

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ДВАДЦАТЫЙ

3

1977

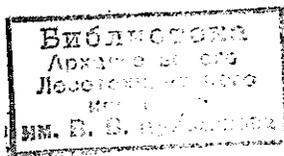
АРХАНГЕЛЬСК

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. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчалъ, проф. И. В. Воронин, проф. М. Л. Дворецкий, проф. М. И. Зайчик, доц. Г. Л. Дранишников, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Н. В. Маковский, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, доц. А. Р. Родин, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Фелилов, проф. В. Н. Худоногов, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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



© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3
(Год издания двадцатый)

Сдан в набор 24/V 1977 г. Подписан к печати 11/VIII 1977 г.
Форм. бум. 70X108¹/₁₆. Печ. л. 15,4 + 1 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,13
Сд. 00042. Тираж 21 70 экз. Заказ 3434 Цена 1 руб.

Типография им. Склепина издательства Архангельского обкома КПСС,
г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

КОНСТИТУЦИЯ РАЗВИТОГО СОЦИАЛИЗМА

Среди множества значительных событий, которыми характерен юбилейный 60-й год Советской власти, особое место занимает майский Пленум ЦК КПСС, одоббивший в основном проект новой Конституции СССР.

Впервые в истории человечества с таким интересом и энтузиазмом проект основного закона государства обсуждают не только в нашей стране, но и во всем мире. Огромные достижения советского народа во всех областях — политической, социальной, экономической, культурной — известны и вызывают восхищение трудового народа во всех уголках нашей планеты. Теперь наши завоевания и свершения запечатлены в проекте новой Конституции. «Конституция, — говорил В. И. Ленин, — концентрирует то, что уже дала жизнь»; она создает и все необходимые предпосылки для дальнейшего движения нашего общества вперед; народы других стран воочию видят в ней то, чего можно добиться, встав на путь социализма.

Проект Конституции провозглашает, что в СССР создано развитое, зрелое социалистическое общество и что высшая цель советского государства — построение коммунизма. Наше государство — общенародное, оно выражает волю и интересы рабочего класса, крестьянства и интеллигенции, всех наций и народностей страны. Иным стал социальный облик советского общества. Сложилась новая историческая общность людей — советский народ.

«Руководящей и направляющей силой советского общества, ядром его политической системы, всех государственных и общественных организаций является Коммунистическая партия Советского Союза. КПСС существует для народа и служит народу. Вооруженная марксистско-ленинским учением, коммунистическая партия определяет генеральную перспективу развития общества, линию внутренней и внешней политики СССР, руководит великой созидательной деятельностью советского народа, придает планомерный научно обоснованный характер его борьбе за победу коммунизма» (Статья 6 проекта Конституции). У нашей партии нет иных забот, чем забота о благе человека, о его процветании. В связи с этим в проекте Конституции получили новое качественное развитие вопросы расширения и углубления социалистической демократии, гораздо полнее, чем раньше, сформулированы политические права и свободы граждан нашей страны.

«Главное направление того нового, что содержит проект, — говорил в речи на майском (1977 г.) Пленуме ЦК КПСС Генеральный секретарь ЦК КПСС, председатель Конституционной комиссии товарищ Л. И. Брежнев, — это расширение и углубление социалистической демократии». Одно из проявлений ее — в предоставлении права быть избранным в Верховный Совет СССР и Верховные Советы союзных республик всем советским гражданам с 18 лет. Это реальное проявление заботы нашего общества о молодежи, доверия к ней, несомненно, вызовет новый подъем творческой активности молодых советских людей и в их числе студенчества.

На фоне кризисных явлений, массовой безработицы и усиления классовой борьбы в странах капитала ярким контрастом служат положения проекта нашей Конституции о праве на труд, на образование, о политических правах и свободах. Так, право на образование обеспечивается бесплатностью всех видов обучения, осуществлением всеобщего обязательного среднего образования молодежи, широким развитием профессионально-технического, среднего специального и высшего образования на основе связи обучения с жизнью, с производством; развитием сети образования; предоставлением государственных стипендий и других льгот учащимся и студентам.

Проект Конституции отражает новый этап в развитии народного хозяйства СССР. Экономика нашей страны превратилась в единый народнохозяйственный комплекс, охватывающий все звенья общественного производства. Конституционно закрепляется сочетание планового централизованного руководства с хозяйственной самостоятельностью и инициативой предприятий и объединений.

Отныне в нашей Конституции будут новые специальные главы о внешней политике, защите социалистического Отечества и др. «Реализация ее положений должна поднять на качественно новый уровень всю нашу государственную и хозяйственную деятельность... в Конституции заложен огромный творческий потенциал, и его надо будет творчески использовать», — говорил товарищ Л. И. Брежнев на майском (1977 г.) Пленуме ЦК КПСС.

Студенты, профессорско-преподавательский состав, все сотрудники лесотехнических вузов внимательно изучают и горячо одобряют проект новой Конституции.

Изучение проекта Конституции и доклада товарища Л. И. Брежнева на майском (1977 г.) Пленуме ЦК КПСС включается в программу занятий. При проведении посвященного 60-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции VII Всесоюзного конкурса студенческих работ по общественным наукам предусматриваются темы рефератов по проблемам, затронутым в этих важных документах. Во всех вузах широко обсуждается проект Конституции на общих собраниях, на Ученых советах вузов и факультетов, в студенческих потоках, в строительных отрядах в целях дальнейшей активизации общественной жизни, повышения творческой активности трудящихся в борьбе за успешное выполнение исторических решений XXV съезда КПСС, заданий X пятилетки, за достойную встречу 60-й годовщины Великой Октябрьской социалистической революции. Сосредоточивается внимание на улучшении учебно-воспитательной и научно-исследовательской деятельности вузов, на преодолении имеющихся недостатков в работе.

Профессорско-преподавательский состав активизирует свою организаторскую и массово-разъяснительную работу путем проведения лекций и бесед, посвященных проекту новой Конституции, на предприятиях, в колхозах, совхозах, в учреждениях. Во всех вузах организуются выставки, посвященные достижениям советского народа, 60-летию Октября, проекту новой Конституции СССР. Выпускаются многотиражные и стенные газеты, используются все средства наглядной агитации.

Проект новой Конституции вдохновляет коллективы вузов на новые трудовые свершения во имя торжества коммунизма!

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.81

О РАЗЛИЧИЯХ В АНАТОМИИ КОРЫ КОРНЕЙ
И СТЕБЛЕЙ НЕКОТОРЫХ ХВОЙНЫХ

В. М. ЕРЕМИН, С. В. СИВАК

Воронежский лесотехнический институт

Исследовали кору корней, стволов и молодых побегов пихты сибирской, кедра сибирского, ели обыкновенной и лиственницы сибирской. Выявленные различия в строении коры корней и стеблей однотипны у всех видов и проявляются в гистологическом составе коры, топографии тканей, степени развития тканей и характере возрастных изменений. Объясняются эти особенности причинами как экологического, так и физиологического порядка.

Различия в анатомическом строении корня и стебля обнаруживаются уже в меристеме и с развитием первичной структуры достигают в качественном отношении максимального выражения [11, 12]. Физиологическая значимость корней первичной структуры чрезвычайно велика, так как они выполняют функцию всасывания воды и питательных веществ, поэтому не случайно исследованию их строения уделялось большое внимание [2, 8, 9, 17, 21]. Корни вторичной структуры выполняют не менее важные функции закрепления растения в почве и проведения воды и питательных веществ. В организации роста корня и стебля вторичной структуры по мере формирования тканей вторичного происхождения наблюдается много сходных черт. Несмотря на это, оба органа во вторичном строении весьма специфичны, и различия между ними носят уже больше количественный, чем качественный характер [6, 22].

До сих пор основное внимание уделяли изучению древесины корня и ее отличиям от древесины стебля [1, 10, 12, 13, 16, 22—26]. Значительно меньше исследований посвящено изучению коры, причем несколько лучше изучена кора покрытосеменных [18—20]. Сведения о строении коры голосеменных мы нашли только в одной работе [6], посвященной различиям в строении коры корня и ствола сосны обыкновенной. Однако неизвестно, будут ли выявленные закономерности справедливы для представителей других родов сем. сосновых, кора стеблей которых значительно отличается от коры сосен наличием склеренхим, специфичной смолоносной системой, хорошо выраженными листовыми подушками (ель и лиственница) и слизевыми клетками (пихта) [4—7, 14, 15]. Указанные особенности строения коры являются своего рода защитными барьерами, поэтому изучение их развития в корнях имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение, так как энтомоустойчивость корневых систем в значительной степени определяется их структурой. Авторы отдают себе отчет в том, что данная проблема очень сложна, требует исследований в разных направлениях и на разных уровнях, поэтому полученные результаты следует рассматривать как предварительные.

Для сравнительного анализа анатомической структуры коры корней и стебля были отобраны модельные деревья: ели обыкновенной — в ельнике-зеленомошнике

(Сасовский лесхоз Рязанской области), лиственницы сибирской — в листвяге разно-травном (Балайский леспромхоз Красноярского края) и в географических культурах Учебно-опытного лесхоза Воронежского лесотехнического института; кедра сибирского и пихты сибирской — в зеленомошных типах леса (Балайский леспромхоз). Все деревья имели нормальное развитие без признаков повреждения болезнями и вредителями. Возраст ели обыкновенной и лиственницы сибирской — 75—80 лет (лиственницы в культурах — 27 лет), кедра сибирского и пихты — 45—50 лет. С модельных деревьев в течение осенне-зимнего периода 1973/74 гг. были взяты образцы коры с боковых и главного корней, стебля и боковых ветвей. На главном корне и стебле образцы брали на расстоянии 1,3 м от шейки корня и еще в трех точках, равномерно размещенных по длине. Возраст органов в месте взятия образцов — 1, 2, 20, 40 и 70 лет. Полевой материал фиксировали в 96%-ном спирте и выдерживали в смеси спирта и глицерина (1:1). Продольные и поперечные срезы, постоянные и временные препараты изготовлены по общепринятой методике. Для исследования препаратов использовали микроскопы МВ-30 и МБИ-6.

При сравнении анатомической структуры коры стебля и корня, прежде всего, обнаруживается различие в гистологическом составе. Корень и стебель имеют одинаковый тканевый состав только после формирования жорки, которое происходит довольно поздно у корня (с 30—50 лет) и несколько раньше (с 10—20 лет) в стебле. С этого момента в состав коры обоих органов входят только вторичный луб и корка. Наиболее же существенны различия до 5—7-летнего возраста органов. В этом возрасте кора корня состоит из вторичного луба, первичного луба и наружной перидермы. В побегах же, помимо названных тканей, имеются первичная кора и эпидерма (у пихты и кедра), а у елей и лиственниц, кроме этого, паренхима листовых подушек и гиподерма, которых в корнях елей и лиственниц вообще не бывает. Первичная кора и эпидерма имеются только в корнях первичной структуры.

Помимо того, что кора различается по составу тканей, сами ткани также различны. Особенно четкие различия наблюдаются в наружных перидермах: если у побегов в составе феллемы тонкостенные клетки преобладают, а у некоторых видов имеются только тонкостенные клетки, то в корне наибольшая доля принадлежит каменной пробке. Первичная кора корней первичного строения отличается от одноименной ткани побегов отсутствием смолоносной системы, представленной в первичной коре побегов или смоляными ходами, или изолированными смолеместиллициами [5, 14]. У пихты в лубе корня отсутствуют слизевые клетки, характерные для луба стеблей.

Различия в гистологическом составе не могли не отразиться и на топографии тканей. Начиная от периферии в побегах пихты и кедра до перидермы расположена эпидерма (рис. 1, а), у ели и лиственницы — эпидерма, гиподерма, паренхима листовых подушек (рис. 1, б). Затем идет перидерма, а за ней широкий пояс первичной коры. Только за первичной корой отдельными участками располагается первичный луб и в виде кольца вторичный луб (рис. 1, а и б). В коре вторичного строения самой наружной тканью является перидерма, под которой двумя скобковидными участками лежит луб первичный и сплошное кольцо луба вторичного (рис. 1, в). На топографию тканей первичного происхождения основное влияние оказывает характер формирования органов. Стебель хвойных, как известно, формируется на основе прокамбиальных пучков, поэтому после образования сплошного камбиального кольца и вторичных слоев древесины и луба первичные древесина и луб оказываются разобщенными и не образуют сплошных массивов. Расположены они отдельными участками, число которых зависит от количества заложенных пучков прокамбия. В центральном же цилиндре корня первичная древесина имеет вид двух лучей, ориентированных по диаметру. Два участка первичного луба примыкают с обеих сторон древесины. После образования камбиального кольца и вторичных тка-

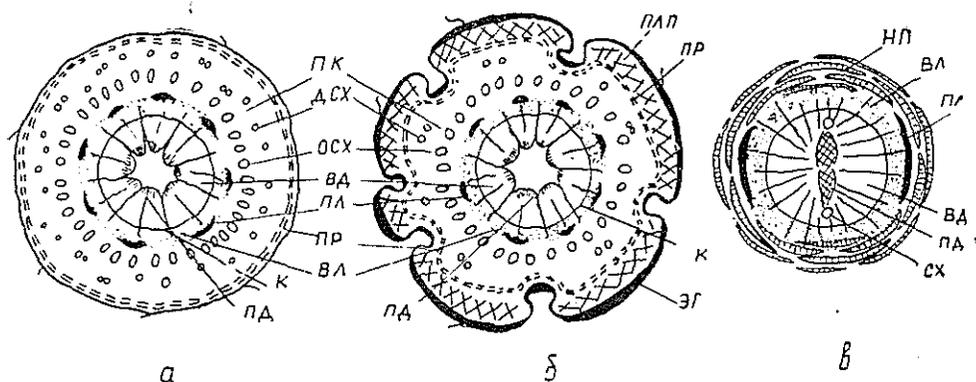


Рис. 1. Схема расположения тканей на поперечном срезе: *а* — однолетнего побега пихты сибирской; *б* — однолетнего побега ели обыкновенной; *в* — однолетнего корня ели обыкновенной.

нп — наружная перидерма; вл — вторичный луб; пл — первичный луб; вд — вторичная древесина; пд — первичная древесина; сх — смоляной ход первичной древесины; эг — эпидерма и гиподерма; к — камбий; пр — перидерма; плп — паренхима листовых подушек; осх — основной смоляной ход; дсх — дополнительный смоляной ход; ПК — первичная кора.

ней первичный луб оказывается за вторичным в виде двух скобкообразных участков (рис. 1, *в*).

Развитие коры в целом на надземных органах значительно, на побегах толщина коры в 2—5 раз больше, чем на однолетних корнях. Проводящая флоэма корня в 1,5—2 раза уже, чем в надземных органах. Объясняется это тем, что радиальный размер ситовидных клеток в корне меньше, чем в стебле (в возрасте старше 5 лет). Кроме того, число клеток в радиальном ряду проводящей флоэмы корня меньше.

В молодых побегах радиальные размеры ситовидных клеток меньше, чем в однолетних корнях. Данные о количественных соотношениях отдельных тканей сведены в табл. 1. В количестве аксиальной паренхимы в годичном слое луба стебля и корня разницы нет, но так как слой луба в корне уже, чем в стебле, то в единице объема этой ткани в корне оказывается больше аксиальной паренхимы. Количество лубяных лучей в одно-двухлетних побегах в 2—3 раза больше на 1 мм² тангентального среза, чем в корне, однако к 40 годам это различие сглаживается.

В характере возрастных изменений коры этих органов также есть ряд различий. Если в возрасте 40 лет уже все исследованные виды, за исключением пихты, имеют корку, то на корне ее нет. В непроводящем лубе корня практически не выражена годичная слоистость, при этом отмечается более сильная дилатация аксиальной паренхимы. Формирование кристаллоносной паренхимы в лубе надземных органов происходит в 2—5 раз интенсивнее, чем в корне. Для всех пород характерна единая закономерность: процесс склерификации в лубе корней значительно, чем в стебле. Например, на 1 мм² поперечного среза луба лиственницы в корне приходится оклереид в 3—5 раза больше, чем в лубе стебля. У ели и пихты степень склерозиса луба в корнях на 10—15% выше.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Показатели	Единицы измерения	Однолетние		
		Лиственница сибирская	Кедр сибирский	Пихта сибирская
Общая толщина коры	мм	$\frac{0,4 - 1,2}{0,6 - 0,7}$	$\frac{2,4}{0,4 - 0,6}$	$\frac{2,4 - 2,5}{0,5 - 0,6}$
Корка Флоэма	"	—	—	—
вся	"	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{0,2}{0,1}$	$\frac{0,1 - 0,15}{0,07}$
проводящая	мкм	$\frac{200}{250}$	$\frac{130 - 180}{50 - 60}$	$\frac{100 - 150}{60 - 70}$
Число клеток в радиальном ряду проводящей флоэмы	шт.	$\frac{10 - 15}{10 - 15}$	$\frac{15 - 20}{5 - 8}$	$\frac{10 - 15}{5 - 6}$
На 1 мм ² тангентального среза: клеток с кристаллами	"	$\frac{5 - 7}{2 - 3}$	$\frac{3 - 4}{1 - 2}$	$\frac{50 - 60}{5 - 10}$
лучей	"	$\frac{90}{30}$	$\frac{60 - 70}{20 - 30}$	$\frac{85 - 90}{35}$
Ситовидные клетки:				
тангентальный размер	мкм	$\frac{18 \pm 0,8}{18 \pm 0,6}$	$\frac{17 \pm 0,2}{22 \pm 0,8}$	$\frac{19 \pm 0,4}{22 \pm 0,6}$
существенность различия		0	6	4,2
радиальный размер	"	$\frac{12 \pm 0,2}{13 \pm 0,3}$	$\frac{9 \pm 0,2}{12 \pm 0,1}$	$\frac{12 \pm 0,4}{15 \pm 0,5}$
существенность различия		4,2	13	4,8

1. Различия в структуре коры корня и стебля у исследованных представителей хвойных подчиняются единой закономерности и наблюдаются в гистологическом составе коры, топографии тканей, степени их развития и характере возрастных изменений.

2. Различия в анатомическом строении коры корня и стебля не могут объясняться однозначно и вызываются комплексом причин: характером заложения прокамбия, различными условиями обитания и разной степенью влияния отдельных экологических факторов, особенностями выполняемых функций, различной напряженностью нисходящего тока.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вихров В. Е., Костарева А. В. Анатомическое строение древесины корней некоторых хвойных пород. — «Ботанический журнал», 1960, т. 45, № 9.
 [2]. Данилова М. Ф. Структурные основы поглощения веществ корнем. Л., «Наука», 1974. [3]. Еремин В. М. Анатомическая структура коры курильской и ольгинской лиственниц. — В сб.: Повышение продуктивности лесов Дальнего Востока. М., «Лесная промышленность», 1973. [4]. Еремин В. М. Ключи для определения некоторых дальневосточных хвойных по анатомической структуре коры. — Сборник трудов ДальНИИЛХ. Вып. 12. Хабаровск, 1974. [5]. Еремин В. М. Анатомия смолоносной системы некоторых пихт, елей, лиственниц и сосен. — «Биологические науки», 1974, № 3. [6]. Еремин В. М., Максимов В. М. Различия в анатомической структуре коры корня и ствола сосны обыкновенной. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 6. [7]. Еремин В. М., Раскатов П. Б. Анатомическое строение коры пихт Советского Союза. — «Ботанический журнал», 1974, № 5.
 [8]. Згуровская Л. Н. Анатомическое исследование всасывающих, ростовых и проводящих корней древесных пород. — «Труды Института леса АН СССР, 1958, 41. [9]. Иванов Л. А. Об анатомическом строении корневых окончаний у сосны. — «Изв. Лесного института», 1916, 30. [10]. Иванов Л. А. Анатомия растений. М.—Л.,

Таблица 1

органы	40-летние органы			
	Ель обыкновенная	Лиственница сибирская	Кедр сибирский	Пихта сибирская
1,1 — 3,0	20 — 25	14 — 15	7,5 — 8,0	6,2 — 6,5
0,3 — 0,4	3,0 — 3,5	1,5 — 1,7	4,9 — 5,1	3,0 — 3,5
—	18 — 23	12 — 13	—	0,5 — 0,6
0,1 — 0,2	2,5 — 3,5	3,7 — 3,8	5 — 6	4,5 — 5,0
0,08	1,8 — 1,2	1,3 — 1,4	4,8 — 5,0	3,0 — 3,3
100 — 150	200	180 — 200	100 — 150	140 — 160
70 — 80	120 — 150	80 — 100	80 — 90	80 — 90
15 — 16	12 — 15	8 — 12	10 — 12	8 — 10
6 — 10	10 — 12	5 — 6	5 — 6	5 — 6
10 — 15	5 — 10	5 — 6	15 — 20	2 — 4
1 — 2	1 — 2	1 — 2	12 — 15	5 — 20
70 — 80	30 — 40	15 — 25	20 — 22	20 — 22
30	25 — 30	20 — 22	30	30 — 32
18 ± 0,4	35 ± 1,2	33 ± 0,6	40 ± 1,1	35 ± 1,3
17 ± 0,5	29 ± 0,6	33 ± 1,2	31 ± 1,0	28 ± 1,4
1,5	4,3	1,2	19	3,2
11 ± 0,3	30 ± 0,5	21 ± 0,5	17 ± 0,2	26 ± 0,4
15 ± 0,3	17 ± 0,5	21 ± 0,8	14 ± 0,3	17 ± 0,5
9,2	8,4	1,1	8,4	14

Гостехиздат, 1939. [11]. Иванов В. Б. Клеточные основы роста растений. Л., «Наука», 1974. [12]. Лебедеенко Л. А. Сравнительно-анатомический анализ зрелой древесины корней и стволов некоторых древесных растений. — «Труды Института леса и древесины», 1952, т. 5, сер. 5. [13]. Лебедеенко Л. А. Некоторые особенности строения древесины корней хвойных. — *Drevarsky vyskum*, 1961. [14]. Лотова Л. И. О смоловыделительной системе коры лиственниц. — «Вестник МГУ. Биология, почвоведение», 1970, № 5. [15]. Михайленко М. А. Межклетники первичной коры побегов лиственницы. — В сб.: Вопросы анатомо-морфологических и эколого-физиологических особенностей строения растений. Воронеж, 1970. [16]. Никитин А. А. К вопросу об анатомическом строении корней главнейших плодовых пород Киргизии. — «Труды Ботанического института АН СССР», 1952, сер. 5, т. 3. [17]. Орлов А. Я. Рост и возрастные изменения сосущих корней ели *Picea excelsa* Link. — «Ботанический журнал», 1960, т. 45, № 6. [18]. Раскатов П. Б., Манохина Т. Е. Особенности анатомической структуры коры в корнях осины. — В сб.: Материалы научно-методической конференции. Белгород, 1970. [19]. Савельева Т. Е. Сравнительно-анатомические особенности коры корней и ветвей некоторых древесных пород. — «Биологические науки», 1972, № 8. [20]. Савельева Т. Е. Сравнительно-анатомическая структура коры корней и ветвей некоторых древесных пород. Дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Воронеж, 1973. [21]. Саляев Р. К. Анатомическое строение корневых окончаний взрослой сосны и ход формирования на них микоризы. — «Ботанический журнал», 1958, № 6. [22]. Эсау К. Анатомия растений. М., «Мир», 1969. [23]. Ваннан М. W. Origin and cellular character of xylem rays in gymnosperms. — «Bot. Gaz», 1934, 96. [24]. Ваннан М. W. Vascular rays and adventitious root formation in *Thuja occidentalis*. — «Am. J. Bot.», 1941, 28. [25]. Ваннан М. W. Variability in wood structure in roots of native Ontario Conifera. — «Bull. Torrey Bot. Club.», 1941, 68. [26]. Веакбане А. В. Anatomical Studies of stems and roots of hardy fruit trees. III. The anatomical structure of Some clonal and seedling apple rootstocks stem- and root-grafted with a scion variety. — «Jorn. Pomol. and Hort. Sci.», 1941, 18.

УДК 581.116 : 634.0.232 : 674.032.475.4

ВОДНЫЙ РЕЖИМ СОСНЫ В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ КУЛЬТУРАХ

В. К. ПОПОВ, Н. М. ПОПОВА

Воронежский лесотехнический институт

Транспирация и сосущая сила сосны в смешанных сосново-березовых культурах выше, чем в чистых, а содержание воды и водный дефицит примерно одинаковы. Повышенная транспирация в смешанных культурах не оказывает отрицательного влияния на водный баланс растений.

Один из путей повышения продуктивности древостоев — создание смешанных насаждений. В последние годы накапливается все больше сведений о положительном влиянии примеси березы на продуктивность сосны ([2—8, 10] и др.).

Данные о физиологических процессах у растений в смешанных культурах обрывочны, тогда как для раскрытия закономерностей роста смешанных насаждений необходима их глубокая характеристика, включающая физиолого-биохимические показатели.

Исследованиями ряда авторов ([2, 4] и др.) установлено, что в почве под сосново-березовыми культурами повышается запас воды. Одновременно береза способствует развитию корневой системы сосны [9]. Отсюда можно предположить об изменениях в водном режиме сосны в сосново-березовых культурах.

В данном сообщении приводятся результаты исследования водного режима сосны в чистых и сосново-березовых культурах. Анализы проводили в течение вегетационных сезонов 1974—1975 гг. на территории Сомовского и Семилукского лесхозов Воронежской области. Объектом служили сосново-березовые культуры в возрасте 12 и 21 года. В качестве контроля использовали одновозрастные чистые культуры сосны в аналогичных условиях местопроизрастания (В₂).

Почвы — темно-серые супеси. На глубине 50—70 см прослойка суглинки мощностью 20 см, подстилаемого светло-серым песком. Содержание гумуса в верхнем аллювиальном горизонте (А₁) составляет 1,5—2,0%.

Таксационная характеристика культур приведена в табл. 1.

