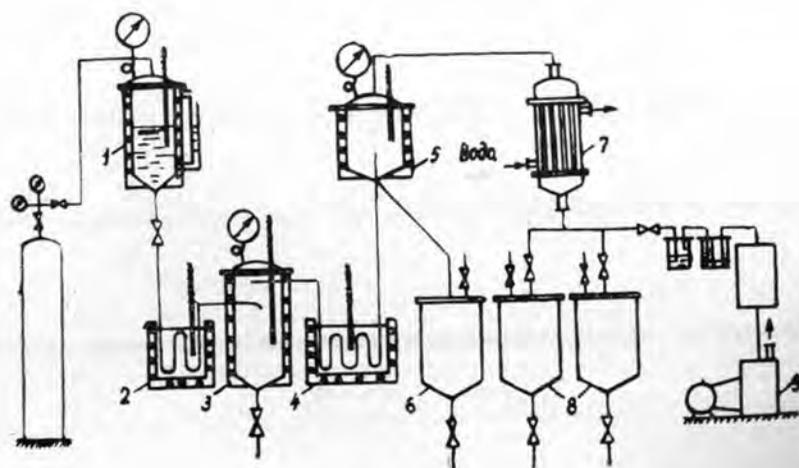


Рис. 2.

1 — приемник для смолы; 2, 4 — трубчатый реактор; 3 — пекотбойник; 5, 7 — холодильники; 6, 8 — вакуум-приемники; 9 — вакуум-насос.

Учитывая простоту конструкции трубчатого реактора, мы решили проводить в нем двухступенчатый процесс непрерывной разгонки и крекинга древесной смолы и масел. На рис. 2 показана схема совмещенного процесса непрерывной разгонки и пиролиза древесной смолы в трубчатом реакторе. В первой ступени реактора идут реакции маслообразования, во второй — реакции деметоксилирования и деметилирования. В ряде работ [3], [4] изучена кинетика реакций деметоксилирования и деметилирования, получены кинетические постоянные.

На пилотной установке ЛТА нами проведены опыты по осуществлению совмещенного процесса разгонки и крекинга древесной смолы Сявского ЛХК по схеме рис. 2. В первой ступени поддерживали оптимальную температуру разгонки 280°C, во второй температуру меняли от 530 до 570°C. Время контакта в пиролизёре — от 0,1 до 1 сек. Характеристика получающихся масел в процессе разгонки: влажность 0,6%; плотность 1050 кг/м³; молекулярная масса 150; содержание ОСН₃ — 6,0%, фенолов 40%, нейтральных 32%, карбоновых кислот 12%.

Полученные пиролизаты подвергали испытанию на поглощение кислорода по методике, приведенной в одной из работ [5], и сравнивали со стандартным ингибитором ГОСТа 3187—67. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура пиролиза, °С	Продолжительность контакта, сек	Выход пиролизата на абс. сухую смолу, %	Содержание в пиролизате, %		Отношение количества кислорода, поглощенного в течение 5 час бензином с Сявским стандартным ингибитором, к количеству О ₂ , поглощенному бензином с пиролизатом
			ОСН ₃ -групп	диоксибензолов	
530	0,42	77,0	2,90	6,8	1,04
550	0,16	81,1	4,26	5,9	0,96
550	0,46	72,3	1,80	9,9	1,11
550	0,65	69,8	0,95	14,7	1,33
570	0,31	71,0	1,68	12,3	1,18
570	0,4	70,3	1,28	13,8	1,23

Опыты проводили при температуре окисления 120°C; для испытаний брали фракцию бензина 130—180°, полученного на Киришском нефтеперерабатывающем заводе. Изменение ингибирующих свойств пиролизатов в зависимости от содержания в них ортодиоксибензолов представлено в табл. 1. С увеличением содержания ортооксибензолов ингибирующая активность пиролизатов растет по сравнению с ингибирующей активностью обычного древесносмоляного ингибитора сорта Б. У пиролизата, полученного на пилотной установке, индукционный период, определенный по ГОСТу 4039—48, составил 490 мин, а у Сявского древесносмоляного ингибитора сорта Б — 325 мин.

Таким образом, доказана возможность проведения двухступенчатого процесса разгонки смолы и крекинга древесной смолы и масел в трубчатом реакторе. Пиролизаты, полученные по схеме двухступенчатого процесса, по своим ингибирующим свойствам превосходят древесносмоляной ингибитор ГОСТа 3187—67.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Калинин, А. И. Киприанов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966, № 1, 1967; № 6, 1968. [2]. О. Н. Карпов. О количественном определении пирокактинна. Журн. «Аналитическая химия», т. 18, вып. 12, 1963. [3]. М. И. Кравченко, А. И. Киприанов, С. Я. Коротов. О кинетических закономерностях реакции термического превращения гваякола и вератрола. Труды ЛТА № 135, 1970.

[4]. М. И. Кравченко, А. И. Киприанов, С. Я. Коротов. Особенности кинетики реакции термического превращения гваякола и вератрола. Материалы к научно-технической конференции ЛТА, 1970. [5]. Б. В. Лосников и др. Метод исследования кинетики окисления и термоокислительной стабильности нефтепродуктов. Журн. «Химия и технология топлив и масел», № 7, 1960. [6]. Д. В. Тищенко, Н. М. Силпшенская, Н. В. Борисова. Непрерывная лерегонка газогенераторной древесной смолы. ЖПХ, т. XXI, № 5, 1948. [7]. И. П. Уваров и др. Труды ЦНИЛХИ. Вып. 15, 1965.

Поступила 20 августа 1971 г.

УДК 547.992.3

ИЗМЕНЕНИЯ ЛИГНИНА БЕРЕЗЫ ПРИ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКЕ

Б. Д. БОГОМОЛОВ, Г. И. ПОПОВА

Архангельский лесотехнический институт, Проблемная лаборатория

Приведены результаты исследований изменений лигнина березы (*Betula verrucosa* L.) при сульфатной варке с помощью современных химических и физико-химических методов. Объектом изучения служили препараты сульфатного лигнина, полученные при варке древесины березы и диоксанлигнина, извлеченного из древесины березы в атмосфере аргона.

Использование лиственной древесины в качестве сырья для целлюлозно-бумажной промышленности — важная народнохозяйственная задача. Процесс делигнификации этой древесины исследован недостаточно.

В настоящей работе приведены данные по изменению лигнина лиственной древесины в процессе сульфатных варок. Химический состав древесины березы представлен в табл. 1. Для получения диоксанлигнина опилки были предварительно проэкстрагированы спиртом; для варок использовали древесину в непроэкстрагированном виде. Сульфатные варки проводили при концентрации активной щелочи 50 г/л (в ед. NaOH) и сульфидности щелока 30%.

Таблица 1

Содержание в древесине, %					
лигнина	целлюлозы	пентозанов	экстрагируемых		зола
			горячей водой	эфиром	
20,6	45,7	24,7	2,7	3,6	0,4
20,3	47,1	25,6	1,7	0,8	0,6

Примечание. В числителе данные для непроэкстрагированной древесины; в знаменателе для проэкстрагированной.

Лиственная древесина по сравнению с хвойной легче поддается делигнификации. Данные выхода лигнина после сульфатной варки древесины приведены в табл. 2. Уже при температуре варки 140° растворяется около 80% лигнина, с повышением температуры количество растворившегося лигнина увеличивается до 93%. Но при этом количество выделенного лигнина почти не изменяется. Высокий выход низкотемпературных лигнинов (120 и 140°) можно объяснить присутствием в них значительного количества углеводов, которые невозможно отделить промывкой. Низкое содержание лигнина Класона и метоксолов (табл. 3)

Таблица 2

Температура варки, °С	Количество, % от лигнина древесины,				
	растворившегося лигнина	выделенного после промывки лигнина	полученного при переосаждении		
			лигнина	эфирорастворимых	не растворимого в диоксане осадка
120*	51,4	30,6	14,0	6,6	9,5
140	80,1	33,3	21,2	10,2	1,6
160	92,6	42,0	27,6	11,9	Нет
180	93,0	36,0	19,5	16,3	.

* При каждой температуре приводятся средние данные по двум параллельным варкам.

Таблица 3

Температура варки, °С	Содержание в сульфатных лигнинах (непереосажденных), %	
	лигнина Класона	метоксилов
120	50,4	3,1
140	63,5	4,6
160	91,5	12,35
180	92,3	18,6

подтверждает большое содержание в лигнинах углеводов. Углеводы, возможно, защищают лигнин от деструкции; при повышенных температурах деструкция лигнина усиливается и значительная часть низкомолекулярного лигнина растворяется в воде при промывке. На усиление процессов деструкции с повышением температуры указывает и увеличение количества эфирорастворимого лигнина (табл. 2).

Химическая характеристика выделенных лигнинов приведена в табл. 4, из данных которой видно, что с повышением температуры в переосажденных сульфатных лигнинах изменяется содержание основных функциональных групп. В лигнинах, выделенных при температурах 160 и 180°, значительно меньше метоксильных групп, чем в низкотемпературных, что говорит о протекании процесса деметилирования с усилением жесткости условий.

Таблица 4

Образцы лигнинов от сульфатных варок	Температура варки, °С	Содержание в лигнине					
		% ОСН ₂	мг-экв/г				
			ОН общих	ОН фенольных	ОН спиртовых	кислых групп	карбоксильных
Древесины*	120	20,9	5,36	3,04	2,32	3,61	0,57
	140	21,2	5,00	3,58	1,72	4,20	0,62
	160	17,9	5,24	4,62	0,62	5,20	0,58
	180	16,8	5,78	4,81	0,96	5,84	1,03
Диоксанлигнина	120	19,0	5,30	3,41	1,89	4,04	0,53
	140	19,4	5,52	3,96	1,56	4,50	0,54
	160	18,8	5,71	4,09	1,62	4,66	0,57
	180	17,6	5,46	5,03	0,43	5,67	0,64

* Лигнины переосаждены из диоксана в эфир.

Общее содержание гидроксильных групп в препаратах лигнина не меняется с повышением температуры, изменяется лишь соотношение между фенольными и спиртовыми гидроксильными группами: содержание спиртовых гидроксильных групп уменьшается, а фенольных растет. Снижение количества спиртовых гидроксильных групп, возможно, связано с разрывом С—С связи между β - и γ -углеродными атомами пропановой цепочки. Гирер [7], [8] считает, что оксиметильная группа у β -углеродного атома в условиях щелочной варки может отщепляться по реакции, обратной альдольной конденсации, и эта реакция — одна из главных при щелочной делигнификации. Однако уменьшение количества спиртовых гидроксильных групп, особенно при повышенных температурах, может быть связано и с другим характером превращения лигнина, о чем сказано ниже.

Согласно современным представлениям о структуре лигнина, фенольные гидроксильные группы могут образовываться в результате разрыва α -арилалкилэфирных связей в кумарановых циклах и β -арилалкилэфирных. Исследования процессов щелочной деструкции лигнина березы также подтверждают это [9], причем авторами установлено, что среди неконденсированных фенольных единиц преобладают гваяциловые единицы, а среди этерифицированных — сирингиловые. Значит, возрастание количества фенольных гидроксильных групп в лиственном лигнине происходит из-за увеличения фенольных сирингиловых структур.

Гирером [8] показано, что наблюдаемая степень фрагментации лигнина при щелочных варках гораздо меньше, чем степень фрагментации по всем изученным направлениям реакции, то есть образующиеся при деградации фрагменты макромолекулы лигнина вступают в реакции конденсации, которая возможна в 1, 5 и 6 положениях бензольного кольца. Так как выходы изогемипиновой и метегемипиновой кислот при перманганатном окислении лигнинов говорят о преимущественном участии в процессах конденсации 5-го углеродного атома ароматического кольца [10], а образующиеся при расщеплении эфирных связей фрагменты лиственного лигнина имеют замещенную 5-ю позицию [9], то процессы конденсации деградированного лиственного лигнина протекают незначительно.

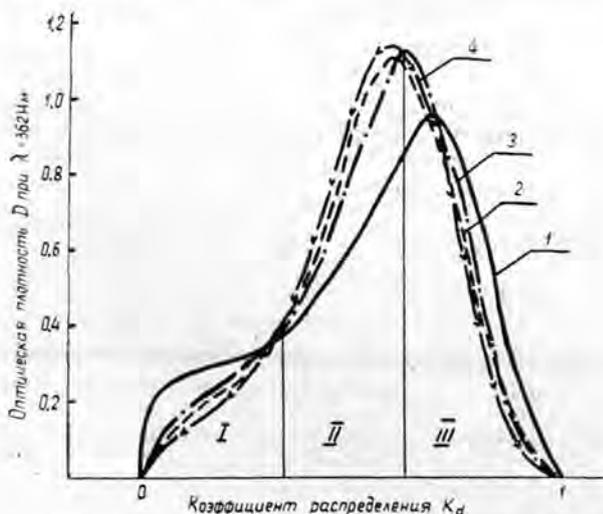


Рис. 1. Характеристики молекулярно-вещного распределения лигнинов, выделенных сульфатной варкой древесины.

1 — при 120°; 2 — при 140°; 3 — при 160°; 4 — при 180°. I — область высокомолекулярных фракций; II — среднемолекулярных; III — низкомолекулярных.

Анализ кривых МВР сульфатных лигнинов (рис. 1) показывает, что все лигнины имеют пик в области низкомолекулярных фракций; с повышением температур пик смещается в более высокомолекулярную область. Увеличение количества среднемoleкулярных фракций происходит одновременно с уменьшением низкомолекулярных (табл. 5). Некоторое возрастание количества среднемoleкулярных фракций в лигнинах можно объяснить тем, что с повышением температуры в раствор переходят более крупные молекулы лигнина, а также тем, что при выделении лигнина происходит фракционирование: низкомолекулярные фракции удаляются при промывке, а в переосажденных лигнинах «накапливаются» среднемoleкулярные фракции.

Таблица 5

Образцы лигнинов от сульфатных варок	Темпера- тура вар- ки, °С	Содержание в сульфатных лиг- нинах фракций, %		
		высокомо- лекуляр- ных	средне- молеку- лярных	низко- молеку- лярных
Древесины	120	20,4	36,2	43,4
	140	13,3	47,3	39,4
	160	16,6	46,6	36,8
	180	13,7	51,5	34,8
Диоксанлигнина	120	32,8	30,2	37,0
	140	21,9	36,9	41,2
	160	24,2	35,4	40,4
	180	17,8	40,0	42,2

В последнее время внимание многих исследователей привлекло наличие свободных радикалов в различных препаратах лигнина. Явление парамагнетизма обнаруживается в лигнинах при воздействии на них кислот, щелочей, ферментов и повышенных температур; природа парамагнетизма до сих пор не выяснена. Возможно, что сигналы ЭПР обусловлены системой сопряженных связей ароматических конденсированных систем [6]. Препараты лигнина можно рассматривать как структуры, содержащие ароматические ядра, непосредственно соединенные между собой или при помощи гетероатомов, обеспечивающих непрерывность цепи сопряжения [3]. Измеряя интенсивность сигналов ЭПР, можно проследить за увеличением размеров системы с сопряженными связями, причем интенсивность сигнала возрастает с повышением молекулярного веса [2]. Характерный узкий сигнал ЭПР имеется в спектрах выделенных препаратов сульфатных лигнинов.

Таблица 6

Температура варки, °С	Концентрация ПМЦ на 1 г лигнина, полученного при сульфатной варке	
	древесины	диоксанлигнина
120	$0,3 \cdot 10^{17}$	$0,4 \cdot 10^{17}$
140	$0,7 \cdot 10^{17}$	$0,6 \cdot 10^{17}$
160	$1,4 \cdot 10^{17}$	$0,8 \cdot 10^{17}$
180	$5,0 \cdot 10^{18}$	$2,8 \cdot 10^{17}$

Данные измерения сигнала ЭПР в препаратах лигнина приведены в табл. 6, из которой видно, что по мере увеличения температуры варок, то есть с усилением жесткости условий выделения, возрастает

количество парамагнитных центров. Особенно резко интенсивность сигнала ЭПР увеличивается при температуре 180°. Кривые же МВР, приведенные на рис. 1, показывают лишь незначительное возрастание количества среднемoleкулярных фракций, то есть размер молекул с повышением температуры не увеличивается. Однако не всегда с возрастанием молекулярного веса повышается величина сигнала ЭПР [5], то есть нельзя проводить аналогию между общими размерами макромолекулы и блока, в котором выполняется условие непрерывного сопряжения [4]. Интенсивность сигнала ЭПР может возрастать с увеличением размеров и количества систем с сопряженными связями. (К таким системам могут относиться хромофорные группировки, возникающие в лигнине при расщеплении кумарановых циклов, пинорезинольных структур [8]). Увеличение длины системы сопряжения возможно вследствие образования кратной связи при протекании реакции элиминирования [1]. Резкое повышение сигнала ЭПР (табл. 6) и одновременное снижение содержания спиртовых гидроксидов (табл. 3) в высокотемпературных лигнинах указывают на возможность образования кратной связи.

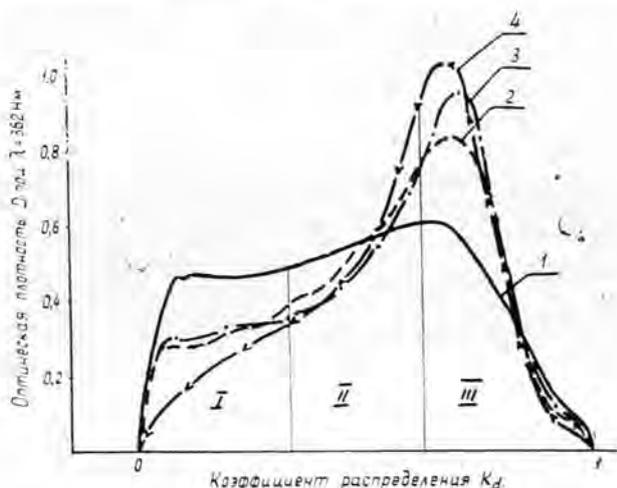


Рис. 2. Характеристики молекулярно-вещного распределения лигнинов, выделенных сульфатной варкой диоксанлигнина (обозначения см. в подписи к рис. 1).

Характер основных изменений, происходящих в лигнине древесины березы при сульфатных варках, подтверждается варками диоксанлигнина. Как видно из данных табл. 4, в сульфатных лигнинах с повышением температуры значительно увеличивается количество кислых групп вследствие накопления в лигнинах кислых групп фенольного характера. При температурах варки 160 и 180° протекает деметилирование диоксанлигнина. В лигнинах значительно увеличивается количество низкомолекулярных фракций (рис. 2, табл. 5). С повышением температуры растет величина сигнала ЭПР (табл. 6).

Экспериментальная часть

Сульфатные варки диоксанлигнина и древесины проводили при сульфидности щелока 30%, концентрации активной щелочи 50 г/л (в единицах NaOH), модуле 6. Режим варок по однотипному графику: разогрев в течение 1 часа, выдержка при заданной температуре 3 часа.

Лигнины выделяли подкислением щелока 1 н. соляной кислотой до $pH = 4,5$ и промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции. Лигнины, полученные сульфатной варкой древесины, очищали двойным переосаждением из 0,1 н. щелочи 0,25 н. соляной кислотой. Сушили при температуре 40° . Для освобождения от примесей углеводов эти лигнины были переосаждены из диоксиана в эфир, промыты эфиром и высушены при $40^\circ C$ в вакуум-сушильном шкафу. В полученных образцах лигнина метоксильные группы определяли по Фибоку и Швапаху, общие гидроксильные группы — ацелированием, карбоксильные группы — кальций-ацетатным методом, фенольные — по разности между общим содержанием кислых групп и карбоксильных, спиртовые — по разности между общим содержанием гидроксильных групп и фенольных.

Фракционирование лигнинов проводили на колонках, заполненных сефадексом G-50. Растворитель — диметилсульфоксид. Концентрацию отобранных фракций определяли на спектрофотометре при $\lambda = 362$ нм и строили графики зависимости оптической плотности от объема элюата.

Концентрацию парамагнитных центров* определяли по данным спектров ЭПР на спектрометре РЭ-1301 в Филиале Института химической физики АН СССР.

Таким образом, лигнин древесины березы при сульфатных варках претерпевает глубокие изменения: а) разрываются эфирные связи, о чем свидетельствует увеличение в лигнинах содержания фенольных гидроксидов, а также накопление низко- и среднемолекулярных фракций с повышением температуры варок; б) одновременно разрываются С—С связи в пропановой цепочке, о чем можно судить по уменьшению содержания спиртовых гидроксидов; в) высокотемпературные лигнины имеют значительно большую концентрацию ПМЦ, что, по-видимому, связано с возникновением в них систем с сопряженными связями и увеличением их числа.

* Авторы выражают благодарность главному инженеру Отдела свободных радикалов В. С. Оськину за помощь в определении КПЦ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Д. Алексеев, Д. М. Резников, И. В. Сенько, Г. В. Сухая. Доклады советско-финского симпозиума. Л., 1968. [2]. А. А. Берлин, Л. А. Блюменфельд. Высокомолекулярные соединения. 1, 1959, 1361. [3]. А. А. Берлин. Журн. «Химия и технология полимеров» № 7—8, 1960, 139. [4]. А. А. Берлин. Журн. «Химическая промышленность» № 12, 1962, 23. [5]. Б. Д. Богомолов, Г. Ф. Прохшин, Г. Э. Домбур. Химия древесины, № 4, 1969, 85. [6]. В. В. Воеводский, Н. Н. Тихомиров. Журн. «Структурная химия» № 1, 1960, 99. [7]. J. Gierer. Paper and Timber, 43, 1961, 654. [8]. J. Gierer. Sv. papperst., 18, 1970, 572. [9]. S. Larsson, G. E. Miksche. Acta. Chem. Scand., 25, 2, 1971, 647. [10]. H. Richthelm. Sv. papperst., 53, 1950, 644; 4, 1950, 206, 589.

Поступила 21 февраля 1972 г.

УДК 634.0.813.13

БИСУЛЬФИТНАЯ ПОЛУЦЕЛЛЮЛОЗА. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СТУПЕНЧАТОЙ БИСУЛЬФИТ-СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ

Э. М. МЕНЧЕР, Р. З. ПЕН

Сибирский технологический институт

Смешанную древесину подвергали ступенчатым варкам с раствором бисульфита магния в первой ступени и водным раствором SO_2 во второй ступени. Результаты аппроксимировали полиномами второй степени, после чего вычисляли оптимальные условия ведения варочного процесса методом нелинейного программирования. Кроме того, синтезирован обобщенный параметр оптимизации, включающий показатели выхода, жесткости и механических свойств полуцеллюлозы, и решены две задачи оптимизации с использованием этого критерия.

Щепу промышленной рубки дровяной древесины следующего породного состава: сосны 10%, ели 10%, пихты 40%, березы 20% и осины 20% — подвергали ступенчатому бисульфит-сульфитным варкам в лабораторном глицериновом автоклаве. Первую ступень варки осуществляли с раствором бисульфита магния (3,25% всей двуокиси серы) при $\text{pH} = 4,5$ и гидромодуле 4,5. По окончании первой ступени 50% жидкости в автоклаве заменяли водным раствором двуокиси серы и проводили вторую ступень варки. Твердый остаток после варки и промывки в ссече сепарировался в быстроходном пропеллерном дезинтеграторе конструкции ВНИИБа в течение 20 мин; после чего определяли количество непровара. Всю массу размалывали в дисковой мельнице и затем в мельнице ЦРА до двух степеней помола. Отливки для испытаний изготовляли двух типов: 150 г/м² из массы со степенью помола 35° ШР и 300 г/м² из массы со степенью помола 22° ШР. В дальнейшем отливки первого типа для краткости будем называть бумагой, отливки второго типа — картоном.