Таблица 1

Номер пробной площади	Схема посадки	Возраст, лет	Порода	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Запас, м ³ /га
3Б	СССССССББ	12	С	6,3	6,5	78
			Б	7,9	6,4	15
4Б	СССССС	12	С	5,7	6,6	105
			Б	7,9	8,1	93
13	11 р. С, 5 р. Б	21	С	8,0	7,1	47
			Б	6,8	7,4	100
16	СССССС	21	С	8,7	8,2	49
			Б	13,2	9,5	76
1	11 р. С, 11 р. Б	21	С	8,2	7,4	100
			Б			
3	СССССС	21	С			
			Б			

Из данных таблицы видно, что примесь березы в составе культур сосны положительно влияет на ее рост и в ряде случаев способствует повышению продуктивности древостоев.

Водный режим растений изучали по общепринятым методикам [1]. Определение влажности почвы на глубине 10—150 см показало, что под сосново-березовыми культурами содержание воды увеличивается на 10—40% по сравнению с контролем.

Результаты изучения средневневной интенсивности транспирации хвои сосны представлены в табл. 2, из которой видно увеличение интенсивности транспирации сосны в смешанных культурах на всех пробных площадях. Превышение по сравнению с контролем в пределах 17—90%. Различия достоверны при уровне значимости 0,95. Коэффициент достоверности разности средних $\gamma > 3$ за исключением одного случая.

Таблица 2

Номер пробной площади	Средневневная интенсивность транспирации, мг/(г · ч)					
	Июнь	γ	Июль	γ	Сентябрь	γ
13, 16	$\frac{104 \pm 4}{170 \pm 5}$	9,7	$\frac{102 \pm 8}{195 \pm 5}$	9,8	$\frac{158 \pm 8}{192 \pm 6}$	3,5
3Б, 4Б	$\frac{314 \pm 15}{368 \pm 9}$	3,2	—	—	$\frac{96 \pm 4}{124 \pm 3}$	5,6
1, 3	$\frac{195 \pm 13}{246 \pm 10}$	3,2	$\frac{171 \pm 11}{200 \pm 3}$	2,9	$\frac{176 \pm 8}{213 \pm 5}$	3,9

Примечание. В числителе данные для чистых культур; в знаменателе — для смешанных. γ — коэффициент достоверности разности средних.

Изучали мы и дневную динамику интенсивности транспирации (табл. 3). На всех пробных площадях во все сроки отмечено, что сосна в смешанных культурах интенсивнее расходует воду. Интенсивность транспирации определяли обычно в ясную солнечную погоду, т. е. когда должны отчетливо выделяться два максимума этого процесса (в первой и второй половине дня) и снижение или прекращение его в полдень. Эта закономерность прослеживается наиболее четко в смешанных культурах.

Таблица 3

Номер пробной площади	Дата определения	Культуры	Дневная динамика интенсивности транспирации, мг/(г · ч) в разное время суток, ч.					
			9	11	12	13	16	17

1974 г.

3Б, 4Б	28 июня	Чистые	287	452	468	272	290	220
		Смешанные	339	460	500	393	405	260

1975 г.

13, 16	25 июня	Чистые	105	152	96	70	109	90
		Смешанные	189	252	159	135	165	165
1, 3	20 июня	Чистые	246	—	167	167	142	142
		Смешанные	305	—	187	178	276	280

Таким образом, сосна в смешанных культурах расходует воду в процессе транспирации с большей скоростью. Как известно, повышенная транспирация имеет для растений положительное значение только

в определенных условиях. Поэтому важно было выяснить, как изменения транспирации влияют на обеспеченность растений водой. С этой целью в 1975 г. определяли содержание воды в хвое (табл. 4).

Таблица 4

Номер пробной площади	Дата определения	Содержание воды в хвое, % к сырому весу	
		Чистые культуры	Сосново-березовые культуры
3Б, 4Б	26 мая	55,17	55,62
	12 июня	55,45	56,07
13, 16	5 "	53,88	53,19
	25 "	53,30	54,92
1, 3	2 "	53,36	54,86
	20 "	53,96	53,61

Из приведенных результатов следует, что содержание воды в хвое в сосново-березовых и чистых культурах примерно одинаково. Обращает внимание стабильность этого показателя. Различия в оводненности хвои между чистыми и смешанными культурами лежат в пределах ошибки опыта.

О состоянии водного режима можно судить и по величине водного дефицита. Этот показатель мы определяли в 1975 г. в полуденные часы параллельно с установлением интенсивности транспирации (табл. 5).

Таблица 5

Номер пробной площади	Дата определения	Водный дефицит, %	
		Чистые культуры	Сосново-березовые культуры
3Б, 4Б	26 мая	5,41	5,14
13, 16	23 "	7,80	6,45
	25 июня	23,28	22,75
	2 июля	24,89	20,56
	19 сентября	18,32	15,46
1, 3	2 июня	12,02	12,91
	16 "	11,90	11,36
	20 "	19,43	19,34
	18 сентября	4,98	4,55

В сосново-березовых культурах водный дефицит хвои оказывается почти на уровне контроля или ниже его.

Таблица 6

Номер пробной площади	Дата определения	Сосущая сила хвои, атм	
		Чистые культуры	Сосново-березовые культуры
1, 3	1 июля	19,22	30,55
13, 16	2 "	19,22	31,22

Повышенная интенсивность транспирации активизирует работу верхнего концевое двигателя, который, как известно, вместе с корневым давлением, обеспечивает подъем воды по растению.

Определения сосущей силы хвои, выполненные в 1975 г. (табл. 6), показали, что в смешанных насаждениях сосна отличается повышенной сосущей силой.

Проведенные исследования позволяют заключить, что в смешанных сосново-березовых культурах в водном режиме сосны происходят глубокие изменения: повышаются транспирация и сосущая сила, при этом содержание воды и водный дефицит сохраняются на уровне контроля. Следовательно, повышенная скорость расходования воды, связанная прежде всего с увеличением влаги в почве, не оказывает отрицательного влияния на водный баланс растения. Отмеченные особенности в водном режиме могут служить косвенным доказательством более интенсивного поглощения воды корневой системой. Увеличение скорости испарения воды с поверхности хвои связано и со степенью открытия устьиц. В свою очередь, состояние устьиц, несомненно, влияет и на процесс усвоения растениями углекислого газа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гунар И. И. Практикум по физиологии растений. М., 1972. [2]. Данусявичус Ю. А. Влияние березы на рост и формирование сосновых культур и на лесорастительные свойства подзолистых песчаных почв в условиях Литовской ССР. Автореф. канд. дис. Минск, 1973. [3]. Дауэтас М., Градецкас А., Кирклис А. Взаимоотношения пород в смешанных посадках сосны и типы лесокультур. — «Труды Литовского НИИЛХ», 1973, т. 14. [4]. Зудин Н. А. Рост сосны и березы в условиях свежего бора Марийской АССР и влияние сосново-березовых насаждений на физические свойства почвы. — Сборник трудов ПЛТИ. Йошкар-Ола, 1957, № 52. [5]. Котов А. И. Исследования роста сосново-березовых насаждений высшей производительности. Автореф. канд. дис. Воронеж, 1949. [6]. Мельчанов В. А. Береза в культурах сосны. — Лесохозяйственная информация. Реф. вып., 1968, № 5. [7]. Мирошников В. С. Сосново-березовые насаждения БССР, их строение, лесоводственное и хозяйственное значение. Автореф. канд. дис. Минск, 1955. [8]. Новосад С. Д. О роли березы в выращивании высокопроизводительных культур сосны в суборях полесья. — «Труды БТИ», 1970, т. 10. [9]. Рахтеенко И. Н., Кабашникова Г. И. Роль и формирование корневых систем сосны и березы в чистых и смешанных насаждениях. — «Вестн. АН БССР. Сер. биол. наук», 1970, № 4. [10]. Успенский В. В., Попов В. К. Особенности роста, продуктивности и таксации культур. М., 1974.

Поступила 17 августа 1976 г.

УДК 634.0.811 : 631.542

ВЛИЯНИЕ ОБРЕЗКИ СУЧЬЕВ ОСИН НА ПРИРОСТ, СТРУКТУРУ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

О. И. ПОЛУБОЯРИНОВ, Г. Н. НЕКРАСОВА

Ленинградская лесотехническая академия

С удалением в среднем 42% живой кроны снижается прирост деревьев по высоте и диаметру, увеличивается плотность древесины и длина волокна в зоне обрезки и значительно интенсифицируется ядрообразовательный процесс.

Обрезка сучьев как мероприятие, направленное на повышение качества выращиваемой древесины, привлекает внимание ученых многих стран. В последние годы фундаментальные исследования по обрезке сучьев были проведены в Финляндии, ФРГ, Англии и Японии [4,

6—8, 10]. Результаты работ отечественных авторов достаточно полно представлены в трудах Т. Кригуля [11] и П. П. Изюмского [2].

Настоящее исследование было предпринято в развитие ранее опубликованных работ по обрезке осины [12, 14], но с акцентом на изучение свойств древесины, не затронутых другими авторами.

Опытная обрезка осины была произведена в 1968 г. на пробной площади, заложеной в Лисинском учебно-опытном лесхозе (Ленинградская область). Таксационная характеристика насаждений: состав — 90с1Б + Е, возраст — 21 год, средний диаметр — 9 см, средняя высота — 11 м, полнота — 0,8, класс бонитета — I, запас — 110 м³/га. На пробной площади отбирали 80 деревьев, из которых 23 использовали в качестве контроля, 22 подвергали «сухой» обрезке (с удалением только отмерших сучьев), 20 — слабой (29% живой кроны) и 15 — сильной (42% кроны). Высоты деревьев и протяженность их крон измеряли с помощью специально изготовленной лестницы.

Результаты опыта учитывали в 1974 г. Было срублено 27 модельных деревьев, кроме того, у всех 80 опытных деревьев были взяты образцы древесины (цилиндрики) на высоте груди с помощью возрастного бурава.

После замеров длины и протяженности сучковых зон модельные деревья раскряжевывали на 10 равных частей — секций. Из каждой секции выпиливали шайбы для последующего замера прироста по диаметру, площади ядра (спелой древесины) и отбора образцов для анатомического анализа древесины и определения ее плотности.

Размеры анатомических элементов древесины определяли на образцах, взятых у 12 модельных деревьев на высоте груди и в местах, непосредственно примыкавших к зоне обрезки (ниже и выше нее). При этом древесину шести наружных годичных слоев, сформировавшихся после обрезки, сравнивали с древесиной шести колец, образовавшихся в период, предшествовавший обрезке. Такое же сравнение делали и для контрольных деревьев. Это позволило учесть возрастные изменения в древесине, происходящие независимо от обрезки.

Анатомические исследования проводили с помощью микроскопа МБИ-3 с замером толщины древесных волокон (в радиальном направлении) окулярной линейкой.

Для определения длины волокон древесину мацерировали в смеси уксусной кислоты и перекиси водорода. Полученную массу окрашивали раствором сафранина. Длину волокон измеряли с помощью специального прибора конструкции ЦНИИБ.

Для получения надежных данных среднее значение показателей в каждой точке вычисляли на основании замера не менее 50 волокон.

Плотность древесины определяли по образцам, выколотым из срубленных деревьев, и по отрезкам цилиндров, высверленных на высоте груди у стоящих деревьев. Каждый образец (отрезок) включал шесть годичных слоев, сформированных либо до, либо после обрезки. Эффект от обрезки определяли с учетом возрастных изменений плотности древесины. В настоящем исследовании определяли только условную плотность древесины по методу измерения выталкивающей силы образца [5].

Результаты исследования приведены в табл. 1—4.

Таблица 1

Вид прироста	Прирост, $\frac{м^3}{\%}$, по категориям обрезки			
	Контроль	Сухая	Слабая	Сильная
По диаметру на высоте груди	1,90	1,74	1,94	1,38
	$\frac{23,4}{1,90}$	$\frac{21,0}{1,74}$	$\frac{23,6}{1,94}$	$\frac{16,6}{1,38}$
По высоте ствола	3,2	2,9	2,7	2,7
	$\frac{23,0}{3,2}$	$\frac{21,3}{2,9}$	$\frac{20,8}{2,7}$	$\frac{21,8}{2,7}$
Кроны по длине	1,6	0,7	1,7	2,7
	$\frac{11,5}{1,6}$	$\frac{5,2}{0,7}$	$\frac{13,1}{1,7}$	$\frac{21,8}{2,7}$
Зоны сухих сучьев	1,3	2,2	1,0	0
	$\frac{13,9}{1,3}$	$\frac{16,1}{2,2}$	$\frac{7,7}{1,0}$	$\frac{0}{0}$

Примечание. Процент прироста по диаметру вычислен по отношению к исходным размерам дерева, процент прироста по высоте — по отношению к длине ствола в 1974 г. Данные средние за 6 лет после обрезки.

Полученные данные показывают, что при сильной обрезке снижается прирост деревьев как по диаметру на высоте груди, так и по высоте (табл. 1). Под влиянием слабой обрезки прирост деревьев осины по диаметру не снижается, а прирост по высоте несколько падает. Обрезка оказывает сильное влияние на прирост кроны, причем восстановление ее происходит тем быстрее, чем в большей степени — в исследованных пределах — была произведена обрезка. Напротив, прирост зоны сухих сучьев под влиянием обрезки замедляется.

Таблица 2

Показатели	Структура древесины					
	до обрезки сучьев			после обрезки сучьев		
	на вы- соте груди	ниже зоны обрез- ки	выше зоны обрезки	на вы- соте груди	ниже зоны обрезки	выше зоны обрезки
Контроль						
Ширина годичных слоев, мм	1,9	2,4	2,2	1,5	2,3	2,4
Количество рядов волокон в го- дичном слое	103	143	117	79	132	132
Диаметр волокон, мкм	19,1	16,6	14,8	19,1	17,4	17,2
Диаметр просветов волокон, мкм	13,5	11,7	10,4	13,0	12,1	12,6
Толщина клеточной стенки, мкм	2,8	2,4	2,2	3,0	2,6	2,3
Длина волокон, мкм	879	811	659	880	833	761
Слабая обрезка						
Ширина годичных слоев, мм	2,1	2,3	2,3	1,5	1,5	2,0
Количество рядов волокон в го- дичном слое	95	121	147	70	82	110
Диаметр волокон, мкм	19,5	17,5	17,8	20,4	19,2	19,2
Диаметр просветов волокон, мкм	14,7	12,8	13,2	14,2	14,1	13,9
Толщина клеточной стенки, мкм	2,4	2,4	2,3	3,1	2,6	2,6
Длина волокон, мкм	867	836	755	884	843	782
Сильная обрезка						
Ширина годичных слоев, мм	2,3	2,7	2,5	1,2	1,5	1,7
Количество рядов волокон в го- дичном слое	86	121	134	49	70	88
Диаметр волокон, мкм	20,3	20,2	19,1	19,8	20,3	20,4
Диаметр просветов волокон, мкм	14,8	15,0	14,8	14,0	15,3	15,4
Толщина клеточной стенки, мкм	2,7	2,3	2,2	2,9	2,5	2,5
Длина волокон, мкм	872	728	600	891	873	859

Анализ структуры древесины с учетом возрастных изменений (табл. 2) показывает, что уменьшение прироста ширины годичного слоя под влиянием обрезки происходит за счет сокращения количества рядов волокон. Слабая обрезка незначительно влияет на изменение поперечных размеров волокон, при сильной обрезке эти размеры имеют тенденцию к уменьшению. В пределах исследованных категорий обрезки толщина клеточной стенки более или менее постоянна. Наиболее интенсивно под влиянием обрезки изменяется длина волокон. В зоне сильно укорачиваемой кроны длина волокон увеличивается на 17—28%.

Поскольку данное явление было обнаружено у всех деревьев, подвергшихся сильной обрезке, его, по-видимому, следует признать специфической особенностью, связанной с перестройкой всей «строительной механики» дерева в зоне обрезки.

Таблица 3

Категория обрезки	Плотность, $\frac{\text{кг/м}^3}{\%}$, на высоте					
	1,3 м		ниже зоны обрезки		выше зоны обрезки	
	до обрезки	после обрезки	до обрезки	после обрезки	до обрезки	после обрезки
Контроль	384 100,0	396 103,1	426 100,1	380 89,2	455 100,0	379 83,3
Слабая	378 100,3	382 101,1	401 100,0	406 101,2	382 100,0	340 89,0
Сильная	356 100	374 105,1	349 100,0	334 95,7	381 100,0	329 86,4

Данные о плотности древесины (табл. 3) свидетельствуют о том, что под влиянием обрезки (с учетом возрастного фактора) плотность древесины несколько увеличивается, причем наиболее интенсивно в зоне обрезки. Аналогичное явление отмечалось ранее у хвойных пород [10], у которых оно связано с уменьшением образования ранней древесины. У осины повышение плотности древесины под влиянием обрезки, по-видимому, связано с уменьшением ширины годовичного слоя. В другом исследовании нами было установлено, что у осины плотность коррелирует, хотя и слабо, со скоростью роста, причем так, что у крупных деревьев, как правило, древесина менее плотная, чем у мелких.

Таблица 4

Относительная высота ствола, %	Объем ядровой древесины, %, по категориям обрезки			
	Контроль	Сухая	Слабая	Сильная
0	17,2	19,0	20,0	25,1
10	25,4	25,8	26,7	33,5
20	27,9	27,8	33,1	38,0
30	28,9	28,8	32,1	39,5
40	27,2	26,5	29,6	37,1
50	26,2	27,5	27,4	31,8
60	14,5	19,1	18,1	24,8
70	5,6	10,3	10,5	11,7
80	—	—	0,6	3,8
90	—	—	—	—

В ряде ранее опубликованных работ [9, 13, 14] отмечено, что обрезка сучьев интенсифицирует ядрообразовательный процесс. В нашем опыте на примере осины эти выводы нашли полное подтверждение (табл. 4). Оказалось, что по всем сечениям ствола объем ядровой древесины у деревьев, подвергшихся обрезке, значительно выше, чем у контрольных моделей. Связь ядрообразовательного процесса с ходом очищения ствола от сучьев установлена ранее [1, 3]. При обрезке живых ветвей в связанных с ними участках заболонной древесины ствола ускоренно отмирают паренхимные клетки и возникает ядровая древесина. Аналогичное явление, только в более замедленном темпе, происходит при естественном очищении ствола от сучьев. Объем ядровой древесины у деревьев с сильно обрезанной кроной за 6 лет увеличился в среднем на 10% по сравнению с контролем (табл. 4).

Исследование в целом показало, что под влиянием обрезки сучьев у осины, наряду с изменением размеров ствола и кроны, происходит существенная трансформация структуры древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вакни А. Т. Основы профилактики ядровой гнили ствола. — В сб.: Лесное хозяйство и промышленное потребление древесины в СССР. М., «Лесная промышленность», 1966. [2]. Изюмский П. П. Рубки промежуточного пользования в равнинных лесах. М., «Лесная промышленность», 1969. [3]. Некрасова Г. Н. Ядрообразовательный процесс у осины в связи с очищением ствола от сучьев. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 5. [4]. Полубояринов О. И. Обрезка деревьев в зарубежных странах. — «Лесное хозяйство», 1970, № 8. [5]. Полубояринов О. И. Плотность древесины. Л., ЛТА, 1973. [6]. Brown G. E. The pruning of trees, shrubs and conifers. London, Faber, 1972. [7]. Fujimori T. Difference of pruning method and subsequent variation of stand structure. — Bull. Govt. Forest Experim. Stat., 1972, № 246. [8]. Fujimori T., Waseda O. Effects of pruning on growth. — Bull. Govt. Forest Experim. Stat., 1972, № 244. [9]. Ihara N., Inoue Y. On the pruning test as a management technique promoting heartwood formation. — Reports Kyushu Univ. Forest, 1968, № 22. [10]. Knigge W., Schulz H. Grundriss der Forstbenutzung. Hamburg — Berlin, 1966. [11]. Krigul T. Männi-ja kuusepuistute laasimine. Tartu, 1961. [12]. Krigul T. Laasimise rakendamisest metsamajanduses. — Eesti põllumajanduse akadeemia, 50, 1968. [13]. Sachsse H. Untersuchungen über den Einfluss der Ästung auf die Farbkern — und Zugholzausbildung einiger Pappelsorten. — Holz als Roh- u. Werkstoff, 1965, № 11. [14]. Zumer M. Kvistingsforsok med furu, gran, bjork, osp, ask og eik. — Tidsskr., skogbruk, 1967, № 3.

Поступила 16 сентября 1975 г.

УДК 634.0.266

ПОЛЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЗКИХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОЗЕМНОЙ СТЕПИ УССР

А. И. ПИЛИПЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

На основании экспериментальных полевых исследований в засушливой степи УССР установлена зависимость между лесоводственно-таксационными показателями, ажурностью и продуваемостью лесных полос различных конструкций и их влияние на снижение скорости сучоувеев, повышение влажности почвы и урожая сельскохозяйственных культур прилегающих полей.

Известно. [1—10], что эффективность полезащитных лесных полос зависит прежде всего от их конструкции. Данная работа посвящена выявлению конструкций узких лесных полос, обладающих наиболее высокой полезащитной эффективностью и биологической устойчивостью.

Исследования проводили в 1971—1975 гг. в равнинной засушливой левобережной черноземной степи УССР (среднегодовое количество осадков 420 мм, баланс влаги по Г. Н. Высоцкому 0,7) в семи смежных колхозах Михайловского и Васильевского районов Запорожской области. Урожай озимой пшеницы по первому району составил за VII пятилетку 18,4, за VIII — 28,9 и IX — 34,1 ц/га, т. е. за последние 10 лет почти удвоился. Полезащитная лесистость района и названных хозяйств равна 2—2,5%.

Лесоводственно-таксационные исследования вели по принятым методикам в 35 полосах. Величина пробной площади определялась количеством измеренных деревьев по диаметру главной (или преобладающей) породы I яруса (как правило, не менее 100—150 шт.), обеспечивающим точность опыта 2—5%. Каждый из девяти вариантов конструкций полос (табл. 1) представлен 3—5 повторностями.

Таблица 1

Ва- риант	Конструкция лесных полос	Ажурность (площадь просветов), %		Продуваемость, %		Среднее снижение скорости суховеев в зоне 30 Н (суммарная ветро- защита), %	Увеличение запасов продук- тивной влаги в зоне 80 Н (III декада марта 1973—1975 гг.), м ³ /га	Прибавка урожая зерновых в зоне 30 Н (1972—1975 гг.), ц/га
		между ствола- ми	в кронах	между стволами	в кронах			
1	Плотная	0—2,5	0—2,5	10—25	10—25	25—40	600—800	3—4
2	Оптимально продуваемая	5	5	30—40	30—40	40—50	1000—1100	5—6
3	Продуваемая	20—30	0—5	60—70	25—40	35—40	950—1000	5
4	"	40—50	0—5	75—95	25—40	30—35	800—900	4
5	"	60—70	0—5	100—120	25—40	20—30	600—650	3
6	Ажурная	10—20	10—20	50—60	45—55	35—40	900—950	4—5
7	"	20—30	20—30	60—70	55—65	30—35	700—750	3—4
8	Ажурно-продуваемая	50—60	10—20	80—95	40—50	20—35	500—600	3
9	"	70—80	25—35	100—115	50—65	10—15	350—400	2—2,5

Примечание. В таблице и на рис. 1—3 приведены ажурность, продуваемость и суммарная ветрозащита полос в облиствленном состоянии. Узкие лесные полосы в безлистном состоянии увеличивают продуваемость в 1,2—1,8 раза, а суммарную ветрозащиту снижают в 1,1—1,8 раза [9].

Ажурность (площадь просветов) вертикального профиля полосы (между стволами и в кронах) определяли с расстояния 50 м одновременно несколькими способами: глазомерно, при помощи фотоснимков и визирной рамки, а также геометрически; продуваемость — по отношению скорости ветра на заветренной опушке и в открытой степи (на контроле) по тому же профилю; суммарную ветрозащиту — как средневзвешенный процент снижения скорости ветра на высоте 1 м под защитой полос в зоне 25—30 Н с заветренной (в пунктах 0 Н, 3 Н, 5 Н, 10 Н, 25 Н) и 5 Н с наветренной стороны по сравнению с контролем (15 Н). В тех же пунктах определяли влажность почвы. Аэродинамические наблюдения вели с помощью анемометров МС-13 при типичных суховеях, имеющих скорость 5—6 м/с на высоте 1 м и прямой угол подхода к полосам; число экспозиций 5—10, продолжительность каждой — 10 мин.

Урожай зерновых культур, главным образом озимой пшеницы, выращенной под защитой полос, учтен на 24 полях общей площадью 2,2 тыс. га в остросасушливые 1972 и 1975 гг. (осадков выпало в 1,4 раза меньше нормы) и благоприятные 1973 и 1974 гг. (осадков в 1,4 раза больше нормы). Поля разбивали на три равные ленты, первые две находились в зоне эффективного влияния полос (от 0 до 25—30 Н), третья служила контролем.

Главный полог (I ярус) лесополос имеет высокую полноту и сомкнутость (не менее 0,8—0,9), количество деревьев в среднем 2—3 тыс. шт./га, возраст 20—25 лет, высоту 10—12 м, диаметр 10—18 см. Преобладающие породы — дуб черешчатый, акция белая, гледичия и ясень зеленый [4, 9]. Тогда как главный полог имеет близкие таксационные показатели, участие II яруса, представленного теми же породами, и подлеска различно. Так, количество деревьев II яруса составляет примерно половину от их числа в главном пологе для вариантов 1—4, для вариантов 6 и 7 — 50—100%, а для вариантов 5, 8 и 9 — до 25%, или II ярус вообще отсутствует. Участие подлеска (акции желтой и бирючины) следующее: в вариантах 1 и 2 его сомкнутость, определенная по проекциям крон, равна 0,5—0,9, или 2—2,5 тыс. кустов на 1 га, в вариантах 3—4 и 6—7 — 0,2—0,4, или 0,5—1 тыс. кустов на 1 га, а в вариантах 5, 8—9 — до 0,1, или до 0,4 тыс. кустов на 1 га, или он отсутствует вовсе (вариант 9). В названных случаях высота подлеска в среднем 2 м.

Продуваемые конструкции полос (варианты 2—5) с ажурностью в кронах 0—5% имеют в своем составе (на 60—70% и более) такие густокронные с хорошим облиственным породы, как дуб черешчатый и ясень зеленый, а за счет различного участия подлеска достигается определенная (от 5 до 70%) ажурность между стволами. Сомкнутость подлеска (или низкорослого подроста) ажурных лесополос с площадью просветов по всему вертикальному профилю 10—30% (варианты 6—7) равна 0,2—0,4. В отличие от продуваемых конструкций эти лесополосы имеют в своем составе главным образом светлюбивые породы с ажурными кронами — акцию белую и гледичию. В ажурно-продуваемых полосах (варианты 8—9), как правило, те же древесные породы, а сомкнутость подлеска не превышает 0,1.

Исследуемые полосы узкие: их ширина по крайним рядам не превышает 6—10,5 м, число рядов 5—8. Лишь в варианте 1 полосы имеют ширину 13—18 м, количество рядов 10—14 и плотный (ажурность до 2—3%) малопродуваемый (на 10—25%) профиль. Ширина между рядами 1,3—1,5 м. Ширина с учетом проекций крон опушечных рядов равна указанной плюс 4—5 м.

Сложные по форме и смешанные по составу насаждения (варианты 1—4, 6—8) растут по I—II классам бонитета.

Простые насаждения (даже смешанные по составу), не имеющие II яруса и подлеска или с их участием не более 0,1 по сомкнутости (варианты 5 и 9), растут по I—II классам бонитета.

Как видно из приведенной характеристики и данных таблицы, конструкция полос определяется ажурностью, продуваемостью и защитным влиянием на прилегающие поля и при близких таксационных показателях главного полога зависит, в основном, от участия II яруса и подлеска, а также от породного состава и ширины.

Полосы с ажурностью в среднем 5% и продуваемостью 30—40% (вариант 2) наиболее эффективны в борьбе с суховеями: их суммарная ветрозащита равна 40—50%. Такие полосы названы нами оптимально продуваемыми. Максимальную эффективность они имеют при продуваемости 35%, при этом их суммарная ветрозащита достигает 45—50%. Это подтверждает выводы проф. В. А. Бодрова [2—4]. Кроме этого, нами установлено, что эффективность лесополос снижается и при увеличении, и при уменьшении показателей ажурности и продуваемости (табл. 1, рис. 2—3).

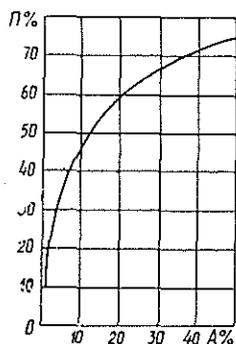


Рис. 1. Взаимосвязь ажурности и продуваемости лесополос.

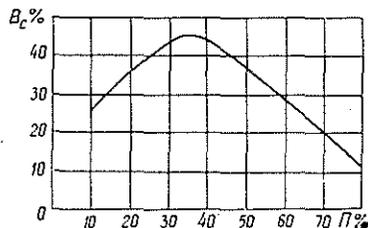


Рис. 2. Влияние продуваемости лесополос на их суммарную ветрозащиту.

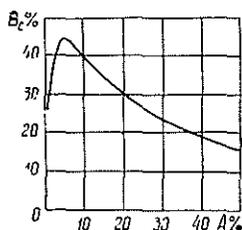


Рис. 3. Влияние ажурности лесополос на их суммарную ветрозащиту.

Высокой защитной эффективностью, как и биологической устойчивостью, обладают продуваемые лесополосы с ажурностью между стволами 20—50%, в кронах — 0—5% (варианты 3—4) и ажурные с площадью просветов по всему вертикальному профилю 10—30% (варианты 6—7). Скорость ветра между стволами этих полос не превышает 70—95%, что способствует созданию определенного микроклимата под их пологом. Сомкнутость подлеска таких насаждений равна 0,2—0,4.

Минимальную защитную эффективность, как и биологическую устойчивость, имеют полосы с ажурностью между стволами 60—85% и продуваемостью в этой части 100—120% (варианты 5 и 9), созданные по древесно-теневому типу культур и в которых произведена подчистка стволов до 1,5—2 м.

В результате повышенного ветрового режима под их пологом (скорость ветра между стволами достигает скорости его в открытой степи или превышает на 5—20%) происходит увеличение испарения, выдувание подстилки, снега, почвы (при пыльных бурях), а вследствие увеличения освещенности — задержание почвы. Сочетание этих неблагоприятных факторов ведет к иссушению почвы и ухудшению ее свойств, снижает до минимума биологическую устойчивость полосных насаждений, которые начинают усыхать.

На рис. 1—3 видна связь средневзвешенных ажурности A , продуваемости P и суммарной ветрозащиты B_c . Между ажурностью и продуваемостью узких лесополос при типичных суховеях (имеющих среднюю скорость 5,5 м/с на высоте 1 м и 7,0 м/с на высоте крон (6—7 м) и прямом угле их подхода к полосам нами установлена логарифмическая зависимость (рис. 1)

$$P = 10,0 + 34,99 \lg A + 1,925 (\lg A)^2.$$

Для названных показателей коэффициент корреляции $r = 0,88 \pm 0,050$, а корреляционное отношение $\eta = 0,98 \pm 0,009$, что свидетельствует о достаточно высокой тесноте их связи.

Ажурность полос, их продуваемость и среднее снижение скорости суховея в зоне 30 Н влияют на увеличение запасов продуктивной влаги в однометровом слое почвы и прибавку урожая. Лучшим защитным влиянием обладают узкие полосы с продуваемостью 30—40% (вариант 2): под их защитой увеличение запасов продуктивной влаги в III декаде марта составило 100—110 мм, или 1000—1100 м³/га, а прибавка урожая зерновых — 5—6 ц/га. Увеличение, как и уменьшение продуваемости ведет к снижению защитного влияния.

Установлено, что повышение урожая под защитой лесополос на фоне высокой культуры земледелия, независимо от погодных условий, в абсолютных показателях практически одинаково и равно в среднем 4 ц/га (табл. 1). В относительных показателях это повышение распределяется так: в острозасушливые годы — 20—40%, а в благоприятные — 10—20%. В среднем в зоне 0—30 Н 1 км исследуемых лесополос высотой 12 м дает прибавку урожая 150 ц, а на 1 га полосы — 100—120 ц.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Альбенский А. В., Калашников А. Ф., Озолин Г. П., Никитин П. Д. и др. Агролесомелиорация. Изд. 4-е. М., «Лесная промышленность», 1972. [2]. Бодров В. А. Влияние лесных полос на микроклимат прилегающей территории. М.—Л., ВАСХНИЛ, 1936. [3]. Бодров В. А. Лесоводственный метод борьбы с засухой. М.—Л., Гослесбумиздат, 1950. [4]. Бодров В. А. Полезная лесоразведение (теоретические основы). Киев, «Урожай», 1974. [5]. Воронин И. В., Сенкевич А. А., Бугаев В. А. Экономическая эффективность в лесохозяйственном и агролесомелиоративном производствах. М., «Лесная промышленность», 1975. [6]. Данилов Г. Г. Защитные лесонасаждения и система земледелия. М., «Лесная промышленность», 1971. [7]. Логгинов Б. И. Основы полезной лесоразведения. Киев, УАСНХ, 1961. [8]. Панфилов Я. Д. В защиту учения о конструкциях лесонасаждений. Л., Гидрометеониздат, 1960. [9]. Пилипенко А. И. Ветрозащитная эффективность полезной лесных полос различных конструкций в областном и безлистном состоянии. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Киев, УСХА, 1973. [10]. Смалко Я. А. Ветрозащитные особенности лесных полос разных конструкций. Киев, «Урожай», 1963.

Поступила 3 января 1977 г.

УДК 634.0.161.4.

ОСОБЕННОСТИ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯХ СТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Н. М. МАТВЕЕВ

Куйбышевский государственный университет

Изучена зависимость между напряженностью аллелопатического режима и типологическими особенностями лесонасаждений с учетом степени их сylvатизации.

Установлено, что «напряженность аллелопатического режима» [3] является важным показателем «биохимической среды» [7] и степени устойчивости лесного биогеоценоза в борьбе с сорной и степной растительностью [5]. Поэтому изучение напряженности аллелопатического режима в лесу необходимо для его полной типологической характеристики и планирования лесохозяйственных мероприятий.

Таблица 1

Номер пробной площадки	Типологический шифр леса по А. Л. Бельгарду [2]	Напряженность аллелопатического режима, млн. УКЕ на 1 га
Красносамарское лесничество		
1	ОЧ $\frac{П_1}{п/осв-III}$ 10С.об.	2621,1
2	ОЧ $\frac{П_{1-2}}{п/осв-III}$ 10С.об.	2372,9
3	ОЧ $\frac{СП_{1-2}}{п/осв_{к-1}}$ 10С.об.	2805,2
4	ОЧ $\frac{СП_3}{п/осв_{к-1}}$ 8Бер.2С.об.	2505,2
5	ОЧ $\frac{СП_3}{п/осв_{к-1}}$ 4Бер.6С.об.	1818,7
6	В ₁₋₂ $\frac{П_{1-2}}{тен-III}$ 3Д.ч.6Липа1Оси-на, ед.Бер.	4211,5
7	Дс ₁₋₂ $\frac{СП_{1-2}}{тен-III}$ 6Д.ч.4Липа	1677,6
8	Дс ₂₋₃ $\frac{СП_{2-3}}{тен-III}$ ед.Вяз, Осина	1926,9
9	Дп' ₄₋₅ $\frac{СГ_{4-5}}{п/тен-III}$ 10Ольха кл.	2641,2
10	Е' ₃ $\frac{СГ_3}{п/тен-III}$ ед.Вяз, Береза 9Осина1Д.ч.	3208,6

С 1973 г. в составе Комплексной биогеоэкологической экспедиции Куйбышевского университета мы начали исследования аллелопатического режима в лесных биогеоценозах степного Заволжья.

Продолжение табл. 1

Номер проб-ной площадки	Типологический шифр леса по А. Л. Бельгарду [2]	Напряженность аллелопатическо-го режима, млн. УДЕ на 1 га
11	Е ₂₋₃ $\frac{СГ_{2-3}}{\text{тен-III}}$ 10Д.ч. 10Кл.тат., ед.Вяз, Осина, Береза Естественный чернокленовый дубняк теневой структуры в стадии изреживания на влажноватом засоленном суглинке в пойме	2081,9
14	ОЧ $\frac{СГ_1}{\text{п/осв-I}}$ 10С.об. Чистое сосновое насаждение полусветленной структуры в стадии до смыкания на суховатом суглинке	1966,2
12	Е ₁ $\frac{СГ_1}{\text{тен-III}}$ 10Д.ч. 10Кл.тат. Естественный чернокленовый дубняк теневой структуры в стадии изреживания на суховатом суглинке с карбонатным засолением	2700,0
13	Е ₂ $\frac{СГ_2}{\text{тен-III}}$ 10Д.ч. 10Кл.тат. Естественный чернокленовый дубняк теневой структуры в стадии изреживания на свежем суглинке с карбонатным засолением	4929,6
15	ОЧ $\frac{СГ_{0-1}}{\text{тен-III}}$ 10Кл.остр. Чистое насаждение из клена остролистного теневой структуры в стадии изреживания на сухом суглинке	4577,6
16	ОЧ $\frac{СГ_1}{\text{тен-III}}$ 10Кл.остр. Чистое насаждение из клена остролистного теневой структуры в стадии изреживания на суховатом суглинке	3767,7
17	ОЧ $\frac{СГ_2}{\text{тен-III}}$ 10Кл.остр. Чистое насаждение из клена остролистного теневой структуры в стадии изреживания на свежем суглинке	4010,7

В данной работе излагаются материалы исследований, проведенных в лесонасаждениях Красносамарского лесничества и байрака «Каменный овраг» Кинельского лесничества Куйбышевской области в зоне обыкновенного чернозема.

В основу исследований положены учение В. Н. Сукачева о биогеоценозе [6] и типологические принципы А. Л. Бельгарда [2], разработанные для естественных и искусственных лесов степной зоны. Для оценки степени натурализации (сильватизации) исследуемых лесонасаждений выполнен их экоморфный анализ по системе А. Л. Бельгарда [1, 2].

Учитывая, что важнейшим источником аллелопатически активных веществ в лесонасаждениях степной зоны является лесная подстилка, а основным аккумулятором их — верхний слой почвы [4, 5], мы определяли содержание аллелопатически активных веществ методом биологических проб с последующим пересчетом в условные кумариновые единицы — УКЕ по методике А. М. Гродзинского [3]. Исследования осуществляли на 17 стационарных пробных площадях, заложенных в различных типах леса, на которых ежедекадно на протяжении вегетационного периода отбирали для анализов образцы подстилки и почвы по методике, описанной ранее [4, 5].

В Красносамарском лесничестве исследования проводили на 11 пробных площадях, из которых 5 (№ 1—5) были заложены на арене в искусственных сосновых и сосново-березовых насаждениях, а 6 — в переходной от арены к пойме части (№ 6, 7, 8) и в пойме (№ 9, 10, 11) р. Самары Волжской в естественных дубравах, осиннике (№ 10) и ольшатнике (№ 9). В байраке «Каменный овраг» было заложено 6 пробных площадей: № 12 и 13 — в естественных чернокленовых дубняках соответственно в верхней и нижней частях склона отвешка юго-западной экспозиции на суховатом и свежем смытом слабовыщелоченном суглинистом черноземе; проба № 14 — в верхней части склона юго-западной экспозиции в 17-летнем искусственном насаждении сосны обыкновенной на суглинистом обыкновенном черноземе; пробные площади № 15, 16 и 17 — соответственно в верхней, средней и нижней частях склона широкого отвешка северо-западной экспозиции в искусственных лесонасаждениях клена остролистного на смытом суглинистом черноземе в сухом, суховатом и свежем типах увлажнения.

Анализируя данные, приведенные в табл. 1, можно заключить, что наибольшая напряженность аллелопатического режима характерна для свежего чернокленового дубняка. Этот тип леса преобладает по занимаемой площади в байраке «Каменный овраг» и приурочен к днищу и нижним частям склонов. По ценоморфному составу [1] травостой представлен здесь сильвантами, что свидетельствует о высокой степени устойчивости и сильватизации лесонасаждения, которое можно рассматривать как лесной моноценоз [1, 2].

При переходе к суховатому типу увлажнения в чернокленовых дубняках отмечается снижение напряженности аллелопатического режима, которая все же остается относительно высокой. Степень сильватизации здесь также относительно высока, что выражается в слабом развитии травостоя, основу которого составляют сильванты, и в наличии мощной лесной подстилки.

Высокой напряженностью аллелопатического режима отличаются также искусственные лесонасаждения клена остролистного. Все они характеризуются высокой степенью сильватизации и моноценозичностью. При переходе к более влажным позициям, к суховатому и свежому типам видовая насыщенность травостоя в них возрастает, но за счет сильвантов.

Можно заметить определенную зависимость аллелопатического режима от типологических особенностей лесонасаждений. Так, на суховатом суглинке насаждения клена остролистного характеризуются более высокой напряженностью аллелопатического режима и большей степенью сильватизации, чем чернокленовые дубняки. На свежем суглинке напряженность аллелопатического режима, наоборот, несколько выше в чернокленовых дубняках.

Наименьшей напряженностью аллелопатического режима характеризуется насаждение сосны обыкновенной на суховатом суглинке. Здесь необходим тщательный уход за культурами в первые годы их существования, когда происходит сильное задержание почвы степными

и сорными травами и резкое снижение роста сосны, что можно было наблюдать и в изученном нами лесонасаждении.

Из исследованных естественных лесных сообществ в Красносамарском лесничестве наибольшей напряженностью аллелопатического режима характеризовалась липовая дубрава на свежавом песке (пробная площадь № 6), что совпадало с высокой степенью сylvатизации.

В липовой дубраве, сходной с предшествующим типом, но на супесчаной почве (площадь № 7) напряженность аллелопатического режима резко уменьшается. Степень сylvатизации здесь низкая, что выражено в заметном возрастании роли степных и сорных видов в травостое и слабом развитии лесной подстилки. При переходе к влажноватому типу на супеси (площадь № 8) и на солонцеватом суглинке (площадь № 11) в дубравах отмечается усиление напряженности аллелопатического режима и возрастание степени сylvатизации.

В ольшатнике (площадь № 9) на мокроватом суглинке на фоне довольно высокой напряженности аллелопатического режима формируется обильный травостой, в котором преобладают палюданты и пратанты [1]. Данное насаждение представляет собою амфиценоз [1, 2]. Очевидно, этот факт объясняется низкой аллелопатической чувствительностью палюдантов и пратантов к выделениям ольхового древостоя.

В целом во всех изученных типах леса отмечено возрастание напряженности аллелопатического режима к осени. Качественные реакции на содержание свободных органических кислот (с бромфеноловым синим) и фенольных соединений (с хлорным железом) показали, что в водных выщелачиваниях из лесной подстилки в летнее время преобладают органические кислоты, а к осени резко возрастает содержание фенольных соединений. Очевидно, в создании аллелопатического режима в лесных насаждениях степного Заволжья важная роль принадлежит фенольным соединениям.

На основании проведенных исследований мы приходим к выводу, что в условиях суховатого и свежаватого типов увлажнения на песках наиболее перспективны чистые сосновые культуры, а на свежих супесях — чистые березовые насаждения, которые характеризуются высоким уровнем напряженности аллелопатического режима, обеспечивающим достаточную устойчивость в борьбе со степными и сорными травами. Смешанные насаждения сосны обыкновенной и березы повислой практически себя не оправдывают.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР. Киев, Изд-во Киевского государственного университета, 1950. [2]. Бельгард А. Л. Степное лесоведение. М., «Лесная промышленность», 1971. [3]. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев, «Наукова думка», 1965. [4]. Матвеев М. М. Напряженность аллелопатического режима в штучных лесонасаждениях степовой зоны залежно від їх типологічних особливостей. — «Український ботанічний журнал», 1970, т. 27, № 1. [5]. Матвеев Н. М. Аллелопатический режим как показатель биологического круговорота веществ в биогеоценозе. — В сб.: Основы химического взаимодействия растений в фитоценозах. Киев, «Наукова думка», 1972. [6]. Сукачев В. Н. Основы теории биогеоценологии. — Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции. М., Изд-во АН СССР, ч. 2, 1947, [7]. Чернобривенко С. И., Шанда В. И. О биохимической среде биоценоза. — В кн.: Физиолого-химические основы взаимного влияния растений в фитоценозах. М., «Наука», 1966.

УДК 634.0.165.53 : 634.0.33

К ВОПРОСУ О ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ФЕНОРИТМОТИПОВ БАРХАТА АМУРСКОГО

А. А. КАЛИНИЧЕНКО, А. А. ИЛЬЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

Приведены результаты изучения товарных показателей у разных феноритмотипов бархата амурского в 30- и 50-летних насаждениях Украины и дана их экономическая оценка.

Один из распространенных инорайонных видов в лесных и лесомелиоративных насаждениях Украины — бархат амурский (*Phelodendron amurense* Rupr.). Его насаждения были созданы в основном в тот период, когда ощущалась острая потребность в пробке. В настоящее время, в связи с интенсивным развитием химической промышленности, значение бархата амурского как пробконоса уменьшилось. Однако он обладает и другими полезностями: дает легкую, мало усыхающую, умеренно крепкую, стойкую против сырости и гниения золотисто-желтую древесину, которая используется для изготовления высокодекоративной строганой фанеры, в столярном деле и для других целей. Из луба получают желтое красящее вещество и до 18% таннидов, а из плодов — очень стойкую зеленую краску. Кора, а также мякоть плодов содержат алкалоид берберин, применяемый в медицине. Поэтому разведение бархата амурского на Украине не потеряло своего значения. По данным Министерства лесного хозяйства УССР, ежегодно в республике выращивается около 0,5 млн. семян бархата, которые используются для создания чистых и смешанных насаждений.

Опыт выращивания бархата амурского на Украине показал, что в силу своих биоэкологических особенностей он часто кустится и формирует сучковатые стволы. Встречаются в насаждениях и прямые, полндревесные стволы, хорошо очищенные от сучьев. Замечено также, что особи бархата амурского по-разному реагируют на воздействие факторов внешней среды, обладают разным ритмом роста и развития. Это послужило основанием для изучения индивидуальной изменчивости бархата амурского в насаждениях в целях повышения их продуктивности и рационального использования. Известно, что индивидуальная изменчивость растений как в природных популяциях, так и в культуре обнаруживается по разным морфо-физиологическим или фенотипическим признакам. Причем в культуре, в силу большего влияния естественного и наличия искусственного отборов, проявление изменчивости бывает довольно сильным и ярко выраженным.

Изучая индивидуальную изменчивость бархата амурского в насаждениях Хотовского лесничества Боярской ЛОС и Голосеевского лесничества Управления зеленой зоны г. Киева, мы обнаружили не только относительное сходство особей одного феноритмотипа, но и существенные различия между ними по продолжительности, интенсивности и величине прироста. Последнее, безусловно, не может не отразиться на хозяйственной ценности разных феноритмотипов, под которыми мы понимаем совокупность фенотипов, близких в данных условиях по ритму роста и развития.

Таблица 1

Феноритмотип	Распределение стволов, %		
	Деловые	Полуделовые	Дровяные
Хотовское лесничество			
I	—	44,0	56,0
II	5,1	44,4	50,5
III	—	62,2	37,8
IV	30,7	45,3	27,0
Всего	5,8	47,1	47,1
Голосеевское лесничество			
I	16,7	88,3	—
II	68,7	31,3	—
III	44,4	55,6	—
IV	28,6	71,4	—
Всего	30,8	69,2	—

Согласно полученным данным (табл. 1), в 30-летнем насаждении Хотовского лесничества (8Брх1Кат1Кл.о., подл. Ак.ж.) преобладают полуделовые и дровяные стволы. Деловых всего лишь 5,8%, и представлены они особями II и IV феноритмотипов.

В Голосеевском лесничестве 50-летнее насаждение бархата амурского (7Брх1Ак.б.1Кл.б.1Айл, подл. Ак.ж., Жим) отличается высшим качеством стволов. Здесь совершенно отсутствуют дровяные стволы, которые, очевидно, в процессе естественного изреживания и рубок ухода были удалены из насаждения. Из оставшихся — 30,8% деловых и 69,2% полуделовых стволов. В количественном выражении они в основном принадлежат ко II и III феноритмотипам. Но в пределах феноритмотипов стволы по товарным признакам распределяются неравномерно.

Учет сучьев на деловой и полуделовой части стволов, отнесенных к разным феноритмотипам, показал, что у I феноритмотипа основная масса стволов имеет 3—4 или 5 и более крупных сучьев. Это в значительной мере связано с большим повреждением растений низкими температурами в осенне-зимний период и засухами. Возмозность и кривизна стволов у разных растений I феноритмотипа — непосредственно обусловленные признаки.

У II феноритмотипа стволы более прямые и менее сучковатые. Среди них в насаждении Голосеевского лесничества встречаются деловые (2,2%) и полуделовые (16%) стволы, у которых или совсем нет сучьев, или по 1—2 сучка (18%). Немного больше сучьев на стволах III и IV феноритмотипов. Тем не менее стволы IV феноритмотипа сравнительно прямые и хорошо очищены от сучьев. Среди них мало дровяных и около 30% деловых.

При сохранении общей ценности вида благоприятные уклонения генотипов или проявление скрытой генотипической изменчивости имеют большое значение для лесного хозяйства и играют первостепенную роль в повышении продуктивности и устойчивости лесных, лесомелиоративных и других насаждений. Это показано на примере II и III феноритмотипов бархата амурского, которые доминируют в насаждении

Голосеевского лесничества и составляют соответственно 85 и 8,8% общего количества деревьев. На долю остальных феноритмотипов приходилось всего 6,2%, поэтому оценить их не представлялось возможным.

По данным перечета, в насаждении 68,7% деловых и 31,1% полуделовых стволов II феноритмотипа и соответственно 44,4 и 55,6% III феноритмотипа. Средняя высота деревьев II феноритмотипа на 2,1 м, а диаметр на 2,3 см больше, чем у III феноритмотипа. В связи с этим у них различны сортиментная структура деловой древесины и общий ее выход (табл. 2).

Таблица 2

Феноритмотип	$\frac{D_{1,3 \text{ см}}}{H \text{ м}}$	Объем деловых стволов, м ³					Объем дровяных стволов, м ³	Ликвид из кроны, м ³	Всего, м ³
		Деловая древесина			Дрова	Отходы			
		средняя	мелкая	итого					
II	$\frac{21,5}{17,7}$	13,4	2,6	16,0	3,4	2,6	4,2	0,1	26,3
III	$\frac{19,2}{15,6}$	9,4	1,4	10,8	3,6	2,2	6,5	0,1	22,2

Материально-денежная оценка и качественная цифра, вычисленная на основании таксовой стоимости, взятой из прейскуранта 07-01, указывают на значительные преимущества II феноритмотипа над III и целесообразность его выращивания в данных условиях. Оказалось, что вследствие большего прироста и лучшего качества стволов, качественная цифра для II феноритмотипа на 10,3% больше, чем для III, и составляет 3,65 р./м³. Стоимость запаса деловой и дровяной древесины 100 учетных 50-летних деревьев II феноритмотипа равна 86,05 р. и III — 67,44 р., разница составляет 27,6%.