Переменные факторы варки, включенные в исследование, следующие (в скобках указаны значения факторов X_{oi} в центре эксперимента и шагов варьирования λ_i): X_1 — температура первой ступени варки, град ($X_{01} = 150^\circ$, $\lambda_1 = 10^\circ$); X_2 — продолжительность первой ступени варки, мин ($X_{02} = 135$ мин, $\lambda_2 = 45$ мин); X_3 — температура второй ступени варки, град ($X_{03} = 135^\circ$, $\lambda_3 = 10^\circ$); X_4 — продолжительность второй ступени варки, мин ($X_{04} = 90$ мин, $\lambda_4 = 30$ мин); X_5 — концентрация двуокиси серы в растворе для второй ступени варки, % ($X_{05} = 4\%$, $\lambda_5 = 1\%$).

Эксперименты проводили в соответствии с планом Хартли-5 (с полурепликой) [1]. Условия варок приведены в табл. 1 (графы 2—6). Результаты оценивали следующими параметрами (функциями отклика): y_1 — общий выход продукта, % к исходной древесине; y_2 — количество непровара, % к общему выходу полуфабриката; y_3 — содержание лигнина в полуфабрикате, %; y_4 — разрывная длина бумаги, м; y_5 — сопротивление бумаги плоскостному сжатию, кгс/см²; y_6 — разрывная длина картона, м; y_7 — сопротивление картона продавливанию, кгс/см²; y_8 — сопротивление картона излому (при весе груза 1300 г), число двойных перегибов

План эксперимента и результаты его реализации

Таблица 1

№ п/п	Условия экспериментов					Результаты экспериментов									
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	D_1	D_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	160	180	145	120	3	34,50	67,8	6,90	4943	25,4	4673	9,00	413	0,000	0,000
2	140	180	145	120	5	52,30	45,9	6,70	6210	2,79	5930	11,30	471	0,297	0,363
3	160	90	145	120	5	48,20	46,2	7,80	4933	2,88	5133	10,27	412	0,064	0,209
4	140	90	145	120	3	55,30	38,5	11,30	6750	3,41	5770	10,20	362	0,444	0,429
5	160	180	125	120	5	52,10	9,0	8,40	7630	3,63	7860	14,00	274	0,391	0,368
6	140	180	125	120	3	72,60	26,0	15,70	6860	1,90	5770	10,70	141	0,336	0,615
7	160	90	125	120	3	49,70	10,0	13,30	6830	2,35	8320	14,10	378	0,210	0,281
8	140	90	125	120	5	59,93	49,5	14,07	6067	2,89	6760	12,30	165	0,430	0,503
9	160	180	145	60	5	39,40	24,4	7,00	5240	3,07	5585	9,10	361	0,000	0,000
10	140	180	145	60	3	60,60	34,0	11,70	6190	5,25	5410	13,00	430	0,536	0,591
11	160	90	145	60	3	46,70	50,4	8,80	5870	2,60	5090	10,60	676	0,113	0,166
12	140	90	145	60	5	59,40	35,9	11,60	6570	3,52	5530	9,30	484	0,533	0,514
13	160	180	125	60	3	63,60	25,2	17,90	6610	3,88	7920	14,50	194	0,574	0,650
14	140	180	125	60	5	65,10	33,6	15,20	5413	2,68	6940	12,37	84	0,335	0,566
15	160	90	125	60	5	62,90	53,3	13,90	7250	2,57	7090	15,00	185	0,504	0,560
16	140	90	125	60	3	88,30	100,0	16,90	5230	2,57	4280	7,00	33	0,123	0,169
17	160	135	135	90	4	52,86	9,7	8,50	5673	3,49	5530	12,10	691	0,290	0,417
18	140	135	135	90	4	62,10	17,6	13,47	6370	3,72	5580	9,20	189	0,577	0,521
19	150	180	135	90	4	58,10	20,3	10,60	6640	3,41	5610	10,20	396	0,520	0,513
20	150	90	135	90	4	62,63	21,9	14,10	7500	2,96	7300	13,67	96	0,594	0,563
21	150	135	145	90	4	52,46	5,3	11,90	5467	3,27	4843	10,33	592	0,236	0,374
22	150	135	125	90	4	60,60	11,4	14,40	7160	3,35	6467	10,73	201	0,581	0,417
23	150	135	135	120	4	59,33	10,6	11,13	8163	4,07	6053	13,40	205	0,618	0,548
24	150	135	135	60	4	60,80	13,6	10,00	7580	2,46	6800	12,30	114	0,508	0,550
25	150	135	135	90	5	52,10	11,1	11,20	6840	2,54	5610	10,30	87	0,306	0,273
26	150	135	135	90	3	61,20	32,2	14,10	7030	2,79	5930	10,70	368	0,531	0,536
27	150	135	135	90	4	60,26	14,9	9,30	6800	2,72	7143	12,80	146	0,522	0,554
					G	0,07	0,18	0,09	0,15	0,13	0,09	0,13	0,16	0,14	0,12
					S	1,83	1,73	1,37	295	0,19	161	1,04	82	0,064	0,057

Показатели	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	D_1	D_2
b_0	58,781	9,867	11,627	6985,5	3,177	6100,4	11,473	255,16	0,519	0,506
b_1	-6,982	-4,722	-1,340	-40,3	-0,099	290,8	0,739	123,61	-0,031	-0,090
b_2	-1,931	-6,639	-0,648	-72,8	0,185	23,6	-0,097	54,06	-0,001	0,015
b_3	-6,998	1,689	-2,559	-384,7	0,191	-746,4	-0,978	85,89	-0,070	-0,082
b_4	-2,491	-3,717	-0,984	132,5	-0,115	90,4	0,117	-41,11	-0,024	-0,025
b_5	-2,282	-4,178	-1,152	-11,7	-0,044	181,9	0,229	-81,78	0,000	-0,006
b_{11}	-1,116	4,412	-0,938	-82,8	0,371	-414,8	-0,657	171,20	-0,085	-0,030
b_{12}	-0,348	3,181	0,060	-29,4	0,151	-81,6	-0,745	31,81	0,006	-0,045
b_{13}	-0,073	9,131	-0,153	-589,4	-0,396	-599,7	-1,255	-93,31	-0,130	-0,096
b_{14}	0,323	1,456	-0,223	-191,3	0,149	-110,3	-0,293	-65,44	-0,032	-0,037
b_{15}	3,011	0,819	-0,110	101,3	0,123	-266,6	-0,263	-104,19	-0,006	-0,006
b_{22}	1,769	11,862	0,432	64,7	-0,049	485,2	0,623	-22,80	0,038	0,038
b_{23}	-0,961	7,506	-0,350	-164,4	-0,034	-122,8	-0,070	-74,44	-0,043	-0,066
b_{24}	1,686	7,931	-0,585	161,3	-0,264	-350,9	-0,558	-44,31	-0,019	-0,030
b_{25}	-0,802	-1,631	-0,748	-12,5	-0,150	92,8	-0,338	-49,06	-0,067	-0,081
b_{33}	-2,066	-0,888	1,232	-692,8	0,076	-314,8	-0,777	127,70	-0,110	-0,105
b_{34}	1,861	10,706	0,378	-241,3	-0,114	-161,6	-0,218	15,31	-0,013	-0,006
b_{35}	2,273	-1,406	0,415	-98,8	-0,168	-70,3	-0,638	55,31	-0,039	-0,024
b_{44}	1,469	2,832	-1,353	868,7	0,031	456,7	1,543	-109,30	0,044	0,049
b_{45}	2,052	4,419	-0,165	-66,9	0,283	-81,9	0,200	77,94	0,010	0,003
b_{55}	-1,946	12,412	0,732	-70,3	-0,569	-199,8	-0,807	-41,30	-0,100	-0,086

Условия и решения задач оптимизации процесса варки

Таблица 3

№ задачи	Целевая функция	Ограничение параметра	Решение задачи					Значения выходных параметров, отвечающие решению							
			x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8
1	$u_1 \rightarrow \max$	$u_2 \leq 30$	145	180	125	60	3,47	77,32	30,0	17,7	6463	3,51	6777	12,58	377
2	$u_4 \rightarrow \max$	$u_1 \geq 65$	146	180	130	120	3,12	65,09	24,8	13,1	8189	2,31	6562	12,19	87
3	$u_6 \rightarrow \max$	$u_1 \geq 65$	155	180	125	60	4,00	65,58	9,4	15,5	7273	3,77	8075	14,64	594
4	$u_5 \rightarrow \max$	$u_1 \geq 65$	140	179	142	60	3,06	65,08	35,5	12,0	6365	4,86	5630	12,66	362
5	$u_1 \rightarrow \max$	$u_2 \geq 8000$	150	90	134	60	4,00	69,75	44,1	12,0	8005	2,80	6614	13,11	56
6	$u_4 \rightarrow \max$	Без ограничения	150	180	130	120	3,75	61,24	12,9	10,7	8363	2,88	7172	13,39	128
7	$u_5 \rightarrow \max$	•	140	180	145	60	3,25	59,93	25,9	11,1	6111	5,19	5643	12,75	444
8	$u_6 \rightarrow \max$	•	160	90	125	120	3,50	52,39	3,7	12,1	7047	3,27	8422	15,78	362
9	$u_7 \rightarrow \max$	•	160	90	125	120	4,75	52,42	12,7	11,2	7193	3,94	8124	16,95	206
10	$u_8 \rightarrow \max$	•	160	180	125	60	3,00	63,40	27,1	17,3	6578	3,82	7865	14,05	1208
11	$D_1 \rightarrow \max$	—	148	180	133	60	3,80	66,74	17,9	13,0	7464	3,76	—	—	—
12	$D_2 \rightarrow \max$	—	140	180	133	60	3,50	74,61	30,0	13,7	—	—	—	12,44	247

Все варки повторяли трижды (с рандомизацией). Результаты (средние для трех варок) приведены в табл. 1 (графы 7—14). Там же приведены значения G -критерия Кохрена и ошибки воспроизводимости s средних значений функций отклика. Так как во всех случаях $G < G_{0,05}(2; 27) = 0,22$, то можно считать, что дисперсии воспроизводимости всех функций отклика однородны в изученной области факторного пространства.

Результаты экспериментов аппроксимировали полиномами второго порядка общего вида:

$$\bar{y} = b_0 + \sum_{i=1}^5 b_i x_i + \sum_{1 < i < j \leq 5} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^5 b_{ii} x_i^2. \quad (1)$$

Коэффициенты регрессии b_0 , b_i , b_{ii} , b_{ij} уравнения (1) сведены в табл. 2. Переменные в выражении (1) нормированы. Для перехода от натуральных значений к нормированным следует пользоваться формулами пересчета:

$$x_{iu} = \frac{X_{iu} - X_{oi}}{\lambda_i}.$$

Регрессионный анализ моделей (1) показал, что уравнения функций y_3 , y_4 и y_7 адекватны соответствующим поверхностям отклика при 5%-ном уровне значимости, а функций y_1 , y_6 и y_8 — при 1%-ном уровне значимости. Для функций y_2 и y_5 , строго говоря, недостаточно квадратичного приближения, однако такое приближение все же приводит к вполне приемлемым расчетным значениям.

Математическое моделирование процесса позволяет решать разнообразные задачи оптимизации, которые в общем случае формулируются как задачи квадратичного программирования: в пределах изученного факторного пространства ($-1 \leq x_i \leq 1$) необходимо отыскать значения факторов, при которых один из параметров оптимизации принимает максимальное (или минимальное) значение при соблюдении ограничений, налагаемых на другие параметры. Условия нескольких задач и их решения, найденные с помощью ЭВМ, приведены в табл. 3 (задачи 1—10). Эти режимы обеспечивают получение полуцеллюлозы с лучшими значениями оптимизируемых параметров по сравнению с приведенными в табл. 1 экспериментальными данными.

Следует отметить, что оптимизация с применением нелинейного программирования не позволяет достаточно полно учитывать все требования, предъявляемые к качеству полуцеллюлозы, так как увеличение числа ограничений часто приводит к задачам, не имеющим решений. Существует несколько способов «свернуть» информацию — свести ее к единственному параметру оптимизации. В данной работе мы использовали «обобщенную функцию полезности» D [2]. Применение такой функции для оптимизации процесса представлялось полезным также из-за возможности преодолеть трудности, которые могут быть связаны с неадекватностью математических моделей для функций y_2 и y_5 .

Для «свертывания» информации о свойствах бумаги в соответствии с работой [2] была синтезирована функция полезности $D_1 = \varphi_1 = (y_1, y_2, y_3, y_4, y_5)$. Для y_1 , y_2 , y_4 и y_5 перевод функций отклика в значения частных функций полезности d осуществлялся по закону соответствия

$$d = e^{-e^{-(\theta_0 + \theta_1 y + \theta_2 y^2)}}. \quad (2)$$

а для y_3 — по закону

$$d = e^{-e^{-(\theta_0 + \theta_1 y)}} \quad (3)$$

В табл. 4 и 5 приведена априорная информация о соответствиях $y \rightarrow d$ и полученные на ее основе коэффициенты θ_i в формулах (2) и (3).

Таблица 4

Информация для получения частных функций полезности (для бумаги)

Величины	Соответствие $y \rightarrow d$			θ_0	θ_1	θ_2	α
	1	2	3				
y_1	60,0	72,5	85,0	-10,300	0,223	-0,00099	1,0
d_1	0,2	0,6	0,8				
y_2	30	55	80	2,109	-0,125	-0,000248	1,0
d_2	0,8	0,6	0,2				
y_3	5	15	—	2,510	-0,20	—	0,2
d_3	0,8	0,2	—				
y_4	6000	7000	8000	-13,890	0,003165	-0,155 · 10 ⁻³	0,8
d_4	0,2	0,6	0,8				
y_5	2,5	3,5	4,5	-6,624	3,270	-0,325	0,8
d_5	0,20	0,65	0,80				

Таблица 5

Информация для получения частных функций полезности (для картона)

Величины	Соответствие $y \rightarrow d$			θ_0	θ_1	θ_2	α
	1	2	3				
y_1	60,0	72,5	85,0	-10,300	0,223	-0,00099	1,0
d_1	0,2	0,6	0,8				
y_2	30	55	80	2,109	-0,0125	-0,000248	1,0
d_2	0,8	0,6	0,2				
y_3	5	15	—	2,510	-0,20	—	0,2
d_3	0,8	0,2	—				
y_7	8	11	14	-5,062	0,711	-0,0172	0,8
d_7	0,2	0,6	0,8				
y_8	100	1000	—	-0,710	0,0022	—	0,6
d_8	0,2	0,8	—				

Значения обобщенной функции полезности вычисляли для каждого эксперимента по формуле

$$D_1 = \sqrt[5]{d_1^{\alpha_1} d_2^{\alpha_2} d_3^{\alpha_3} d_4^{\alpha_4} d_5^{\alpha_5}},$$

где α_j — вес j -той функции отклика ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Величины α , приведены также в табл. 4, значения D_{1u} ($u = 1, 2, \dots, 27$) — в табл. 1 (графа 15), коэффициенты квадратичной регрессии по независимым переменным — в табл. 2. Регрессионный анализ уравнений $D_1 = f_1(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ выявил его адекватность при 1%-ном уровне значимости. В пределах изученного факторного пространства легко отыскать условия, при которых D_1 достигает максимального значения ($D_{1max} = 0,666$). Решение этой задачи приведено в табл. 3 (задача 11).

Для «свертывания» информации о свойствах картона была синтезирована функция полезности $D_2 = f_2(y_1, y_2, y_3, y_7, y_8)$. Для y_1, y_2 и y_7 перевод $y \rightarrow d$ осуществлялся по формуле (2), для y_3 и y_8 — по формуле (3). Обобщенную функцию полезности вычисляли по формуле

$$D_2 = \sqrt[5]{d_1^{21} d_2^{24} d_3^{23} d_7^{27} d_8^{28}}$$

Необходимая информация приведена в табл. 1 (графа 16), 2 и 5, решение задачи максимизации D_2 — в табл. 3 (задача 12).

Применение обобщенной функции полезности в обоих случаях привело к технологически разумным, нетривиальным и содержательным решениям, обеспечивающим достаточно высокий выход полуцеллюлозы при хороших физико-механических показателях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. Ф. Андрукович, Т. И. Голикова, С. Г. Костина, Сб. «Новые идеи в планировании эксперимента». Изд-во «Наука», 1969, стр. 140 [2]. Г. М. Карташова, Б. П. Штаркман. Сб. «Информационные материалы Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика». Вып. 8 (45), АН СССР, 1970, стр. 55.

Поступила 25 октября 1971 г.

УДК 547.92

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ФИТОСТЕРИНА СУЛЬФАТНОГО МЫЛА СОРБЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В. Б. НЕКРАСОВА, А. Л. АГРАНАТ

Ленинградская лесотехническая академия

Показана возможность хроматографического разделения спиртовой фракции фитостерина-сырца на фракции стеринов и алифатических спиртов, определена физико-химическая характеристика выделенных фракций.

Идентификация и очистка растительных стеринов, особенно ситостеринов, сопряжены со значительными трудностями. В работах некоторых авторов [3], [6], [9] указывается на сложность разделения стеринов из-за их склонности давать смешанные кристаллы.

Именно трудностью разделения фитостеринов можно объяснить различные физико-химические константы, предлагаемые авторами для одного и того же вещества, например, β -ситостерина [1], [2], [4], [7], [8].

Мы попытались выделить и разделить стерины фитостерина-сырца, полученного на опытно-промышленной установке Кедрского ЦБК. Отделение спиртовой фракции, включающей стерины и алифатические спирты, от не растворимых в петролейном эфире спутников (твердых мыл) проводили методом экстракции. При этом было извлечено более

90% нейтральных веществ со следующей характеристикой: слегка желтоватый продукт; т. пл. 126—129°C; качественная реакция на стерины по Либерману — Бурхардту положительная интенсивная; содержание стеринов 87,82% по дигитониновому методу; содержание алифатических спиртов (по разности) 12,18%.

Полученный продукт был перекристаллизован из этилового спирта, после чего его характеристика стала следующей: цвет белый; содержание стеринов по дигитониновому методу 90,31%; т. пл. 132—135°C; содержание алифатических спиртов (по разности) 9,69%.

Фитостерин с т. пл. 132—135°C разделяли с целью фракционирования стеринов и отделения от них алифатических спиртов. Сорбционно-хроматографический анализ осуществляли по методике, разработанной А. Л. Агранат и Ф. Т. Солодким для фитостерина сульфатного мыла [5]; сорбент — окись алюминия (фракция 0,25, влажность 1,95%), растворитель и проявитель — очищенный бензин фракции 80—120°. Проявленные хроматограммы облучались ультрафиолетовым светом с помощью осветителя УМ-1, дающего возбуждение люминесценции длинноволновым ультрафиолетовым светом в 365,5 мкм.

Разделение зон на хроматографических колонках проводили по различной интенсивности свечения. Полученные зоны элюировали спирто-бензольной смесью (соотношение спирт:бензол 1:1). Результаты представлены в табл. 1, из данных которой видно, что алифатические спирты, не дающие качественной реакции на стерины, не удерживаются на колонке и легко смываются с сорбента при проявлении хроматограмм (фильтрат), тогда как стерины распределяются на колонке (см. зоны свечения).

Проведенный анализ позволил выделить стериновую фракцию с т. пл. 136—137,4°C в количестве 48% от исходного очищенного фитостерина; содержание стеринов этой фракции 97,01% по дигитониновому методу, молекулярный вес по Расту 420. Этот продукт, а также выделенная фракция алифатических спиртов явились исходными веществами при исследовании фитостерина методами газо-жидкостной хроматографии и зонной плавки.

Таким образом, спиртовая фракция фитостерина, выделенная из фитостерина-сырца, разделена на фракции стеринов и алифатических спиртов. Определена физико-химическая характеристика выделенных фракций. Около 50% от исследованного фитостерина составляет фракция стеринов, имеющих физико-химическую характеристику, близкую к β -ситостерину. Ни одна из фракций, выделенных методом сорбционной колоночной хроматографии, не является индивидуальным веществом и требует дополнительной очистки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Агранат. Разработка способа получения фитостерина из сульфатного мыла и выяснение возможности применения данного способа в сульфат-целлюлозной промышленности СССР. Диссертация, ЛТА, Л., 1961. [2]. В. Зандерманн. Природные смолы, скипидары, талловое масло. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [3]. И. А. Ремезов. Химия холестерина, БИЭМ, Л., 1934. [4]. Ф. Т. Солодкий. Состав и пути использования сульфатного мыла. Журн. «Бумажная промышленность» № 2, 1941. [5]. Ф. Т. Солодкий, А. Л. Агранат. Сульфирование и хроматографирование в применении к анализу сульфатного мыла. Труды ЛТА, № 69, 1950. [6]. Л. Физер, М. Физер. Химия природных соединений феноантропенового ряда. Госхимиздат, М.—Л., 1953. [7]. А. М. Халецкий, Н. Н. Соломоник. Исследование фитостерина, выделенного щелочным гидролизом сосновой древесины. ЖОХ, XVII, 6, 1947, 1172—1184. [8]. А. М. Халецкий, Ли Чжень Су. Исследование β -ситостерина, ЖОХ, XXVI, 1956, 1201—1204. [9]. Kosti Pajari. Untersuchungen Über die Kieferinde und das Rindenol, Helsinki, 1943.

УДК 634.0.86

О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЫХОД И СОСТАВ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА

Н. Н. БОГДАНОВИЧ, В. П. СОЛЯНОВ, В. Н. ПИЯЛКИН

Ленинградская лесотехническая академия

Исследовано влияние высоких температур (700, 800, 900 и 1000 °С) на выход и состав продуктов пиролиза березовой древесины, приведены экспериментальные данные.

Вопрос о влиянии конечной температуры на выход и состав продуктов пиролиза древесины исследован рядом авторов [1]—[3]. Было замечено, что повышение температуры в реакционной зоне уменьшает выход угля. При этом до 600 °С выход жидких продуктов увеличивается, а после 600 °С образуются неконденсируемые газы. Однако подобные исследования ограничивались конечной температурой 700—800 °С и не всегда касались качественной стороны получаемых продуктов (так, для смолы и жижки проводили лишь групповой анализ). Данных же о влиянии конечной температуры пиролиза на выход индивидуальных продуктов — компонентов конденсата — в литературе мы не обнаружили.

В настоящей работе сделана попытка изучить влияние высоких температур (700—1000 °С) на выход продуктов и исследовать изменение состава конденсата, так как, по нашему мнению, можно ожидать, что он должен содержать значительное количество ортодиокси фенолов, улучшающих качество ингибитора. Для получения подобных фенолов дополнительно проводят парофазный пиролиз исходной смолы при $t = 550\text{—}600\text{ }^\circ\text{C}$ с целью увеличения количества реактивных положений за счет реакций деметилирования и деалкилирования. В высокоскоростном процессе подобное явление должно наблюдаться уже в зоне реакционного пространства реторты из-за высоких температур пиролиза.

Для опытов использовали ранее описанную установку [2]. Материальный баланс разложения древесины определяли, когда вся реакционная зона была заполнена углем. Опытные данные по пиролизу приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура пиролиза, °С	Время разложения, сек	Выход от абс. сухой древесины, %		
		конденсата	угля	газов + потери
700	420	56,8	16,10	27,10
800	360	46,7	15,50	37,80
900	240	36,10	14,80	49,10
1000	180	29,00	13,80	57,20

Полученными результатами подтверждаются литературные данные о том, что с повышением конечной температуры пиролиза увеличива-

ется выход неконденсированных газов и уменьшается выход угля. Однако выход газов повышается, в основном, за счет уменьшения выхода конденсата, а не угля. Так, выход угля снизился только на 15%, тогда как выход конденсата уменьшился почти в 2 раза. Температура 700° в некотором смысле оптимальна для сохранения сравнительно высоких выходов ценных продуктов.

Групповой анализ конденсата проводили по общепринятой методике, данные сведены в табл. 2. Результаты показывают резкое уменьшение выхода смолы при повышении температуры. Содержание фенолов в смоле практически постоянно, но выход их уменьшается пропорционально выходу смолы. Некоторый разброс полученных точек находится в пределах допустимой ошибки эксперимента. Максимальный выход кислот и нейтральных наблюдается при $t = 700^\circ\text{C}$.