Следовательно, таксовая стоимость древесины на 1 га насаждения, состоящего из особей II феноритмотипа бархата амурского, также будет примерно на 27,6% больше, чем в насаждениях, состоящих из особей III феноритмотипа.

Таблица 3

Сортименты	Объем, м ³		Разница	Стоимость, р.		Разница
	II	III		II	III	
Фанерный кряж	5,1	2,9	2,2	198,00	113,00	85,00
Пиловочный кряж	0,8	0,7	0,1	15,00	13,40	1,60
Строительные бревна	7,6	5,7	1,9	121,00	91,50	29,50
Подделочный тонкомер	2,5	1,5	1,0	40,20	24,00	16,20
Итого	16,0	10,8	5,2	374,10	241,90	132,30

Еще больше экономическая эффективность II феноритмотипа проявляется при оценке выхода сортиментов, которые можно получить из деловых стволов бархата амурского (табл. 3, данные для 100 стволов). В насаждении, состоящем из особей II феноритмотипа, наиболее ценного сортимента — фанерного кряжа можно заготовить в 1,7—1,8 раза больше, что значительно увеличивает общую стоимость древесины.

Изложенное указывает на целесообразность отбора особей бархата амурского по ритму роста и развития для использования их при создании семенных участков, чистых или смешанных лесных и лесомелиоративных насаждений. Принадлежность особей к тому или иному феноритмотипу устанавливается по срокам начала и окончания вегетации, продолжительности, величине и интенсивности роста побегов. Наиболее четко признаки феноритмотипов обнаруживаются по времени распускания листьев и листопада. По сравнению с I феноритмотипом особи II феноритмотипа начинают вегетацию позже на 5—7, III — на 7—10, IV — на 10—15 дней и заканчивают ее раньше соответственно на 7—10, 5—7, 10 и более дней.

Поступила 17 февраля 1977 г.

УДК 631.82 : 674.032.475.3

ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ УХОДАХ ЗА ЛИСТВЕННИЦЕЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ В КУЛЬТУРАХ

Н. Н. ГРОМ

Львовский лесотехнический институт

В культурах лиственницы европейской в равнинной части Львовской области при внесении удобрений значительно увеличивается прирост по высоте, диаметру корневой шейки, накоплению органической массы. Отпадает необходимость в прополках и рыхлении. Даются рекомендации по внесению удобрений в культуры. Показана экономическая эффективность.

Внесение минеральных удобрений — наиболее перспективное и эффективное средство повышения продуктивности насаждений в лесодефицитных районах. Рядом авторов отмечено значительное увеличение текущего прироста культур по основным таксационным показателям при внесении удобрений.

Целью наших исследований было выяснение влияния минеральных удобрений на рост лиственницы европейской в молодых культурах и перспективы использования их как одного из возможных видов ухода за лесными культурами.

Опыты проводили на производственных площадях лесных культур Ивано-Франковского уцлесхоза ЛЛТИ. Тип условий местопрорастания — С₂. Рельеф участка равнинный. Почва серая лесная песчано-суглинистая на лёссовых суглинках. Содержание гумуса в лесной подстилке 2,5—3,5%, в гумусово-иллювиальном горизонте лишь 0,78—1,26%. По данным агрохимического анализа, почвы содержат валового азота 0,17%, подвижной фосфорной кислоты — 9,04 мг и окиси калия — 4,0 мг на 100 г почвы. Реакция почвенного раствора нейтральная (рН = 6,1). Почвы сравнительно бедны азотом, фосфором, калием.

Посадку лиственницы производили весной трехлетними саженцами вручную под лопату, без предварительной подготовки почвы. Биологический возраст растений — 5, 6 и 7 лет.

Исследования проводили в одном году по следующим вариантам опыта: контроль (без ухода и удобрений), прополка с рыхлением почвы, обжин, внесение N, P, K, NPK. Минеральные удобрения вносили вручную, равномерно рассеивая по поверхности почвы в радиусе 5—10 см от стволика без последующей заделки: азотное — 5 г аммиачной селитры на растение в два приема (в начале и в конце июня); фосфорное — 6 г гранулированного суперфосфата (в конце мая); калийное — 2 г 40%-ной калийной соли (в первой половине июня). Контакт удобрений с растениями обеспечивался выпадающими осадками. Дозы удобрений предварительно устанавливались кафедрой лесных культур ЛЛТИ на вегетационной площадке [7, 8], затем их уточняли при постановке опытов на производственных культурах и корректировали в соответствии с исследованиями других авторов [1, 3, 5, 7, 8].

Таблица 1

Варианты	Прирост по высоте, см				Диаметр корневой шейки, мм			
	$M \pm m$	V	P	t	$M \pm m$	V	P	t
Двухлетние культуры								
Контроль	65,5±1,28	18,4	2,0	—	2,41±0,02	7,0	1,0	—
Прополка и рыхление	87,9±0,36	2,2	0,4	16,8	2,57±0,02	6,6	1,0	5,8
Обжин	84,1±0,47	4,3	0,5	13,6	2,55±0,01	3,9	1,0	6,2
N	89,8±0,54	5,3	0,5	17,5	2,95±0,02	7,7	1,0	19,0
P	66,4±0,30	4,0	0,5	0,7	2,68±0,04	13,3	2,0	6,1
K	81,8±0,55	4,8	0,6	11,7	2,49±0,05	15,6	2,0	1,5
NPK	92,2±1,03	8,9	0,1	16,2	3,41±0,02	4,9	0,6	35,2
Трехлетние культуры								
Контроль	87,5±0,33	2,9	0,3	—	3,26±0,01	2,7	0,3	—
Прополка и рыхление	82,7±0,64	6,0	0,7	6,9	2,85±0,02	6,6	0,4	18,3
Обжин	89,8±0,36	3,1	0,4	4,7	3,13±0,02	4,1	0,6	5,8
N	101,7±0,76	5,9	0,7	17,1	3,88±0,03	5,6	0,9	19,5
P	89,2±0,56	5,0	0,6	2,6	3,45±0,01	3,7	0,3	13,4
K	99,6±0,84	6,8	0,8	13,4	3,61±0,01	2,4	0,3	24,6
NPK	118,6±0,73	4,9	0,6	38,8	3,65±0,02	1,6	0,3	17,6
Четырехлетние культуры								
Контроль	102,0±0,83	6,3	0,8	—	3,80±0,05	10,7	1,0	—
Прополка и рыхление	106,3±0,90	7,3	0,9	3,5	3,73±0,04	9,3	1,0	3,5
Обжин	105,9±0,47	3,4	0,4	4,1	3,96±0,02	5,5	0,6	9,4
N	142,5±0,93	5,1	0,7	32,5	4,77±0,09	14,4	2,0	9,4
P	116,2±0,28	19,1	0,2	16,2	5,46±0,09	14,2	2,0	16,1
K	133,5±0,26	15,5	0,2	36,3	4,61±0,14	23,7	3,0	5,4
NPK	124,2±0,16	10,2	0,1	36,2	4,70±0,06	9,5	1,0	36,4

Минеральные удобрения оказали существенное влияние на прирост лиственницы (табл. 1 и 2). Наблюдалось значительное увеличение прироста по высоте, диаметру корневой шейки и накопления органической массы растениями. Энергия роста растений определялась текущим годовым приростом по высоте, который лучше характеризует рост, чем абсолютный показатель высоты.

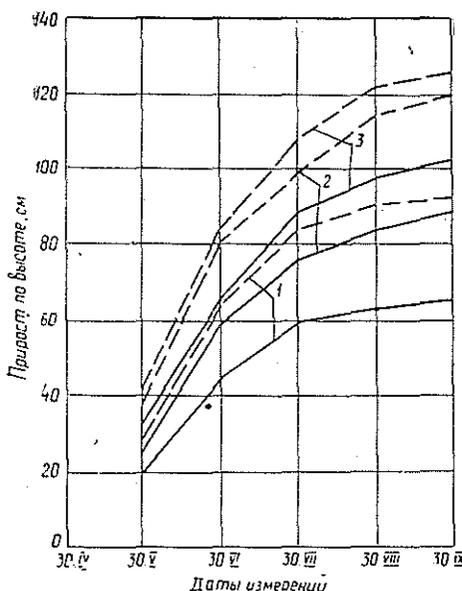
В 2-летних культурах лиственницы наибольшее влияние на рост оказало полное и азотное удобрения. Текущий годичный прирост по высоте увеличился соответственно на 41 и 37%, диаметр корневой шейки — на 41 и 22%, органическая масса растений — на 47 и 33%. Фосфорное удобрение оказало наименьшее влияние, на что указывают и другие исследователи [3, 8]. Аналогично повлияли прополка с рыхлением и обжин.

В 3-летних культурах полное и азотное удобрения также оказали наибольшее стимулирующее действие. Прирост по высоте увеличился соответственно на 36 и 16%, диаметр корневой шейки — на 12 и 19%, органическая масса — на 34 и 31%. Фосфорное удобрение незначительно улучшило рост. Прополка с рыхлением и обжин вызывали небольшую задержку роста, что объясняется, возможно, повреждением стволиков и корневой системы растений, а также нарушением структуры лесных почв, на что указывали ранее другие исследователи [1, 4, 6, 7].

В 4-летних культурах наибольший эффект дало внесение азотного удобрения (прирост по высоте увеличился на 39%, диаметр — на 25%,

Рис. 1. Динамика линейного прироста культур лиственницы по высоте.

1 — 2-летних; 2 — 3-летних; 3 — 4-летних. Сплошная линия — контроль; пунктирная — вариант N РК.



накопление органической массы — на 25%) и несколько меньший — другие сочетания удобрений. Прополки с рыхлением и обжин улучшают рост лиственницы незначительно, поэтому в данном возрасте делать их нецелесообразно. Данные табл. 1 показывают, что достоверность различия между контролем и разными вариантами за некоторым исключением существенна, обусловлена внесением удобрений, которые создали лучшие условия для роста культур.

Сравнивали также скорость линейного роста верхушечных побегов (рис. 1). В метеорологическом отношении показатели этого вегетационного периода мало отличались от средних многолетних. Линейный рост лиственницы до 1 июня протекал сравнительно быстро и составил 30—33% общего сезонного прироста. Период наиболее интенсивного роста приходится на июнь—июль; в конце июля наступает спад. При внесении минеральных удобрений интенсивность линейного роста заметно возрастает, а его продолжительность незначительно увеличивается. Познавание этих закономерностей линейного роста помогает правильно построить систему питания молодых культур лиственницы.

В зависимости от условий питания различались размеры и цвет хвои. При удобрении хвоя становится несколько тяжелее и приобретает равномерную интенсивную темно-зеленую окраску, особенно при внесении полного удобрения. Аналогичные результаты получены другими авторами [2, 9].

На основании проведенных исследований для ускорения роста лиственницы в культурах рекомендуется следующая схема удобрений: в начале вегетации первого года вносить полное удобрение, на второй год — аммиачную селитру в указанных ранее дозах. При таком сочетании удобрений прирост по высоте к концу четвертого года увеличится в 2 раза.

По мере зарастания культур травянистой растительностью необходимо проводить обжин, на 4—5-м году жизни культур — вырубку поросли второстепенных пород и кустарника. Потребность в прополках и рыхлении отпадает.

Таблица 2

Варианты	Абс. сухая масса семян					
	Корней		Стволика		Итого	
	г	% к конт-ролю	г	% к конт-ролю	г	% к конт-ролю
Двухлетние культуры						
Контроль	212,7	110	419,6	100	632,3	100
Прополка и рыхление	239,8	113	501,7	120	741,5	117
Обжин	228,6	107	512,7	122	741,3	117
N	289,3	136	555,4	132	844,7	133
P	261,8	122	517,3	123	779,1	123
K	224,2	105	499,7	119	723,9	114
NPK	291,3	137	641,4	153	932,2	147
Трехлетние культуры						
Контроль	521,3	100	723,9	100	1245,2	100
Прополка и рыхление	491,9	95	798,3	110	1290,2	104
Обжин	534,9	102	799,7	110	1334,6	107
N	711,2	136	923,4	127	1634,6	131
P	481,9	92	801,3	111	1283,2	103
K	619,9	119	831,7	115	1451,6	117
NPK	721,9	138	941,3	130	1663,2	134
Четырехлетние культуры						
Контроль	889,9	100	1117,9	100	2007,8	100
Прополка и рыхление	899,1	101	1216,3	109	2115,4	105
Обжин	890,4	100	1287,9	115	2178,3	108
N	993,1	111	1524,7	136	2517,8	125
P	1130,2	127	1321,6	118	2451,8	122
K	1008,4	113	1311,2	117	2319,6	116
NPK	1301,2	146	1416,8	127	2717,0	136

Для определения экономической эффективности рассчитывали затраты на производство 1 га лесных культур до их смыкания при проведении прополок и рыхлении вручную и при внесении удобрений. Общая сумма затрат составила соответственно 154,7 и 76,7 р.

Опытами установлено, что лиственница положительно реагирует на внесение удобрений. Правильно подбирая сочетания и дозы удобрений, можно значительно улучшить рост культур. При внесении удобрений лиственница увеличивает прирост по высоте, диаметру корневой шейки и накоплению органической массы. Корневая система растений становится более мощной (табл. 2) и разветвленной, образует больше мелких всасывающих корней.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ахромейко А. И. Применение удобрений в лесном хозяйстве. — «Лесное хозяйство», 1966, № 1. [2]. Буш М. К., Брокс Я. Я., Пелсе Б. И. Влияние состава питательного раствора на молодые растения сосны и ели при различных субстратах выращивания. — В сб.: Питание древесных растений. Рига, «Зинатне», 1970. [3]. Лисенков А. Ф., Нина Л. Р. Расчет норм удобрений для культур лиственницы сибирской на ЭВМ. — «Лесное хозяйство», 1969, № 8. [4]. Похитон П. П. Распространение корней древесных и кустарниковых пород в черноземной почве. Киев, Госсельхозиздат, 1957. [5]. Слухай С. И. Питание и удобрение молодых древесных растений. Киев, «Наукова думка», 1965. [6]. Трошина Э. С. О целесообразности рыхления при выращивании сосны на окультуренных легкосу-

глинистых почвах. — В сб.: Защитное лесоразведение и лесные культуры. М., «Лесная промышленность», 1971. [7]. Харитонов Г. А. Применение минеральных удобрений при уходе за лесными культурами. — «Лесное хозяйство», 1964, № 10. [8]. Харитонов Г. А., Ермолаева В. Н. Перспективы применения минеральных удобрений в лесных культурах Карпат. — «Лесное хозяйство», 1969, № 6. [9]. Шумаков В. С., Федорова Е. К. Применение минеральных удобрений в лесу. М., «Лесная промышленность», 1970.

Поступила 27 сентября 1976 г.

УДК 634.0.284 : 631.816.31

ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПОДСОЧКИ С СУЛЬФИТНО-ДРОЖЖЕВОЙ БРАЖКОЙ

А. С. КОРОСТЕЛЕВ, В. А. ЩАВРОВСКИЙ

Уральский лесотехнический институт

Изложены результаты определения влажности луба и древесины и замеров полного электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей деревьев сосны, вовлеченных в подсочку. Выявлена зависимость этих показателей от способа подсочки и обеспеченности деревьев элементами питания.

В СССР ежегодно увеличиваются объемы подсочки с использованием химических стимуляторов смолы выделения и смолообразования — сульфитно-дрожжевой бражки и сульфитно-спиртовой барды. Смолопродуктивность сосны можно повысить также проведением различных лесохозяйственных мероприятий, улучшающих условия произрастания подсаживаемых древостоев. В этой связи изучение влияния стимуляторов и минеральных удобрений на смолы выделения сосны обыкновенной и состояния подсаживаемых насаждений в различных лесорастительных условиях приобретает особое значение.

Для выявления эффективности стимуляторов смолы выделения и смолы выделения, различных доз и сочетаний удобрений при подсочке сосны обыкновенной нами в 1972 г. в лесах Невьянского лесхоза Свердловской области в сосняке ягодничковом IV класса возраста, II класса бонитета был проведен специальный опыт [8]. Подсочку вели восходящим способом. Стимулятор — водный раствор сульфитно-дрожжевой бражки плотностью 1,11—1,12 г/мл — наносили на подновку пневмохаком. Подсаживали все деревья, начиная со ступени толщины 12 см. Приводим процентное распределение деревьев в насаждении опытного участка по ступеням толщины: 12 см — 1,3; 16 см — 13,7; 20 см — 25,6; 24 см — 26,2; 28 см — 18,0; 32 см — 10,9; 36 см — 3,3; 40 см — 1,0.

Для изучения состояния насаждения было использовано четыре площадки, подсочку сосны на которых вели по следующей технологии: обычная (контроль), с бражкой, с бражкой и удобрением насаждений; на четвертой пробе подсочки не было. Использовали полное удобрение $N_{300}P_{300}K_{300}$ в виде смеси мочевины, суперфосфата двойного гранулированного и калийной селитры, которое равномерно разбрасывали по поверхности почвы.

На каждой площадке было подобрано по 10 деревьев разного диаметра, для каждого из них — контрольное, равное по диаметру, исходной смолопродуктивности и размерам кроны.

Для любого растительного организма большое значение имеет водообеспеченность (насыщенность тканей водой). Так, Л. А. Иванов [7] считает, что механизм смолы выделения находится в теснейшей связи с влажностью тканей смолоносков. Чем больше воды в древесине, тем легче идет процесс осмотического насыщения ею выделительных клеток и быстрее развивается давление, необходимое для истечения живицы из вскрытых ходов. Недостаток воды в клетках растений вы-

зывает снижение уровня синтеза органических соединений и отрицательно влияет на рост клеток [9]. Подсочные ранения снижают влажность луба и древесины [1, 2], а применение при подсочке стимуляторов смоловыделения и смолообразования увеличивает дефицит воды в тканях дерева в большей степени, чем обычная подсочка [6].

Данные наших исследований по изучению влияния различных способов подсочки на влажность луба и древесины представлены в табл. 1.

Пробы луба и древесины отбирали пробочным сверлом со стороны корового ремня на высоте 1,3 м от шейки корня и в зоне карры в виде стружки очередной подновки. Пауза вздымки — 4 дня.

Таблица 1

Подсочка	Влажность луба стружки, %	<i>t</i>	Влажность древесины стружки, %	<i>t</i>	Влажность луба высечки, %	<i>t</i>	Влажность древесины высечки, %	<i>t</i>
С бражкой и удобрением	64,2±1,0	1,89	51,7±1,2	4,15	66,5±0,3	0,24	63,5±1,5	5,09
С бражкой	61,9±0,7		43,4±1,6	2,12	65,2±0,5		53,1±1,4	
Обычная	61,8±0,7	0,10	48,2±1,6		64,6±0,6		57,6±1,1	2,53

Примечание. *t* — показатель существенности различия. При 10 наблюдениях $t_{05} = 1,73$.

Из табл. 1 видно, что влажность луба и древесины у деревьев, подсачиваемых с бражкой и получивших подкормку минеральными удобрениями, достоверно выше, чем при подсочке с бражкой, но без внесения удобрений. При подсочке с бражкой не установлено достоверного различия во влажности луба, но отмечается снижение влажности древесины относительно образцов от деревьев, включенных в обычную подсочку.

Влажность луба и древесины в зоне карры при всех способах подсочки оказалась ниже, чем со стороны корового ремня. Это означает, что при подсочке сосны в зоне карры происходит подсушивание древесины и луба.

Материалы исследования позволили установить, что существует средняя корреляционная связь выхода живицы с влажностью луба и древесины в зоне карры. Корреляционные отношения этой зависимости η оказались соответственно равны $0,356 \pm 0,113$ и $0,358 \pm 0,112$.

В последние годы в качестве диагностического показателя состояния деревьев все чаще стали использовать полное электрическое сопротивление прикамбиального комплекса тканей (импеданс). Наряду с влажностью луба, импеданс — наиболее приемлемый показатель для оценки состояния жизнедеятельности деревьев сосны [10]. Повышенная влажность луба, как и пониженный импеданс, свидетельствуют о хорошей жизнедеятельности дерева.

В наших опытах показатели импеданса определяли с помощью работающего на частоте 100 Гц портативного прибора конструкции Ю. П. Каширо. Замеры проводили в 1974 г. со стороны корового ремня на высоте 1,3 м от шейки корня с 12 до 13 ч. в трехкратной повторности. Результаты исследования можно проследить по данным табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что импеданс деревьев, произрастающих на площади с внесением удобрения, меньше, чем в других вариантах опыта. Следовательно, при использовании минеральных удобрений

Таблица 2

Подсочка	Значения импеданса, кОм, замеренного				Среднее значение
	5/VI	10/VI	28/VI	31/VII	
С бражкой и удобрением	20,5±1,5	17,9±1,5	18,0±1,7	17,1±1,7	18,4±0,7
С бражкой	23,7±0,8	18,8±1,6	20,0±1,2	23,0±1,2	21,4±1,2
Обычная	24,4±1,2	21,8±1,4	21,3±0,7	21,7±1,1	22,3±0,7
Без подсочки	23,6±1,1	19,3±1,5	20,0±1,1	22,7±1,2	21,4±1,0

в качестве подкормки подсаживаемых деревьев условия протекания процессов их жизнедеятельности улучшаются. Сравнительный анализ показателей замеров импеданса у деревьев, подсаживаемых с бражкой и без нее, позволяет заключить, что активность процессов жизнедеятельности деревьев, включенных в подсочку с бражкой, несколько выше, чем у деревьев, подсаживаемых без стимуляторов, и практически соответствует уровню неподсоченных деревьев. Колебания значений импеданса в течение периода исследований во всех вариантах опыта вызваны, по-видимому, влиянием климатических факторов.

В практическом и методическом отношениях представляют интерес значения импеданса, полученные при его замерах на различном расстоянии вверх и вниз от границ карры (рис. 1).

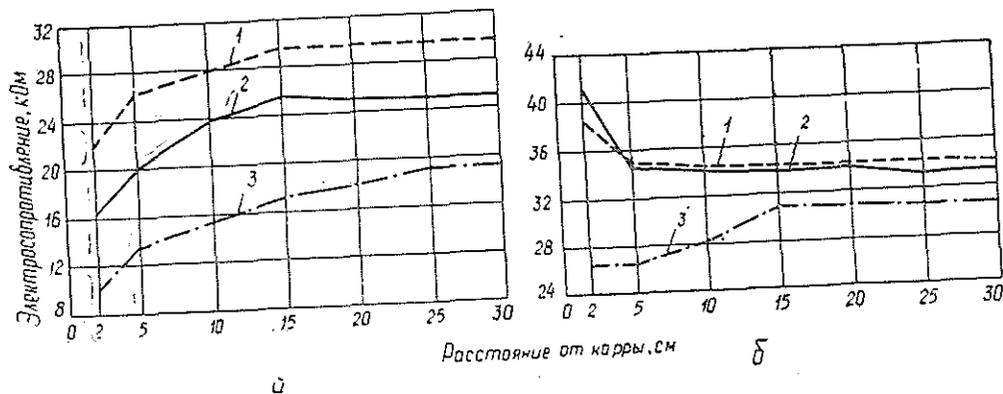


Рис. 1. Электросопротивление прикамбиального комплекса тканей сосны.

а — над каррой; б — под каррой; 1 — обычная подсочка; 2 — подсочка с бражкой; 3 — подсочка с бражкой и удобрением.

Данные рис. 1 свидетельствуют, что при всех изученных вариантах подсочки электросопротивление над каррами ниже, чем под ними, и по мере приближения к карре становится меньше. Можно полагать, что в зоне над каррой и в особенности вблизи нее все биологические процессы наиболее активны. Степень активизации биологических процессов подсаживаемых деревьев зависит от наличия стимулятора и условий обеспеченности деревьев элементами питания.

Таким образом, на основании показателей, характеризующих влажность луба и древесины, и данных замеров электросопротивления прикамбиального комплекса тканей деревьев можно отметить, что при подсочке сосны с бражкой изменения в состоянии деревьев меньше, чем при обычной подсочке. В то же время рядом исследователей [3—5.

11] установлено, что обычная подсочка не вызывает существенного ухудшения состояния насаждений. Подкормка подсаживаемых деревьев путем внесения в почву минеральных удобрений вызвала значительное улучшение жизнедеятельности этих деревьев по сравнению с неудобренными и не вовлеченными в подсочку.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вишневская Н. М. Некоторые показатели водного режима деревьев сосны обыкновенной, отличающихся по биологической смолопродуктивности. — Сборник трудов ЦНИЛХИ. Вып. 20. М., «Лесная промышленность», 1969. [2]. Вишневская Н. М. Влияние подсочных ранений на камбиальную деятельность сосны обыкновенной. — Лесохимия и подсочка. Реф. информ., 1971, № 7. [3]. Высоцкий А. А. Влияние подсочки на жизнедеятельность сосны. М., «Лесная промышленность», 1970. [4]. Гаврилов Б. И. Обоснование технологии многолетней подсочки. — В сб.: Перспективы увеличения объема добычи живицы в УССР. Киев, НТОлеспром, 1960. [5]. Гримальский В. И. Устойчивость сосновых насаждений против хвоегрызущих вредителей. М., «Лесная промышленность», 1971. [6]. Дрочнев Я. Г. и др. Влияние подсочки с новыми стимуляторами на некоторые физиологические показатели сосны обыкновенной. — Сборник трудов ЦНИЛХИ. Вып. 22. М., «Лесная промышленность», 1971. [7]. Иванов Л. А. Биологические основы добывания терпентина в СССР. М.—Л., КОИЗ, 1940. [8]. Коростелев А. С., Щавровский В. А. Влияние удобрений при подсочке на состояние хвоя сосны обыкновенной на Среднем Урале. — «Лесоведение», 1975, № 4. [9]. Мельниченко З. А., Ефимчук Л. П. Водный режим тканей в зонах карр и активного смоловыделения у деревьев сосны обыкновенной, подсоченных с серной кислотой. — Сборник трудов ЦНИЛХИ. Вып. 17. М., «Лесная промышленность», 1966. [10]. Собакинский В. В. Действие подсочки с применением стимуляторов на физиологические функции сосны обыкновенной. — Лесохимия и подсочка. Реф. информ., 1973, № 6. [11]. Шатерникова А. Н. Результаты исследования состояния длительно подсаживаемых сосновых насаждений. — В сб.: Пути расширения сырьевой базы подсочки лесов Урала и Сибири. Свердловск, БИУФАН, НТОлеспром, 1960.

Поступила 5 апреля 1976 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 539.31

О РАСЧЕТЕ ГРАВИЙНЫХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Ю. Л. ЛУКИН, Б. В. УВАРОВ, В. В. ЩЕЛКУНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Выполнен анализ активных напряжений сдвига дорожных одежд. Установлено, что в слоях гравия и песка практически невозможно предотвратить появление пластических смещений при давлении на штамп свыше 5 кгс/см². Теория упругости не применима для оценки напряженного состояния гравийных покрытий.

Ведомственные строительные нормы 46—72 [2] предлагают проектировать такие нежесткие дорожные одежды, в которых под действием движения не возникает остаточных деформаций. Выполнение этого требования обеспечивается, если во всей толщине одежды и подстилающем грунте соблюдается условие

$$|\tau_n| \leq \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (1)$$

где τ_n — касательные напряжения;
 σ_n — нормальные напряжения;
 φ — угол внутреннего трения;
 C — сцепление.

Значения τ_n и σ_n изменяются в каждой точке дорожной одежды и земляного полотна. Пластические деформации раньше всего появляются там, где возникают наибольшие касательные напряжения при малых нормальных напряжениях. Условие предельного равновесия

$$\max \{ |\tau_n| - \sigma_n \operatorname{tg} \varphi \} = C. \quad (2)$$

Левая часть выражения (2) — активное напряжение сдвига, чтобы его вычислить, нужно найти главные напряжения.

Если главные напряжения $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, то касательные

$$\tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}; \quad \tau_2 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_3 = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}.$$

Для принятого соотношения между главными напряжениями наибольшее касательное напряжение τ_n равно τ_1 . Оно действует в плоскости, нормаль к которой делит пополам угол между максимальным и минимальным напряжениями. С учетом направления наибольших касательных напряжений по отношению к главным найдено [1], что

$$\max \{ |\tau_n| - \sigma_n \operatorname{tg} \varphi \} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2 \cos \varphi} - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \operatorname{tg} \varphi.$$

Тогда условие предельного равновесия*

* Для пространственной задачи выполнение одного условия предельного равновесия (3) недостаточно. Следует использовать еще условия с τ_2 или τ_3 [1]. В данном случае имеет место так называемое неполное предельное равновесие.

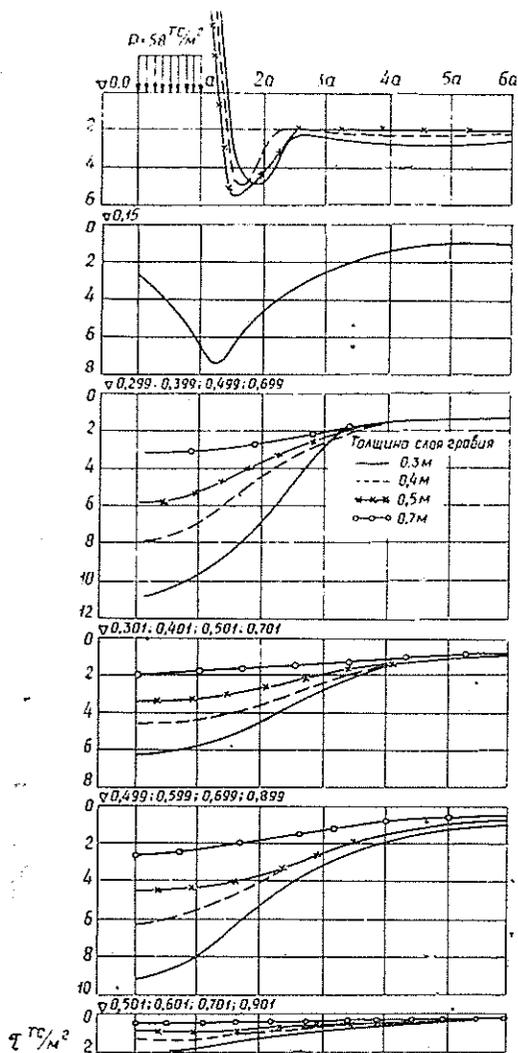


Рис. 1.

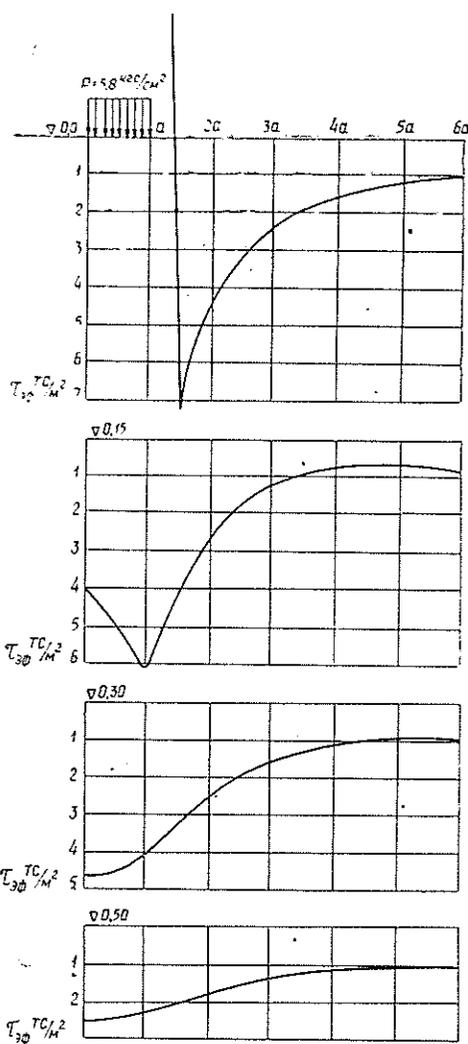


Рис. 2.

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2 \cos \varphi} - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \operatorname{tg} \varphi = C. \quad (3)$$

Для любой точки дорожной одежды и земляного полотна левая часть уравнения (3) не должна превышать величины сцепления. В противном случае возникнут пластические деформации.

В работе [3] дано решение осесимметричной задачи для многослойной конструкции при сцепленных слоях с вычислением на ЭЦВМ «Минск-32» всех компонентов напряжений и перемещений в произвольно заданных точках.

Главные напряжения могут быть вычислены как корни кубического уравнения

$$\sigma^3 - I_1 \sigma^2 + I_2 \sigma - I_3 = 0,$$

где I_1 , I_2 и I_3 — инварианты напряжений.

В случае осесимметричной нагрузки

$$I_1 = \sigma_z + \sigma_r + \sigma_\theta;$$

$$I_2 = \sigma_z \sigma_r + \sigma_z \sigma_\theta + \sigma_r \sigma_\theta - \tau_{zr}^2;$$

$$I_3 = \sigma_z \sigma_r \sigma_\theta - \sigma_\theta \tau_{zr}^2.$$

Для расчета главных и активного напряжений по формуле (3) составлена программа на языке ФОРТРАН, реализованная на ЭЦВМ «Минск-32». В программе использован описанный ранее [3] алгоритм.

Рассмотрим активные напряжения сдвига, возникающие в гравийных дорожных одеждах, нагруженных абсолютно гибким штампом диаметром 33 см с удельным давлением 5,8 кгс/см² (табл. 1).

Таблица 1

Слой	Толщина, м	Влажность в долях границы текучести	Модуль упругости, тс/м ²	Сцепление, тс/м ²	Угол внутреннего трения, град
Гравий	0,3—0,9	—	15000	2—5	43
Песок	0,2—0,7	—	10000	0,5—0,8	40
Суглинок	—	0,6	6000	3,2	24
	—	0,7	3400	1,4	18
	—	0,8	2400	1,0	13

На рис. 1 даны графики изменения активного напряжения сдвига на различной глубине дорожной одежды и различном расстоянии от оси штампа при толщине слоя гравия 0,3—0,7 м, толщине слоя песка 0,2 м и относительной влажности суглинка 0,8. Касательные напряжения определяли на границах гравий — песок и песок — суглинок (на 1 мм выше и ниже границы).

На поверхности гравийного слоя и на небольшой глубине (0,15 м) наибольшие активные напряжения сдвига возникают на некотором расстоянии от оси штампа, а на большей глубине — на оси штампа. Увеличение толщины слоя гравия, при толщине слоя песка 0,2 м, приводит к снижению касательных напряжений на границах гравий — песок и песок — суглинок. На поверхности дороги напряжения несколько повышаются.

Для оценки напряженного состояния однородного гравийного слоя рассчитаны активные напряжения сдвига при бесконечной толщине гравия. Из данных рис. 2 следует, что при заданной нагрузке и коэффициенте сцепления 5 тс/м² пластические деформации неизбежны до глубины примерно 0,3 м, а при $C = 2$ тс/м² — до глубины 0,5 м.

Результаты расчетов по всем принятым вариантам представлены на рис. 3.

Увеличение толщины слоя гравия обуславливает снижение активных напряжений как в песке, так и в суглинке. С ростом толщины слоя песка касательные напряжения на его нижней границе и в гравии уменьшаются. На верхней же границе песчаного слоя они снижаются медленнее, а при толщине песка более 0,4—0,5 м практически остаются постоянными. Следовательно, увеличением толщины слоя песка более 0,4 м нельзя значительно уменьшить в нем активные напряжения сдвига. Так как сцепление песка мало (0,5—0,8 тс/м²), то, согласно рис. 3, ни при каких толщинах гравия и песка нельзя обеспечить работу песчаного слоя в упругой стадии. В суглинистом

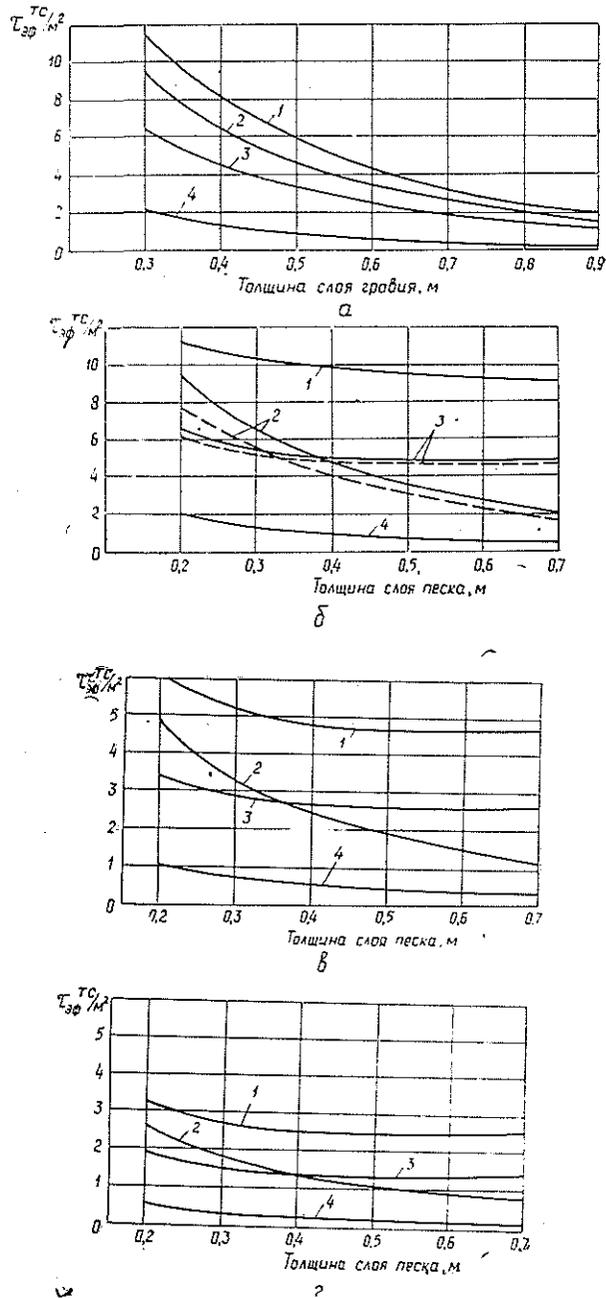
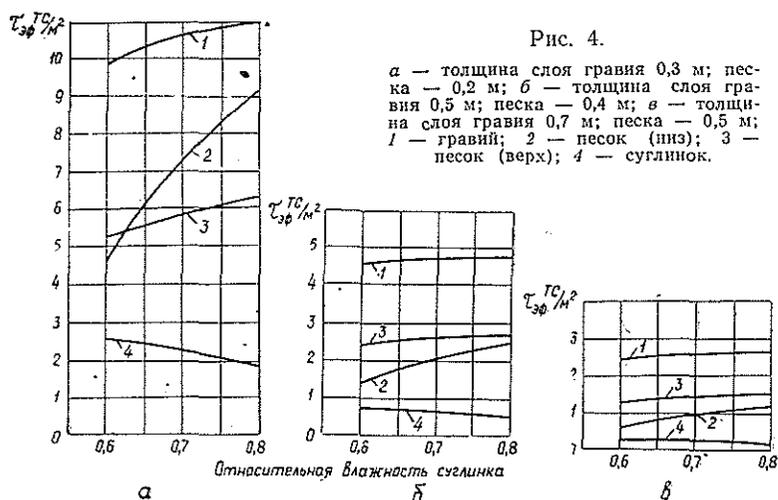


Рис. 3.

а — толщина слоя песка 0,2 м; б, в, г — толщина слоя гравия соответственно 0,3; 0,5 и 0,7 м;
 1 — гравий; 2 — песок (низ); 3 — песок (верх);
 4 — суглинок.

грунте надлежащим подбором слоев песка и гравия можно предотвратить пластические смещения.

Выясним влияние влажности суглинка на активные напряжения сдвига. Материалы расчета даны на рис. 4.



Снижение влажности подстилающего грунта вызывает незначительное снижение касательных напряжений в слое гравия и на верхней границе песка. Активные напряжения заметно снижаются на нижней границе песка и возрастают в суглинке по мере уменьшения его влажности. Снижением влажности подстилающего грунта нельзя избавиться от пластических деформаций в песчаном слое.

Приведенные данные получены для гравийного материала с модулем упругости $E = 15000 \text{ тс/м}^2$ и мелкозернистого песка. Использование более прочных (жестких) гравийных и песчаных материалов положения не улучшает. На рис. 3, б пунктиром показана зависимость активных напряжений сдвига при слое гравия 0,3 м и $E = 25000 \text{ тс/м}^2$ для различных толщин песка. Как следует из рисунка, влияние модуля упругости гравийного материала на напряженное состояние песка незначительно. Применение же средне- и крупнозернистых песков приведет к снижению активных напряжений в гравии и суглинке и росту их в слое песка.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы. Работа дорожных гравийных одежд, при удельном давлении от колеса автомобиля более 5 кгс/см^2 , в упругой стадии, не может быть обеспечена никакими практически возможными комбинациями толщин слоев. Это не означает, что дорога в целом будет неустойчива, так как область пластических деформаций невелика. Возникновение пластических деформаций изменяет напряженное состояние, и методы теории упругости к гравийным покрытиям не применимы. В гравийных дорожных одеждах неизбежны остаточные деформации, в связи с чем требуются постоянные уходы и ремонты. По-видимому, гравийные одежды на прочность следует рассчитывать, исходя из допустимого накопления остаточных деформаций под воздействием движения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Березанцев В. Г. Осесимметричная задача теории предельного равновесия сыпучей среды. М., Гостехиздат, 1952. [2]. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46—72. М., «Транспорт», 1973. [3]. Уваров Б. В., Шелкунов В. В., Лукин Ю. Л. Воздействие статической нагрузки на упругое основание. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 5.

УДК 681.3.06 : 629.11.012.814

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО МЕТОДА НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛЕБАНИЙ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

Н. И. БИБЛИОК

Львовский лесотехнический институт

Изложен алгоритмический метод расчета вертикальных линейных и угловых колебаний лесовозного автопоезда как сложной колебательной системы, состоящей из пакета хлыстов с распределенной массой и ступенчатым изменением жесткости, автомобиля с упругодеформируемой рамой и роспуска.

Лесовозный автопоезд представляет собой сложную колебательную систему, состоящую из пакета хлыстов с неравномерно распределенной массой и переменной жесткостью и подрессоренных и неподрессоренных масс автомобиля и роспуска, соединенных между собой упругими связями и демпферами. Система имеет несколько входов, по которым случайные возмущения действуют с относительным запаздыванием. Эти обстоятельства затрудняют аналитический расчет колебаний и вызывают необходимость в разработке алгоритмических методов анализа систем подрессоривания лесовозных автопоездов с применением электронных вычислительных машин.

Существующий метод расчета колебаний связанной системы (пакет хлыстов + подвижной состав), разработанный проф. Б. Г. Гастевым и основанный на замене распределенной массы пакета хлыстов трехмассовой расчетной моделью [2], позволяют воспроизвести только одну из собственных частот пакета хлыстов и пригоден для предварительной оценки его упругих свойств.

Нами предлагается достаточно универсальный и весьма удобный для применения электронных цифровых вычислительных машин алгоритмический метод расчета колебаний системы (пакет хлыстов + подвижной состав), основанный на использовании широко распространенного в строительной механике матричного метода начальных параметров. Применение этого метода к расчету колебаний лесовозного автопоезда предполагает замену пакета хлыстов ступенчатым стержнем, распределенная масса и жесткость которого изменяются скачками при переходе от одного участка к другому (рис. 1, а, б).

Рассмотрим поперечные и крутильные колебания участка стержня постоянного сечения с равномерно распределенной массой, предполагая:

а) в недеформированном состоянии упругая ось стержня прямолинейна и совпадает с линией центров тяжести поперечных сечений стержня;

б) отклонения точек оси стержня при колебаниях происходят в одной плоскости и являются «малыми», а возникающие при этом восстанавливающие силы остаются в пределах пропорциональности;

в) длина стержня значительно превосходит поперечные размеры, и можно пренебречь влиянием перерезывающей силы и инерции вращения распределенной массы [1];

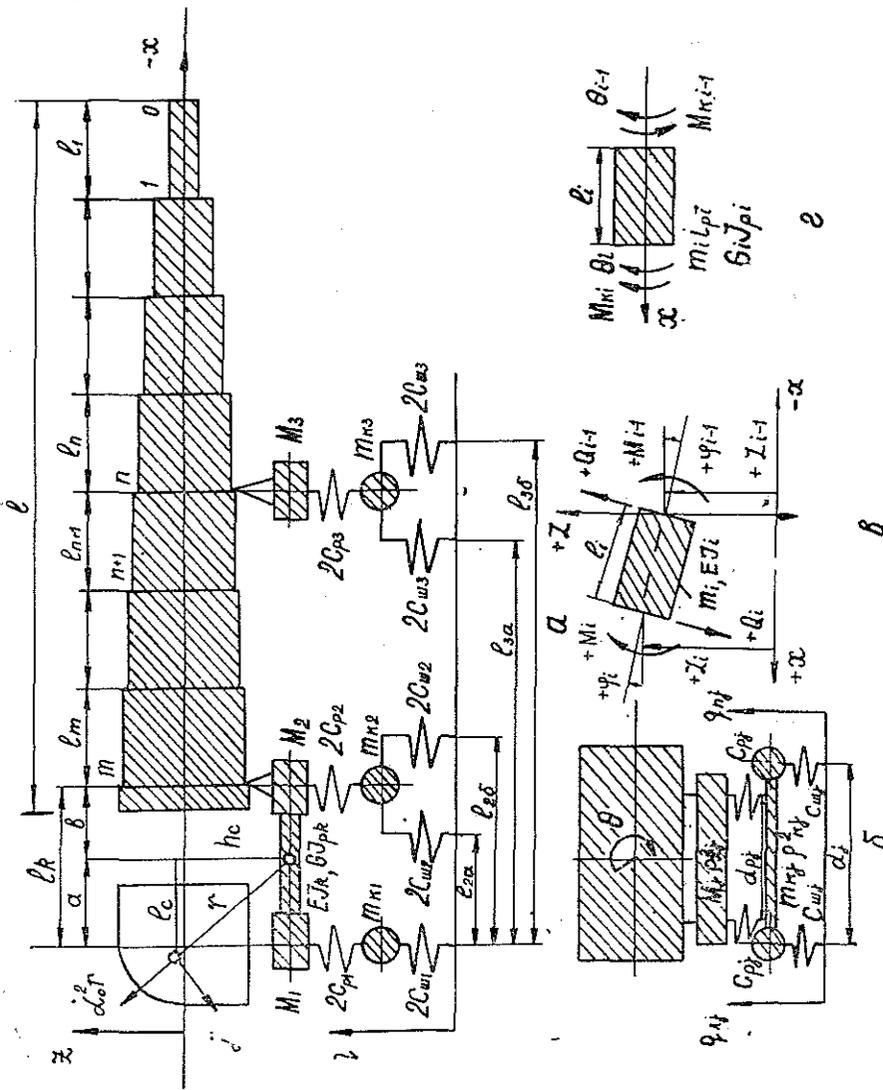


Рис. 1. Расчетная схема колебательной системы (пакет хлыстов + подвижной состав).
 а — колебания в продольной вертикальной плоскости; б — в поперечной плоскости; в — направления силовых и геометрических величин для i -того участка стержня при поперечном изгибе; г — то же при кручении.

г) сила неупругого сопротивления пропорциональна упругой восстанавливающей силе и сдвинута по фазе от нее на угол $\pi/2$ (гипотеза Е. С. Сорокина);

д) направления силовых и геометрических величин соответствуют принятым на рис. 1, в, г.

При таких предположениях дифференциальные уравнения вынужденных поперечных и крутильных колебаний i -того участка стержня имеют вид

$$\left. \begin{aligned} EI_i(1 + j\psi) \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + m_i \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} &= 0; \\ GI_{pi}(1 + j\psi_k) \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} - m_i \rho_i^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где z — поперечное перемещение некоторой точки оси стержня с абсциссой x ;
 Θ — угол поворота некоторого сечения стержня с абсциссой x ;
 EI_i и GI_{pi} — изгибная и крутильная жесткости i -того участка стержня;
 m_i — масса единицы длины i -того участка;
 ρ_i — радиус инерции i -того сечения относительно оси x ;
 ψ и ψ_k — коэффициенты неупругого сопротивления стержня при изгибе и кручении;

$$j = \sqrt{-1}.$$

Возмущающая сила сосредоточена на конце участка и в уравнения (1) не вошла [3]. Преобразовав уравнения (1) с двумя переменными x и t в уравнения с одной переменной, выразив решение через начальные параметры и применив матричную форму [4], получим

$$Z_i = T_i Z_{i-1}; \quad (2)$$

$$Z_i = \begin{pmatrix} \Theta_i \\ z_i \\ \varphi_i l \\ \frac{M_i l^2}{EI} \\ \frac{Q_i l^3}{EI} \\ \frac{M_{ki} l}{GI_p} \end{pmatrix}; \quad Z_{i-1} = \begin{pmatrix} \Theta_{i-1} \\ z_{i-1} \\ \varphi_{i-1} l \\ \frac{M_{i-1} l^2}{EI} \\ \frac{Q_{i-1} l^3}{EI} \\ \frac{M_{ki-1} l}{GI_p} \end{pmatrix};$$

$$T_i = \begin{pmatrix} \cos \lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\beta_i}{\lambda_i \gamma_i} \sin \lambda_i \\ 0 & A_i & \beta_i B_i & \frac{\beta_i^2}{\alpha_i} C_i & \frac{\beta_i^3}{\alpha_i} D_i & 0 \\ 0 & \frac{\lambda_i^4}{\beta_i} D_i & A_i & \frac{\beta_i}{\alpha_i} B_i & \frac{\beta_i^2}{\alpha_i} C_i & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_i \lambda_i^4}{\beta_i^2} C_i & \frac{\alpha_i \lambda_i^4}{\beta_i} D_i & A_i & \beta_i B_i & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_i \lambda_i^4}{\beta_i^3} B_i & \frac{\alpha_i \lambda_i^4}{\beta_i^2} C_i & \frac{\lambda_i^4}{\beta_i} D_i & A_i & 0 \\ -\frac{\lambda_i \gamma_i}{\beta_i} \sin \lambda_i & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos \lambda_i \end{pmatrix}.$$

Z_{i-1} и Z_i — матрицы-столбцы параметров в $i-1$ -м и i -том сечениях стержня;

T_i — переходная матрица i -того участка, заключенного между $i-1$ -м и i -тым сечениями;

$\Theta_{i-1}, z_{i-1}, \varphi_{i-1}, M_{i-1}, Q_{i-1}, M_{ki-1}$ — амплитуды угла закручивания, прогиба, угла поворота, изгибающего момента, поперечной силы и крутящего момента в $i-1$ -м сечении;

$\Theta_i, z_i, \varphi_i, M_i, Q_i, M_{k_i-1}$ — те же амплитуды в i -том сечении;

A_i, B_i, C_i, D_i — функции А. Н. Крылова i -того участка [1];

$$\lambda_i^4 = \frac{m_i \omega^2}{EI_i} l_i^4; \quad \alpha_i = \frac{EI_i}{EI} (1 + j\psi);$$

$$\gamma_i = \frac{G I_{pi}}{G I_p} (1 + j\psi_k); \quad \beta_i = \frac{l_i}{l};$$

l_i — длина i -того участка стержня;

ω — круговая частота возмущения;

$EI, G I_p, l$ — произвольно выбранные удобные значения изгибной и крутильной жесткостей и длины; в уравнения (2) вводятся для достижения одинаковой размерности.