Таблица 2

Температура реакционной зоны, °C	Выход							
	смолы		суммарных фенолов		карбоновых кислот		нейтральных веществ	
	% от конденсата	% от абс. сухой древесины	% от смолы	% от абс. сухой древесины	% от смолы	% от абс. сухой древесины	% от смолы	% от абс. сухой древесины
700	26,4	17,90	37,40	6,84	34,60	5,66	17,50	2,84
800	23,8	13,3	39,20	5,18	23,80	3,16	20,8	2,76
900	18,3	9,10	34,6	3,16	31,6	2,88	24,0	2,18
1000	14,8	5,46	36,4	1,98	39,2	2,15	21,4	1,17

Для определения качественного и количественного состава выделенных фенолов и кислот использовали метод ГЖХ с программированием температуры колонки. Данные по расчету полученных хроматограмм сведены в табл. 3. Результаты показывают резкое увеличение содержания простейшего фенола при повышении температуры в реакционной зоне. Увеличение выхода одноатомных фенолов сопровождается уменьшением содержания их производных, в особенности диметилловых эфиров пирогаллола, что указывает на наличие при высоких температурах реакций деметилирования и деалкилирования.

Таблица 3

Компонент	Содержание от элюированных компонентов, %, при температуре реакционной зоны, °C			
	700	800	900	1000
Фенол	11,80	17,60	37,00	39,60
О-крезол	7,86	7,20	9,25	1,10
М-п-крезол	4,20	7,20	9,26	13,40
Гваякол	12,05	17,20	19,10	26,60
2,4-ксиленол	6,45	2,60	3,40	2,50
3,5-ксиленол	4,00	5,00	1,89	1,65
3,4-ксиленол	3,59	5,60	1,58	Следы
4-метилгваякол	2,68	2,48	0,50	"
Пирокатехин	11,00	6,20	14,20	10,10
4-метилпирокатехин	4,00	2,40	2,36	Следы
4-этилгваякол	1,25	2,60	0,72	0,76
ДМЭП*	7,42	5,00	4,10	1,65
ДМЭ**-4-метилпирогаллола	6,82	3,80	2,52	0,20
ДМЭ-4-этилпирогаллола	1,78	1,8	1,52	—
ДМЭ-4-пропилпирогаллола	1,74	1,20	0,76	—
Неидентифицированные	5,05	4,80	1,57	—

* Диметилловый эфир пирогаллола. ** Диметилловый эфир.

Выделенные кислоты также были проанализированы методом ГЖХ. Однако качественный и количественный состав их не зависит от конечной температуры, поэтому результаты в настоящей работе не приведены.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при скоростном пиролизе очень ощутимы вторичные реакции распада летучих компонентов в зоне реакционного пространства, особенно это заметно при повышенных температурах. В случае высоких температур резко увеличивается выход газообразных продуктов при одновременном уменьшении продуктов конденсации. Кроме того, в конденсате преобладают простейшие вещества (деметилованные и деалкилированные фенолы) из-за вторичных реакций отрыва различных заместителей и упрощения арилалкильных систем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Катаев. Диссертация, Л., 1952. [2]. В. Н. Пиялкин. Диссертация, Л., 1966. [3]. З. Ф. Чуханов. ДАН СССР. Вып. 72, 1954.

Поступила 17 февраля 1972 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ РАСКРОЕ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

А. Н. КАРМАДОНОВ

Томский политехнический институт

А. Н. КИСЕЛЕВ, Ю. И. ЛИТОВЧЕНКО

НИИ электронной интроскопии

Рассматриваются пути решения проблемы оптимального использования древесного сырья на основе применения неразрушающего контроля лесоматериалов перед их раскромом, приводятся сведения о разработанном в НИИ электронной интроскопии дефектоскопе «Тайга-1» и эффективности его применения.

В последние годы лесная и деревообрабатывающая промышленность переходит на прогрессивную технологию разделки и переработки древесины. Широкое распространение получили полуавтоматические линии большой производительности, предприятия оснащаются высокопроизводительными станками, машинами, механизмами. Дальнейшее повышение уровня автоматизации производственных процессов связано с разработкой систем автоматической оптимизации раскром древесины на всех этапах его переработки на основе применения неразрушающих методов контроля качества лесоматериалов.

Проведенные исследования показали, что в настоящее время созданы предпосылки для практического решения данной проблемы [2], [4], [5], [6], [7], [8], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17]. Это решение можно разбить на ряд последовательных этапов [13].

I этап. Предварительная оценка общего качественного состояния древостоя путем применения аэрофотосъемки и автоматических методов анализа аэрофотоснимков лесных массивов в сочетании с оценкой качества древесины растущих деревьев при таксации с целью планового определения возможного выхода деловой древесины и выбора на основе этих данных общей программы раскром хлыстов.

II этап. Автоматический неразрушающий контроль качества древесины хлыстов перед разделкой их на сортименты с целью повышения выхода деловой древесины и более высококачественных сортиментов в результате оптимизации раскром хлыстов с учетом диаметра, длины, а также наличия и местоположения скрытых пороков. На основе измеренных параметров и качественных признаков осуществляется оптимальный раскрой древесных стволов на сортименты по выбранной с помощью ЭВМ программе с учетом структуры потребления лесоматериалов.

III этап. Автоматический контроль качества сортиментов перед распиловкой на пиломатериалы средствами неразрушающего контроля, автоматическое измерение длины и диаметра с последующей оптимизацией раскром на ЭВМ и программным управлением распиловочными станками.

Наиболее важен II этап, так как обнаружение дефектов на более ранней стадии производства способствует повышению качества продукции и уменьшению отходов при дальнейшей переработке сырья [1].

В настоящее время разработаны математические и экономические модели древесных стволов, математически описан процесс раскряж хлыстов [15]. Однако внедрение систем автоматической оптимизации в практику предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности задерживалось из-за отсутствия методов и средств обнаружения пороков и дефектов древесины, особенно в условиях поточного производства [4], [8], [13], [15].

Научные исследования и разработки радиоизотопных методов, проведенные в НИИ ЭИ, позволили решить проблему контроля качества круглой древесины непосредственно в условиях технологического потока [8], [10], [13].

В Тимирязевском ЛПХ объединения «Томлеспром» в технологический поток разделки хлыстов внедрена установка «Тайга-1», созданная в творческом содружестве с производителями объединения. Дефектоскоп «Тайга-1» позволяет производить стопроцентный неразрушающий контроль хлыстов при раскряжке на сортименты, что дает возможность оператору-раскряжевщику осуществлять раскрой с учетом местоположения и размера напеленных и внутриволовых гнилей [10].

Производственные испытания опытного образца дефектоскопа, проведенные в 1971—1972 гг., показали, что радиоизотопные методы можно использовать для обнаружения основных пороков и дефектов древесины. Внедрение подобных установок на нижних складах и лесозаводах даст большой экономический эффект [13]. Так, например, только по Тимирязевскому ЛПХ экономический эффект от внедрения установки составит около 130 тыс. руб. [9].

В НИИ ЭИ разработан и испытан портативный изотопный прибор для определения качества растущих деревьев при таксации лесных участков, обнаружения скоплений живицы и контроля качества древесины на нижнем складе при ручной разделке хлыстов. При соответствующей доработке приборы подобного типа можно использовать, в частности, для определения степени загнивания деревянных опор линий электропередач, а также в практике научных исследований для измерения параметров и характеристик древесины [3].

Применение радиоизотопной дефектоскопии позволяет увеличить выход деловой древесины на 3—5% из-за более рационального и точного разделения деловой и дровяной частей хлыста [9]. Дальнейшее снижение потерь и отходов при разделке хлыстов может быть осуществлено только на базе программного раскряга с учетом всех качественных признаков и структуры потребления круглых лесоматериалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. П. Аксенов. Основные направления рационального использования древесного сырья на основе его комплексной переработки на перспективный период 1970—2000 гг., МЛТИ, 1966. [2]. Д. Г. Веретенник. Пути автоматизации определения пороков древесины методом просвечивания гамма- и рентген-лучами. Киров, 1965. [3]. В. А. Грудинин, А. Н. Кармадонов и др. Портативный дефектоскоп для контроля круглых лесоматериалов. Изд. ЦНТИ, Томск, 1972. [4]. Л. Н. Исаева. Влажность и плотность древесины основных лесобразующих пород Сибири. Автореферат канд. диссертации. Красноярск, 1970. [5]. Исследование и разработка методов и схем автоматического обнаружения и учета дефектов круглых лесоматериалов на лесных складах. Отчет № 1, НИИ ЭИ при ТПИ, ИГД СО АН СССР, ИЛД СО АН СССР, Томск, 1966. [6]. Исследование и разработка методов и схем автоматического обнаружения и учета дефектов круглых лесоматериалов на лесных складах. Отчет НИИ ЭИ при ТПИ и ИЛД СО АН СССР, Томск, 1968. [7]. Исследование и разработка методов и схем автоматического обнаружения и учета дефектов круглых

лесоматериалов на лесных складах. Отчет НИИ ЭИ при ТПИ и ИЛД СО АН СССР, Томск, 1969. [8]. Исследование и разработка методов и схем автоматического обнаружения и учета дефектов круглых лесоматериалов на лесных складах. Этап: Разработка опытного образца дефектоскопа. Отчет НИИ ЭИ при ТПИ, Томск, 1970. [9]. Исследование и разработка методов и схем автоматического обнаружения и учета дефектов круглых лесоматериалов на нижних складах. Этап: Определение экономической эффективности применения радиационного контроля в Тимирязевском леспромпхозе. Отчет НИИ ЭИ, Томск, 1970. [10]. А. Н. Кармадонов, Ю. И. Литовченко, А. Н. Киселев и др. Полуавтоматическая дефектоскопическая установка «Тайга-1» для контроля качества круглого леса на поточных линиях нижних складов леспромпхозов. Изд. ЦНТИ; Томск, 1971. [11]. Б. К. Лакатosh. Дефектоскопия древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [12]. П. В. Ласточкин. Дефектоскопия древесины и возможности ее применения в автоматизированных разделочных установках. Гослесбумиздат, М., 1962. [13]. Ю. И. Литовченко. Разработка и исследования скоростных методов и средств автоматизации радиационной дефектоскопии круглых лесоматериалов на поточных линиях. Канд. диссертация, Томск, 1971. [14]. А. С. Матвеев-Мотин, И. А. Алексеев. Скрытые пороки древесины и методы их распознавания. М., Гослесбумиздат, 1963. [15]. В. С. Петровский. Автоматическая оптимизация раскроя древесных стволов. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1970. [16]. Б. Н. Уголев. Испытания древесины и древесных материалов. М., 1965. [17]. Ю. И. Шетинин. Исследование сцинтилляционного метода гамма-контроля древесины. Канд. диссертация, Новосибирск, 1968.

Поступила 3 апреля 1972 г.

УДК 65.011.56

О ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБМЕРА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПО СЕКЦИОННЫМ ФОРМУЛАМ

В. М. ВИНОГРАДОВ

ЦНИИ Лесосплава

Получены количественные и качественные оценки точности автоматического обмера круглых лесоматериалов по секционным формулам на основе сравнения истинных объемов бревен, аппроксимируемых такими усеченными телами вращения, как конус, параболоид, цилиндр, нейлоид, с объемами этих же тел, получаемыми по секционным формулам.

Для автоматического обмера круглых лесоматериалов на продольных транспортерах широкое распространение нашел метод суммирования объемов отдельных участков бревен одинаковой длины с измерением их диаметров. Этот метод наиболее просто реализуется в производственных условиях. Увеличение длины отрезка упрощает вычислительную и выходную части кубатурников, но ведет к росту погрешностей обмера, обусловленных неточностью учета формы бревен.

В данной статье приводятся количественные и качественные оценки этих погрешностей, позволяющие обоснованно судить об оптимальности выбранной длины отрезка с точки зрения точности и сложности устройств автоматического обмера.

В одной из работ [1] показано, что сортименты, выпиленные из различных частей ствола, по форме близки к таким телам вращения, как усеченный конус, цилиндр, параболоид и нейлоид. Исходя из этого, в качестве оценок погрешности взяты отклонения объемов, получаемых по секционным формулам и длине отрезка a , от точных объемов этих тел V_T .

Точные объемы усеченных тел вращения соответственно конуса, цилиндра, параболоида и нейлоида

$$V_{\kappa} = 0,25 \pi l (d^2 + cld + 0,33 c^2 l^2);$$

$$V_{\text{ц}} = 0,25 \pi l d^2;$$

$$V_{\text{п}} = 0,125 \pi l (d^2 + D^2);$$

$$V_{\text{н}} = 0,0625 \pi l (D^2 + \sqrt[3]{D^4 d^2} + \sqrt[3]{D^2 d^4} + d^2),$$

где d — диаметр верхнего отруба;

D — диаметр комля;

c — сбеги;

l — длина.

Объемы усеченных тел по секционным формулам V_c , в частности, для цилиндра $V_{\text{ц}}$, конуса V_{κ} , параболоида $V_{\text{сп}}$ и нейлоида $V_{\text{сн}}$, можно получить, суммируя объемы цилиндров с j -ми диаметрами d_j , взятыми на серединах j -тых отрезков и найденными в соответствии со свойствами этих тел

$$V_c = 0,25 \pi a \sum_{j=1}^n d_j^2.$$

Для цилиндра срединные диаметры всех отрезков

$$d_1 = d_2 = \dots = d_j,$$

поэтому

$$V_{\text{ц}} = 0,25 \pi a \sum_1^n d_j^2 = 0,25 \pi a n d^2 = 0,25 \pi l d^2.$$

Для конуса

$$d_1 = d + 0,5 ca; \quad d_j = d + 0,5 caj;$$

$$V_{\kappa} = 0,25 \pi l (d^2 + cld + 0,33 c^2 l^2 - 0,083 c^2 a^2).$$

Для параболоида известно, что

$$\frac{d^2}{D^2} = \frac{b}{l+b} \quad \text{и} \quad \frac{d^2}{d_1^2} = \frac{b}{b+0,5a},$$

откуда

$$d_1^2 = d^2 \left(1 + 0,5 \frac{a}{b} \right); \quad d_j^2 = d^2 \left[1 + (j-0,5) \frac{a}{b} \right];$$

$$b = \frac{d^2 l}{D^2 - d^2},$$

где b — расстояние от вершины параболоида до верхнего отруба.

Объем усеченного параболоида находим по секционной формуле

$$V_{\text{сн}} = 0,25 \pi a \sum_1^n d^2 \left[1 + (j-0,5) \frac{a}{b} \right] = 0,125 \pi l (D^2 + d^2).$$

Для нейлоида

$$\frac{d^2}{D^2} = \frac{b^3}{(b+l)^3} \quad \text{и} \quad \frac{d^2}{d_1^2} = \frac{b^3}{(b+0,5a)^3},$$

откуда

$$d_1^2 = (b + 0,5a)^3 \frac{d^2}{b^3}; \quad d_j^2 = [b + 0,5a(2j-1)]^3 \frac{d^2}{b^3}.$$

После решения уравнения третьей степени получим

$$b = \frac{l \sqrt[3]{d^2}}{\sqrt[3]{D^2} - \sqrt[3]{d^2}}$$

и соответственно

$$\begin{aligned} V_{\text{сн}} &= 0,25 \pi a \sum_1^n \frac{d^2}{b^3} \left[b + 0,5a(2j-1) \right]^3 = \\ &= 0,25 \pi l \cdot 0,25 \left[D^2 + \sqrt[3]{D^4 d^2} + \sqrt[3]{D^2 d^4} + d^2 - \right. \\ &\quad \left. - 0,5 \frac{a^2}{l^2} \left(D^2 - \sqrt[3]{D^4 d^2} - \sqrt[3]{D^2 d^4} + d^2 \right) \right]. \end{aligned}$$

Относительная ошибка обмера по секционным формулам

$$\delta = \frac{V_{\text{с}} - V_{\text{т}}}{V_{\text{т}}}$$

Для цилиндра и параболоида эта погрешность равна нулю и не зависит от величины интервала по длине a .

Для конуса погрешность

$$\begin{aligned} \delta_{\text{к}} &= \frac{0,25 \pi l (d^2 + cld + 0,33 c^2 l^2 - 0,083 c^2 a^2 - d^2 - cld - 0,33 c^2 l^2)}{0,25 \pi l (d^2 + cld + 0,33 c^2 l^2)} = \\ &= - \frac{0,083 c^2 a^2}{d^2 + cld + 0,33 c^2 l^2}; \end{aligned}$$

для нейлоида

$$\delta_{\text{н}} = \frac{-0,5 a^2 (D^2 - \sqrt[3]{D^4 d^2} - \sqrt[3]{D^2 d^4} + d^2)}{l^2 (D^2 + \sqrt[3]{D^4 d^2} + \sqrt[3]{D^2 d^4} + d^2)} = -0,5 \frac{a^2 (\sqrt[3]{D^2} - \sqrt[3]{d^2})^2}{l^2 (\sqrt[3]{D^4} + \sqrt[3]{d^4})}$$

По двум последним выражениям можно судить о качественном характере величин погрешностей для усеченного конуса и нейлоида. Эти погрешности пропорциональны квадрату шага квантования по длине, а при измерении длин погрешности пропорциональны первой степени.

Чтобы количественно оценить погрешности, рассмотрим наихудший случай, когда $D = 14 \text{ см}$, $d = 10 \text{ см}$, $a = 100 \text{ см}$, $l = 400 \text{ см}$ и $c = 1 \text{ см/м}$.

Тогда для усеченных конуса и нейлоида соответственно получим

$$\delta_{\text{к}} = \frac{-1 \cdot 1 \cdot 100}{12(100 + 40 + 1,3)} \approx -0,06 \%;$$

$$\delta_{\text{н}} = \frac{-1 \cdot 1 (5,8 - 4,6)^2 \cdot 100}{32(14 \cdot 2,4 + 10 \cdot 2,15)} \approx -0,1 \%.$$

Если измеряется не срединный диаметр секций, а обмер (при том же шаге по длине) начинается с любого места от вершины (комля) бревна на длине интервала a , погрешности равны по величине и противоположны по знаку и для случая, когда первый отсчет приходится на вершину бревна, и для случая, когда отсчет приходится на комель бревна.

При тех же значениях D , d , l , a , c для конуса, параболоида и нейлоида имеем

$$\delta_k' = \mp \frac{ca(d - 0,5cl) \cdot 100}{d^2 + cld - 0,33c^2l^2} \approx \mp 8,3 \%;$$

$$\delta_n' = \mp \frac{a(D^2 - d^2) \cdot 100}{l(D^2 + d^2)} \approx \mp 8,1 \%;$$

$$\delta_n'' \approx \mp \frac{0,5a(D^2 - d^2) \cdot 100}{l(D^2 + \sqrt{D^2d^2} - \sqrt{D^2d^2} + d^2)} \approx \mp 3,8 \%.$$

Выводы

1. Обмер по секционным формулам без выбора срединных диаметров секций сопровождается случайными погрешностями, величина которых пропорциональна первой степени длины отрезка; они могут быть существенны для небольших партий круглых лесоматериалов в интервалах, длина которых больше 1—2 м.

2. Обмер по секционным формулам с измерением срединного диаметра каждой секции сопровождается погрешностями, величина которых пропорциональна квадрату интервала по длине; они незначительны даже при интервалах, длина которых равна 1—2 м. В этом случае можно также добиться полного исключения погрешностей, обусловленных наличием припусков по длине [2].

Полученные результаты были использованы при выборе параметров датчика длины автокубатурника, разработанного в ЦНИИЛесосплава, а также для обоснования разрабатываемого стандарта на методы автоматического обмера круглых лесоматериалов на продольных транспортерах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Лесная таксация. Изд-во «Лесная промышленность», 1971.
[2]. В. М. Виноградов, А. Б. Левит. Авторское свидетельство № 315916, БИ № 29, 1971.

Поступила 10 января 1972 г.

УДК 65.011.56

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ДАТЧИКА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ПОТОКЕ

Г. А. ЖОДЗИШСКИЙ, Л. А. ЛИБЕРМАН

Ленинградский институт текстильной и легкой промышленности

В статье предложена методика расчета динамического диапазона измерителей диаметров бревен на потоках лесоматериалов. Показано, что выбор диапазона измерителя должен базироваться на анализе статистических характеристик объектов на потоке в зависимости от функционального назначения измерительной системы. Получены зависимости для расчета динамического диапазона измерителей диаметров бревен в системах сортировки и учета объемов лесоматериалов.

В последнее время на лесопотоках все шире применяются автоматические устройства для измерения круглых лесоматериалов. Конструкции этих устройств разнообразны, но принцип работы один: измеряется диаметр каждого бревна, проходящего через устройство, и в зависимости от результатов измерения бревно «зачисляется» в ту или

иную градацию (в тот или иной разряд). Границы разрядов и их номинальные диаметры регламентированы общесоюзным стандартом. Одновременно ведется счет бревен по каждой градации. Автоматическое устройство дает возможность рассортировать все бревна, входящие в партию, по стандартным разрядам и, кроме того, с учетом длин бревен определить объем партии лесоматериалов.

При проектировании подобных автоматических устройств важно правильно определить динамический диапазон датчика, то есть правильно выбрать его нижний и верхний граничные разряды. Чем шире диапазон датчика, тем менее вероятно, что в партии окажется бревно, диаметр которого находится вне пределов измерения (слишком малый или слишком большой), однако тем сложнее, дороже и ненадежнее конструкция датчика. Желательно иметь динамический диапазон датчика более узким при том, однако, условии, что датчик полностью обеспечивает измерение с заданной точностью.

В настоящей статье рассматривается методика расчета динамического диапазона датчика. Порядковыми номерами с 1-го по n -й обозначим градации в порядке возрастания диаметров, а символами d_1, d_2, \dots, d_n — номинальные диаметры соответствующих градаций. Будем считать, что 1-я градация соответствует бревну с наименьшим из возможных диаметров на данном лесопотоке, а n -я градация — бревну с наибольшим из возможных диаметров. Очевидно, 1-ю и n -ю градации целесообразно принимать в качестве крайних значений динамического диапазона датчика, так как бревна, соответствующие этим градациям, крайне редко проходят через измерительное устройство.

Задача состоит в том, чтобы правильно выбрать предельные градации датчика. В дальнейшем будем считать, что нижняя предельная градация датчика — нижняя граница динамического диапазона — имеет номер k (и, следовательно, диаметр d_k), а верхняя — номер l (и диаметр d_l), причем $k > 1$, $l < n$ и $l > k$. Правильный выбор предельных диаметров d_k и d_l невозможен без учета конкретного назначения измерительной установки.

Первый случай. С помощью измерительной установки сортируют лесоматериалы по диаметрам. Пусть случайная величина диаметра бревна d принимает дискретные значения $d_1, d_2, d_k, \dots, d_l, \dots, d_n$. Предельные значения динамического диапазона датчика d_k и d_l целесообразно выбрать с таким расчетом, чтобы вероятность события $d < d_k$ равнялась заранее заданной малой величине α , а вероятность события $d > d_l$ — заранее заданной малой величине β . Математически эти условия для выбора d_k и d_l можно записать так:

$$P(d < d_k) = \alpha; \quad P(d > d_l) = \beta, \quad (1)$$

где P — символ вероятности.

Используя функцию распределения $F(d)$, получим

$$F(d_k) = \alpha, \quad 1 - F(d_l) = \beta. \quad (2)$$

Во многих случаях целесообразно назначать $\alpha = \beta$. Чтобы из выражений (2) найти d_k и d_l , необходимо знать закон распределения случайной величины d . Проведенные исследования показали [2], что распределения диаметров с большой степенью согласия соответствуют логарифмически-нормальному закону. Этот вывод не противоречит общезвестному положению о том, что многие биологические явления подчиняются логарифмически-нормальному закону [3]. Функция распределения диаметров круглого леса имеет вид

$$F(d) = F_0 \left[\frac{\lg d - \mu(\lg d)}{\sigma(\lg d)} \right], \quad (3)$$

где $F_0(u)$ — табулированная функция нормального распределения [3];
 $\mu(\lg d)$ и $\sigma(\lg d)$ — соответственно математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение случайной величины $\lg d$.

Окончательные формулы для расчета d_k и d_l

$$\begin{aligned} F_0 \left[\frac{\lg d_k - \mu(\lg d)}{\sigma(\lg d)} \right] &= \alpha; \\ 1 - F_0 \left[\frac{\lg d_l - \mu(\lg d)}{\sigma(\lg d)} \right] &= \beta, \end{aligned} \quad (4)$$

где величины $\mu(\lg d)$ и $\sigma(\lg d)$ определяются по опытным данным.

Задавшись значениями

$$F_0(u_1) = \alpha \quad \text{и} \quad 1 - F_0(u_2) = \beta,$$

а затем определив по таблицам [1] или [4] u_1 и u_2 , находим

$$\begin{aligned} \lg d_k &= \sigma(\lg d) u_1 + \mu(\lg d); \\ \lg d_l &= \sigma(\lg d) u_2 + \mu(\lg d). \end{aligned} \quad (5)$$

Соотношения (5) определяют нижнюю и верхнюю границы измерителя. Величины $\sigma(\lg d)$ и $\mu(\lg d)$ находят по опытным данным.

Второй случай. Измерительную установку используют в системе учета объемов партий лесоматериалов. Границы динамического диапазона в этом случае должны выбираться из условия, чтобы погрешность измерения объема партии круглого леса не превышала допустимой заданной величины. Для уменьшения диапазона при заданной погрешности целесообразно потребовать, чтобы диаметры бревен, большие d_l , «зачислялись» в разряд l , а меньшие d_k — в разряд k .

Пусть V — объем партии лесоматериалов, вычисленный при условии, что измеритель имеет все градации от 1-й до n -й. Назовем этот объем действительным табличным объемом партии

$$V = \sum_{i=1}^n v_i N_i, \quad (6)$$

где v_i — номинальный объем, соответствующий i -той градации;
 N_i — количество бревен, попавших в i -тую градацию.

Общее количество бревен в партии

$$N = \sum_{i=1}^n N_i.$$

Погрешность измерения объема при ограничении динамического диапазона снизу и сверху складывается из двух частей

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2. \quad (7)$$

Назначение в качестве нижней границы градации k вызывает погрешность в определении объема

$$\Delta_1 = v_k \sum_{l=1}^{k-1} N_l - \sum_{i=1}^{k-1} v_i N_i. \quad (8)$$

Аналогично при назначении градации l в качестве верхнего предела динамического диапазона датчика имеет место абсолютная погрешность измерения объема

$$\Delta_2 = v_l \sum_{i=l+1}^n N_i - \sum_{i=l+1}^n v_i N_i \quad (9)$$

Заметим, что Δ_1 — всегда положительная величина, а Δ_2 — отрицательная. Относительная погрешность измерения

$$\delta = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{V} \cdot 100\% = \frac{|\Delta_1| - |\Delta_2|}{V} \cdot 100\% \quad (10)$$

Подставляя в уравнение (10) значения V , Δ_1 , Δ_2 из выражений (6), (8), (9), получим

$$\delta = \frac{v_k \sum_{i=1}^{k-1} N_i - \sum_{i=1}^{k-1} v_i N_i + v_l \sum_{i=l-1}^n N_i - \sum_{i=l-1}^n v_i N_i}{\sum_{i=1}^n v_i N_i} \quad (11)$$

Разделив числитель и знаменатель на N и переходя к вероятностям

$$\frac{N_i}{N} \approx f_i = F(d_{i+1}) - F(d_i) \quad (12)$$

найдем среднюю относительную погрешность

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{v_k \sum_{i=1}^{k-1} f_i - \sum_{i=1}^{k-1} v_i f_i + v_l \sum_{i=l-1}^n f_i - \sum_{i=l-1}^n v_i f_i}{\sum_{i=1}^n v_i f_i} \cdot 100\% \quad (13)$$

С помощью формулы (13) можно рассчитать $\delta_{\text{ср}}$ при выбранных предельных градациях k и l динамического диапазона датчика. При этом необходимо знать функцию распределения $F(d)$, которая вычисляется по формуле (3). Варьируя k и l , можно получить приближенное выполнение равенства

$$\delta_{\text{ср}} = \delta_{\text{доп}} \quad (14)$$

где $\delta_{\text{доп}}$ — заранее заданная допустимая относительная погрешность измерения объема.

Значения k и l , при которых выполняется равенство (14), и следует принять в качестве границ динамического диапазона датчика.

Таким образом, границы динамического диапазона датчика можно рассчитывать различными методами в зависимости от функционального назначения измерительной установки (как в случае сортировки материалов по диаметрам, так и в случае определения объема партии лесоматериалов).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. Изд-во «Наука», 1964. [2] Г. А. Жолдизский. Исследование распределений вершинных диаметров на нерассортированных потоках круглых лесоматериалов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1972. [3] Г. Хан. С. Шапиро. Статистические модели в инженерных задачах. Изд-во «Мир», М., 1969. [4] Я. Б. Шор, Ф. И. Кузьмин. Таблицы для анализа и контроля надежности. Изд-во «Советское радио», М., 1968.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.78

СТРУКТУРА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ
ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И. В. МИХАЙЛЕНКО

Московский лесотехнический институт

Выявлена существующая структура основных производственных фондов, занятых на лесосплаве, без учета промышленно-производственных основных фондов по сплавным трестам «Двинослав», «Вычегдалесослав» и «Печорлесослав». Обоснована необходимость введения отчетности по видам основных фондов. Доказано влияние структуры на фондоотдачу и производительность труда. Дана рекомендация по обоснованию норматива фондоотдачи.

Основное производство лесосплавных предприятий является комплексным и состоит из двух групп: непромышленной, к которой относятся процессы сплава и лесоперевалки, и промышленной, в состав которой входят производства лесозаготовки. Так, по тресту «Двинослав» наличие промышленно-производственных основных фондов (ПОФ) на 1.1-70 г. составляло только 5,7% всех производственных фондов, и их структура отражена в отчетности; по 87% основных фондов (ОФ), занятых на сплаве, таких данных нет. Аналогичная картина наблюдается и в других сплавных трестах. Поэтому была обследована структура ОФ, занятых только на сплаве (без учета ПОФ) по сплавным предприятиям трестов «Двинослав», «Вычегдалесослав» и «Печорлесослав» (табл. 1, по состоянию на 1.1-69 г.).

Таблица 1

Виды основных фондов	Структура ОФ по трестам		
	«Двинослав»	«Вычегдалесослав»	«Печорлесослав»
Здания	15,3	9,5	7,5
Сооружения	8,6	17,2	2,0
Передаточные устройства	1,4	1,4	—
Силовые машины и оборудование	3,9	2,7	1,0
Рабочие машины и оборудование	31,1	24,3	31,1
Транспортные средства	36,4	41,6	53,7
Прочие основные фонды	3,3	3,3	4,7
Итого	100,0	100,0	100,0

Данные таблицы свидетельствуют, что характерная особенность структуры ОФ лесосплавных трестов — высокий удельный вес активной части: по тресту «Двинослав» — 71,4%, «Вычегдалесослав» — 68,5%, «Печорлесослав» — 85,9%.

Но лесосплав имеет свои особенности. Здесь очень важно устроить пути сплава. При неустроенном пути лес задерживается в косах, у берегов, обсыхает, что приводит к потере многих тысяч кубометров дре-

Трест	Предприятие	Структура основных фондов, %							
		здания	сооружения	передающие устройства	силовые машины и оборудование	рабочие машины и оборудование	транспортные средства	прочие основные средства	итого
„Двинослав“	Котласская сплавная контора	10,4	3,2	1,2	2,7	35,4	44,5	2,6	100
	Верхне-Тоемская „ „	6,9	13,7	—	5,6	36,8	35,3	1,7	100
	Архангельская „ „	6,1	15,2	3,3	0,4	49,4	23,8	1,8	100
	Беломорская „ „	17,3	9,1	5,0	1,1	15,1	51,1	1,3	100
	Бобровский рейд	16,6	13,0	—	2,0	37,6	28,5	2,3	100
	Холмогорская сплавная контора	23,0	0,9	—	4,0	34,6	33,5	4,0	100
	Двиноважская „ „	15,5	1,9	1,6	7,5	30,4	38,2	4,9	100
	Сухоноюгская „ „	21,9	6,3	—	1,0	23,6	43,1	4,1	100
Итого по предприятиям		15,5	6,1	1,5	3,9	31,5	38,3	3,2	100
„Печорлесослав“	Подчерский рейд	8,3	—	0,6	—	53,0	34,8	3,3	100
	Верхне-Печорская сплавная контора	8,4	—	—	—	29,1	59,0	3,5	100
	Средне-Печорская сплавная контора	0,4	—	—	11,7	22,2	65,4	0,3	100
	Траизитная сплавная контора	11,0	4,1	—	0,6	12,0	71,0	1,3	100
	Итого по предприятиям		8,9	2,0	—	1,6	25,0	60,5	2,0
„Вычегодалесослав“	Корткеросская сплавная контора	3,8	40,8	1,1	4,0	19,7	29,5	1,1	100
	Усть-Кудомская сплавная контора	4,1	0,9	0,6	1,1	18,9	74,3	0,1	100
	Максаковская сплавная контора	7,1	54,4	0,6	0,1	11,0	25,7	1,1	100
	Верхне-Вычегодская „ „	10,5	7,2	0,3	3,3	34,5	42,3	1,9	100
	Итого по предприятиям		7,3	29,7	0,6	2,0	21,2	37,9	1,3

весины. Например, за 1970 г. утот и потери по тресту «Печорлесосплав» составили 36 тыс. м³, или около 4% объемов пуска в сплав. По предприятиям этого треста нет рек, которые можно было бы отнести к группе В (хорошо устроенных). Поэтому малый удельный вес группы «Сооружения» в структуре ОФ по тресту «Печорлесосплав» не является преимуществом. Группа «Сооружения» (гидротехнические сооружения, затраты на дноуглубительные и другие работы по улучшению состояния сплавных путей) имеет на лесосплаве такое же значение, как и лесовозные дороги в лесозаготовительном производстве, хотя ее расширение приводит к увеличению пассивной части.

Лесосплавные предприятия по роду основной деятельности являются транспортными, поэтому отличительная особенность структуры ОФ сплавных трестов — очень высокая доля транспортных средств: по тресту «Двиносплав» — 36,4%, «Вычегдалесосплав» — 41,6%; «Печорлесосплав» — 53,7%. Значительную долю в этой группе составляет лесосплавной флот. Так, по Транзитной сплавной конторе треста «Печорлесосплав» структура транспортных средств следующая: баржи самоходные — 7,2%; баржи несамоходные — 6,3%; брандвахты — 21,3%; понтоны — 3,6%; мотифлот — 57,5%, автотранспорт — 3,7%; гужевой транспорт — 0,4%. Подобна структура транспортных средств и по другим предприятиям. Например, в Максаковской сплавной конторе: буксирный флот — 65,5%; развездной флот — 6,1%; несамоходный флот — 3,7%. автотранспорт — 24,1%; гужевой транспорт — 0,6%.

Доля группы машин и оборудования составляет: по тресту «Двиносплав» — 35%; «Печорлесосплав» — 32,1%; «Вычегдалесосплав» — 27% всех ОФ. Структура группы «Рабочие машины и оборудование» по Двиноважской сплавной конторе на 1.1.-72 г. такова: агрегаты, машины и станки слоточные — 73,6%; лебедки сплавные — 6,2%; ускорители гидравлические и барабанные — 5,1%; агрегаты топлякоподъемные — 4,9%; станки для изготовления бонов — 1,2%; прочее специализированное оборудование — 9%.

Различная технология работ и природные условия предопределяют специфичность структуры основных производственных фондов по каждому предприятию.

В табл. 2 дана структура основных производственных фондов по предприятиям (по состоянию на 1.1.-71 г.).

Из таблицы видно, что у каждого предприятия своя структура ОФ, которая зависит главным образом от технологии работ. Например, основные работы по Бобровскому рейду — сплотка и формировка плотов, а у Беломорской сплавной конторы — расформировка плотов и постановка секций потребителям. Отсюда и различия в структуре ОФ; если в Беломорской сплавной конторе наибольшая доля падает на транспортные средства (51,1%), то по Бобровскому рейду — на группу рабочих машин и оборудования (37,6%).

Структура ОФ зависит и от структуры видов лесосплава. Так, сокращение молевого сплава повлечет уменьшение количества патрульных судов, тракторов, вездеходов, числа сортировочно-слоточных рейдов со всем оборудованием.

Процесс лесосплава включает береговую сплотку, первоначальный сплав, рейдовые работы. Каждое предприятие имеет различные объемы работ по этим фазам. Например, Верхне-Печорская сплавная контора треста «Печорлесосплав» конечным результатом своей деятельности считает транзитные объемы; Подчерский сплавной рейд — объемы буксировки; Транзитная контора — объемы прибытия. Другие предприятия включают в объемы сплава древесину, принятую от других контор в плаву, где она была уже учтена, то есть идет повторный счет. Поэто-

му нельзя сопоставлять по предприятиям такие показатели, как производительность труда, себестоимость сплавных работ, фондоотдача.

Поскольку о работе того или иного бассейна судят по величине приплыва, то эти показатели сопоставимы только в целом по трестам. В табл. 3 даны технико-экономические показатели работы треста «Двинослав».

Таблица 3

Показатели	1936 г.	1968 г.	1970 г.	1970 г., % к 1936 г.
Фондовооруженность одного рабочего сплава руб.	2957,3	2830,3	2765,0	93,5
% к 1936 г.	100,0	95,7	93,5	—
Фондоотдача м ³ на 1 тыс. руб.	519,8	543,7	609,3	115,5
% к 1966 г.	100,0	104,4	115,5	—
Комплексная выработка на одного рабочего м ³	1548	1543	1660	107,2
% к 1966 г.	100,0	99,7	107,2	—

Показатель фондовооруженности, отражающий изменения стоимости ОФ, за пять исследуемых лет снизился на 192,3 руб.; комплексная выработка на одного рабочего сплава возросла на 7%, а фондоотдача на 15,5%. При этом объемы сплава уменьшились на 5,3%.

При оценке эффективности использования ОФ критерием должны выступать не столько показатели базисного года, сколько научно обоснованный норматив. Так, по тресту «Двинослав» увеличение фондоотдачи и комплексной выработки произошло не благодаря лучшему использованию машин и оборудования по времени и мощности (табл. 4 и 5), а в результате повышения мощности лесосплавного флота по группе транспортных средств.

Таблица 4

Наименование машин	Коэффициенты использования календарного времени		
	1968 г.	1969 г.	1970 г.
Тракторы	41,0	56,0	51,0
Лебедки	43,2	48,5	37,0
Агрегаты для зимней сплотки	10,3	13,6	12,8
Сплоточная машина	34,3	30,0	29,4
Топлякоподъемные машины	42,3	30,6	33,1

Данные табл. 4 показывают, что наблюдается низкий уровень экстенсивного использования лесосплавной техники, что обусловлено сезонностью сплавных работ.

Рассматривая данные табл. 5, можно сказать, что с 1960 г. по 1970 г. выработка по сплоточным машинам ВКФ-8-16 снизилась на 18%, не наблюдается значительного роста производительности по сплоточным механизмам ЦЛ-2, а в 1967, 1968 и 1969 гг. заметно даже снижение темпов роста производительности по сравнению с 1960 г.

За 10 лет по тресту «Двинослав» наблюдался явно выраженный рост мощности лесосплавного флота, с одной стороны, и повышение производительности труда на лесосплавных работах, с другой.

Из табл. 6 видно, что за 10 лет самоходный флот увеличился на 60 единиц, или на 20%, а его мощность на 15807 л. с., или на 53%; ко-

Таблица 5

Наименование механизмов	Производительность, м ³ на машинно-смену (числитель) и % к 1960 г. (знаменатель)			
	1960 г.	1966 г.	1968 г.	1970 г.
Сплоточные машины ВКФ-8-16	1550 100,0	1183 76,5	1282 83,0	1270 82,0
ЦЛ-2	1370 100,0	1430 104,0	1260 92,0	1590 116,0
ЦЛ-2М Агрегаты В-28	— —	1710 —	1820 243	1820 261

Таблица 6

Показатели	1960 г.	1962 г.	1964 г.	1966 г.	1969 г.	Разница 1969 г. в 1960 г.	
						абсолютная	%
Количество судов, шт.							
всего	287	347	351	328	347	60	120,5
патрульных	27	51	49	47	57	30	210
буксирных	152	167	164	161	167	15	110
Мощность, л. с.							
общая	29813	36091	38633	38566	45620	15807	153
патрульных судов	1458	3326	3634	4570	6120	4662	420
буксирных судов	21181	23857	24201	23759	26670	5489	125

личество буксирных судов возросло на 15 единиц, а по мощности на 25%. Особенно сильно как количественно (на 210%), так и по мощности (на 420%) увеличился патрульный флот. Внедрение патрульных судов на сплаве позволило повысить производительность на 1 чел.-день на сгоне моля на 87% в 1970 г. по сравнению с 1957 г. и на 37% по сравнению с 1966 г. Общая производительность на 1 чел.-день по всем видам работ в 1970 г. повысилась на 8% по сравнению с 1966 г.

Таким образом, увеличение группы транспортных средств количественно и по мощности позволило повысить производительность труда и фондоотдачу на предприятиях треста «Двинослав» (табл. 7).

Таблица 7

Виды сплавных работ	Производительность труда, м ³ на 1 чел.-день						
	1957 г.	1964 г.	1966 г.	1969 г.	1970 г.	1970 г., % к 1957 г.	1970 г., % к 1966 г.
Сгон моля	24,0	28,9	32,9	37,7	45,1	187	137
Летняя сплотка	31,7	34,7	36,2	38,7	39,2	124	108
Формировка	100,0	108,5	119,0	130,0	135,0	135	113
Всего по сплаву	5,87	5,87	6,10	6,18	6,60	112,5	108

Из анализа структуры ОФ лесосплавных предприятий можно сделать следующие выводы.

Отличительная особенность структур ОФ лесосплавных трестов — высокий удельный вес активной части, обусловленный характером лесосплавного процесса. Введение отчетности по видам ОФ позволит выявить и установить их оптимальную структуру по каждому лесосплавному предприятию с учетом его производственных условий.

Для сравнимости показателей фондоотдачи, производительности труда, себестоимости 1 м³ сплавных работ необходимо рассчитывать их по единой методике.

В целях повышения эффективности использования основных производственных фондов, занятых на лесосплаве, следует установить (также по единой методике) нормативы фондоотдачи.

Поступила 18 апреля 1972 г.

УДК 625.1 : 634.982.5

О МЕТОДИКЕ СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ЛЕСПРОМХОЗОВ

З. Я. ТКАЧЕНКО

СибЦНИИС

Л. Г. ОЩЕПКОВА

НИИЖТ

Рассматриваются вопросы методики сравнения вариантов развития леспромхозов и освоения лесосырьевой базы. В дополнение к существующим разработаны показатели, которые при сравнении вариантов обеспечивают выбор более рациональной схемы освоения лесных массивов. На конкретном примере рассчитана народнохозяйственная и отраслевая экономия, дана оценка возможности заготовки дополнительного количества леса.

В практике проектных институтов при сравнении конкурирующих вариантов строительства леспромхозов (освоения лесосырьевой базы) используют четыре основных технико-экономических показателя:

K — единовременные капитальные вложения, определенные сметой; V_k — вложения, отнесенные на единицу мощности леспромхоза (ЛПХ) в расчетном году; C — себестоимость 1 м³ древесины, определяемая как отношение эксплуатационных расходов расчетного года к объему вывозки этого года; T — срок окупаемости капиталовложений.

$$K = \sum_1^5 K_i, \quad V_k = \frac{\sum_1^5 K_i}{V_5}$$

где i — год освоения капиталовложений;

V_5 — проектная мощность ЛПХ по объему вывезенной древесины.

Показатели определяются, как правило, на пятый (расчетный) год, потому что им завершается первый этап освоения леспромхоза. Предполагается, что к этому времени заканчивается сооружение всех объектов промышленно-производственного назначения, завершается жилищное и культурно-бытовое строительство; ЛПХ достигают проектной мощности, условия производства нормализуются до состояния, свойственного большинству действующих ЛПХ аналогичной мощности.

Существующая методика сравнения вариантов основана на следующих предпосылках: мощность ЛПХ одинакова по всем вариантам; сравнение осуществляется на последний год первого этапа периода освоения (на расчетный год); различия вариантов в период строительства (по объему заготовленной древесины, характеру распределения капиталовложений по годам и др.) во внимание не принимаются.

Эти допущения существенно упрощают сравнение схем освоения, но искажают нередко результаты. Недостаточно учитываются требо-

вания новой «Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений» в отношении сравнимости затрат и эффекта, временного лага, эффекта в сопряженных производствах, изменения текущих затрат на производство и транспортировку продукции под влиянием сдвигов в размещении вновь создаваемых мощностей.

Из сравнения выпадает период освоения ЛПХ. Между тем, по вариантам он может отличаться количеством заготовленной и отгруженной древесины. Неизбежны различия в размере, структуре и распределении капитальных и эксплуатационных затрат по годам строительства ЛПХ, что вызывается различием в схемах освоения лесосырьевой базы на первом этапе, способах вывозки древесины, дальности ее транспортирования в этот период и т. д. Это существенно влияет на эффективность сравниваемых вариантов и поэтому для народного хозяйства небезразлично. Таким образом, необходимо учитывать не только капитальные, но и эксплуатационные затраты первого года освоения.

Во-первых, целесообразно рассматривать две группы затрат: А — вложения в основные производственные и непроизводственные фонды, предназначенные для многолетней эксплуатации; Б — ежегодные текущие затраты за период освоения на заготовку и вывозку леса, устройство усов, обслуживание машин и механизмов для повала леса и его вывозки, амортизации временного жилья. При учете затрат группы Б возможности сравнения вариантов расширяются; в сравнение можно включить также и период строительства ЛПХ.

Второе важное условие корректного сравнения, соизмерения затрат и эффекта по вариантам — необходимость учета различия в характере распределения капитальных и эксплуатационных затрат по годам освоения, что влияет на размеры потерь от «омертвления» вложений и на условия производства за пределами первого этапа освоения (например, в 6—8-й годы). Для этого вводим новые технико-экономические показатели. Это единовременные затраты ϵ_d , удельные единичные затраты $Y_{ед}$ и объем товарной продукции за первый период освоения V . В ряде случаев может возникнуть необходимость сравнения также по полным приведенным затратам периода освоения P_d и приведенным удельным единичным затратам $P_{уд}$.

Новые показатели предназначаются не только для выбора лучшего варианта, но и для определения размера эффекта, что отвечает требованиям новой Типовой методики. Они дополняют существующие показатели, применяются наряду с ними. Если у сравниваемых вариантов в первые 5 лет идентичны схема освоения лесосырьевой базы и распределение затрат по годам, примерно одинаковы структура затрат и объем заготовки леса в продолжение первого этапа развития, то оперирование предлагаемыми показателями излишне.

Единовременные затраты ϵ_d — это капиталовложения K за первый период освоения плюс эксплуатационные затраты \mathcal{E}_d на лесосечные работы, транспортировку леса и погрузку его в вагоны

$$\epsilon_d = K + \mathcal{E}_d; \quad \epsilon_d = \sum_{i=1}^5 \epsilon_{di}$$

Эксплуатационные затраты \mathcal{E}_d следует включать только за те годы, когда они различаются по вариантам.

Удельные единичные затраты $Y_{ед}$ — капитальные и эксплуатационные затраты, отнесенные к объему товарной продукции,

выпущенной за весь расчетный период. Показатель $Y_{ед}$ более полно и правильно, чем применяемый сейчас Y_k , характеризует варианты освоения мощности лесозаготовительного предприятия. В показателе $Y_{ед}$ преломляется эффект от параллельной (наряду со строительством ЛПХ) выдачи товарной продукции, довольно точно отражается экономическая заинтересованность одновременно ведомства и народного хозяйства в целом.