Уравнение (2) позволяет преобразовать параметры напряженного и деформированного состояния в начальном сечении i -того участка в параметры сечения конца участка стержня.

Для пакета хлыстов, представленного в виде ступенчатого стержня (рис. 1, а), зависимость между начальными параметрами и их значениями в конце стержня (без наличия внешних усилий в местах переходов) представляется в виде цепочки матриц

$$Z_m = A_m \dots A_1 Z_0, \quad (3)$$

где Z_0 и Z_m — матрицы-столбцы параметров в нулевом (конец вершинной части) и концевом сечениях пакета хлыстов;

$$Z_0 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \Theta_0 + \begin{vmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} z_0 + \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} l\varphi_0; \quad Z_m = \begin{vmatrix} \Theta_m \\ z_m \\ l\varphi_m \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Условия перехода через промежуточные упругие опоры характеризуются матрицами опорных сечений Q_j , осуществляющих преобразование параметров сечения непосредственно справа в параметры сечения непосредственно слева от сечения опоры. Воздействие микропрофиля дороги на автомобиль и роспуск оценивается матрицами сосредоточенных гармонических сил D_j , учитывающих неодновременность наезда колес автопоезда на неровности дороги.

Переходные матрицы упругих опор и сосредоточенных гармонических сил имеют вид

$$Q_j = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_j & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\delta_j & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad D_j = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \eta_j \\ \xi_j \end{vmatrix}, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned}\sigma_j &= (M_j \omega^2 + \varepsilon_j) \frac{l^3}{EI}; \quad \eta_j = \delta_j \frac{l^3}{EI}; \\ \vartheta_j &= (M_j \rho_{xj}^2 \omega^2 + \mu_j) \frac{l}{GI_p}; \quad \xi = \nu_j \frac{l}{GI_p}; \\ \varepsilon_j &= F_{pj} \left(\frac{F_{pj}}{F_j} - 1 \right); \quad \delta_j = F_{pj} \frac{F_{шj}}{F_j} \frac{q_n + q_n}{4} k_{nj}; \\ \mu_j &= F_{pj} d_{pj}^2 \left(\frac{F_{pj} d_{pj}^2}{F_{dj}} - 1 \right); \quad \nu_j = F_{pj} d_{pj}^2 \frac{F_{шj} d_j^2}{F_{dj}} \frac{q_n - q_n}{4d_j} k_{nj}; \\ F_j &= F_{pj} + F_{шj} - m_{kj} \omega^2; \quad F_{dj} = F_{pj} d_{pj}^2 + F_{шj} d_j^2 - m_{kj} \rho_{xj}^2 \omega^2; \\ F_{pj} &= 2c_{pj} + j \omega 2k_{pj}; \quad F_{шj} = 4c_{шj} + j \omega 4k_{шj}; \\ k_{nj} &= \cos \omega \frac{l_{ja}}{v} + \cos \omega \frac{l_{jb}}{v} - i \left(\sin \omega \frac{l_{ja}}{v} + \sin \omega \frac{l_{jb}}{v} \right),\end{aligned}$$

здесь M_j и m_{kj} — приведенные поддресоренные и неподдресоренные массы автомобиля и распуска (рис. 1, а);
 ρ_{xj} и ρ_{kj} — радиусы инерции поддресоренных и неподдресоренных масс относительно оси x ;
 $2c_{pj}$, $4c_{шj}$ и $2k_{pj}$, $4k_{шj}$ — жесткости и коэффициенты сопротивления рессор и шин;
 q_n и q_n — амплитуды гармонического микропрофиля под левыми и правыми колесами;
 v — скорость движения автопоезда.

Структура алгоритма расчета параметров вертикальных колебаний лесовозного автопоезда представляет собой многократно повторяющийся цикл алгебраических операций, соответствующих переходу от одного участка к другому, и имеет вид

$$Z_k = Q_1 A_k R (Q_2 A_m \dots A_{n+1} (Q_3 A_n \dots A_1 Z_0 + D_3) + D_2) + D_1, \quad (6)$$

здесь Z_k — матрица-столбец параметров в k -том сечении автопоезда;
 A_k — матрица изгибной и крутильной жесткости рамы автомобиля;
 R — матрица перехода через шарнирную опору, связывающую пакет хлыстов с автомобилем.

Из матричного уравнения (6) выделяются десять однородных алгебраических уравнений относительно десяти неизвестных, в результате решения которых получаем искомые значения амплитуд вертикальных линейных и угловых перемещений z_j и Θ_j поддресоренных масс лесовозного автопоезда.

По известным значениям z_j и Θ_j могут быть определены амплитуды вертикальных линейных и угловых скоростей и ускорений поддресоренных масс автопоезда, а также вертикальные ускорения точки на уровне груди водителя по формуле

$$\ddot{z}_n = z_0 - \ddot{\alpha}_0 l_c + \dot{\alpha}_0^2 h_c - \ddot{\Theta}_k b_c + \dot{\Theta}_k^2 h_c,$$

где

$$z_0 = \frac{z_2 a - z_1 b}{l_k}; \quad \alpha_0 = \frac{z_2 - z_1}{l_k}.$$

Нагрузка на j -тую рессору автопоезда определяется из матричного уравнения

$$P_j = \frac{1}{2} (\varepsilon_j z_j + \delta_j) + \frac{1}{2a_{pj}} (\mu_j \Theta_j + \nu_j).$$

Изложенный вычислительный алгоритм и разработанная методика программирования на ЭЦВМ предназначены для определения показателей плавности хода, устойчивости и долговечности, а также решения конкретных задач оптимизации структуры и параметров системы подрессоривания лесовозных автопоездов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бабаков И. М. Теория колебаний. М., «Наука», 1968. [2]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М., «Лесная промышленность», 1967. [3]. Ивович В. А. Переходные матрицы в динамике упругих систем. М., «Машиностроение», 1969. [4]. Пономарев К. К. Расчет элементов конструкций с применением электронных цифровых вычислительных машин. М., «Машиностроение», 1972.

Поступила 13 июля 1976 г.

УДК 634.0.375.4

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ НА НЕКОТОРЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ ОТЗ

А. М. ГОЛЬЦБЕРГ, Г. М. АНИСИМОВ, А. Д. ДРАКЕ

Ленинградская лесотехническая академия

Приводятся некоторые результаты экспериментальных исследований трелевочных тракторов ОТЗ с двигателями различной мощности. Выполнен сравнительный анализ влияния рейсовых нагрузок и условий эксплуатации на структуру использования передач, транспортную производительность и топливную экономичность.

Производительность трелевочного трактора, являющегося многооперационной машиной, в значительности степени зависит от времени, затраченного на чокеровку, сбор и отцепку деревьев.

При существующей технологии лесосечных работ увеличение мощности двигателя трелевочного трактора (энергонасыщенности) не может значительно повысить его производительность.

В связи с появлением валочно-пакетирующих машин и тракторов с гидроманипулятором в ближайшей перспективе на лесозаготовках станет возможным внедрить такой технологический процесс, при котором трелевочный трактор будет выполнять только транспортную операцию — трелевку древесины.

При этом экономически целесообразным окажется значительное увеличение расстояния трелевки, а транспортная производительность трелевочного трактора будет в основном зависеть от рейсовых нагрузок (Q пл. м³) и средней скорости движения при трелевке (V_{cp} км/ч):

$$P_T = QV_{cp} \text{ пл.м}^3 \cdot \text{км/ч.}$$

Для гусеничного трелевочного трактора эти параметры, наряду с влиянием различных эксплуатационных условий, во многом будут предопределяться мощностью двигателя.

С учетом использования в перспективе трелевочных тракторов только на транспортных операциях назрела необходимость в исследовании влияния мощности двигателя на производительность. Важно получить представления о влиянии мощности на рейсовые нагрузки и скорости движения, топливную экономичность, нагруженность трансмиссии, а также использование агрегатов силовой передачи по времени и количеству включений.

Такие исследования были проведены на грунтовом полигоне ОТЗ, который по своим рельефо-грунтовым характеристикам соответствует производственным условиям. Были испытаны базовые модели тракторов ТДТ-55 с двигателями мощностью 62 и 75 л. с., а также перспективная модель трактора ТДТ-55М с $N_e = 90$ л. с. В опытах использована специальная аппаратура, созданная коллективом кафедры тяговых машин ЛТА*.

Выполнено четыре цикла испытаний (летом, осенью, зимой и весной) при различном состоянии трелевочного волока. Основные результаты этих исследований рассмотрены ниже.

В табл. 1 в качестве примера приводятся некоторые опытные данные по использованию передач при грузовом ходе для наиболее характерной в условиях эксплуатации рейсовой нагрузки $Q = 5,0$ пл. м³.

Таблица 1

Циклы испытаний	Мощность, л. с.	Машинное время, %						Скорость V_{cp}		
		Сцепление	Передачи				Задний ход	Лебедка	км/ч	%
			I	II	III	IV				
Летний волок	62	1,3	—	17,7	81,0	—	—	—	3,84	76,0
	75	1,4	—	16,9	81,7	—	—	—	4,30	85,0
	90	2,8	—	—	60,4	36,8	—	—	5,07	100
Зимний волок	62	7,0	40,8	40,4	3,4	—	2,4	6,0	2,04	64,1
	75	4,6	6,2	54,0	29,6	2,1	1,5	2,0	2,78	87,5
	90	4,0	5,1	38,4	37,8	13,5	1,2	—	3,18	100

На летнем волоке 90-сильный трактор трелеует пакет древесины только на III и IV передачах, что обеспечивает его среднюю скорость более 5 км/ч. Менее мощные тракторы с $N_e = 75$ и 62 л. с. по своим тяговым качествам не способны двигаться на IV передаче, а для преодоления тяжелых участков волока вынуждены использовать II передачу. Это приводит к снижению их средней скорости соответственно на 15 и 24% по сравнению с трактором ТДТ-55М.

Достоинства тракторов с двигателями повышенной мощности еще в большей степени проявляются на снежном малоукатанном волоке. Трактор с $N_e = 62$ л. с. трелеует в основном на I и II передачах, при значительном буксовании, с использованием лебедки. Это вызывает 1,5-кратное снижение его средней скорости по сравнению с трактором ТДТ-55М.

Влияние роста рейсовых нагрузок на скоростные качества трелевочных тракторов с двигателями различной мощности на летнем волоке иллюстрируется данными табл. 2.

С ростом рейсовых нагрузок снижение средней скорости за счет изменения структуры использования передач по отношению к скорости

* Анисимов Г. М., Галямичев В. А., Драке А. Д., Табаков Е. П. Аппаратура для исследования эксплуатационных режимов трелевочного трактора ТДТ-55. — «Тракторы и сельхозмашины», 1970, № 1, с. 16—18.

Таблица 2

Рейсовая нагрузка, пл. м ³	Мощность, л. с.	Машинное время, %						Скорость		
		Сцепление	Передачи				Лебедка	км/ч	%	к V _{ср} при Q=5,0 м ³
			I	II	III	IV				
7,4	62	1,7	—	22,2	74,6	—	—	8,75	79,0	97,5
	75	1,9	2,6	25,3	70,2	—	—	4,00	84,2	93,0
	90	4,0	—	11,2	50,0	34,8	—	4,75	100	93,8
9,9	62	2,3	18,3	41,5	38,2	—	0,7	3,26	76,6	85,0
	75	2,5	15,0	32,5	50,0	—	—	3,53	83,0	82,0
	90	5,7	10,7	16,9	45,1	21,6	—	4,25	100	84,1
12,7	90	8,3	19,5	28,8	32,3	8,8	1,3	3,03	—	60,0

при Q = 5,0 пл. м³ происходит у всех тракторов примерно в равной степени.

Однако повышение рейсовых нагрузок в 1,5 (7,4 пл. м³) и 2 (9,9 пл. м³) раза приводит к снижению средних скоростей лишь на 95 и 85% соответственно. Это свидетельствует о том, что при использовании гусеничных трелевочных тракторов только на транспортных операциях существенным резервом повышения производительности может служить значительное увеличение рейсовых нагрузок.

Предельная, достигнутая по условиям сцепления и загрузки двигателя, рейсовая нагрузка на трактор ТДТ-55М составила 12,7 пл. м³. В этом случае увеличение рейсовой нагрузки в 2,5 раза по сравнению с оптимальной (Q = 5,0 пл. м³) привело к снижению средней скорости только на 40%.

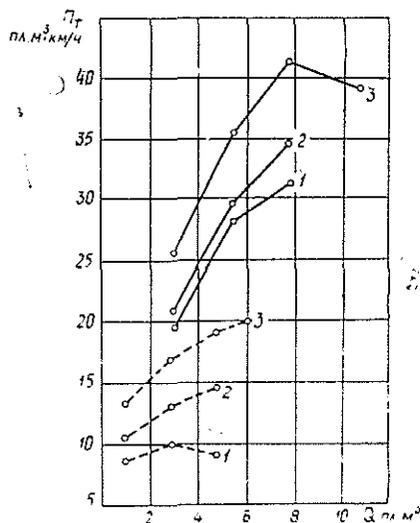


Рис. 1. Зависимость транспортной производительности P_T от рейсовых нагрузок Q тракторов с двигателями различной мощности.

1 — $N_e = 62$ л. с.; 2 — $N_e = 75$ л. с.; 3 — $N_e = 90$ л. с. Сплошная линия — летний волок; штриховая — зимний волок.

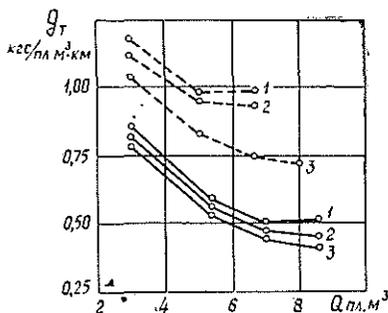


Рис. 2. Зависимость удельного расхода топлива g_T от рейсовых нагрузок Q .

1 — $N_e = 62$ л. с.; 2 — $N_e = 75$ л. с.; 3 — $N_e = 90$ л. с. Сплошная линия — осенний волок; штриховая — зимний волок.

Из рис. 1 следует, что с увеличением рейсовых нагрузок во всех циклах испытаний наблюдается рост транспортной производительности, что объясняется меньшей интенсивностью снижения средней скорости $V_{ср}$ по сравнению с ростом рейсовых нагрузок Q .

Наибольшее возрастание транспортной производительности наблюдается на сухом летнем волоке при отсутствии ограничений по сцеплению и загрузке двигателя. На зимнем неукатанном волоке транспортная производительность растет в меньшей степени, а у трактора с $N_e = 62$ л. с. при нагрузках свыше 6,0 пл. м³ снижается.

Выполненные исследования показали, что мощность двигателя существенно влияет на транспортную производительность. При этом увеличение мощности на 20% повышает транспортную производительность в среднем на 10%. Наибольший рост транспортной производительности наблюдается при трелевке пакетов объемом 8—10 пл. м³ тракторами с двигателями повышенной мощности.

В процессе исследований были получены сравнительные данные по топливной экономичности, т. е. по удельному расходу топлива на 1 м³·км трелеваемой древесины (рис. 2). Выявилось, что с увеличением мощности двигателя удельный расход топлива при равных рейсовых нагрузках заметно снижается. Это особенно проявляется при значительных объемах пакета (7,0—8,5 пл. м³) и на снежном неукатанном волоке, когда повышенные тягово-скоростные качества мощного трактора реализуются полностью.

Удельный расход топлива на 1 м³·км транспортной работы снижается вследствие повышения средних скоростей движения и сокращения потерь на буксование, уменьшения продолжительности работы бортовых фрикционов, а также из-за более устойчивой работы двигателя при временных возрастаниях сопротивлений.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. При использовании гусеничных трелевочных тракторов только на транспортных операциях их производительность в основном определяется рейсовыми нагрузками и средней скоростью движения при грузовом ходе.

2. Увеличение энергонасыщенности трелевочного трактора способствует росту рейсовых нагрузок, улучшает структуру использования передач и служит резервом повышения транспортной производительности.

3. Увеличение мощности двигателя трелевочного трактора обеспечивает снижение удельного расхода топлива на единицу транспортируемой древесины.

Поступила 10 июня 1976 г.

УДК 629.11.014.5

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В МЕХАНИЗМАХ ПОВОРОТА ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

С. А. ВОРУХАЙЛОВ

Уральский лесотехнический институт

Приведены зависимости для определения потерь мощности в планетарных и фрикционных механизмах поворота. Дана количественная оценка потерь при движении и режимах поворота в различных грунтовых условиях.

На гусеничных машинах, применяемых в лесной промышленности, устанавливаются механизмы поворота двух типов: бортовые фрикционы ФМП (тракторы Онежского и Челябинского тракторных заводов) и планетарные ПМП (тракторы Алтайского тракторного завода). Пара-

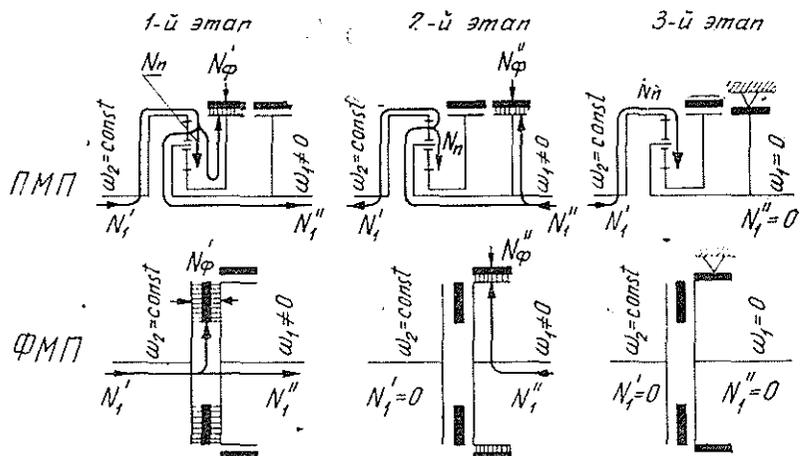


Рис. 1. Схемы распределения потока мощности в механизмах поворота.

метры механизмов, оценивающие поворотливость машины, идентичны [2]. Однако внутренние кинематические связи у них различны. Если у ФМП связь чисто силовая, осуществляемая через фрикционные элементы, то у ПМП она комбинированная: силовая — через блокирующие фрикционные элементы и кинематически жесткая, осуществляемая посредством звеньев планетарного механизма. Через последние возможна рекуперация мощности с отстающей гусеницы на забегающую.

Потери мощности в одних и тех же условиях движения могут быть различны. В статье изложена методика оценки потерь мощности в механизмах поворота и расчет их значений для характерных условий и режимов поворота.

В зависимости от величины поворачивающего момента, который создается за счет разности касательных сил тяги на забегающей P_2 и отстающей P_1 гусеницах, возможны три этапа взаимодействия звеньев механизмов поворота (рис. 1).

Первый этап, когда отстающая гусеница является ведущей $P_1 > 0$ и скорость ее $V_1 \neq 0$. В этом случае у ПМП блокирующий фрикцион частично растормаживается, у ФМП производится частичное выключение фрикциона. Сила тяги и скорость отстающей гусеницы (радиус поворота машины) зависят от сил трения в регулируемых фрикционных элементах механизмов поворота и сопротивления грунта, т. е. оба типа механизмов поворота у отстающей гусеницы на этом этапе, как и на втором, имеют две степени свободы. Направление потоков мощности у обоих механизмов поворота аналогично. Часть мощности N'_ϕ теряется в фрикционных элементах. У ПМП, кроме того, есть дополнительные потери в планетарном механизме N_n .

Второй этап, когда $P < 0$, т. е. отстающая гусеница становится ведомой, но скорость ее $V_1 \neq 0$. На этом этапе блокирующий тормоз (ПМП) и фрикцион (ФМП) полностью выключаются. При анализе принимается чистое выключение. Сила P_1 регулируется остановочным тормозом, который у названных тракторов устанавливается перед бортовым редуктором. Характер распределения потоков мощности в этом случае у рассматриваемых механизмов поворота различен. У ФМП

вся мощность, идущая от отстающей гусеницы, теряется в остановочном тормозе, у ПМП часть мощности рекуперирована через планетарный механизм на забегающую гусеницу.

Третий этап. При этом $P_1 = P_{1max}$ для данных грунтовых условий, а $V_1 = 0$ — отстающая гусеница остановлена, радиус поворота минимальный — ρ_{min} . Потерь мощности в остановочном тормозе в этом случае не будет, но у ПМП есть дополнительные потери, обусловленные трением в зацеплениях шестерен, подшипниках планетарного механизма, затратой энергии на взбалтывание масла.

Из приведенного описания следует, что у механизмов поворота КПД переменный. Потери мощности зависят от условий и режимов поворота.

Найдем потери мощности у рассматриваемых механизмов поворота для каждого этапа.

ФМП. На первом этапе, независимо от степени буксования фрикционов, моменты на ведущем и ведомом валах

$$M'_1 = M''_1, \quad (1)$$

где M'_1 и M''_1 — моменты соответственно на ведущем и ведомом валах ФМП.

Мощность, теряемая в регулируемых фрикционах, определяется из баланса мощности

$$N'_\phi = N'_1 - N''_1 = M'_1 \omega_2 - M''_1 \omega_1. \quad (2)$$

Заменив M'_1 на M''_1 , после преобразования найдем

$$N'_\phi = M''_1 \omega_1 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right). \quad (3)$$

В выражении (3)

$$M''_1 \omega_1 = \frac{N_1}{\eta_1}, \quad (4)$$

где N_1 — мощность на забегающей гусенице;
 $\eta_1 = \eta_{в.у} \eta_{б.п}$ — КПД ведущего участка гусеницы и бортовой передачи.

Отношение угловых скоростей [1]

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho + 1}{\rho - 1}, \quad (5)$$

где $\rho = \frac{R}{0,5B}$ — относительный радиус поворота, равный отношению радиуса поворота машины к половинному значению ее колен.

Подставив (4) и (5) в (3), найдем потери мощности в механизме поворота на этом этапе

$$N_{пот} = N'_\phi = \frac{N_1}{\eta_1} \left(\frac{\rho + 1}{\rho - 1} - 1 \right). \quad (6)$$

На втором этапе взаимодействия звеньев ФМП вся мощность, идущая от отстающей гусеницы, теряется в остановочном тормозе

$$N_{пот} = N''_\phi = N_1 \eta_1. \quad (7)$$

На третьем этапе, как видно из схемы, потерь в механизме поворота не будет, так как $\omega_1 = 0$.

ПМП. Потери в механизме поворота на первом этапе

$$N_{\text{пот}} = \frac{N'_{\phi}}{\eta_{\text{п}}}, \quad (8)$$

где $\eta_{\text{п}}$ — КПД планетарного ряда;

$$N'_{\phi} = M'_{\phi} \omega_c = M'_{\phi} [(k+1)\omega_1 - k\omega_2], \quad (9)$$

где M'_{ϕ} — момент на барабане блокирующего тормоза (тормозе солнечной шестерни);

ω_c — угловая скорость солнечной шестерни;

k — характеристика планетарного ряда.

Момент на барабане блокирующего тормоза

$$M'_{\phi} = \frac{1}{k+1} M_1''. \quad (10)$$

Подставив в (8) выражение N'_{ϕ} из (9) и (10), после преобразований и замены (4) найдем зависимость потерь мощности в ПМП на этом этапе

$$N_{\text{пот}} = \frac{N_1}{\eta_1 \eta_{\text{п}}} \left(1 - \frac{k}{k+1} \frac{\rho+1}{\rho-1} \right). \quad (11)$$

На втором этапе у ПМП происходит рекуперация мощности N'_1 на забегающую гусеницу. В этом случае

$$N_{\text{пот}} = N''_{\phi} + N_{\text{п}} - N'_1, \quad (12)$$

где $N_{\text{п}}$ — потери мощности в планетарном ряде.

Мощность, идущая к борту забегающей гусеницы, распределяется сателлитом на два потока. Поскольку в полюсах зацепления сателлита усилия и окружные скорости равны, то $N'_1 = N_{\text{п}}$. Потери мощности на этом этапе, как и у ФМП, находятся по формуле (7). Однако в замкнутом контуре: вал главной передачи — звенья механизмов поворота — бортовые передачи — звездочки — ведущие участки гусениц — грунт, циркулирует мощность, равная $N_{\text{п}}$ — потерям мощности на трение в зацеплениях шестерен, подшипниках, блокирующем тормозе, который в реальных условиях эксплуатации выключается нечетко. В результате детали звеньев контура испытывают дополнительные вредные нагрузки.

Из схемы видно, что на третьем этапе потери в механизме поворота отстающей гусеницы равны потерям в планетарном ряде

$$N_{\text{пот}} = N_{\text{п}}. \quad (13)$$

Для наглядности сравнительной оценки потерь у обоих механизмов поворота на первом и втором этапах взаимодействия их звеньев введем коэффициент ξ , показывающий долю потерь мощности в механизмах поворота от мощности, переданной на выходной вал. Тогда

$$N_{\text{пот}} = \xi \frac{N_1}{\eta_1}. \quad (14)$$

Значения коэффициента ξ показаны в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Тип механизма поворота	ξ по этапам	
	1	2
ПМП	$\frac{1}{\eta_n} \left(1 - \frac{k}{k+1} \frac{\rho+1}{\rho-1} \right)$	η_1^2
ФМП	$\frac{\rho+1}{\rho-1} - 1$	η_1^2

Мощность на отстающей гусенице

$$N_1 = \frac{P_1 V_1}{270}, \quad (15)$$

где V_1 — скорость перематывания отстающей гусеницы.

Скорость V_1 удобнее выразить через скорость забегающей гусеницы V_2 , так как у машин с данным механизмом поворота скорость забегающей гусеницы остается постоянной, равной скорости машины при прямолинейном движении. Преобразовав выражение (5), найдем

$$V_1 = V_2 \frac{\rho-1}{\rho+1}. \quad (16)$$

Касательная сила тяги, которая должна быть на отстающей гусенице при установившемся повороте, определяется по известной формуле

$$P_1 = \frac{fQ}{2} - \frac{\mu QL}{4B}, \quad (17)$$

где f — коэффициент сопротивления движению машины;
 Q — вес машины;
 μ — приведенный коэффициент сопротивления повороту;
 L — длина опорных поверхностей гусениц;
 B — ширина колеи машины.