При детальном анализе вариантов имеет смысл рассматривать и структурные составляющие показателя $Y_{ед}^A$ и $Y_{ед}^E$, то есть по группам А и Б затрат.

$$Y_{ед} = Y_{ед}^A + Y_{ед}^E.$$

Объем товарной древесины V , заготовленной и отпущенной в продолжение первого этапа освоения,

$$V = \sum_1^5 V_t.$$

Сравнение с базовым вариантом может быть произведено и по количеству дополнительно заготовленной древесины

$$\Delta V = V^{II} - V^I \text{ тыс./м}^3$$

или

$$\Delta V = \frac{V^{II} - V^I}{V^I} \cdot 100 \%$$

Приведенные затраты Π_3 — это суммарные (группы А+Б) затраты периода освоения, отнесенные к первому или последнему году строительства ЛПХ.

При отнесении затрат к началу строительства

$$\Pi_3 = \sum_1^I \varepsilon_{di} \cdot \frac{1}{(1 + E_n)^{i-1}},$$

где $\varepsilon_{di} = K_i + \mathcal{E}_{li}$ — капитальные и эксплуатационные затраты каждого года;

E_n — нормативный отраслевой коэффициент эффективности затрат, дифференцированный по районам страны*

Показатель Π_3 позволяет сравнивать варианты с позиции минимизации потерь от «омертвления» капиталовложений за время их нахождения в незавершенном строительстве. При равенстве единовременных затрат ε_d вариант с наименьшим значением Π_3 предпочтителен. В известном смысле Π_3 дает экономическую оценку качества проекта организации строительства ЛПХ, проекта освоения капитальных вложений во времени.

Показатель Π_3 лучше, чем ε_d , отражает точку зрения народного хозяйства в целом. Однако ему свойствен тот же недостаток, что и ε_d — здесь не находит отражения эффект от выпуска дополнительной товарной продукции по сравнению с базовым вариантом.

* Методические указания к разработке экономических показателей при проектировании предприятий лесной промышленности. Л., 1968.

Приведенные удельные единичные затраты

$$P_{ye} = \frac{P_3}{\sum_1^5 V_i} \text{ руб./м}^3.$$

Показатель P_{ye} по своему содержанию близок к показателям U_{ea} и P_3 . Это совокупный показатель, который позволяет выбирать варианты по принципу максимальной выдачи товарной продукции в период освоения и минимального «омертвления» капитальных вложений в незавершенном производстве.

При заданной конечной мощности ЛПХ показатели U_{ea} и P_{ye} (наряду с принятыми в проектных организациях K , U_k , C , T) следует использовать в числе основных, решающих при выборе варианта освоения капитальных вложений. С позиции общехозяйственных интересов выбор варианта по P_{ye} наиболее правилен.

Задаче более глубокого анализа вариантов может служить средневзвешенная себестоимость C_{cp} 1 м³ заготовленного леса за расчетный период освоения

$$C_{cp} = \frac{\sum_1^5 (C_i V_i)}{\sum_1^5 V_i} \text{ руб./м}^3,$$

где C_i — себестоимость заготовленной и отгруженной древесины в 1-й, 2-й, 3-й, 4-й и 5-й годы строительства ЛПХ;

V_i — соответственно объем заготовки леса по годам.

В показателе C_{cp} находит отражение реальная дальность вывозки древесины по годам. При сравнении вариантов по C_{cp} более предпочтительный по рассмотренным выше показателям вариант может иметь перерасход по эксплуатационным расходам. Однако увеличение себестоимости может быть оправданным.

Возможности предлагаемых показателей и методику сравнения вариантов проиллюстрируем на примере Сайгинского ЛПХ комбината «Томлес». В качестве базового (I) принят вариант института Сибгипролеспрома. Строительство ЛПХ начинается после прокладки рельсового пути железной дороги Асино — Белый Яр до разъезда Сайга.

Народное хозяйство заинтересовано в ускоренном развитии мощностей лесозаготовительных предприятий. Известны случаи, когда строительство ЛПХ начиналось до подхода рельсового пути, с использованием притрассовой автодороги. По ней можно автомашинами вывозить лес, заготовленный в лесосеках, примыкающих к трассе железной и автомобильной дорог, навстречу рельсовой укладке. Это приводит к сдвигу сроков начала заготовки леса по сравнению с базовым вариантом, а также затрат в лесовозные автомагистрали за пределы третьего года; к изменению структуры вложений в основные фонды, особенно в 1—3-й годы; к увеличению объема товарного леса в период строительства ЛПХ и т. д. Рассмотрим этот случай в качестве II варианта; причем заказчик принимает долевое участие (с Минтрансстроем) в строительстве притрассовой автодороги. Размер долевого участия условно принят равным стоимости лесовозной ветки (15 тыс. руб. за 1 км). Требуется определить экономическую целесообразность и сферу предпочтительности варианта II при разной средневзвешенной (за 5 лет) дальности вывозки древесины ($l_{cp} = 15, 30, 50 \text{ км}$).

В табл. 1 выполнено сравнение вариантов по принятой сейчас методике.

Таблица 1

Показатели	Вариант I	Вариант II при $l_{ср}$, км		
		15	30	50
По принятой методике				
Капитальные вложения K , тыс. руб.	7763	7405	7520	7589
Удельные капитальные вложения U_k , руб.	28,8	27,3	27,9	28,1
Себестоимость 1 м ³ (в расчетном году) С, руб.	6,18	6,18	6,18	6,18
По предлагаемой методике				
Объем товарной древесины в продолжение первого этапа освоения V , тыс. м ³	700	950	950	950
в том числе дополнительное количество древесины ΔV , %	—	36	36	36
Удельные единичные затраты $U_{ед}$, руб./м ³	11,3	8,7	9,3	9,7
Приведенные удельные единичные затраты U_{ue} , руб./м ³	9,5	7,1	7,7	8,0
Единовременные затраты ϵ_d , млн. руб.	7,9	8,3	8,8	9,2
в том числе эксплуатационные ϵ_d , млн. руб.	1,2	1,9	2,5	2,8
Приведенные затраты P_3 , млн. руб.	6,7	6,8	7,3	7,6
Средневзвешенная себестоимость за период освоения $C_{ср}$, руб./м ³	6,13	5,54	6,92	7,24

Результаты сравнения свидетельствуют о предпочтительности варианта II. Сопоставление по сроку окупаемости здесь не имеет смысла.

Анализ не дает представления о «продуктивности» вариантов, не учитывает характера распределения капиталовложений во времени и др. В показателе себестоимости C не находят отражения дополнительно заготовленная древесина, поскольку мощность ЛПХ на расчетный год одинакова по обоим вариантам. Более правильную оценку сравниваемых вариантов дают предлагаемые показатели (табл. 1).

Динамика заготовки леса по вариантам одинакова. Однако наличие притрассовой автодороги дает возможность вывозить лес уже в первый год строительства ЛПХ, что позволяет дополнительно заготовить 250 тыс. м³ древесины.

Показатель $U_{ед}$ рассчитывается из значений ϵ_d , то есть наряду с капитальными вложениями, он учитывает и эксплуатационные затраты ϵ_d . Единовременные капиталовложения варианта II при $l_{ср} = 15, 30$ и 50 км больше, чем в базовом. Однако с учетом дополнительного объема заготовленной древесины удельные единичные капитальные вложения ниже, чем в варианте I. При $l_{ср} = 50$ км $U_{ед}$ меньше базового на 1,6 руб. Это дает возможность предположить, что вариант II эффективнее варианта I при средневзвешенной дальности вывозки древесины до 80—90 км.

Сравнивая $U_{ед}$ с удельными капиталовложениями, можно за любой промежуток времени сопоставлять по вариантам величину суммарных затрат на строительство ЛПХ с отдачей вложенных средств в виде готовой продукции.

Результаты анализа показали, что $\Pi_{уе}$ аналогичен удельным единичным вложениям. Из сравнения видим, что вариант II лучше как по максимальному выпуску товарной продукции, так и по характеру распределения капитальных вложений.

По единовременным капиталовложениям (с включением эксплуатационных затрат) II вариант кажется нецелесообразным. Определение других показателей (например, $\Pi_{уе}$, $У_{ед}$) на основе ε_d говорит о наилучшем распределении единовременных затрат по сравнению с базовым вариантом.

Приведенные затраты на 5-й год освоения по варианту II при $l_{cp} = 15 км$ и по базовому почти равны. В переводе на объем лесозаготовок народное хозяйство может в первые 3 года освоения получить бесплатно более 200 тыс. м³ древесины.

Сравнение средневзвешенной себестоимости показывает, что при $l_{cp} = 15 км$ вариант II эффективен не только по удельным единичным капиталовложениям, но и по себестоимости заготовки и вывозки древесины. Увеличение C_{cp} при $l_{cp} = 30$ и 50 км в несколько раз перекрывается $У_{ед}$. Показатель C_{cp} более динамичен, чем себестоимость, определенная проектом.

Предлагаемые показатели при сравнении вариантов обеспечивают выбор более рациональной схемы освоения лесных массивов, что даст экономии народному хозяйству и ведомству.

Поступила 13 марта 1972 г.

УДК 634.0.6

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ

А. А. ШУЖМОВ

Карельский филиал АН СССР

Рассмотрена эффективность различных методов лесовосстановления в разных типах леса и классах бонитета. Наиболее эффективным оказалось сохранение подроста; коэффициент эффективности затрат при естественном возобновлении хвойных и лиственных пород на участках избыточного увлажнения имеет отрицательное значение.

При экономической оценке методов восстановления лесов (естественное, искусственное и комбинированное) необходимо учитывать как несопоставимость в натуральной форме конечных результатов, ввиду получения самой разнообразной по размерам и качеству, часто взаимозаменяемой продукции, так и период, в течение которого она может быть получена. Поэтому, как совершенно справедливо считают Н. А. Моисеев, Е. В. Полянский, И. В. Туркевич, М. В. Рубцов [4], критерием эффективности воспроизводства лесов является показатель общей экономической эффективности. Для его исчисления предложены две формулы:

$$K_{э.з} = \frac{U \cdot b_1 - C \cdot b_2}{C \cdot b_2 + E_n K \cdot b_3}$$

и

$$K_{э.з} = \frac{100(U - C)}{T(C + E_n K)}$$

где C — цена лесопroduкции главного и промежуточного пользования;
 C — себестоимость лесовосстановления и лесозаготовки;
 K — капитальные вложения, связанные с оцениваемыми вариантами системы рубок и восстановления леса;
 E_n — отраслевой нормативный коэффициент эффективности;
 b — коэффициент приведения разновременных затрат;
 T — оборот рубки.

Коэффициент приведения b названные лесозаготовители предлагают исчислять по формуле простых процентов, поскольку его определение по сложным процентам за длительный срок восстановления спелых лесов привело бы к сопоставлению показателей, сводящих «любой эффект будущего к несущественной величине для данного момента».

Для определения экономической эффективности методов воспроизводства лесов необходимо установить оборот рубки, состав, производительность и цену лесопroduкции будущих лесов и сопоставить с полными затратами на лесовыращивание и лесозаготовку.

Наиболее сложно оценить результаты лесовосстановления, выполненного разными методами. На Европейском Севере еще нет насаждений, выращенных до возраста спелости с использованием труда человека, поэтому, как принимают ряд исследователей, можно прогнозировать эффект искусственного лесовосстановления по аналогии с существующими таблицами хода роста естественных насаждений. Анализ хода роста наиболее старых лесных культур на Севере показал, что такой прогноз оправдан, поскольку в росте молодняков естественного и искусственного происхождения здесь нет существенных различий [9], [5]. Структура же молодняков зависит главным образом от интенсивности облесения вырубок лиственными породами и рубок ухода. Исследованиями А. М. Бородина [1], Ф. М. Золотухина [2] и др. установлено, что в одинаковых условиях молодые искусственные насаждения имеют большие запасы древесины, средний прирост и общую производительность, чем древостои естественного происхождения. Однако начиная с 50-летнего возраста, класс бонитета и другие таксационные показатели искусственных и естественных насаждений выравниваются. В условиях Европейского Севера не обнаруживается преимуществ культур, даже молодых (40 лет), следовательно, нет оснований надеяться на большую производительность искусственных насаждений и в будущем. Поэтому в дальнейших расчетах производительность будущих лесов естественного и искусственного происхождения определяется на основе местных таблиц хода роста: сосняков — по В. И. Левину [10], ельников — по И. И. Гусеву [10], сосново-березовых древостоев — по О. А. Неволину [7], елово-березовых — по Н. П. Чупрову [12].

В процессе лесовосстановления образуются древостои с большим многообразием таксационных показателей, предусмотреть и оценить которые в данной работе не представляется возможным. Поэтому для расчетов экономической эффективности методов лесовосстановления приняты следующие характеристики моделируемых древостоев, базирующиеся на характерных особенностях роста и развития северных лесов.

При искусственном выращивании древостоев посредством содействия естественному возобновлению минерализацией почвы и при естественном возобновлении хвойными породами с помощью рубок ухода образуются сосняки (9С1Б) и ельники (9Е1Б). При сохранении подраста и без проведения рубок ухода образуются сосняки состава 7С3Б и ельники — 6Е4Б. В случае неудовлетворительного естественного возобновления вырубок хвойными породами образуются березняки

состава 9Б1С и 9Б1Е (осинники исключаются из анализа как незначительно представленные).

Поскольку существующая агротехника подготовки почвы слабо или вообще не отражается на ходе роста лесных культур, производительность будущих лесов на участках с дренированными почвами принимается в соответствии с исходными показателями, а бонитет остается таким же, как в древостоях до рубки (IV класс). Лиственные древостои, сменившие хвойные в свежих типах леса, имеют бонитет на 1—2 класса выше [12], поэтому в расчетах эффективности березняков принят III класс бонитета. Осушение заболоченных лесов и болот полосным бороздованием совместно с коренной мелиорацией улучшает водно-воздушный режим почв и вызывает повышение производительности древостоев в долгомошниках с V до IV, а в условиях переходного и низинного типов заболачивания — с V до III—II классов бонитета [8].

При выращивании искусственных насаждений полнота будущих древостоев принимается равной 1,0, поскольку нормативная первоначальная густота культур, даже с учетом 50—60% отпада по числу посевных или посадочных мест, обеспечивает выращивание полных насаждений. Во всех остальных случаях в условиях дренированных почв полнота будущих древостоев принимается 0,8. На заболоченных вырубках при естественном возобновлении хвойными породами предполагается получить низкобонитетные и низкополнотные (0,5) древостои, соответствующие тем, что были до рубки.

Для моделируемых насаждений искусственного происхождения и при содействии минерализацией почвы оборот главной рубки составит 103 года, поскольку перечисленные мероприятия проводятся в среднем через 3 года после лесоэксплуатации. Сохранение крупного и среднего подроста хвойных пород в процессе сплошных рубок главного пользования способствует выращиванию хвойных древостоев при сокращенном обороте рубок — 70 лет [3]. При отсутствии каких-либо мероприятий по лесовосстановлению в свежих и избыточно увлажненных типах леса процесс естественного возобновления хвойных древостоев растягивается в первом случае еще на 20, во втором — на 30—40 лет, и оборот рубки составит 120—140 лет. В случаях образования лиственных насаждений возраст рубки по березе на основании рекомендаций Н. П. Чупрова [12] принят с 71 года, а не с 60 лет по утвержденным лесоустроительным инструкциям для лесов Севера, и оборот рубки составит 70 лет, так как в большинстве случаев береза поселяется сразу после рубки древостоев.

Определение перечисленных таксационных показателей позволяет установить по товарным таблицам выход сортиментов и по «Прейскуранту оптовых цен на лесопroduкцию (07—03)» цену лесоматериалов будущих лесов.

Фактическая цена 1 м³ деловой древесины в Архангельской области в настоящее время составляет около 10,8 руб., а всей древесины — 8,8 руб. Расчетная цена 1 м³ в сосняках III и IV классов бонитета равна 11,6—11,8, V — 9,3 руб.; в ельниках более высоких классов бонитета — 11,2—11,7 руб.; V — 9,9 руб.; в березняках III класса бонитета с примесью сосны — 11,3 руб., с примесью ели — 11,4 руб. и IV класса соответственно 9,7 и 11,0 руб.

Сложность вопроса об интенсивности и количестве приемов рубок ухода для условий Европейского Севера состоит в недостаточной изученности потребности в рубках ухода и ограниченной возможности реализации продукции от них. В себестоимости лесовыращивания в наших расчетах учтены затраты на лесоводственный уход за лесными

культурами, предполагающий вырубку деревьев лиственных пород около посевных или посадочных мест. Дополнительно к этому в 20—25-летних молодняках предусматривается проведение авиахимухода без реализации древесины.

В 40-летних елово-березовых древостоях предполагается еще один прием рубок ухода с заготовкой березовой древесины. По данным Н. П. Чупрова [6], вырубается запас к этому времени составит $55 \text{ м}^3/\text{га}$, что при цене древесины по прейскуранту 07—03 — $8,5 \text{ руб./м}^3$ дает цену лесопродукции на 1 га — 373 руб. Себестоимость заготовки березовой древесины при промежуточном пользовании принята по нормативам, разработанным Отделом экономики Архангельского института леса и лесохимии [6] в размере $11,9 \text{ руб./м}^3$ при среднем объеме хлыста $0,07 \text{ м}^3$ и расстоянии трелевки до 300 м. Удельные капитальные вложения, рассчитанные по нормативам Гипролестранса, составили $24,8 \text{ руб./м}^3$, приведенные затраты — $16,8 \text{ руб./м}^3$. С учетом химического ухода себестоимость рубок ухода равна 531 руб./га , а приведенные затраты 923 руб./га .

В 25-летних сосново-березовых насаждениях IV класса бонитета запас березы составляет 28 м^3 , в 40-летних — 53 м^3 на 1 га. Интенсивность выборки и количество приемов рубок ухода можно принять такими же, как в елово-березовых молодняках. Следовательно, цену лесопродукции и затраты можно принять те же, что и для елово-березовых насаждений.

Себестоимость выращивания лесных культур включает затраты на охрану и защиту леса до перевода их в покрытую лесом площадь, то есть в течение 15 лет. До возраста рубки искусственных насаждений эти затраты с учетом накладных расходов следует распространить еще на 88 лет, так же как и при содействии естественному возобновлению минерализацией почвы. При содействии сохранением подроста затраты на защиту и охрану леса и его организацию производятся в течение 70 лет; при естественном возобновлении хвойными — 120—140 и лиственными — 70 лет. В целом для очерченного круга лесорастительных условий фактические приведенные затраты на искусственное выращивание лесов в зависимости от способов и технологических вариантов составили: сосновых — $97,5—463,7$, еловых — $58,2—461,2 \text{ руб./га}$; путем содействия минерализацией почвы с подсевом семян сосны — $39,8—45,2$, ели — $30,9—36,3 \text{ руб./га}$; сохранением подроста в сосняках и ельниках — $29,5 \text{ руб./га}$; при естественном возобновлении хвойными — $23,8—33,2$ и лиственными породами — $16,7 \text{ руб./га}$.

Фактическая себестоимость заготовки древесины в Архангельской области в 1970 г. равна $9,34 \text{ руб./м}^3$.

В будущих лесах себестоимость лесозаготовки (при идентичном современному технологическом процессе) по расчетам ниже фактической в связи с большими ликвидными запасами и объемами хлыстов, что, в свою очередь, объясняется более высокими полнотой и классом бонитета древостоев, принятыми в расчетах.

Нормативная себестоимость заготовки 1 м^3 древесины в сосняках, по данным Н. П. Чупрова [6], для условий Европейского Севера составила $7,76 \text{ руб.}$ при сплошных рубках без сохранения подроста и $7,7 \text{ руб.}$ с сохранением подроста и тонкомера. Исключив из себестоимости попенную плату ($0,59 \text{ руб./м}^3$), получим исходную для расчетов себестоимость заготовки сосновой древесины при сплошных рубках в размере $7,17 \text{ руб./м}^3$. Далее, используя коэффициенты, разработанные Гипролестрансом [11], определяем себестоимость заготовки древесины в лесорастительных условиях, выбранных для анализа. Себестоимость лесозаготовки в сосняках варьирует от $6,1 \text{ руб./м}^3$ в древостоях III

класса бонитета до 8,95 руб./м³ в V классе, в ельниках — соответственно от 6,9 до 10,3, в березняках — от 8,5 до 11,5 руб./м³. Расчет удельных капитальных вложений произведен по нормативам Гипролестранса с учетом увеличения цен на материалы и заработной платы в строительстве. В сосняках удельные капитальные вложения составили 12,4—16,0, в ельниках — 13,3—16,0, а в березняках — 14,8 руб./м³. Приведенные затраты на лесозексплуатацию, таким образом, варьируют от 1485 руб./га в березняках IV класса бонитета до 3305 руб./га в сосняках и 3552 руб./га в ельниках III класса.

Таблица 1

Методы и способы лесовосстановления	Коэффициенты эффективности затрат, % в хозяйствах	
	сосновом	еловом
Лесные культуры		
на мокрых вырубках с предварительным осушением		
посев	20,6	13,9
посадка	19,8	12,0
на избыточно увлажненных долгомошных вырубках с созданием микроповышений		
посев	6,62	6,62
посадка	6,12	4,80
на дренированных вырубках		
посев	10,20	10,10
посадка	9,52	8,39
Содействие естественному возобновлению минерализацией почвы с подсевом семян сохранением подроста	10,55	8,47
Естественное возобновление хвойными породами		
на дренированных почвах (IV класс бонитета)	9,49	9,49
на торфяных почвах (V класс бонитета)	-17,10	-17,40
лиственными породами		
на дренированных почвах (III класс бонитета)	9,13	9,15
на участках временного избыточного увлажнения (IV класс бонитета)	-18,70	-4,54

Наиболее эффективный метод воспроизводства лесов при принятых характеристиках моделируемых древостоев и оборотах рубки — содействие естественному возобновлению сохранением подроста (табл. 1). Его рентабельность составляет 46,1% в ельниках и 39,7% — в сосняках IV класса бонитета. Разница объясняется лучшим соотношением цен на лесопродукцию и расходов в еловых лесах. На втором месте по эффективности — искусственное лесовозобновление на осушенных площадях низинного и переходного типов заболачивания. Коэффициент эффективности в сосняках (19,8—20,6%) выше, чем в ельниках (12,0—13,9%) вследствие лучшей отзывчивости сосны на лесосушение.

Рентабельность содействия минерализацией почвы с подсевом семян несколько выше, чем лесных культур на вырубках с дренированными почвами. Но это соотношение правомерно для случаев появления всходов хвойных пород через 3 года после рубки исходного древостоя.

Значение коэффициента эффективности затрат при естественном последующем возобновлении хвойными породами на вырубках с дренированными почвами несколько ниже, чем при искусственном, в том случае, если период возобновления растягивается на 20 лет. При периоде в 10 лет эффективность естественного возобновления хвойными породами превзойдет эффект искусственного лесовыращивания ельни-

ков способом посадок, а сосняков — как посадками, так и посевом. Эффективность искусственного возобновления еловых лесов посевом даже при одинаковом обороте рубки (103 года) с естественным возобновлением ели остается несколько выше, поскольку в расчетах принята полнота естественно возникших ельников 0,8, а искусственно выращенных — 1,0.

Экономическая эффективность искусственного лесовозобновления на долгомошных вырубках (отзывчивость которых на осушение минимальна) в 1,55—1,75 раза ниже, чем на дренированных вырубках.

При формировании естественных березняков III класса бонитета коэффициент эффективности положителен и на много превышает рентабельность искусственного выращивания хвойных лесов на избыточно увлажненных долгомошных вырубках, но несколько меньше, чем на вырубках с дренированными почвами. Отрицателен эффект естественного возобновления березняков IV класса бонитета, причем убыточность его больше на тех участках, где береза сменила сосну. Коэффициент эффективности отрицателен и для последующего естественного возобновления хвойных пород, если не вмешаться в почвенно-биологические и лесорастительные процессы на вырубках постоянного избыточного увлажнения.

Следовательно, проведение мероприятий, направленных на ускорение и улучшение лесовосстановительных процессов, оправдано получением большего количества ценной древесины в единицу времени по сравнению с экстенсивным ведением хозяйства при отсутствии активной деятельности лесоводов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Бородин. Значение лесных культур в повышении производительности лесов. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1965. [2]. Ф. М. Золотухин. Сравнительный анализ роста сосновых молодняков естественного и искусственного происхождения. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1966. [3]. Н. А. Моисеев, Г. Н. Дядичин и др. Экономическая эффективность способов рубок и восстановления леса. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [4]. Н. А. Моисеев, Е. В. Полянский, И. В. Туркевич, Н. В. Рубцов. Методические вопросы определения экономической эффективности мероприятий по воспроизводству и использованию лесных ресурсов. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1969. [5]. Научный отчет «Возобновление лесов хозяйственно-ценными породами на концентрированных вырубках Европейского Севера. Способы искусственного возобновления леса на основе механизации в связи с типами вырубок». Архангельский институт леса и лесохимии, 1967. [6]. Научный отчет «Разработать экономическое обоснование интенсификации лесного хозяйства и рационализации лесопользования в различных природно-экономических районах СССР». Архангельская, Мурманская область, Коми АССР, Архангельский институт леса и лесохимии, 1969. [7]. О. А. Неволлин, В. И. Левин. Опытные таблицы роста смешанных одновозрастных сосново-березовых и сосново-еловых древостоев в Архангельской области. Вологда, 1965. [8]. Г. Е. Пятецкий, В. М. Медведева. Лесоосушение — путь умножения лесных богатств. Изд-во «Карелия», Петрозаводск, 1967. [9]. М. С. Сиянькевич, В. И. Шубин. Искусственное восстановление леса на вырубках Европейского Севера. Изд-во «Карелия», Петрозаводск, 1969. [10]. Таблицы по учету таежных лесов. ЦБТИ, Архангельск, 1960. [11]. Техничко-экономические показатели для проектирования лесозаготовительных предприятий. Гипролестранс, Л., 1967. [12]. Н. П. Чупров. Рост модалных елово-березовых насаждений Архангельской области. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1964.

УДК 674 : 338.45

О ПОКАЗАТЕЛЯХ КОМБИНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. И. ГРИБ

ЦНИИМОД

В статье излагаются принципы изучения уровня комбинирования производств в деревообрабатывающей промышленности. Автор, отмечая отдельные недостатки существующей методики планирования и показателей комбинирования, не исключает возможности применения некоторых из них в практических исследованиях. Одновременно предлагается новый показатель — коэффициент эффективности применяемой промышленной переработки исходного сырья. Используя показатели, характеризующие основные формы сочетания производств, на фактическом материале анализируется уровень развития комбинирования в промышленности Карелии и Архангельской области. Показано преимущество комбинирования как формы организации деревообрабатывающей промышленности.

Технический прогресс и тенденции в развитии деревообрабатывающей промышленности обусловили изменения в структуре предприятий. Последние утратили узкоспециализированный характер даже в районах, производивших ранее один вид продукции — пиломатериалы.

Изучение практики комбинирования производств в деревообрабатывающей промышленности показало, что на многих предприятиях нет единого подхода к развитию этой важнейшей формы организации общественного производства. Имеют место случаи ведомственного подхода к формированию предприятий, выражающиеся в механическом объединении производств.

Подлинное комбинирование создает реальные предпосылки для развития и таких форм организации производства, как специализация и кооперирование, что в сочетании с современным уровнем научно-технического прогресса обеспечивает высокую эффективность.

В деревообрабатывающей промышленности пока нет общепринятых показателей, объективно оценивающих уровень комбинирования, и методики планирования его развития. Существующая методика, разработанная Госпланом СССР*, частично устарела и имеет недостатки. Предполагаемые в ней показатели не полностью отражают действительный уровень комбинирования, а некоторые утратили свое значение. Часть из них все же используется на практике.

При анализе уровня комбинирования используется система показателей, отражающих, прежде всего, развитие основных форм комбинирования и их эффективность. Один из таких показателей — удельный вес готовой продукции или полуфабрикатов, переработанных в последующий продукт на месте их получения (например, уровень внутриводского потребления пиломатериалов). Он выражается формулой

* Методические указания к составлению государственного плана развития народного хозяйства СССР. Изд-во «Экономика», М., 1969.

$$K_k = V_n : V_{об},$$

где V_n — объем пиломатериалов (полуфабрикатов), переработанных на месте их производства;

$V_{об}$ — валовой выпуск пиломатериалов (полуфабрикатов) на том же предприятии.

Характеризуя общий уровень развития комбинирования, этот показатель позволяет получить определенное представление и об уровне кооперации по поставкам основной продукции механической переработки древесины — пиломатериалов, удельный вес которых в общем объеме производства явно указывает не только на наличие, но и на степень комбинирования.

Исследование процесса развития комбинирования в деревообрабатывающей промышленности Европейского Севера свидетельствует о недостаточном развитии этой формы. Так, внутриводской оборот пиломатериалов в промышленности Архангельской области в 1967 г. составлял 16,9%, в 1969 г. — 13,9 и в 1970 г. — 15,2%. В то же время в промышленности Карелии наблюдается тенденция более интенсивного увеличения внутриводского потребления пилопродукции, которое в 1967 г. составляло 22,1%, в 1969 г. — 28,1, а в 1970 г. — 28,7%. Такое изменение обусловлено наличием и уровнем развития производств в составе отдельных предприятий.

Из древесины можно выработать различные виды продукции, причем их назначение, качество, цены зависят от многих факторов: применяемой технологии, затрат на производство и транспортировку и пр. Все это находит отражение в результатах деятельности предприятий. Следовательно, при анализе развития комбинирования можно пользоваться и таким показателем, как коэффициент эффективности K_3 , применяемой промышленной переработки сырья на предприятии

$$K_3 = \frac{\sum_j^n X_j U_j - \sum_j^n X_j C_j}{\sum_j^n V_j U_j} \text{ руб./руб.}$$

или

$$K_3 = \frac{\sum_j^n П}{\sum_j^n V_j U_j} \text{ руб./руб.}$$

где X_j — объем реализованной продукции;

U_j — оптовая цена единицы продукции;

U'_j — оптовая цена единицы переработанного пиловочного сырья;

C_j — полная себестоимость единицы товарной продукции;

V_j — объем переработанного пиловочного сырья;

$П$ — прибыль от реализации товарной продукции.

Характеризуя эффективность переработки сырья в целом, этот показатель позволяет судить о научно-техническом прогрессе производства. Он может быть критерием эффективности предприятий как строящихся, так и реконструируемых.

Эффективность переработки сырья на деревообрабатывающих предприятиях постоянно изменяется. Так, в 1967 г. на предприятиях объединения «Северолесозэкспорт» этот показатель составлял 0,102;

в 1968 г. — 0,125; в 1969 г. — 0,127; в 1970 г. — 0,126; в системе объединения «Кареллесозэкспорт» в 1967 г. — 0,379, в 1968 г. — 0,340, в 1969 г. — 0,300 и в 1970 — 0,311.

На отдельных предприятиях объединения «Северолесозэкспорт» показатель эффективности применяемой промышленной переработки, в зависимости от общего уровня комбинирования, изменялся от —0,099 до +1,171. Особенно выделяются такие предприятия, как Шангальская лесобаза, Котласский деревообрабатывающий комбинат, Сокольский лесопильно-деревообрабатывающий комбинат (объединение «Вологда-леспром»), где прибыль на единицу стоимости переработанного сырья достигала 0,518—1,171 руб. Внутриводовая переработка пиломатериалов на этих предприятиях равна 62,8%. В их составе по 5—6 производств.

Сопоставление показателей эффективности применяемой промышленной переработки сырья на предприятиях объединений «Северолесозэкспорта» и «Кареллесозэкспорта» показывает, что больший эффект достигается там, где организована более глубокая переработка исходного сырья, то есть на предприятиях комбинированного типа. Так, на предприятиях Карелии со значительным уровнем комбинирования прибыль на единицу стоимости переработанного сырья составляет от 0,016 руб. на Беломорском лесопильно-деревообрабатывающем комбинате до 0,616 на Сортавальском лыжно-мебельном комбинате. В этом объединении нет предприятий с отрицательным показателем, и решающее значение в этом играет целесообразное комбинирование.

Комбинирование на основе комплексного использования древесного сырья предопределяет переработку не только основного сырья, но и вторичного.

Есть предприятия, которые имеют в своем составе производства, определяющие их специализацию, и производства по переработке отходов. Удельный вес продукции, вырабатываемой из отходов, здесь невелик. Например, доля технологической щепы из отходов лесопиления на деревообрабатывающих предприятиях объединений «Северолесозэкспорт» и «Кареллесозэкспорт» составляет соответственно 3,6—8,0 и 3,1—6,8%.

При комплексном использовании древесины переработка отходов принимает большие масштабы, и границы между профилирующим и непрофилирующим производствами часто стираются (например, в катушечном производстве, где отходы составляют более 87% и перерабатываются на другие виды продукции).

Деление древесного сырья на основное и вторичное в деревообрабатывающей промышленности было обусловлено, в первую очередь, наличием возможностей и средств его переработки. В результате технического прогресса созданы реальные возможности для развития производств, основным сырьем для которых являются отходы. Это производства древесностружечных и древесноволокнистых плит, древесной муки и др.

В этой связи, при анализе уровня развития комбинирования целесообразно использовать такой показатель как количество и стоимость продукции, полученной из единицы объема и стоимости переработанного исходного сырья K_n

$$K_n = \frac{\sum_{j=1}^n x_j c_j}{\sum V} \text{ руб./м}^3$$

$$K_n = \frac{\sum_j^m X_j U_j}{\sum_j V_j U_j'} \text{ руб./руб.}$$

Отражая процесс комбинирования при переработке многокомпонентного сырья — древесины, этот показатель дает представление о развитии научно-технического прогресса, создающего объективные предпосылки для глубокой переработки древесины, расширяя круг новых видов продукции.

Данные исследований показывают, что древесное сырье на предприятиях Европейского Севера используется с различной эффективностью. «Отдача» 1 м³ переработанной древесины на предприятиях Архангельской области составляет 31,6—32,4 руб., а на предприятиях Карелии — 37,4—39,0 руб. На 1 руб. стоимости переработанного сырья вырабатывается продукции соответственно на 1,76—1,87 и 2,03—2,14 руб. В значительной степени здесь сказывается специализация районов и особенно уровень развития комбинирования. На предприятиях со значительным уровнем комбинирования на единицу объема переработанного сырья вырабатывается продукции на 40—42 руб. в Архангельской области и на 56—74 руб. — в Карелии.

Наряду с приведенными показателями, при исследовании уровня развития комбинирования в отрасли и на предприятиях необходимо пользоваться и другими показателями, такими, как численность работающих, объем производства, стоимость основных фондов и фондоотдача, уровень механизации и автоматизации производства и др.

Поступила 29 мая 1972 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.023

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДИ
МЕЖДУЗУБНОЙ ВПАДИНЫ ПРИ РАМНОМ ПИЛЕНИИ**

А. С. Коргушов

Московский лесотехнический институт

При расчете производительности процесса пиления на лесопильных рамах с непрерывной подачей предлагается учитывать кинематические ступеньки дна пропила, уменьшающие полезный объем (площадь) междузубной впадины. Даются необходимые расчетные формулы для вычисления площадей и объемов кинематических ступенек дна пропила для случая пиления на лесорамах с аксиальным механизмом резания.

Для расчета производительности процесса рамного пиления по емкости впадины необходимо знать ее рабочую площадь, то есть ту площадь, которая принимает непосредственное участие в размещении и прессовании опилок

$$f_{\text{вп}} = F_{\text{вп}} - F_{\text{ступ}} \tag{1}$$

где $f_{\text{вп}}$ — рабочая площадь впадины;
 $F_{\text{вп}}$ — площадь впадины;
 $F_{\text{ступ}}$ — площадь ступеньки дна пропила;

$$F_{\text{вп}} = \theta t^2,$$

здесь θ — коэффициент формы впадины;
 t — шаг зубьев, мм.

Расчет емкости впадины надо вести для наиболее тяжелых условий работы инструмента, то есть в конце рабочего хода, когда, с одной стороны, во впадине скапливается вся срезанная зубом стружка, а, с другой стороны, площадь ступеньки дна пропила максимальна и, следовательно, рабочая площадь впадины минимальна.

Из рис. 1 видно, что при плющенных зубьях

$$F_{\text{ступ}} = F_{abd},$$

при разведенных зубьях

$$F_{\text{ступ}} = F_{bmkf}.$$

в свою очередь

$$F_{abd} = F_{abc} + F_{acd}, \tag{2}$$

$$F_{bmkf} = F_{amn} + F_{ank} - F_{ajf} - F_{aej} + F_{beg} + F_{bgf}. \tag{3}$$

В уравнениях (2) и (3) известные величины:

$$F_{abc} = \frac{t^2}{4} \sin 2\varphi \tag{4}$$

и

$$F_{amn} = t^2 \sin 2\varphi, \tag{5}$$

где φ — угол наклона пилы к вертикали, град.

Неизвестные F_{aej} , F_{beg} , F_{bgf} уравнений (2) и (3) можно найти из выражений

$$F_{aej} = \frac{(t + l)^2}{4} \sin 2\varphi; \tag{6}$$

$$F_{beg} = \frac{l^2}{4} \sin 2\varphi; \tag{7}$$

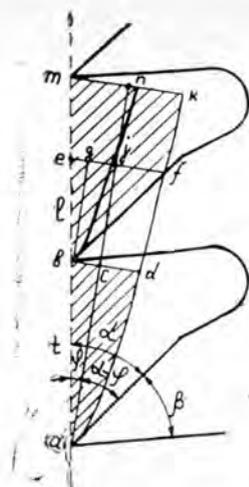


Рис. 1.

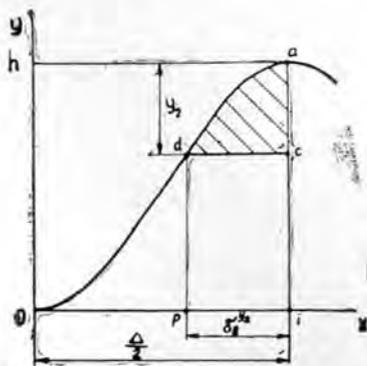


Рис. 2.

$$F_{bgf} = \frac{l^2}{2} \cos^2 \varphi \operatorname{tg}(\alpha - \varphi), \quad (8)$$

где l — длина отрезка be ;

α — задний угол зубьев пилы, град.

Фигуры ank , ajf , acd представляют площади, заключенные между косинусоидой и вертикалью в точке экстремума и различающиеся между собой лишь положением горизонтальной ограничивающей прямой. Принцип нахождения данных площадей единый и иллюстрируется нами на примере рис. 2, где в качестве неизвестного взята площадь

$$F_{acd} = F_{pda}i - F_{pdci}, \quad (9)$$

в свою очередь

$$F_{pdci} = \delta_B^{y_2} (h - y_2), \quad (10)$$

$$F_{pda}i = \frac{h}{2} \int_{\frac{\Delta}{2} - \delta_B^{y_2}}^{\frac{\Delta}{2}} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{\Delta}\right)^2 dx = \frac{h}{2} \left[\delta_B^{y_2} + \frac{\Delta}{2\pi} \sin \frac{360 \left(\frac{\Delta}{2} - \delta_B^{y_2}\right)}{\Delta} \right], \quad (11)$$

отсюда

$$F_{acd} = \frac{h\Delta}{4\pi} \sin \frac{360 \left(\frac{\Delta}{2} - \delta_B^{y_2}\right)}{\Delta} + \delta_B^{y_2} \left(y_2 - \frac{h}{2}\right). \quad (12)$$

В уравнения (10), (11), (12) введены следующие обозначения:

y_2 — ордината ступеньки dna пропила, отсчитываемая снизу, мм;

$\delta_B^{y_2}$ — величина выступа ступеньки в направлении подачи материала при ординате y_2 , мм;

h — ход пильной рамки, мм;

Δ — посылка, мм.

Если в уравнение (12) вместо y_2 и $\delta_B^{y_2}$ подставить их значения для каждого случая, то получим соответствующие площади.

При нахождении F_{acd}

$$y_2 = t \cos \varphi; \quad \delta_B^{y_2} = cd = bd - bc = U_{zmax} - t \sin \varphi;$$

* Конечной длиной шатуна пренебрегаем.

для F_{ajf}

$$y_2 = (t + l) \cos \varphi; \quad \delta_{ij}^{y_2} = jf = eg + gf - ej = l \cos \varphi \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - t \sin \varphi;$$

при нахождении F_{ank}

$$y_2 = 2t \cos \varphi; \quad \delta_{ij}^{y_2} = nk = mk - mn = U_{zmax}^{\lambda} - 2t \sin \varphi.$$

Максимальную подачу на зуб в нижнем положении (мертвая точка) пильной рамки, как известно, вычисляют по формулам

$$U_{zmax}^{\lambda} = t \sin \varphi + \frac{\Delta}{360} \left[180 - \arccos \left(\frac{2t \cos \varphi}{h} - 1 \right) \right]; \quad (13)$$

$$U_{zmax}^{\lambda} = 2t \sin \varphi + \frac{\Delta}{360} \left[180 - \arccos \left(\frac{4t \cos \varphi}{h} - 1 \right) \right]; \quad (14)$$

Величину отрезка $be = l$, необходимую для решения целого ряда уравнений (6), (7), (8), (12), можно найти следующим образом.

С одной стороны,

$$jf = l \cos \varphi \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - t \sin \varphi; \quad (15)$$

с другой,

$$jf = \frac{\Delta}{2} - x_1 = \frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{360} \arccos \left(1 - \frac{2y_1}{h} \right), \quad (16)$$

где x_1 — путь, проходимый бревном при опускании пильной рамки до ординаты $y_1 = h - (t + l) \cos \varphi$.

Решая совместно равенства (15) и (16), получим

$$l \cos \varphi \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) + \frac{\Delta}{360} \arccos \left\{ \frac{2(t + l) \cos \varphi}{h} - 1 \right\} = \frac{\Delta}{2} + t \sin \varphi. \quad (17)$$

Из уравнения (17) находим численную величину параметра l .

Объем, занимаемый ступенькой дна пропила, определяют по формулам

$$V_{ступ}^{\lambda} = F_{abd} \cdot b \text{ — для плющенных зубьев;}$$

$$V_{ступ}^{\lambda} = F_{abd} \cdot b - F_{bnkf} (b - S) \text{ — для разведенных* зубьев,} \quad (18)$$

где S — толщина пилы, мм;

b — ширина пропила, мм.

За вычетом данного объема все остальное пространство междузубной впадины теоретически может быть заполнено опилками; на этот остающийся объем междузубной впадины и нужно рассчитывать производительность процесса пиления.

Необходимо заметить, что производительность рамы, рассчитанная по емкости междузубной впадины, при плющенных зубьях выше, чем при разведенных, вследствие меньшего объема, занимаемого ступеньками дна пропила — см. формулы (18). Это подтверждается и результатами наших экспериментальных исследований процесса рамного пиления.

При анализе явлений, происходящих в междузубной впадине, и при расчете производительности по ее емкости необходимо оперировать не всей площадью впадины, а лишь свободной (рабочей) ее частью, то есть учитывать ступеньку дна пропила.

* Вследствие ступенчатой конфигурации поперечного сечения ступеньки.

УДК 001.57 : 621.869.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ СЫРЬЯ

Б. И. ШУРГОТ, Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

В результате изучения закономерностей поступления сырья на склады деревообрабатывающих предприятий пришли к выводу, что входящий поток сырья соответствует простейшему потоку требований. Это подтверждается приведенными в статье данными исследований. Математическая модель процесса работы складов сырья — система массового обслуживания с простейшим входящим потоком.

Поступление сырья на склады деревообрабатывающих предприятий и на дальнейшую обработку в значительной степени неравномерно и характеризуется некоторым вероятностным распределением.

Работа складов зависит также от состояния оборудования, которое с течением времени изнашивается и параметры его изменяются. Следовательно, производственный процесс работы склада сырья деревообрабатывающего предприятия нужно рассматривать как разновидность случайного процесса [1], [2]. Математическое описание работы склада можно произвести методами теории массового обслуживания [3].

Нами проведено исследование 25 потоков поступающих транспортных единиц с сырьем на деревообрабатывающие предприятия Львовской и Закарпатской областей. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п.п.	Среднее время в выборке $t_{ср}$, час	Дисперсия длительности интервалов D_t	Параметр распределения K	Сходимость по критерию Пирсона, %	Среднее количество в выборке транспортных единиц с сырьем, поступающих за сутки, $t_{ср}$	Дисперсия количества D_r	Параметр распределения K	Сходимость по критерию Пирсона, %
1	3	8,90	1	30	7	7,66	1	30
2	3	9,41	1	20	7	12,12	2	30
3	3	8,78	1	30	7	7,70	1	20
4	4	28,05	2	20	6	16,00	3	10
5	4	20,18	1	10	6	8,18	1	20
6	4	15,44	1	20	6	11,56	2	20
7	4	16,16	1	50	6	7,94	1	70
8	5	26,78	1	50	5	7,22	1	50
9	5	25,56	1	30	5	6,44	1	70
10	5	25,51	1	20	5	5,50	1	30
11	5	23,13	1	20	5	5,18	1	30
12	6	32,51	1	20	4	6,96	2	30
13	6	39,71	1	30	4	5,52	1	50
14	6	36,36	1	20	4	3,82	1	20
15	6	39,27	1	50	4	3,92	1	95
16	6	35,14	1	50	4	4,00	1	70
17	7	82,10	2	10	3	2,80	1	10
18	7	45,51	1	10	3	2,52	1	30
19	7	47,13	2	20	3	2,14	1	90
20	8	69,25	1	30	3	2,82	1	30
21	8	67,91	1	30	3	3,30	1	70
22	8	63,50	1	20	3	2,84	1	5
23	8	60,42	1	20	3	3,22	1	20
24	8	62,40	1	50	3	3,12	1	70
25	8	66,10	1	20	3	3,62	1	50

Для подавляющего большинства выборок параметр распределения равен 1. В отдельных случаях (табл. 1), когда $K = 2$ (или 3), распределение аппроксимировалось по закону Пуассона ($K = 1$) с достаточной степенью сходимости.

Исследования показали, что промежутки времени между моментами прибытия требований (транспортных единиц с сырьем) распределяются по показательному закону

$$f_t = p(t_n > t) = e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где $p(t_n > t)$ — вероятность того, что в течение промежутка времени t_n не появится ни одной транспортной единицы;

λ — математическое ожидание числа требований в единицу времени.

Количество требований за определенный промежуток времени распределяется по закону Пуассона

$$p_r = \frac{(\lambda t)^r}{r!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

здесь p_r — вероятность поступления r требований за промежуток времени t .

При обработке данных процент сходимости проверяли по критерию Пирсона. Все полученные значения сходимости были выше минимально допустимого в деревообрабатывающей промышленности 5%-ного значения, что свидетельствует о хорошем согласовании теоретического и полученного экспериментально распределений.

Исходя из полученных результатов исследований можно считать, что входящий поток сырья на склады деревообрабатывающих предприятий — простейший. Поэтому математическая модель работы склада является системой массового обслуживания с простейшим потоком требований. Это дает возможность провести дальнейшее изучение работы склада с целью оптимизации его основных параметров для конкретных производственных условий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. Л. Дудюк. К вопросу математического моделирования штабелевочно-погрузочных процессов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [2]. Д. Л. Дудюк, Ю. А. Садовский. Математическое описание производственных процессов нижних складов лесопромышленных предприятий. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970. [3]. Т. Саати. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. Изд-во «Советское радио», 1965.

УДК 634.0.284

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСМОЛЕНИЯ СТВОЛОВОГО ОСМОЛА

А. Е. СОСНИН

Архангельский лесотехнический институт

Изложены результаты опытов по определению содержания канифоли в различных участках поперечного сечения стволового осмола.

Вопросы просмоления древесины при осмолородочке изучали многие исследователи [1], [2], [3]. Методика определения средней смолистости осмола основана на том, что исследуемые образцы распиливают и проводят обычный анализ опилок. Чтобы выяснить распределение смолистых по сечению ствола, торец разбивают на кольца толщиной 10 мм, выделяют их, а затем анализируют отдельно [2].