Подставив в формулу (14) значение N_1 из (15), (16), (17), получим обобщенную зависимость потерь мощности в механизмах поворота на первом и втором этапах от условий поворота и параметров машины

$$N_{\text{пот}} = \frac{\xi Q \left(f - \frac{L}{2B} \mu \right) V_2}{540 \eta_1} \frac{\rho-1}{\rho+1}. \quad (18)$$

Первый этап взаимодействия звеньев механизмов поворота отстающей гусеницы будет в интервале радиусов поворота $\infty > \rho \geq \rho^0$. При предельном радиусе ρ^0 касательная сила на отстающей гусенице $P_1 = 0$. Приравняв правую часть формулы (17) нулю, находим соотношение коэффициентов, при котором заканчивается первый этап,

$$\mu^0 = \frac{2B}{L} f, \quad (19)$$

где μ^0 — коэффициент сопротивления повороту, при котором $P_1 = 0$, а $\rho = \rho^0$.

Радиус поворота машины при интересующем нас значении коэффициента μ можно найти по эмпирической формуле, предложенной проф. А. О. Никитиным [1]

$$\mu = \frac{40\mu_{\text{max}}}{37 + 3\rho}, \quad (20)$$

откуда

$$\rho = \frac{40\mu_{max} - 37\mu}{3\mu}, \quad (21)$$

где μ_{max} — значение коэффициента μ при минимальном радиусе поворота ρ_{min} , когда $V_1 = 0$.

Второй этап взаимодействия звеньев механизма поворота отстающей гусеницы будет в интервале радиусов поворота $\rho^0 > \rho > \rho_{min}$.

Третий этап наступает, когда $\rho = \rho_{min}$.

Как видно из выражений (19) и (21), величина ρ^0 зависит от соотношения коэффициентов f и μ , т. е. от качества грунта. Произведем количественную оценку потерь мощности в механизмах поворота. В примере взяты два крайних варианта: 1) $f = 0,120$, $\mu = 0,350$, когда разность между коэффициентами наименьшая, такой случай характерен, например, для очень влажного волокна на твердых грунтах или при движении по глубокому снегу; 2) разность между коэффициентами наибольшая: $f = 0,065$, $\mu = 0,800$, этот случай соответствует движению по сухому волоку на плотных грунтах. Параметры расчетной машины взяты из технической характеристики трактора ТТ-4: $Q = 13000$ кгс, $B = 2000$ мм, $\frac{B}{L} = 0,697$, $V_2 = 9$ км, $k = 2,43$, $\eta_1 = 0,924$, $\eta_n = 0,980$.

В табл. 2 сведены данные расчетов, из которых следует, что на первом и третьем этапах большие потери наблюдаются у планетарных механизмов поворота. При значительной разности между коэффициентами f и μ предельный радиус ρ^0 велик и в практике эксплуатации лесных машин встречается редко. Однако лесные машины работают в самых разнообразных условиях. При действии на машину продольного тягового сопротивления (пакет трелюемой древесины, прицеп и пр.) требуется меньший поворачивающий момент. В этом случае значения ρ^0 намного уменьшаются и находятся в пределах, широко используемых в производственной эксплуатации радиусов поворота. Поэтому можно считать, что при эксплуатации лесных машин используются все этапы взаимодействия звеньев механизмов поворота.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Забавников Н. А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М., «Машиностроение», 1968. [2] Зайчик М. И. О типе механизма поворота для гусеничных трелючных тракторов. — «Груды МЛТИ», вып. 10. М., Гослесбумиздат, 1960.

Таблица 2

Коэффициенты грунтовых условий	Предельный радиус поворота 1-го этапа	Тип механизмов поворота	Расчетный радиус ρ			Коэффициент потерь мощности ξ	Потери мощности $N_{пот}$ л.с.			
			по этапам				л.с.			
			1	2	3		1	2	3	
$f = 0,065$ $\mu_{max} = 0,800$	115,0	ПМП ФМП	120	10	1	0,305	0,854	0,487	45,3	$N_{п}^0$
			120	10	1	0,002	0,854	0,003	45,3	0
$f = 0,120$ $\mu_{max} = 0,350$	15,6	ПМП ФМП	20	10	1	0,204	0,854	4,320	4,9	$N_{п}^0$
			20	10	1	0,137	0,854	2,910	4,9	0

УДК 634.0.375

**О ПРЕОБРАЗОВАНИИ ФОРМУЛ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СРЕДНЕГО РАССТОЯНИЯ ТРЕЛЕВКИ
К ФОРМУЛЕ ОБОБЩЕННОГО ВИДА ***

П. К. РЕЗНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Решена задача по определению аналитическим методом численных значений коэффициентов k_1 и k_2 в формуле обобщенного вида для расчета среднего расстояния трелевки. Выведены формулы, упрощающие расчеты, и определены численные значения коэффициентов k_1 и k_2 для двух примеров.

Среднее расстояние трелевки принято рассчитывать по формуле

$$l_{cp} = (k_1 a + k_2 b) k_0, \quad (1)$$

где a и b — размеры лесосеки прямоугольной формы;

k_1 и k_2 — коэффициенты, зависящие от схемы размещения трелевочных волоков на лесосеке;

k_0 — коэффициент, учитывающий непрямолинейность трелевочных волоков на лесосеке; принимается равным 1,0—1,4.

При расположении трелевочных волоков по схемам, приведенным на рис. 1 и 2*, формулы (5), (10) имеют обобщенную форму с численными значениями коэффициентов k_1 и k_2 .

Для случаев расположения трелевочных волоков по схемам на рис. 3 и 4 получены формулы (18) и (34)*

$$l_{cp} = \frac{a + 2b + 2\sqrt{a^2 + 4b^2}}{12}.$$

При расположении трелевочных волоков по схеме на рис. 5 получена формула (43)*

$$l_{cp} = \frac{\sqrt{a^2 + 4b^2}}{6} + \frac{a^2}{24b} \ln \left(\frac{2b + \sqrt{a^2 + 4b^2}}{a} \right) - \frac{b^2}{3a} \ln \left(\frac{\sqrt{a^2 + 4b^2} - a}{2b} \right).$$

Формулы (18), (43) отличаются от обобщенной. В первую из них входит радикал $\sqrt{a^2 + 4b^2}$, вторая еще сложнее, что в обоих случаях исключает возможность получения формулы вида (1) путем простых математических преобразований.

Все выведенные формулы выражают линейную зависимость среднего расстояния трелевки l_{cp} от двух независимых переменных a и b , которыми обозначают стороны лесосеки.

Исключив из общепринятой расчетной формулы (1) коэффициент k_0 , получаем уравнение первой степени с двумя неизвестными k_1 и k_2 .

Сопоставляя формулы (18), (43) с (1), можно записать ряд равенств, каждое из которых соответствует определенной схеме размещения волоков на лесосеке.

* Резников П. К. О методике вывода формул для расчета среднего расстояния трелевки. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 6, с. 65—72.

$$l_{cp} = \frac{a + 2b + 2\sqrt{a^2 + 4b^2}}{12} = k_1 a + k_2 b; \quad (A)$$

$$l_{cp} = \frac{\sqrt{a^2 + 4b^2}}{6} + \frac{a^2}{24b} \ln \left(\frac{2b + \sqrt{a^2 + 4b^2}}{a} \right) - \frac{b^2}{3a} \ln \left(\frac{\sqrt{a^2 + 4b^2} - a}{2b} \right) = k'_1 a + k'_2 b^* \quad (B)$$

Задача по определению численных значений коэффициентов $k_1 \dots k_n$ решается в такой последовательности.

1. Устанавливают область изменения переменных a и b . Эти величины считают дискретными.
2. Задаются разностью между двумя смежными дискретными величинами.
3. Принимают наибольшую допускаемую относительную ошибку в вычислениях по обобщенной формуле (для инженерных расчетов до 10%).
4. Для разных сочетаний переменных a и b в заданной области и при принятом шаге между дискретными величинами вычисляют по формулам среднее расстояние трелевки.
5. Составляют линейные уравнения для разных сочетаний a и b .
6. Методом наименьших квадратов совокупность составленных уравнений приводят к двум уравнениям с двумя неизвестными.
7. Решая уравнения, определяют численные значения коэффициентов k_1 и k_2 .

Рассмотрим примеры вычисления коэффициентов для схем, соответствующих формулам (18), (43). Учитывая, что стороны прямоугольных лесосечных участков, тяготеющих к одному погрузочному пункту, чаще всего имеют размеры 100—500 м, коэффициенты k_1, k_2 вычисляли при изменении переменных a и b в этих границах. Вычисленные средние расстояния трелевки по формулам (18), (34) приведены в табл. 1.

Таблица 1

b м	Среднее расстояние трелевки, м, вычисленное по формулам (18), (34) при a м								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	62	71	80	91	102	113	124	136	148
150	86	93	102	111	121	131	142	153	164
200	110	117	124	133	142	151	161	171	182
250	135	141	148	156	164	172	182	191	201
300	160	166	172	179	187	195	204	212	222
350	184	190	196	203	210	218	226	234	243
400	209	215	221	227	234	241	249	257	266
450	234	239	245	251	258	265	272	280	288
500	259	264	270	276	282	289	296	304	311

На основании данных табл. 1 составлено 25 уравнений. Шаг между переменными величинами принят 100 м.

$$\begin{aligned}
 &100k_1 + 100k_2 - 62 = 0; \quad 100k_1 + 200k_2 - 110 = 0; \quad 100k_1 + 300k_2 - 160 = 0; \\
 &200k_1 + 100k_2 - 80 = 0; \quad 200k_1 + 200k_2 - 124 = 0; \quad 200k_1 + 300k_2 - 172 = 0; \\
 &300k_1 + 100k_2 - 102 = 0; \quad 300k_1 + 200k_2 - 142 = 0; \quad 300k_1 + 300k_2 - 187 = 0; \\
 &400k_1 + 100k_2 - 124 = 0; \quad 400k_1 + 200k_2 - 161 = 0; \quad 400k_1 + 300k_2 - 204 = 0; \\
 &500k_1 + 100k_2 - 148 = 0; \quad 500k_1 + 200k_2 - 182 = 0; \quad 500k_1 + 300k_2 - 222 = 0;
 \end{aligned}$$

* Поскольку методика определения численных значений пар коэффициентов k_1 и k_2, k'_1 и k'_2, k''_1 и k''_2 одинакова, при решении примера штрихи при коэффициентах k не пишутся.

$$\begin{aligned}
 100k_1 + 400k_2 - 209 &= 0; & 100k_1 + 500k_2 - 259 &= 0; \\
 200k_1 + 400k_2 - 221 &= 0; & 200k_1 + 500k_2 - 270 &= 0; \\
 300k_1 + 400k_2 - 234 &= 0; & 300k_1 + 500k_2 - 282 &= 0; \\
 400k_1 + 400k_2 - 249 &= 0; & 400k_1 + 500k_2 - 296 &= 0; \\
 500k_1 + 400k_2 - 266 &= 0; & 500k_1 + 500k_2 - 311 &= 0.
 \end{aligned}$$

Составляем равенство суммы квадратов уравнений

$$S = (100k_1 + 100k_2 - 62)^2 + (200k_1 + 100k_2 - 80)^2 + (300k_1 + 100k_2 - 102)^2 + (400k_1 + 100k_2 - 124)^2 + \dots + (500k_1 + 500k_2 - 311)^2.$$

Берем частные производные по k_1 и k_2 и приравняем их нулю

$$S'_{k_1} = 2(100k_1 + 100k_2 - 62)100 + 2(200k_1 + 100k_2 - 80)200 + 2(300k_1 + 100k_2 - 102)300 + 2(400k_1 + 100k_2 - 124)400 + \dots + 2(500k_1 + 500k_2 - 311)500 = 0;$$

$$S'_{k_2} = 2(100k_1 + 100k_2 - 62)100 + 2(200k_1 + 100k_2 - 80)100 + 2(300k_1 + 100k_2 - 102)100 + 2(400k_1 + 100k_2 - 124)100 + \dots + 2(500k_1 + 500k_2 - 311)500 = 0.$$

После преобразований получаем

$$\left. \begin{aligned}
 S'_{k_1} &= 27500k_1 + 22500k_2 - 15156 = 0; \\
 S'_{k_2} &= 22500k_1 + 27500k_2 - 16595 = 0.
 \end{aligned} \right\} \quad (B)$$

Решая эти уравнения, находим численные значения коэффициентов k_1 и k_2

$$\left. \begin{aligned}
 k_1 &= \frac{15156 \cdot 27500 - 16595 \cdot 22500}{27500 \cdot 27500 - 22500 \cdot 22500} = 0,174; \\
 k_2 &= \frac{27500 \cdot 16595 - 22500 \cdot 15156}{27500 \cdot 27500 - 22500 \cdot 22500} = 0,461.
 \end{aligned} \right\} \quad (Г)$$

Аналогично получим уравнения для определения k_1 и k_2 , используя данные табл. 2.

Таблица 2

a м	Среднее расстояние трелевки, м, вычисленное по формуле (4) при a м								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	59	67	76	86	97	108	119	130	141
150	82	89	97	106	115	124	135	145	156
200	106	112	119	126	135	144	153	163	173
250	130	135	141	148	156	164	173	182	191
300	155	159	165	171	178	186	194	202	211
350	179	183	188	194	201	208	215	223	232
400	204	208	212	218	224	230	237	245	253
450	229	232	236	241	247	253	260	267	274
500	253	256	260	265	270	276	283	290	297

После соответствующих преобразований получаем

$$\left. \begin{aligned}
 S'_{k_1} &= 27500k_1 + 22500k_2 - 14472 = 0; \\
 S'_{k_2} &= 22500k_1 + 27500k_2 - 15908 = 0;
 \end{aligned} \right\} \quad (Д)$$

отсюда

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \frac{14472 \cdot 27500 - 15908 \cdot 22500}{27500 \cdot 27500 - 22500 \cdot 22500} = 0,160; \\ k_2 &= \frac{27500 \cdot 15908 - 22500 \cdot 14472}{27500 \cdot 27500 - 22500 \cdot 22500} = 0,447. \end{aligned} \right\} \quad (\text{E})$$

В целях сокращения промежуточных операций по вычислению частных производных от суммы квадратов уравнений выведены формулы для определения численных значений коэффициентов a и b , a_1 и b_1 при неизвестных k_1 и k_2 и значений свободных членов c и c_1 .

Так, для S'_{k_1}

$$a = \sum_{i=1}^{i=n} i a_i n = (a_1 + 2a_2 + 3a_3 + \dots + n a_n) n; \quad (\text{Ж})$$

$$b = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \sum_{i=1}^{i=n} i = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) (1 + 2 + 3 + \dots + n); \quad (\text{З})$$

$$\begin{aligned} c &= (l_1 + l_{1+n} + l_{1+2n} + l_{1+3n} + \dots + l_{1+(n-1)n}) + 2(l_2 + l_{2+n} + \\ &+ l_{2+2n} + l_{2+3n} + \dots + l_{2+(n-1)n}) + 3(l_3 + l_{3+n} + l_{3+2n} + \\ &+ l_{3+3n} + \dots + l_{3+(n-1)n}) + \dots + n(l_n + l_{2n} + l_{3n} + \dots + l_{n^2}). \end{aligned} \quad (\text{И})$$

Для вторых уравнений систем (В) и (Д), т. е. для производной S'_{k_2} значения коэффициентов a_1 и b_1 и свободного члена c_1 равны

$$a_1 = b; \quad (\text{К})$$

$$b_1 = a; \quad (\text{Л})$$

$$\begin{aligned} c_1 &= (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n) + 2(l_{n+1} + l_{n+2} + l_{n+3} + \dots + \\ &+ l_{2n}) + 3(l_{2n+1} + l_{2n+2} + l_{2n+3} + \dots + l_{3n}) + \dots + \\ &+ n(l_{(n-1)n+1} + l_{(n-1)n+2} + l_{(n-1)n+3} + \dots + l_{n^2}), \end{aligned} \quad (\text{М})$$

где a и b — коэффициенты при неизвестных k_1 и k_2 первого уравнения системы;

a_1 и b_1 — то же при k_1 и k_2 второго уравнения системы;

n — число переменных величин, принятое при составлении уравнений. При шаге 100 м $n = 5$ (100, 200, 300, 400, 500);

i — числа последовательности 1, 2, 3, 4, 5...;

a_i — численные значения стороны лесосеки a (величины дискретные); $a_1 = 100$, $a_2 = 200$, $a_3 = 300$ и т. д.;

l_i — вычисленные значения средних расстояний трелевки. Для первого примера берутся из табл. 1, для второго — из табл. 2. Индексы при l обозначают порядковый номер значения в таблице с учетом принятого шага изменения величин a и b . Порядок отсчета начинается от левого верхнего угла таблицы направо (первая строка) и дальше по строкам в той же последовательности. Так, $l_1 = 62$; $l_{1+n} = 110$; $l_{2+n} = 124$ и т. д.

Достоверность и пригодность для инженерных расчетов вычисленных коэффициентов k обобщенной формулы проверяют по относительной ошибке δ

$$\delta = \frac{\Delta}{l}, \quad (\text{Н})$$

где Δ — разность между значениями расстояний трелевки, вычисленных по основной и обобщенной формулам;

l — расстояние трелевки, вычисленное по основной формуле.

Относительную ошибку определяют, выбирая наудачу 10 случаев из числа рассчитанных по каждому приведенному примеру, при разных сочетаниях размеров сторон лесосеки. Для этого из таблиц случайных чисел* произвольно берут столбец 3 для примера 1 и столбец 4 для примера 2 (первые 10 чисел в каждом столбце), считая, что номер случайного числа соответствует номеру лесосечного участка, помещенного в табл. 1 и 2. Для выбранных наудачу лесосечных участков определяют относительную ошибку в вычисленных расстояниях трелевки по обобщенным формулам. Данные расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

$k_1=0,174; k_2=0,461$					$k_1=0,160; k_2=0,447$				
Номера случайных величин (из табл. 1)	Среднее расстояние, м, вычисленное по формулам		Δ м	δ	Номера случайных величин (из табл. 2)	Среднее расстояние, м, вычисленное по формулам		Δ м	δ
	основной	обобщенной				основной	обобщенной		
36	201	202,2	1,2	0,005	73	253	239,5	13,5	0,053
2	71	72,2	1,2	0,016	51	208	212,4	4,4	0,021
44	212	216,6	4,6	0,021	43	194	198,1	4,1	0,021
5	102	98,3	3,7	0,036	55	204	194,8	9,2	0,045
25	161	161,8	0,8	0,005	14	115	115,0	0,0	0,000
41	187	190,5	3,5	0,019	63	253	258,8	5,8	0,022
7	124	115,7	8,3	0,067	60	230	234,8	4,8	0,021
18	164	156,2	7,8	0,048	2	67	68,7	1,7	0,025
3	80	80,9	0,9	0,011	26	163	161,4	1,6	0,009
26	171	170,5	0,5	0,003	1	59	60,7	0,3	0,005

Из таблицы видно, что для первого и второго примеров 90% рассмотренных случаев имеют относительную ошибку до 5%, у 10% случаев относительная ошибка больше 5%, но не выходит за пределы 10%. При использовании большего числа уравнений можно получить более точные значения последнего знака у коэффициента k_2 . Так, для рассмотренных примеров, при шаге между случайными величинами 50 м, число уравнений может быть доведено до 81, тогда для первого примера

$$k_1 = \frac{81484 \cdot 148500 - 89323 \cdot 121500}{148500 \cdot 148500 - 121500 \cdot 121500} = 0,171;$$

$$k_2 = \frac{148500 \cdot 89323 - 121500 \cdot 81484}{148500 \cdot 148500 - 121500 \cdot 121500} = 0,462;$$

для второго примера

$$k_1 = \frac{77765 \cdot 148500 - 85516 \cdot 121500}{148500 \cdot 148500 - 121500 \cdot 121500} = 0,159;$$

$$k_2 = \frac{148500 \cdot 85516 - 121500 \cdot 77765}{148500 \cdot 148500 - 121500 \cdot 121500} = 0,450.$$

На основании изложенного можно сделать вывод, что для всех случаев численные значения коэффициентов обобщенной формулы для определения среднего расстояния трелевки вычисляются аналитически.

* Митропольский А. К. Элементы математической статистики. Л., изд. ЛТА, 1969, 273 с.

УДК 634.0.378.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВАЮЩЕГО БРЕВНА

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Получены точные и приближенные расчетные зависимости для определения площади поперечного сечения погруженной в воду части плавающего бревна по его диаметру и осадке в предположении, что в поперечном сечении бревно имеет форму круга. С использованием закона Архимеда выведены точные и приближенные формулы для определения относительной массы бревна по известным диаметру и осадке и осадки по диаметру и относительной массе. Приведены результаты расчетов по экспериментальным замерам, подтверждающие применимость формул в практике лесосплава.

При конструировании, исследовании и эксплуатации механизмов, оперирующих с плавающими на воде бревнами, часто бывает необходимо определять возможную осадку бревна, высоту его надводной части, площадь миделевого сечения или относительную массу плавающего бревна.

Ниже приводятся точные и приближенные зависимости для вычисления характерных параметров плавающего бревна. Для отыскания площади поперечного сечения надводной части бревна воспользуемся уравнением окружности с центром в начале координат (рис. 1)

$$x^2 + y^2 = r^2, \tag{1}$$

откуда

$$x = \sqrt{r^2 - y^2}. \tag{2}$$

Дифференцируя (1), получим

$$dx = -\frac{y}{x} dy. \tag{3}$$

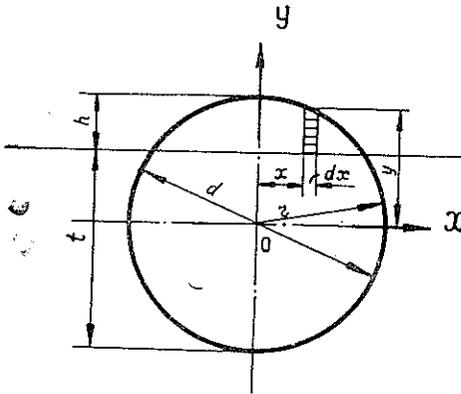


Рис. 1.

Элементарная площадь половины надводного сегмента выражается зависимостью (рис. 1).

$$dF = (r + y - t) dx.$$

Подставляя сюда (3), а затем (2), получим*

$$dF = r \frac{y dy}{\sqrt{r^2 - y^2}} + \frac{y^2 dy}{\sqrt{r^2 - y^2}} - t \frac{y dy}{\sqrt{r^2 - y^2}},$$

или

$$dF = (r - t) \frac{y dy}{\sqrt{r^2 - y^2}} + \frac{y^2 dy}{\sqrt{r^2 - y^2}}. \tag{4}$$

* Знак минус в правой части зависимости (3) опускаем, так как величина dy отрицательна.

Интегрируя уравнение (4) в пределах y от $(t-r)$ до r , после преобразований найдем площадь всего надводного сегмента

$$F_n = \frac{\pi r^2}{2} - (t-r) \sqrt{t(2r-t)} - r^2 \arcsin \left(\frac{t}{r} - 1 \right), \quad (5)$$

а площадь подводной части поперечного сечения

$$F_n = \frac{\pi r^2}{2} + (t-r) \sqrt{t(2r-t)} + r^2 \arcsin \left(\frac{t}{r} - 1 \right). \quad (6)$$

Таким образом, измерив диаметр и осадку плавающего бревна, по формулам (5) и (6) можно определить площадь поперечного сечения надводной или подводной частей торцов.

Полученные формулы следует применять при точных расчетах. Для быстрых приближенных расчетов они громоздки.

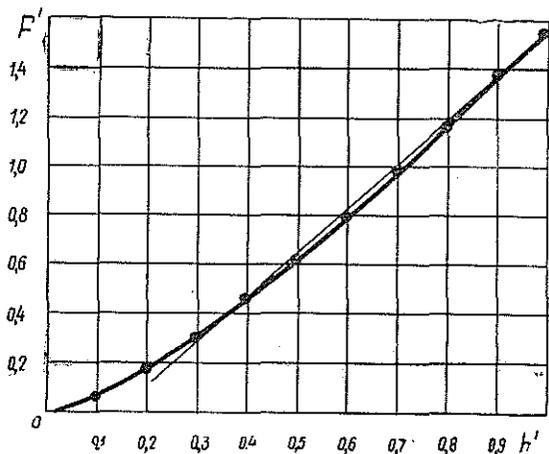


Рис. 2. График зависимости площади сегмента от стрелки при $r=1$.