В настоящей статье приводятся результаты работы по определению просмоления другим методом. Нами были выбраны произвольно 7 образцов стволового осмола (диаметр 11—18 см), полученного из Вельского химлеспроба после 8-летней осмолородочки. Из каждого образца выпиливали диски толщиной около 7 мм, которые рассматривали на просвет перед лампой мощностью 250 вт. Были четко заметны зоны различной «прозрачности»; их очерчивали карандашом, а весь образец фотографировали на обычную пленку. На большинстве снимков можно выделить пять зон. Наружная зона просмоленной заболони выделяется наиболее ясно в виде светлой полосы с неровным внутренним контуром. Иногда она прерывается выходом темной заболони почти к поверхности древесины, а вблизи корового ремня светлая зона может проходить практически до самого ядра.

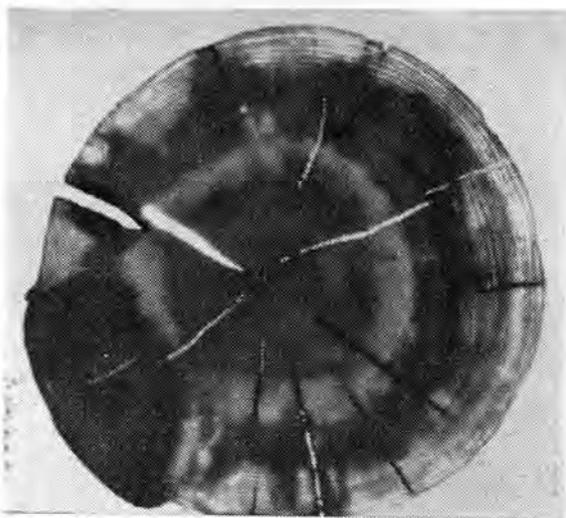


Рис. 1. Поперечное сечение осмола (образец № 4, диаметр 16 см).

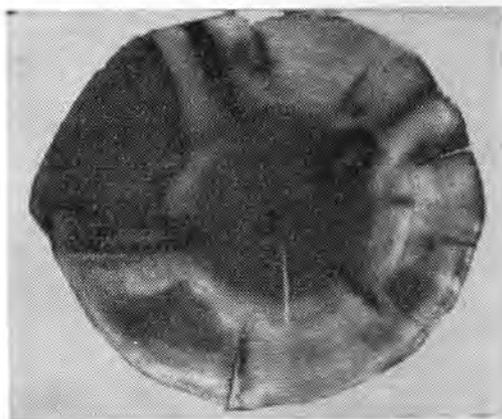


Рис. 2. Поперечное сечение осмола (образец № 5, диаметр 11 см).

У всех образцов значительно темнее выглядит древесина под коровым ремнем, а также ядро. Иногда между коровым ремнем и ядром были заметны более светлые участки древесины.

Внутренние слои заболони выглядят как темные зоны с неровными краями и сквозными просветами из светлой древесины. И, наконец, у многих образцов хорошо заметна в натуре и на снимках светлая древесина на границе ядро — заболонь. По очерченным карандашом контурам диск разделявали на выделенные зоны, древесину измельчали и смолистые экстрагировали серным эфиром. Канифоль определяли весовым методом и выражали в процентах к весу абс. сухой обессмоленной древесины; для этого проэкстрагированную навеску высушивали до постоянного веса.

Результаты анализов представлены в табл. 1, из данных которой видно, что наибольшей смолистостью обладает наружный слой заболони. Очень большие колебания в содержании канифоли имеет ядровая древесина. Более устойчивы показатели для древесины под коровым ремнем; исключение составил образец № 5 (рис. 2),

Таблица I

Зона поперечного сечения осмолы	Количество абс. сухой обессмоленной древесины, % в образце №						
	Содержание канифоли, %						
	1	2	3	4	5	6	7
Внешняя просмо- ленная заболонь	26,8	23,5	17,5	19,6	53,2	35,3	18,6
	19,4	25,6	24,5	24,7	20,0	17,7	18,3
Внутренняя тем- ная заболонь	39,5	37,8	23,5	34,0	6,0	30,4	21,8
	5,02	3,96	4,8	4,2	7,45	4,46	3,9
Внутренняя свет- лая заболонь на границе с ядром	—	8,4	21,7	15,0	—	—	22,2
	—	13,0	8,6	0,68	—	—	8,11
Ядро	14,7	11,3	12,0	18,4	19,8	19,1	12,8
	6,5	6,72	11,9	1,89	8,95	1,32	18,3
Коровой ремень	19,0	19,0	23,5	13,0	22,0	15,2	24,6
	2,07	3,85	5,33	1,85	7,32	5,27	2,13

который имел сильно просмоленную заболонь почти на всю ее толщину, а смолистость корового ремня 7,32%.

Данные анализа позволяют утверждать, что просмоленные участки древесины сравнительно резко отделены от непросмоленных. В основном, это разделение заметно уже в пределах ширины 1—2 годичных колец.

Довольно четко очерченные зоны древесины и их различная смолистость как будто дают возможность определять среднюю смолистость образца только по площади засмоленной части на поперечном срезе, не применяя экстракцию растворителями. Однако точные расчеты сделать трудно, так как смолистость каждой зоны у разных образцов неодинакова.

Изложенная здесь методика может найти практическое применение для приближенной оценки глубины просмоления заболони и характера просмоления древесины при осмолподсочке и подсочке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Л. Коссович. Просмоление древесины при осмолподсочке. Коиз, 1935.
[2]. Ф. А. Медников. Подсочка леса. Гослесбумиздат, 1955. [3]. Ф. А. Чесноков. Труды АЛТИ. Вып. III, 1934.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

**К ОБСУЖДЕНИЮ СТАТЬИ С. Н. АДРИАНОВА
«О ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА «ЛЕСОВОДСТВО
И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ» В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ВУЗАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В СТЕПНОЙ И ЛЕСОСТЕПНОЙ
ПРИРОДНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОНАХ СССР»***

Опубликованная в «Лесном журнале» статья С. Н. Адрианова «О преподавании курса «Лесоводство и агролесомелиорация» в сельскохозяйственных вузах, расположенных в степной и лесостепной природно-экономических зонах СССР» вызвала ряд сочувственных откликов читателей журнала.

Заведующий кафедрой лесных культур Сибирского технологического института А. Ф. Лисенков в своем отзыве говорит о том, что выполнение намеченных партией и правительством задач в области мелиорации позволит поднять продуктивность всех отраслей сельского хозяйства, а для того, чтобы эти задачи были решены, необходимо улучшить обучение всех специалистов сельского хозяйства. Следует уделить большое внимание вопросам борьбы с засухой и суховеями, мелиорации почв, создания защитных лесных насаждений. Необходима массовая информация по этим вопросам, обучение и воспитание людей в духе бережного отношения к природным богатствам страны.

В статье С. Н. Адрианова изложена конкретная программа улучшения преподавания курса «Лесоводство и агролесомелиорация». Все пункты этой программы правильны и целесообразны. Выполнение их позволит улучшить подготовку специалистов для сельского хозяйства. А. Ф. Лисенков считает желательным, чтобы эта статья была обсуждена в Министерстве сельского хозяйства СССР и в учебные планы сельскохозяйственных вузов и техникумов были бы внесены соответствующие изменения.

Директор и зам. директора Алтайской агролесомелиоративной и лесной опытной станции А. Д. Нехаев и Б. И. Косников также считают, что вопросы, поднятые С. Н. Адриановым, очень важны и отвечают современным требованиям. Постановлением «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии» на органы лесного хозяйства возложены обязанности по созданию защитных лесных полос. Однако практика показала, что лесхозы с этим не справляются. Так, например, в Алтайском крае лесхозы переключаются все работы на колхозы и совхозы, заключая договора с различными оговорками. Но если в этих условиях для выполнения работ можно подготовить соответствующую технику, то намного сложнее обстоит дело с приобретением знаний и навыков по агротехнике и технологии выращивания защитных лесных полос, биологии произрастания древесных пород и т. д.

К сожалению, в учебных заведениях (сельскохозяйственных и лесных) мало уделяют внимания изучению этих предметов. Кадры агролесомелиораторов уже в течение длительного времени учебные заведения не готовят, а старых кадров практически нет.

Агрономы, сельскохозяйственные экономисты и механизаторы должны иметь прочные знания по агролесомелиорации, для этого необходимо этот курс расширить и перенести его с V курса на III, восстановить на заочном агрономическом факультете курс агролесомелиорации и лесоводства, ввести раздел агролесомелиорации в программы производственной практики.

* ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970.

Сообщение об обсуждении кафедрой лесной мелиорации Новочеркасского инженерно-мелиоративного института вопроса о программе по агролесомелиорации для сельскохозяйственных вузов прислал зав. кафедрой П. С. Захаров. Кафедра считает целесообразным пересмотр и расширение учебной программы по лесоводству для сельскохозяйственных вузов. Значительное место в программе должно быть уделено (кроме вопросов борьбы с ветровой и водной эрозией) вопросам защитного лесоразведения на пастбищах, озеленения населенных мест, закрепления и освоения песков и создания защитных полос на орошаемых землях.

Доцент Алтайского сельскохозяйственного института С. И. Кукис полностью поддерживает постановку вопроса, поднятого С. Н. Адриановым, и совершенно согласен с выдвинутыми им пятью основными пунктами, но считает необходимым внести некоторые дополнения.

1. Следует пересмотреть действующую программу курса «Лесоводство и лесомелиорация» и назвать курс «Агролесомелиорация с основами лесоводства».

2. Включить эту дисциплину в учебные планы специальностей Зоотехния и Ветеринария, разработав для них соответствующие программы в связи с появлением в агролесомелиорации нового важного раздела «Защитные лесонасаждения для повышения продуктивности животноводства».

Необходимость уточнения названия дисциплины и переработка учебной программы связаны с тем, что за последние 15—17 лет в сельскохозяйственном производстве произошли огромные количественные и качественные изменения. В степной и лесостепной зонах страны вовлечены в активное использование миллионы гектаров целинных и залежных земель. Этим территориям свойственны суховеи, засухи, пыльные бури и т. д. Эффективно бороться с неблагоприятными природными условиями может и должна система защитных насаждений в комплексе с организационными и агротехническими мероприятиями.

Просчеты и промахи, допущенные в проведении работ по защитному лесоразведению, очевидно, следует отнести за счет недостаточной теоретической подготовки по агролесомелиорации специалистов сельского хозяйства, а ведь лесомелиоративные посадки закладываются на многие десятки лет.

Новые большие задачи требуют максимального привлечения всех резервов, способствующих увеличению производства сельскохозяйственной продукции; отсюда ясно, как важно дать знания по агролесомелиорации специалистам, в той или иной мере соприкасающимся с агролесомелиоративными мероприятиями.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.6

ПОСОБИЕ ПО ЭКОНОМИКЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА*

Книга доц. В. Л. Джиковича «Экономика лесного хозяйства» допущена в качестве учебного пособия для инженерно-экономических специальностей. Необходимость такого рода пособий очевидна.

В предисловии редактора проф. П. В. Васильева сказано, что спорные суждения В. Л. Джиковича представляют известный интерес и не бесполезны для разностороннего анализа экономических явлений в лесном хозяйстве, что оправдывает их публикацию в пособии.

Соглашаясь с высказыванием П. В. Васильева, нельзя не сказать, что рецензируемое учебное пособие нуждается в дополнительном критическом разборе, ибо в противном случае дискуссионные положения В. Л. Джиковича могут быть восприняты некоторыми студентами за истинные, не нуждающиеся в дальнейшем освещении. Ниже рассмотрены важнейшие из этих положений.

Говоря об особенностях лесного хозяйства и лесохозяйственного производства, В. Л. Джикович недостаточно ясно проводит границу между ними. Он утверждает, что «лесное хозяйство по самой своей сути может включить лишь процессы выращивания леса и связанные с ним непродуцирующие функции» и далее «единый производственный процесс воспроизводства лесных ресурсов расчленен между двумя самостоятельными отраслями народного хозяйства — лесным хозяйством, занимающимся лесовыращиванием, и лесной промышленностью, осуществляющей лесопользование».

Такое расчленение автор объясняет резкими различиями в скорости оборачиваемости затраченных средств на лесовыращивание (несколько десятилетий) и на лесоэксплуатацию (несколько недель, дней) и делает вывод, что лесовыращивание и лесоэксплуатация представляют собой две разные отрасли народного хозяйства, независимо от того, происходит ли полный процесс воспроизводства лесных ресурсов в рамках одного предприятия или нет.

В настоящее время дело обстоит именно так: лесозаготовки и лесовыращивание организационно выделены в особые отрасли. Однако лесозаготовительная наука не может возводить существующее положение в закономерность, имеющую более общий характер и не связанную с данным временем. Для того чтобы выйти за пределы сегодняшней действительности, необходимо рассматривать каждое явление диалектически, в ходе его исторических изменений — возникновения, развития и отмирания, в переходе от одного качества к другому.

Появление лесозаготовительной промышленности как особой отрасли материального производства связано с заменой феодально-крепостнических производственных отношений капиталистическими. Оно имело место в дореволюционной России, Соединенных Штатах Северной Америки, Канаде и других странах, позднее вступивших на путь капиталистического развития. В европейских же странах, где капиталистические отношения утвердились раньше, лесной промышленности как особой отрасли общественного производства не существовало. Эксплуатация леса была элементом лесовыращивания и выполнялась лесным хозяйством, что и объясняет широкое развитие мер ухода за лесом и способов возобновления посредством постепенных, группово-выборочных, подеревно-выборочных возобновительных рубок.

В. Л. Джикович, настаивая на существовании лесного хозяйства и лесозаготовительной промышленности как особых отраслей общественного производства, не придает должного значения приведенным фактам, хотя и не раз приводит известное высказывание Маркса о двух формах лесного хозяйства (стр. 26, 146).

При огромных пространствах СССР и чрезвычайном разнообразии природно-экономических условий в различных районах закономерно существование обеих форм лесного хозяйства при соответствующих предпосылках, в зависимости от разряда уровня его развития.

Как показали наши исследования, каждому такому разряду соответствует особый характер состава и строения основного лесохозяйственного производства (лесовыращивания, лесоводства), то есть специфическая организация процесса основного производства, влияющая на способы управления предприятием.

* В. Л. Джикович. Экономика лесного хозяйства. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971.

В большинстве случаев степень интенсивности производства связана с типом и родом специализации лесного хозяйства. По нашему мнению, общая интенсификация материального производства в СССР со временем приведет к ликвидации лесозаготовок как отрасли добывающей промышленности и примет различные организационные формы в соответствии с историческими, экономическими, социальными и природными особенностями разных регионов.

Лесозаготовка имеет право на существование в качестве особой отрасли добывающей промышленности в регионах с уровнем развития всей экономики ниже среднего как пионерная отрасль, прокладывающая путь к многостороннему развитию осваиваемой территории. В этом случае она должна находиться под контролем органов лесного хозяйства, дабы предотвратить неустрашимые последствия безудержной вырубки лесов.

Продуктивность лесов В. Л. Джикович рассматривает как функцию их бонитетов, очевидно предполагая, что прирост как показатель продуктивности достаточно тесно связан с бонитетом как характеристикой плодородия местопроизрастания.

По мнению В. Л. Джиковича, в лесном хозяйстве созданные человеком материальные ценности не могут стать носителями стоимости (стр. 223). Получают общественное признание лишь отдельные работы (посадка, уход), определенные директивными плановыми заданиями по объему различных лесохозяйственных мероприятий и лимитами операционных расходов. Здесь В. Л. Джикович предполагает «стоимостной» измеритель, лишенный субстанции стоимости вопреки его же мнению, что стоимость неразрывно связана с товарами (стр. 223, строка 17).

Такое решение ключевой проблемы о кругообороте стоимости в лесном хозяйстве представляется нам ошибочным. Считая, что лес как естественного, так и искусственного происхождения стоимости не имеет, поскольку часть используемых сейчас лесов формировалась долгое время без заметного участия труда, В. Л. Джикович исходит из концепции долговременных, практически в планируемом периоде безвозвратных вложений на лесовыращивание. По его мнению, движение стоимостей, созданных при лесовыращивании, для предприятий лесного хозяйства может быть представлено формулой: $D - T \dots P \dots$, где P — лес, древесный запас на корню, не являющийся материальным носителем стоимости; на этом для предприятия движение стоимости заканчивается (стр. 159).

Но кругооборот стоимости в лесу, вопреки В. Л. Джиковичу, не заканчивается на стадии P , а проходит все стадии, указанные Марксом: $D - T \dots P \dots T' - D'$ без немедленного обязательного превращения в товар.

Маркс подчеркивает, что «часть прибавочного продукта не продается, а вместо этого... снова включается в процесс производства»*. Что же касается отрицания В. Л. Джиковичем товарного характера лесосечного фонда, передаваемого лесным хозяйством лесозаготовительным организациям промышленности, сельского хозяйства (включая колхозы), наконец, населению, то здесь едва ли требуются доказательства противоположного характера.

Если теперь лесхозы, отпускающие лес на корню, не получают оплаты за него, а затраты покрывают из бюджета, то этот формальный порядок не может замаскировать реальных фактов купли — продажи леса на корню и товарного характера современного лесного хозяйства СССР.

По мнению В. Л. Джиковича, «восстановительная стоимость леса на корню» не имеет объективной экономической природы, потому что стоимость товара определяется затратами не на его производство, а на воспроизводство. Такое возражение неубедительно. На самом деле процесс воспроизводства леса повторяется ежегодно. Материальным носителем его в этом случае является годичный прирост. Совокупность годичных приростов образует дерево.

По В. Л. Джиковичу, «зональная (макро) дифференциальная рента... могла бы служить основой денежной оценки лесов, без выявления тем или иным расчетным путем себестоимости выращенного леса» (стр. 154). Не отрицая значения дифференциальной ренты и необходимости ее учета при оценке лесов и лесных земель, следует подчеркнуть, что цена есть выражение стоимости, а рента представляет лишь часть цены леса, растущего в лучших и средних природных и экономических условиях. Принципиальное положение о лесных таксах капиталистических стран, определяемых исключительно величиной лесной ренты, представляется спорным, так же как и взгляды автора на экономическую природу советских лесных такс, что находится в связи с рассмотренными выше вопросами о стоимости в лесном хозяйстве СССР (стр. 184, 185).

В. Л. Джикович считает, что «денежная оценка лесов как естественного происхождения, так и искусственного... не может производиться ни по затратам на выращивание или освоение их, ни по восстановительной стоимости». Возможно, что этот термин не вполне удачен и может быть заменен «стоимостью воспроизводства» леса, но в принципе эту концепцию необходимо признать правильной.

* К. Маркс, Ф. Энгельс. Сочинения, изд. 2-е, т. 26, ч. II, стр. 543.

В заключение следует отметить неудачное расположение материала в учебном пособии. Было бы целесообразно вначале изложить общие положения науки, а затем, восходя от абстрактного к конкретному, перейти к частным вопросам и практическим рекомендациям.

Начав с главы «Экономика лесного хозяйства как наука и ее место в системе экономических наук», следует перейти к главе «Лесное хозяйство как отрасль общественного производства». Далее должен следовать основополагающий раздел «Действие закона стоимости в лесохозяйственном производстве» и затем основанная на нем глава «Воспроизводство лесных ресурсов и народнохозяйственные формы лесного хозяйства». В эту главу надлежит включить раздел «Производственные фонды и техническая база лесного хозяйства», а также главу «Лесной фонд СССР». Непосредственно к ней примыкает «Объем производства и производительность труда».

Тема «Хозяйственный расчет и финансирование лесного хозяйства» должна следовать за вышеупомянутой и служить обоснованием для главы «Себестоимость и цены»; за ними целесообразно расположить главу «Эффективность затрат в лесном хозяйстве» и затем разделы с большей практической направленностью: «Экономические основы лесопользования», «Экономические основы лесовыращивания», «Лесохозяйственная деятельность предприятия; производственная программа», «Труд, кадры, заработная плата»; завершающая тема: «Расширенное воспроизводство в социалистическом лесном хозяйстве и основной принцип капиталистического лесного хозяйства».

Е. Я. Судачков.

Институт леса и древесины СО АН СССР.

НОВАЯ КНИГА О МИКОРИЗЕ

Издательство «Лесная промышленность» выпустило в свет второе издание монографии профессора Брянского технологического института Н. В. Лобанова «Микотрофность древесных растений»*. Как и первое издание, вышедшее 18 лет назад, книга представляет свод обширных данных, полученных отечественными и зарубежными исследователями.

Симбиотическое сожительство корней растений с грибами известно уже давно, но до сих пор не раскрыты многие его детали. Хорошо известно, что наличие микоризы значительно улучшает рост ряда древесных пород, и в то же время большое число видов древесных растений нормально развивается без какой-либо связи с грибом. Иными словами, несмотря на широкое распространение симбиоза высших растений с грибами, он не обязателен для всех древесных пород.

В связи с изложенным автор устанавливает различные степени микотрофности, понимая под этим меру физиологической необходимости микоризы: растения высокомикотрофные или, иначе, микотрофные в сильной степени (дуб, бук, сосна, ель, лиственница, пихта); немикотрофные или, точнее, лишенные микоризы определенного (эктотрофного) типа (ясень, бересклет) и микотрофные в слабой степени (береза, осина, клен, липа и др.). От микотрофности автор отличает микоризность, то есть степень развития микоризы. Понятно, что высокомикотрофная порода может иметь, например, в неблагоприятных почвенных условиях слабо развитую микоризу.

В главах 4 и 5 Н. В. Лобанов приводит много сведений о грибах, образующих микоризу у деревьев, о характере физиологических взаимоотношений между симбионтами (грибами-микоризообразователями и древесными растениями). Четко разделено значение микоризообразования для гриба и дерева. Особо, хотя и кратко, автор останавливается на необходимости изучения роли микоризообразующих грибов в формировании и развитии лесных почв. В настоящее время установлено, что в образовании микоризы у древесных пород может принимать участие 61 вид грибов из класса базидиомицетов. Вопрос о характере физиологических взаимоотношений, складывающихся между грибами и деревьями, как известно, разные исследователи решают по-разному. Одни считают, что гриб паразитирует на корнях дерева, однако Н. В. Лобанов противопоставляет этому взгляду иной, более аргументированный: гриб и высшее растение находятся в симбиотических отношениях. Большое количество данных определено свидетельствует о том, что высокомикотрофные породы могут хорошо развиваться (обнаруживать относительно быстрый рост, высокую физиологическую устойчивость к неблагоприятным условиям среды, в том числе к грибным и бактериальным заболеваниям) только при наличии микоризы.

В рецензируемой книге последовательно проводится мысль, что микориза необходима при выращивании леса не только в степи, но и в типичной лесной обстановке.

* Н. В. Лобанов. Микотрофность древесных растений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971.

Нужно помнить, что микоризы может не быть из-за отсутствия не только гриба-микоризообразователя, но и условий для формирования микоризы (высокомикотрофные породы будут терпеть при этом определенный урон).

Весьма интересен с нашей точки зрения проанализированный автором вопрос о применении удобрений при выращивании сеянцев древесных пород с учетом их микотрофности. Так как высокомикотрофные породы, такие как дуб и сосна, хорошо усваивают труднорастворимые соединения азота, фосфора и калия, то породам этой группы присуща меньшая отзывчивость на удобрения. По данным шведского ученого Бьеркмана, избыток элементов минерального питания, возникающий при использовании больших доз минеральных удобрений, подавляет развитие микоризы. Сеянцы тем не менее развиваются в питомнике хорошо, однако при пересадке на место постоянного произрастания (например, на обычные неудобренные лесные почвы) из-за слабого развития микоризы приживаются плохо и сильно задерживаются в росте. Отсюда, очевидно, можно сделать вывод, что почвы на питомниках при выращивании высокомикотрофных пород следует удобрять умеренно, с тем чтобы не подавлять развитие микоризы. Нужно помнить, что только саженцы с хорошо развитой микоризой окажутся в последующем достаточно обеспечены питательными элементами и водой из почвы и будут устойчивы против грибных и бактериальных заболеваний.

Дифференцированный подход к исследованию (и тем более к практическим рекомендациям) древесных пород, различающихся микотрофностью — характерная черта монографии Н. В. Лобанова.

Книга, несмотря на небольшой объем, хорошо иллюстрирована (58 рисунков), а текст аргументирован и документирован цифровым материалом, сведенным в 44 таблицы. В конце книги имеется краткий предметный указатель.

Высоко оценивая книгу Н. В. Лобанова, мы высказываем уверенность, что она будет полезна для широкого круга исследователей и практиков.

П. Б. Раскатов.

Воронежский лесотехнический институт

О КНИГЕ «ТРОПИЧЕСКАЯ ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПРОВИНЦИИ ЮНЬЯНЬ (КНР)»

В конце 1971 г. вышла из печати книга Н. Е. Кабанова*, посвященная описанию и характеристике тропических и субтропических лесов Южного Китая. Литература по тропическим и субтропическим лесам на русском языке весьма бедна и потому появление данной книги следует приветствовать.

В работе освещен спорный и до сих пор не решенный вопрос о признаках различия тропической и субтропической зон и растительности в них. Приводятся взгляды многих авторов (Келлена, Селянинова, Берга), дающих придержки для выделения субтропической зоны: средняя температура самого холодного месяца, сумма температур тепла за вегетационный период и др., которые, с нашей точки зрения, характеризуют термический режим этих зон, но не могут их разграничить. Вместе с тем, в последнее время ряд исследователей (Тролл, Вальтер) указывают на весьма важную и характерную особенность тропических растений — неспособность переносить отрицательные температуры. Нулевой температурой самого холодного месяца определяется верхняя граница тропической древесной растительности у альпийского пояса. Этот же признак может быть взят за основу при определении границы между этими двумя типами растительности.

Автор дает детальную характеристику типов влажно-тропического леса по ярусам, породный состав по ярусам и отдельно видовой состав эпифитов, лиан, травяного покрова. Также детально охарактеризованы типы влажных вечнозеленых субтропических лесов.

Весьма интересны данные о распространении и характеристика типов сосновых лесов. Вообще говоря, хвойные породы, в частности, сосна, в тропических лесах встречаются редко. Здесь же, в провинции Юньян, сосновые леса из *Pinus khasya* и *P. junnensis* создают вертикальный пояс, который контактирует внизу с поясом тропических вечнозеленых лесов, а выше с субтропическими лиственными лесами, а иногда с поясом темнохвойных лесов. Такое необычное положение сосновых лесов, пожалуй, следует объяснить вторичностью происхождения этих лесов (в результате рубок и пожаров, приведших к смене тропических или скорее субтропических лесов сосняками). Этой точки зрения придерживается большинство китайских лесоводов.

* Н. Е. Кабанов. Тропическая лесная растительность провинции Юньян (КНР). Изд-во «Наука», 1971.

хотя часть специалистов и сам автор книги считают эти леса первичными. Весьма интересно, что сосновые леса создают здесь под пологом мощную подстилку, которая приводит к поверхностному оподзоливанию типичных для субтропиков почв — красноземов, к процессу весьма редкому для этого типа почв. Также интересно, что *Pinus jannanensis* создает редкостойные разновозрастные леса, весьма распространенные на северных склонах Большого Кавказа.

В работе дается довольно детальное описание саванн Южного Китая, охарактеризованы их типы, что в литературе встречается очень редко. Некоторые авторы (И. А. Лицневский, В. З. Гулисашвили) относят к саваннам фисташковые редкостойные леса Средней Азии, а также Закавказья. Н. Е. Кабанов подкрепляет точку зрения, согласно которой саванны характерны не только для тропического климата, но и для субтропического, и даже для теплой части умеренного. Наиболее интересны саванны, приуроченные к крутым склонам (*Phyllanthetum* со злаками), напоминающие наши фисташковые. В работе приведено интересное описание лесов бамбука (скорее его зарослей).

Дана характеристика хозяйства в тропических и субтропических лесах Китая, которое, как видно, носит весьма экстенсивный характер. Производится выборка деревьев ценных пород, вследствие чего леса постепенно обесцениваются. Как и в тропических лесах других континентов (Африка), здесь леса часто вырубаются сплошь, и места вырубок отводятся под плантации ценных тропических и субтропических культур.

Нельзя не согласиться с автором книги, который полагает, что необходимо глубоко изучить эти леса, чтобы дать обоснование рационального ведения хозяйства в них; часть площади должна быть освоена под ценные тропические культуры с обязательным применением средств механизации.

Книга ценная и полезная. Она может быть рекомендована как для специалистов лесного хозяйства и научных работников, так и для учащейся молодежи.

В. З. Гулисашвили.

АН Грузинской ССР.

КНИГА О ЛЕСОРАЗВЕДЕНИИ В ДОНБАССЕ*

В конце 1971 г. вышла в свет интересная книга, в которой автор знакомит читателей с прежней и новой историей лесоразведения в Донетчине — районе высокоразвитой индустрии. Автор много лет посвятил лесному хозяйству этого края и с полным знанием дела повествует о его развитии.

Книга состоит из шести глав: «Природные условия Донбасса», «Из истории лесоразведения в Донбассе», «Лесной фонд Донбасса», «Особенности выращивания лесных насаждений», «Создание зеленых зон вокруг городов и рабочих поселков Донбасса», «Лесомелиорация в борьбе с засухой, ветровой и водной эрозией почв».

Наибольшее внимание привлекают главы IV, V и VI. В главе IV подробно рассмотрены вопросы выращивания посадочного материала, агротехника и механизация создания лесных культур, внедрение быстрорастущих пород, подбор сопутствующих пород, исправление и реконструкция малощенных лесных насаждений; приведены ценные рационализаторские предложения местных лесоводов.

В главе V изложены особенности зеленых зон в Донбассе, связанные с взаимным размещением лесных площадей, жилых кварталов и промышленных предприятий. Подробно описан опыт создания зеленой зоны вокруг областного центра.

Наконец, в главе VI, помимо агролесомелиоративных мероприятий, приведен опыт облесения рекультивируемых земель (отработанных и нуждающихся в проведении мер по возвращению им плодородия с последующим биологическим освоением). В частности, постепенно начинает разрешаться и проблема облесения терриконов.

Книга отличается ясностью изложения, содержит много новых материалов; можно полагать, что ее с интересом прочтут многие лесоводы и любители природы.

* В. С. Гречушкин. Лесоразведение в Донбассе. Изд-во «Донбасс», Донецк, 1971.

П. И. Войчаль.

Архангельск.

ЮБИЛЕИ

СЛАВНЫЙ ЮБИЛЕИ

30 октября 1972 г. известному ученому, неутомимому исследователю русского леса, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Александру Владимировичу Тюрину исполняется 90 лет. Мы — его ученики и последователи — рады от имени многих ученых и специалистов лесного хозяйства принести юбиляру наши искренние поздравления, дань восхищения и самые лучшие пожелания.

Александр Владимирович родился в г. Мензелинске Уфимской губернии. С ранних лет в нем проявилась любовь к родной природе. После окончания Богородицкого сельскохозяйственного училища (Тульская область) А. В. Тюрин поступил в Петербургский лесной институт, который окончил в 1909 г. со званием ученого лесоведа первого разряда. Незаурядные способности молодого лесоведа были по достоинству



оценены научной общественностью института, и он был оставлен в качестве степендиата высшего оклада при кафедре лесной таксации и лесоустройства, возглавляемой проф. М. М. Орловым, для подготовки к научной и педагогической деятельности.

В 1911—1912 гг. А. В. Тюрин выполнил интереснейшее исследование по изучению хода роста сосновых насаждений б. Архангельской губернии. В последующие шесть с половиной лет он являлся руководителем Брянского опытного лесничества, где провел большие научно-исследовательские работы.

В мае 1919 г. советом Воронежского сельскохозяйственного института А. В. Тюрин был избран профессором по кафедре лесной таксации и являлся бессменным ее руководителем до 1943 г. Наряду с основной своей работой, Александр Владимирович выполнял ряд административных обязанностей: заведующего опытной станцией Воронежского СХИ, декана лесного факультета, ректора Воронежского СХИ, директора созданного в 1930 г. Воронежского лесохозяйственного (ныне лесотехнического) института.

Почти четверть века проработал А. В. Тюрин в Воронежской высшей школе. В эти годы особенно ярко проявился его многогранный талант прекраснейшего педагога и воспитателя, вдумчивого исследователя и умелого организатора. А. В. Тюрин воспитал многие сотни высококвалифицированных специалистов лесного хозяйства, подготовил ряд кандидатов и докторов наук, среди которых был и его преемник по кафедре проф. И. М. Науменко.

В 1936 г. было принято постановление об организации Главлесоохраны при Совете Министров СССР. Александр Владимирович назначается первым главным лесным водоохранным лесов. Приведение в порядок этих лесов и организация более совершенных форм ведения хозяйства в них осуществлялись при активном участии А. В. Тюрина.

В 1943 г. А. В. Тюрин перешел на работу во ВНИИЛХ (ныне ВНИИЛМ), где возглавил сектор экономики и организации лесного хозяйства; в 1947—1950 гг. был членом коллегии и председателем технического совета Министерства лесного хозяйства СССР.

Научные исследования А. В. Тюрина, основанные на глубоком и всестороннем изучении взаимосвязей, обуславливающих рост и развитие леса, а также на широком обобщении полученных результатов, хорошо известны лесоведам как в нашей стране, так и за рубежом. Назовем только некоторые из опубликованных работ А. В. Тюрина: «Исследование хода роста нормальных сосновых насаждений Архангельской губернии» (1913 г.), «Еловые насаждения северной и северо-восточной России» (1916), ставшая классической книга «Основы хозяйства в сосновых лесах» (1925, 1952 гг.), «Нормальная производительность лесонасаждений сосны, березы, осины и ели» (1930, 1931 гг.), учебник «Таксация леса» (1938, 1945 гг.), «Инструкция для устройства и ревизии лесоустройства водоохраных лесов» (1940 г.), «Дубравы водоохранной зоны и способы их восстановления» (1949 г.), «Ход зацветания сосны обыкновенной» (1954 г.), «Наблюдения над сезонным развитием дуба и его спутников в Европейской части СССР и использование результатов наблюдений в лесокультурном деле» (1957 г.), «Продолжительность начального периода весны в лесах Европейской части СССР и ее значение для организации лесокультурных работ» (1960 г.), «Основы вариационной статистики в применении к лесоводству» (1961 г.) и др.

Девиз А. В. Тюрина — связь теории с практикой, с производством и такая постановка исследований, чтобы в результате их оставался, кроме книг, яркий и добрый след на земле, в лесах и на полях Родины. Успешно восстановленные на больших площадях (в результате предложенных А. В. Тюриным оригинальных способов рубки) сосновые насаждения; многочисленные участки опытных культур и постоянные пробные площади в лесах, являющиеся ценнейшими объектами научных исследований и учебных экскурсий; улучшение ценных лесных массивов, таких как Теллермановская роща, Моховской или Шатиловский лес, леса Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ и др., лесоустройство которых было выполнено под руководством А. В. Тюрина и явилось основой рационального хозяйства в них — все это весомый непосредственный вклад ученого в дело увеличения лесных богатств нашей страны.

Все знающие Александра Владимировича высоко оценивают его человеческие качества: любовь к родной природе, принципиальность, самодисциплину, выдающуюся эрудицию, высокую культуру, внимательность, чуткость и доброжелательность к людям. Сегодня нам радостно видеть в нашей семье лесоводов ветерана русского леса, одного из достойнейших лесоводов нашей страны, чудесной души человека, мудрого наставника и советчика. И мы благодарны Александру Владимировичу за все, что он делал и делает для процветания лесной науки, для прогресса нашего лесного хозяйства.

М. М. Вересин,
ВЛТИ.

П. И. Войчалъ,
Архангельск,

С. М. Рихерт,
ВЛТИ.

Ф. Л. Щепотьев,

Донецкий университет.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>М. В. Давидов.</i> О дифференцированном бонитировании при лесоустройстве . . .	3
<i>И. М. Извекова.</i> Влияние обрезки кроны на рост сосны и ели	7
<i>А. А. Кулешис.</i> Влияние разных факторов на форму стволов сосны обыкновенной	10
<i>П. А. Хазов.</i> Объемы маломерных стволов основных лесобразующих пород на горных дубрав юга Центральной лесостепи	14
<i>С. В. Соколов.</i> Анализ параметров распределения диаметров стволов модальных древостоев сосны	17
<i>П. А. Анишин.</i> Изменчивость линейного прироста в разновозрастных ельниках . .	20
<i>И. П. Кондратович.</i> Анатомические особенности однолетних сеянцев, выращенных под полиэтиленовыми укрытиями	22
<i>А. М. Ильин.</i> Объемный вес древесины мужских и женских особей осины за вегетационный период	25
<i>Р. И. Дерюжкин, А. Г. Рычкова, В. Т. Мезенцева.</i> Изменение зольного состава хвои лиственницы сибирской разного географического происхождения в течение вегетации	27
<i>А. С. Костылев.</i> О влиянии освещенности на рост и поражаемость осины ложным основным трутовиком	31
<i>В. И. Обьденников.</i> Влияние пожаров на лесорастительные условия вырубок западных склонов Бурейского хребта	35

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>В. И. Мельников, Г. М. Соколов.</i> Аналитическое определение взаимного положения основных элементов лесовозных автопоездов при движении их на криволинейных участках	39
<i>И. П. Донской, Б. Я. Корехов.</i> Результаты исследований сопротивления бревен при установившемся движении	46
<i>И. И. Слепко.</i> Контактные напряжения пары канат — каток с рифленой поверхностью	50
<i>В. М. Князько, Э. А. Селезнева.</i> Влияние некоторых глинистых минералов на укрепление грунтов алюмофторфосфатными вяжущими	55
<i>Н. П. Коваленко.</i> Определение уплотняющих сил при глубинном осушении торфяной залежи	60
<i>Г. А. Анисимов, А. М. Гольдберг, М. Ф. Семенов.</i> Статистический способ анализа нагруженности трансмиссии и совершенствования ее динамических свойств	64
<i>Ф. Г. Куковицкий.</i> Особенности формообразования пучка на воде ленточным рабочим органом	69

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Ю. М. Иванов.</i> Длительная прочность древесины	76
<i>В. В. Рукан, И. В. Батин.</i> Установка для механизации изготовления деталей треугольного профиля на основе теории эпизодических кривых	82
<i>В. К. Пашков, В. Г. Бодалев.</i> О точности бесконтактного измерения температуры	87
<i>Б. П. Ерыхов, Н. Л. Перфильева.</i> Об одном эффекте при исследовании реологических свойств древесины в низкочастотной области нагружения	90
<i>И. Г. Назаров, Г. К. Гаврилов, Б. И. Огарков, В. В. Решетняк.</i> Релаксация напряжений при сжатии прессованной древесины	96
<i>И. Т. Матюшин.</i> К вопросу одностороннего прессования композиционных древесных пластиков	99

<i>И. Т. Глебов, И. К. Кучеров.</i> Сила резания при фрезеровании древесных пластиков	102
<i>Ю. П. Тюкина, В. В. Кислый.</i> К методике экспериментальных работ при изучении качества пиловочного сырья и пилопродукции	108

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>А. И. Киприанов, М. И. Кравченко, Г. П. Ломакина.</i> Влияние условий переработки древесной смолы на ингибирующие свойства продуктов	112
<i>Б. Д. Богомолов, Г. И. Попова.</i> Изменения лигнина березы при сульфатной варке	115
<i>Э. М. Менчер, Р. З. Пен.</i> Бисульфитная полуцеллюлоза. Оптимизация процесса ступенчатой бисульфит-сульфитной варки	121
<i>В. Б. Некрасова, А. Л. Агранат.</i> Фракционирование фитостерина сульфатного мыла сорбционно-хроматографическим методом	126
<i>Н. И. Богданович, В. П. Солянов, В. Н. Пиялкин.</i> О влиянии температуры на выход и состав продуктов пиролиза	128

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>А. Н. Кармадонов, А. Н. Киселев, Ю. И. Литовченко.</i> Перспективы применения средств неразрушающего контроля при раскрое круглых лесоматериалов	131
<i>В. М. Виноградов.</i> О точности автоматического обмера круглых лесоматериалов по секционным формулам	133
<i>Г. А. Жодзишский, Л. А. Либерман.</i> Расчет динамического диапазона датчика при измерении лесоматериалов на потоке	136

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>И. В. Михайленко.</i> Структура основных производственных фондов лесопильных предприятий	140
<i>В. Я. Ткаченко, Л. Г. Ощепкова.</i> О методике сравнения вариантов развития новых леспромхозов	145
<i>А. А. Шужмов.</i> Экономическая эффективность воспроизводства северокавказских лесов	150
<i>В. И. Гриб.</i> О показателях комбинирования производств в деревообрабатывающей промышленности	156

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>А. С. Крогушов.</i> Аналитическое определение рабочей площади междузубной впадины при рамном пилении	160
<i>Б. И. Шургот, Д. Л. Дудюк.</i> Определение математической модели динамики поступления сырья	163
<i>А. Е. Соснин.</i> О методике определения просмоления стволового осмола	164

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

<i>К обсуждению статьи А. Н. Андрианова «О преподавании курса «Лесоводство и агро-лесомелиорация» в сельскохозяйственных ВУЗах, расположенных в степной и лесостепной природно-экономических зонах СССР»</i>	167
--	-----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

<i>Е. Я. Судачков.</i> Пособие по экономике лесного хозяйства	169
<i>П. Б. Раскатов.</i> Новая книга о микоризе	171
<i>В. З. Гулисавили.</i> О книге «Тропическая лесная растительность провинции Юньянь (КНР)»	172
<i>П. И. Войчалъ.</i> Книга о лесоразведении в Донбассе	173

ЮБИЛЕИ

<i>М. М. Вересин, П. И. Войчалъ, С. М. Рихерт, Ф. Л. Щепотьев.</i> Славный юбилей	174
---	-----

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководителей) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера не должны быть более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через три интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения за главные буквы следует подчеркнуть двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *и* и *a*, *o* и *a*, *l* и *J*, *ξ* и *ε*.

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и матема-

тических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указать в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны УДК, дата отправки рукописи, полное имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, на матовой бумаге, чертежи сделаны черной тушью на ватмане). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе и напечатаны на машинке.

К статье должны быть приложены реферат и краткая аннотация.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 15 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

Таблица 1

Паспорт пиловочных бревен

Порода _____

Район исследования _____

№ п/п	Диаметр бревна, см		Сбег, см/м	Длина бревна, м	Объем бревна, м ³	Место вырезки бревна из хлыста			Пороки древесины и их характеристики																											
									сучки, шт.							гнили, см или доли диаметра				трещины		кривизна		грибные окраски, см или %	сухобокость, прочность	прочие пороки	Сортоопределяющий порок	Сорт по ГОСТу	Группа качества (новый сорт)	Примечание						
	до 15 мм	16—30 мм				31—50 мм	51—70 мм	71—100 мм	101 мм и более	всего, шт.	внутренняя напенная	внутренняя ствольная	заболонная	наружная трухлявая	внутренняя темная, см	характер	размер	характер	размер																	
1	вершинный	комлевый	2	3	4	комлевое	среднее	вершинное	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

Примечание 1. Градация размеров сучков приведена в качестве примера. 2. Разновидности сучков можно учитывать следующим образом. Например, запись 5/2 в графе 11 означает: всего сучков размером 16—30 мм 5 шт., в том числе 2 сучка табачных.

Таблица 2

Результаты раскроя пиломатериалов

Диаметр бревен _____

Номер бревна _____

Группа (сорт) бревен _____

Постав _____

Объем бревна _____

№ п/п	Номер доски	Объем доски, м ³	Сорт доски по ГОСТу	Группа качества (новый сорт)	Способ раскроя досок	Назначение заготовок и их качество (сорт, группа)	Данные о заготовках																
							целых (полной длины)					для склейки по длине					всего						
							размер, мм×мм×мм		количество, шт.	объем, м ³	выход, % от объема		размер, мм×мм×мм		количество, шт.	объем, м ³	выход, % от объема		объем, м ³	целых, %	доля для склейки, %	выход, % от объема	
							доски	бревна			доски	бревна	доски	бревна									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		

Таблица 1

№ зоны	Цвет зоны при свечении	Количество продукта		Качественная реакция на стерину	Внешний вид фракции		Температура плавления, °С	Количество продукта, мг на 1 г сорбента
		г	% от исходного продукта		форма кристаллов	цвет		
Размеры колонки: $l = 760$ мм, $d = 35$ мм; количество анализируемого продукта 15 г								
1	Светло-салатный	0,07	0,47	—	Мазеобразный продукт	Желтый	Не определ.	10,01
2	Темно-сиреневый	0,06	0,40	+	Стекловидный продукт	"	123—128	5,1
3	Светло-сиреневый	1,38	9,20	++	Пластинчатые и игольчатые кристаллы	Слегка желтоватый	131—134	23,4
4	Темно-сиреневый	2,88	19,20	++	"	Белый	135—137	33,2
5	Светло-сиреневый	0,79	5,26	++	"	"	130—136	24,7
6	Темно-сиреневый	4,50	30,00	++	"	"	126—132	33,0
7	Темно-сиреневый	3,94	26,20	++	Стекловидный продукт	Желтоватый	132—135	21,2
	Часть стеринов прошла в фильтрат	1,05	7,01	++	Мазеобразный продукт	"	90—104	—
	Фильтрат (без стеринов)	0,06	0,40	—	"	Светло-коричневый	—	—
	Σ	14,73	98,19					
	Потери	0,27	1,81					
Размеры колонки: $l = 800$ мм, $d = 35$ мм; количество анализируемого продукта 16,3 г								
1	Светло-салатный	0,25	1,54	+	Игольчатые и пластинчатые	Желтый	124—132	14,1
2	Светло-сиреневый	0,19	1,16	++	"	Желтоватый	118—126	40,2
3	Темно-сиреневый	0,21	1,29	++	"	Кремевый	124—132	29,2
4	Светло-сиреневый	2,47	15,01	++	Игольчатые	Белый	136—137	30,2
5	Темно-сиреневый	7,85	48,50	++	"	"	136—137	31,7
6	Светло-сиреневый	1,17	7,19	++	Пластинчатые и игольчатые	"	129—133	29,5
7	Темно-сиреневый	1,69	10,41	++	"	"	120—128	19,6
	Часть стеринов прошла в фильтрат	1,76	10,80	++	Аморфный продукт	Желтый	90—110	—
	Фильтрат (без стеринов)	0,03	0,18	—	Мазеобразный продукт	Светло-коричневый	—	—
	Σ	15,62	96,08					
	Потери	0,68	3,92					
Размеры колонки: $l = 645$ мм, $d = 35$ мм; количество анализируемого продукта 13,5 г								
1	Светло-салатный	0,09	0,67	+	Пластинчатые	Желтый	94—112	10,3
2	Светло-сиреневый	0,10	0,74	++	Пластинчатые и игольчатые	"	112—127	12,9
3	Темно-сиреневый	1,76	13,05	++	"	Кремевый	128—136	13,9
4	Темно-сиреневый	1,45	10,73	++	Игольчатые	Белый	135—136	24,8
5	Темно-сиреневый	6,53	48,49	++	"	"	136—137	32,0
6	Сиреневый	2,78	20,20	++	Пластинчатые	Желтый	108—116	19,0
7	Светло-сиреневый	0,09	0,67	++	"	Желтоватый	68—78	20,4
8	Желтоватый	0,01	0,07	+	Аморфный	Белый	—	11,8
9	Темно-сиреневый	0,01	0,07	+	Мазеобразный	Желтый	—	6,5
	Фильтрат	0,05	0,37	—	"	"	—	—
	Σ	12,82	95,06					
	Потери	0,68	4,94					

Примечание. ++ положительная интенсивная реакция; + положительная замедленная; — отрицательная.

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1973 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».