Если, воспользовавшись таблицей для элементов сегмента круга единичного радиуса, построить график зависимости безразмерной площади сегмента F' от безразмерной стрелки h' , то получим кривую $F' = f(h')$ — рис. 2, которую на участке от $h' = 0,3$ до $h' = 1,0$ можно заменить прямой вида

$$F' = -0,266 + 1,815h'.$$

Применительно к бревну радиусом r площадь надводного сегмента определяем по формуле

$$F_n = 1,815r(h - 0,147r). \quad (7)$$

Заменяя $r = 0,5d$ и $h = d - t$, формулу (7) можно написать

$$F_n = 0,908d(0,926d - t). \quad (8)$$

Площадь подводного поперечного сечения вычисляем по формулам

$$F_n = 3,409r(r - 0,532h) \quad (9)$$

или

$$F_{\Pi} = 0,908d(t - 0,061d). \quad (10)$$

Для оценки точности результатов и выявления границ возможного применения приближенных формул вычислим площадь сегмента по таблицам и по формуле (7) для $r = 1$. Результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Стрелка h'	Площадь F_{Π}		Разница	
	по таблице	по формуле (7)	абсолютная	%
0,2	0,165	0,097	-0,068	41,2
0,3	0,300	0,278	-0,022	7,3
0,4	0,450	0,460	+0,010	2,2
0,5	0,614	0,641	+0,027	4,4
0,6	0,792	0,823	+0,031	3,9
0,7	0,979	1,005	+0,026	2,6
0,8	1,174	1,186	+0,012	1,0
0,9	1,375	1,367	-0,008	0,6
1,0	1,570	1,549	-0,029	1,8

Анализируя данные этой таблицы, можно отметить, что полученные приближенные формулы достаточно точны для бревен, имеющих осадку не более $1,7 r$, т. е. при соблюдении условия

$$0,061d \leq t \leq 0,85d. \quad (11)$$

Используя для плавающего бревна закон Архимеда и подразумевая под d средний диаметр бревна, можно записать

$$\frac{\pi d^2}{4} l \gamma = F_{\Pi} l \gamma_0, \quad (12)$$

где γ и γ_0 — соответственно объемный вес бревна и удельный вес воды;

l — длина бревна.

Подставим в формулу (12) выражение (6) для F_{Π} , в котором заменим $r = 0,5 d$, тогда

$$\frac{\pi d^2}{4} \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\pi d^2}{8} + (t - 0,5d) \sqrt{t(d-t)} + \frac{d^2}{4} \arcsin \left(\frac{2t}{d} - 1 \right).$$

Введем обозначение для относительной массы бревна $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0}$.

После преобразований получим

$$\delta = 0,5 + \frac{2(2t-d)}{\pi d^2} \sqrt{t(d-t)} + \frac{1}{\pi} \arcsin \left(\frac{2t}{d} - 1 \right). \quad (13)$$

Формула (13) пригодна для определения относительной массы бревна с любой осадкой. При этом осадка измеряется или по торцам и вычисляется средняя (для приближенных вычислений), или через равные расстояния по длине бревна с вычислением среднеарифметической осадки.

Используя зависимость (10), можно написать

$$\frac{\pi d^2}{4} l \gamma = 0,908d(t - 0,061d) l \gamma_0.$$

откуда после преобразований

$$\delta = 1,156 \left(\frac{t}{d} - 0,061 \right). \quad (14)$$

По известной относительной массе и диаметру определим осадку бревна

$$t = 0,865d (\delta + 0,061) \quad (15)$$

и площадь

$$F_{\pi} = \frac{\pi}{4} d^2 (\delta - 0,0095). \quad (16)$$

Пользуясь зависимостью (14), можно установить, что условие (11) соблюдается для бревен с относительной массой $0 < \delta \leq 0,912$, т. е. в практике лесосплава можно пользоваться приближенными формулами.

В настоящее время для определения осадки бревен используют формулу

$$t = \delta d,$$

откуда

$$\delta = \frac{t}{d}. \quad (17)$$

Сравним точность расчетов по предлагаемым формулам (13) и (14) и применяемой (17). Результаты сравнения сведены в табл. 2.

Таблица 2

Осадка бревна в долях от d	Относительная масса бревна δ				
	по точной формуле (13)	по формуле (14)	Ошибка, %	по формуле (17)	Ошибка, %
0,90	0,939	0,970	3,3	0,90	4,2
0,80	0,825	0,854	3,5	0,80	3,0
0,75	0,805	0,796	1,1	0,75	6,8
0,70	0,747	0,739	1,1	0,70	6,3
0,60	0,626	0,623	0,5	0,60	4,2
0,50	0,500	0,507	1,4	0,50	0
0,40	0,374	0,392	4,8	0,40	7,0

Таблица 3

Средний диаметр бревен, см	δ_{μ}	δ_{σ}	$\Delta\delta\%$
В коре			
9,4	0,819	0,766	-6,47
11,6	0,679	0,637	-6,19
16,4	0,811	0,811	0
19,0	0,637	0,644	+1,10
28,8	0,714	0,683	-4,34
37,3	0,671	0,698	+4,02
48,5	0,698	0,680	-2,58
Без коры			
11,0	0,618	0,634	+2,59
12,9	0,663	0,691	+4,25
18,8	0,627	0,620	-1,17
22,0	0,605	0,605	0
25,3	0,750	0,729	-2,80
29,6	0,887	0,915	+3,16
31,1	0,645	0,646	+0,16

В табл. 3 приведены данные по натурным измерениям на Бобровском рейде для определения относительных масс двух партий бревен — в коре (ель и сосна) и без коры.

В таблице обозначено:

δ_u — относительная масса бревна, вычисленная по его массе и объему;

δ_b — относительная масса бревна, вычисленная по средней осадке и диаметру с использованием формулы (14).

Как видно из табл. 3, расчетная формула дает удовлетворительные результаты, причем для бревен без коры — более точные. Сравнительно большая ошибка в определении δ по t и d для бревен малых диаметров объясняется большой относительной ошибкой при линейных измерениях этих бревен.

Выводы

1. Получены формулы для точного и приближенного вычисления площади погруженного в воду торца плавающего бревна и относительной массы по известным диаметру и осадке, приближенная формула для вычисления осадки бревна по известным относительной массе и диаметру. Формулы могут быть использованы при технологических расчетах сортировки и выгрузки бревен, пропуска их через гидрлотки, а также при проведении экспериментальных исследований.

2. Приближенные формулы дают достаточно точный результат в пределах $0 < \delta \leq 0,91$ при $t \leq 0,85 d$, тогда как ошибки в определении t и δ по применяемым в настоящее время формулам для часто встречающихся случаев практики лесосплава превышают допустимые.

3. Экспериментальная проверка показала применимость полученных формул.

Поступила 11 октября 1976 г.

УДК 628.16.067

ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ СКВОЗЬ БРЕВЕНЧАТУЮ ДАМБУ

С. В. ГУЛИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Предлагается частично подтвержденное экспериментом теоретическое решение вопроса о движении воды поперек и вдоль бревенчатой преграды. Используется обобщенная формула С. В. Избаша, полученная на основании метода размерностей. За основу теоретического решения принято положение об укладке бревен рядами под углом $\alpha = 60^\circ$ с учетом средней величины просвета b между ними. Даются численные значения коэффициентов фильтрации в зависимости от диаметра бревен и пористости дамбы, а также формулы для определения коэффициентов и скорости фильтрации.

Бревенчатая дамба — однородная, анизотропная среда, отдельные «фракции» которой имеют круглую форму. Последнее обстоятельство позволяет определить теоретически некоторые, особо важные, параметры, характеризующие фильтрацию воды сквозь бревенчатую дамбу.

Для изучения движения воды между бревнами используется обобщенная формула, выведенная С. В. Избашом [2]

$$V = m \sqrt[n]{\frac{g}{A} \nu^{n-2} D^{3-n} I}, \quad (1)$$

здесь V — скорость фильтрации;
 m — пористость среды;
 ν — кинематический коэффициент вязкости;
 D — линейный размер сечения;
 I — гидравлический уклон;
 n — показатель степени;
 A — безразмерный коэффициент, зависящий в общем случае от структуры пористой среды, формы и шероховатости обтекаемых элементов среды и числа Рейнольдса;
 g — ускорение силы тяжести.

Формула (1) применима для расчетов равномерного движения любой жидкости в среде любой пористости и при любом режиме движения.

При ламинарном режиме $n = 1$. В этом случае из выражения (1) получим

$$V = m \frac{gD^2}{A\nu} I. \quad (2)$$

Если в формуле (2) принять параметр $A = 12$ и линейный размер D равным размеру щели δ между бревнами (рис. 1), то

$$V = m \frac{g\delta^2}{12\nu} I \quad (3)$$

или

$$V = K'_1 I, \quad (4)$$

здесь

$$K'_1 = m \frac{g\delta^2}{12\nu}, \quad (5)$$

где K'_1 — коэффициент фильтрации поперек бревен при ламинарном режиме движения жидкости.

Подставляя в формулу (3) $m = 1$, получим известную теоретическую зависимость при истечении жидкости через плоскую щель [3].

При турбулентном режиме, в квадратичной зоне, показатель степени $n = 2$. Тогда

$$V = m \sqrt{\frac{g}{A} DI}. \quad (6)$$

Если принять $D = \delta$ и $A = 1$, то из формулы (6) следует, что

$$V = m \sqrt{g\delta I} = K''_1 \sqrt{I}, \quad (7)$$

здесь

$$K''_1 = m \sqrt{g\delta}, \quad (8)$$

где K''_1 — коэффициент фильтрации поперек бревен при турбулентном режиме движения жидкости.

Если в формуле (6) принять линейный размер D , равный гидравлическому радиусу R , а выражение $\sqrt{\frac{g}{A}}$ обозначить через скоростной множитель C , то получим

$$V = mC \sqrt{RI} = K_2 \sqrt{I}, \quad (9)$$

здесь

$$K_2 = mC\sqrt{R}, \tag{10}$$

где K_2 — коэффициент фильтрации вдоль бревен.

При $m = 1,0$ из выражения (9) получим формулу Шези.

Определим коэффициенты, входящие в полученные формулы. Пористость m определяется при условии, что бревна одинаковы по диаметру и уложены рядами под углом $\alpha = 60^\circ$ (рис. 1). Такая укладка наиболее рациональна и чаще всего встречается в практике. Влияние кривизны бревен и сучков на пористость учитывается средней величиной просвета δ между бревнами. Пористость фильтрационной среды удобнее выразить через полндревесность η

$$m = 1 - \eta, \tag{11}$$

которую, при одинаковой длине бревен, находим как отношение площади поперечного сечения бревен ω_n к площади треугольника ω . Из рис. 1 получим

$$\eta = \frac{\omega_n}{\omega} = \frac{\pi d^2}{4(d + \delta)^2 \sin \alpha} = 0,907 \frac{d^2}{(d + \delta)^2}. \tag{12}$$

При $\alpha = 90^\circ$, вместо коэффициента 0,907, необходимо подставить 0,785.

Задаваясь m и d , по формулам (11) и (12) определим размер щели δ (табл. 1).

Таблица 1

d см	Размеры щели δ при m							
	0,093	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
1,0	0	0,004	0,033	0,065	0,100	0,139	0,182	0,230
3,25	0	0,014	0,109	0,212	0,326	0,451	0,591	0,748
6,0	0	0,026	0,201	0,392	0,602	0,833	1,090	1,380
10,0	0	0,045	0,336	0,654	1,000	1,389	1,819	2,302
20,0	0	0,088	0,671	1,307	2,006	2,778	3,638	4,603
30,9	0	0,132	1,007	1,961	3,009	4,168	5,457	6,906
40,0	0	0,177	1,341	2,614	4,012	5,556	7,275	9,206

Из табл. 1 следует, что для сохранения постоянной пористости m с повышением диаметра бревен необходимо увеличить просвет δ между ними.

Результаты замеров пористости m бревенчатой среды, выполненные на модельных бревнах, приведены в табл. 2.

Гидравлический радиус пор R между бревнами находят обычным способом как отношение площади пор ω_n к их смоченному периметру χ_n

$$R = \frac{\omega_n}{\chi_n} = \frac{d^2 + 22d\delta + 11\delta^2}{40(d + 1,9\delta)}. \tag{13}$$

Таблица 2

Средний диаметр бревен d , см	Качество бревен	Способ укладки бревен	Пористость m
1,0	Гладкие цилиндры	Рядами, $\alpha=60^\circ$	0,16
1,0	"	Беспорядочный	0,23
3,25	"	Рядами, $\alpha=60^\circ$	0,17
6,0	"	"	0,17
6,0	С сучками	"	0,20

Таблица 3

d см	$m=0,15$		$m=0,20$		$m=0,25$		$m=0,30$		$m=0,35$	
	K_1''	$\frac{K_2}{K_1''}$								
1,0	1,55	10,7	1,60	8,0	2,47	6,6	3,5	5,6	4,65	24,5
3,25	2,10	10,8	2,88	7,9	4,47	6,5	6,3	5,8	8,40	41,1
6,0	2,73	10,8	3,90	7,9	6,07	6,5	8,4	5,9	11,15	60,0
10,0	3,84	10,9	5,05	7,9	7,85	6,5	11,1	5,7	14,70	77,6
20,0	4,85	10,6	7,14	7,9	11,10	6,5	15,6	5,8	20,90	110,0
30,0	4,85	10,6	8,76	7,9	13,55	6,5	19,1	5,8	25,50	134,0
40,0	5,42	10,9	10,01	7,9	15,65	6,5	22,2	5,7	29,50	155,2
Среднее		10,8		7,9		6,5		5,8		5,3

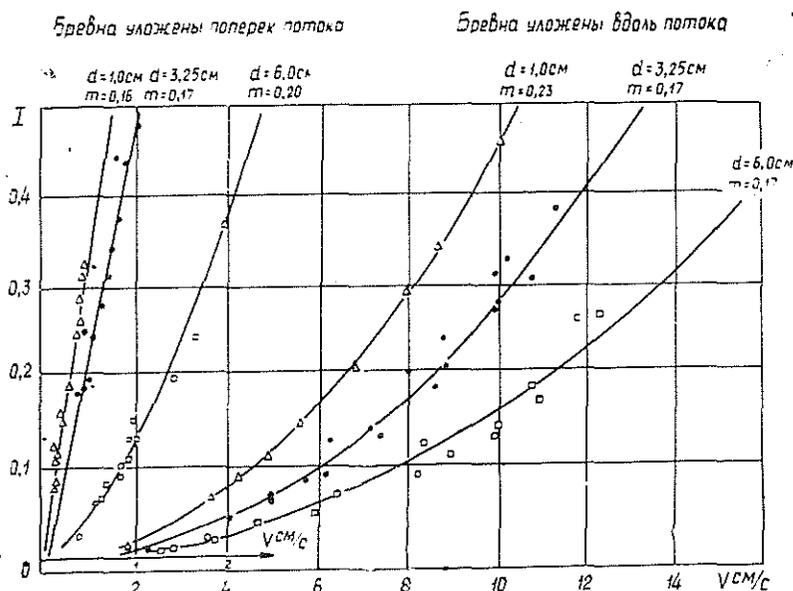


Рис. 2. Графики зависимости скорости фильтрации от гидравлического уклона.

Скоростной множитель C вычисляют по обобщенной формуле А. Д. Альтшуля [1]

$$C = 25 \lg \frac{R}{\varepsilon}. \quad (14)$$

Параметр ε — приведенная линейная шероховатость — связан со средней высотой выступов шероховатости Δ соотношением $\varepsilon = 0,143 \Delta$. В нашем случае принимаем $\Delta = \frac{\delta}{2}$. Тогда

$$\varepsilon = 0,143 \frac{\delta}{2} = 0,0715\delta. \quad (15)$$

На рис. 2 представлены экспериментальные и теоретические зависимости между скоростью фильтрации и гидравлическим уклоном, которые показывают, что принятые нами теоретические положения достаточно хорошо отражают явления, происходящие при движении воды сквозь бревенчатую дамбу.

На основании проведенных исследований предлагается шкала коэффициентов фильтрации и коэффициентов анизотропии (табл. 3).

Анализируя табл. 3, можно отметить следующее.

1. Коэффициенты фильтрации K_1' и K_2' значительно изменяются в зависимости от диаметра бревен и пористости бревенчатой дамбы.

2. Коэффициент анизотропии, т. е. отношение коэффициента продольной фильтрации к коэффициенту поперечной фильтрации $\left(\frac{K_2}{K_1}\right)$,

зависит не от диаметра бревен, а только от пористости m . С увеличением m коэффициент анизотропии уменьшается.

Предлагаемые численные значения коэффициентов фильтрации (табл. 3) и формулы для определения коэффициентов и скорости фильтрации позволят более правильно учесть влияние воды внутри плота на его транспортные качества, подобрать оптимальный режим работы крана при выгрузке бревен из воды, запроектировать русло-выправительные сооружения и ряжевые волногасители.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Альтшуль А. Д. Гидравлические потери на трение в трубопроводах. М.—Л., Госэнергоиздат, 1963. [2]. Избаш С. В. О фильтрации в крупнозернистом материале. — «Известия НИИРИ», т. 1. Л., 1931. [3]. Осипов П. Е. Гидравлика и гидравлические машины. М., «Лесная промышленность», 1965.

Поступила 17 января 1977 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.812.2

О ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПРЕССОВОЧНЫХ МАСС
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

В. А. БАЖЕНОВ, Л. Т. САМХАРАДЗЕ

Московский лесотехнический институт

Приведены результаты испытания образцов из древесной прессовочной массы на растяжение с применением математического метода планирования эксперимента. Выявлены основные факторы, влияющие на прочность материала при растяжении.

Видное место среди современных конструкционных материалов занимают композиционные, состоящие из двух или более компонентов, обладающих различными физическими и механическими свойствами. Полимерное связующее можно принять в качестве непрерывной среды, а наполнитель — дискретной среды, распределенной в объеме непрерывного компонента.

Наполнитель служит для передачи внешних усилий на нагружаемый элемент, а полимерное связующее осуществляет надежную связь между отдельными частицами композиционного материала. Кроме того, наличие полимера в композиционном материале обеспечивает простоту переработки его в изделие.

Композиционные материалы наследуют как положительные, так и отрицательные свойства составляющих их компонентов. Поэтому для получения материалов с заданными свойствами необходимо комплексное изучение свойств композиции, поскольку только это позволит целенаправленно варьировать и рецептурные, и технологические факторы.

Древесина — анизотропный материал, упругие свойства которого обнаруживают существенные различия по трем взаимно перпендикулярным направлениям: продольному, радиальному и тангенциальному. Свойства древесины по всем направлениям поперек волокон можно приближенно для упрощения задачи принять одинаковыми.

При использовании в качестве наполнителя мелких древесных частиц, мало различающихся по линейным размерам в трех главных направлениях, композиционный материал можно считать изотропным. Однако изотропия может быть допущена и практически проявиться лишь при незначительных давлениях, не вызывающих ориентации частиц.

Для исследований нами были взяты от лесопильных рам буковые опилки двух разных фракций. Фракция 5/3 имела размеры частиц $1,001 \times 1,776 \times 3,660$ мм, а фракция 2/1 — $0,358 \times 0,494 \times 1,213$ мм (средние из 100 наблюдений для каждой фракции). В качестве связующего использовали спирторастворимую фенол-формальдегидную смолу СВС-1.

Желая на первом этапе исследования выявить только доминирующие факторы, определяющие свойства получаемого композиционного материала, мы поставили многофакторный эксперимент по линейному плану Плэккетта — Бермана*, отличающемуся простотой и малым объемом вычислительных работ.

* Пижурин А. А. Современные методы исследования технологических процессов в деревообработке. М., «Лесная промышленность», 1972.

Таблица 1

Наименование факторов	Обозначения	Шаг варьирования	Уровни		
			основной	верхний	нижний
Фракционный состав прессмассы*	x_1	—	3/2	5/3	2/1
Влажность прессмассы, %	x_2	3	7	10	4
Содержание связующего в прессмассе, %	x_3	5	30	35	25
Концентрация связующего, %	x_4	10	35	45	25
Содержание уротропина в прессмассе, %	x_5	1,5	1,5	3	0
Содержание оленновой кислоты в прессмассе, %	x_6	1,5	1,5	3	0
Расход прессмассы на 1 см ³ объема полости прессформы, г/см ³	x_7	0,04	1,36	1,40	1,32
Температура прессования, °С	x_8	10	150	160	140
Продолжительность прессования, мин/мм	x_9	0,3	1,0	1,3	0,7
Температура нагрева таблеток, °С	x_{10}	40	60	100	20

Для исследования выделили десять факторов (табл. 1).

Композиционный прессматериал из предварительно оттаблетированной массы изготавливали в виде брусков размером 120×15×15 мм и прессовали их в прессформе закрытого типа. Критерием для оценки свойств композиции выбрали пределы прочности при растяжении по толщине (σ_T) и ширине ($\sigma_{ш}$) образца (за толщину приняли размер по направлению прессования, а за ширину — наименьший размер в плоскости прессования).

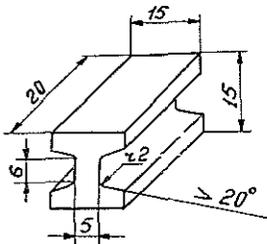


Рис. 1.

Образцы для испытаний готовили следующим образом. После прессования и кондиционирования брусков специальной фрезой выбирали по всей длине образца пазы с двух противоположных сторон, затем бруски разрезали на части размером 20×15×15 мм (рис. 1). Концевые участки (не менее 10 мм от торцов) отбрасывали. Полученные образцы с помощью специального приспособления с самоцентрирующимися головками испытывали на машине ДИ-1 со скоростью перемещения нагружающей головки 4,5 мм/мин. Разрушение образцов происходило в середине ослабленных сечений, что подтверждает незначительное влияние концентрации напряжений в переходной части образца и свидетельствует о правильном выборе радиуса закругления переходной части ($r = 2$ мм).

В табл. 2 приведена матрица планирования и показаны результаты ее шестикратной реализации. После проверки значимости коэффициентов получили следующие уравнения (в условных переменных): для предела прочности при растяжении по толщине образца

$$\sigma_T = 59 + 2,408x_7 + 1,742x_8 + 1,742x_5 - 1,092x_2 + 0,975x_{10}; \quad (1)$$

для предела прочности при растяжении по ширине образца

$$\sigma_{ш} = 231 - 21,3x_8 + 19,5x_{10} + 16,7x_1 + 11,8x_5. \quad (2)$$

Среднее абсолютное значение предела прочности при растяжении по ширине образца превышает значение предела прочности при растяжении по толщине примерно в 4 раза ($\frac{231}{59} = 3,915$).

На наш взгляд, полученный результат можно объяснить следующим образом.

Таблица 2

Матрица планирования и результаты ее реализации при методе насыщенных планов

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	σ_T	$\sigma_{ш}$
1	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	58,7	210
2	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	53,5	250
3	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	58,6	222
4	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	57,0	268
5	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	58,1	307
6	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	58,9	185
7	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	60,9	135
8	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	70,5	237
9	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	55,7	240
10	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	62,8	265
11	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	57,6	260
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,0	191

1. При высоких удельных давлениях (порядка 40—60 мН/м²) происходит ориентация частиц. Наиболее длинные из них располагаются параллельно плоскости прессования. При растяжении образца по толщине клеевая прослойка между частицами и частицы работают на растяжение в направлении перпендикулярном к направлению волокон. При растяжении по ширине клеевой шов работает и на скалывание. Определенное количество частиц работает на растяжение вдоль волокон и таким образом армирует образец по ширине. Об этом свидетельствует присутствие фактора x_1 (фракционный состав) в уравнении (2) с положительным коэффициентом. При увеличении фракционного состава растут линейные размеры частиц и, соответственно, — их армирующая способность.

2. В прессформе упругие силы со стороны образца уравновешены реакциями боковых стенок, нижнего и верхнего пуансонов. После снятия давления равновесное состояние образца нарушается. На него в этом случае действуют только сжимающие силы от боковых стенок прессформы, и он стремится увеличить свои размеры по толщине. Этому препятствуют силы трения, и образец получается выпуклым с двух сторон (рис. 2).

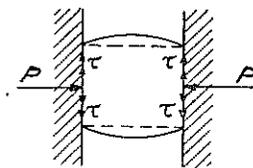


Рис. 2.

На образец после выпрессовки действуют поперечные растягивающие силы, и он опять меняет форму. Вследствие этих деформаций в горизонтальной плоскости образца возможно появление микротрещин, которые могут усилить нежелательную слоистость материала. Они могут возникнуть и из-за наличия в исходной композиции влаги и летучих веществ, стремящихся выйти наружу. На возможность этого указывает отрицательный коэффициент при факторе x_2 в уравнении (1).

3. С увеличением количества связующего в композиции предел прочности на растяжение по толщине образца повышается (положительный коэффициент при факторе x_3 в уравнении (1)), что, по нашему мнению, обусловлено увеличением контактных точек у полимерной основы. Этим и можно объяснить уменьшение прочности на растяжение по ширине образца (отрицательный коэффициент при факторе x_3 в уравнении (2)), поскольку предел прочности полимерной основы ниже, чем древесины вдоль волокон.

4. С увеличением расхода композиции на единицу объема полости прессформы повышается предел прочности на растяжение по толщине образца (положительный коэффициент при факторе x_7 в уравнении (1)). Значит, с увеличением расхода композиции, увеличивается плотность образца и, соответственно, площадь поверхности контакта между частями. Но это явление справедливо до определенной плотности образца. Нами ни в одном опыте не была получена расчетная плотность — 1400 кг/м³. В эксперименте максимальная плотность составляла 1379 кг/м³; максимальное значение предела прочности на растяжение по толщине оказалось равным 70,5 кгс/см², при плотности 1367 кг/м³, минимальное — 53,5 кгс/см².

5. Добавление в полимерный компонент композиции уротропина повышает прочность материала в обоих направлениях. При разложении уротропина выделяется аммиак, который пластифицирует древесину, особенно при повышенной температуре, а выделенный формальдегид связывает свободный фенол и низкомолекулярные продукты конденсации, содержащиеся в смоле, и уменьшает газотворную способность композиции.

6. Предварительный подогрев таблеток повышает пластичность композиции, ускоряет процесс релаксации напряжений за счет более короткого времени перехода связующего в расплав и тем самым снижает величину возникающих внутренних напряжений в образце.

Поступила 14 июня 1976 г.

УДК 674.028.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО РАДИУСА ИЗГИБА ПАКЕТА ШПОНА

А. И. ЯНСОН, З. И. ДЯЧУН

Львовский лесотехнический институт

Проведены исследования по гнущю листов березового шпона, разработана методика определения бездефектного изгиба пакета шпона при изготовлении гнутоклеевых блоков мебели. Исследования показали, что на бездефектный изгиб следует проверять крайние (наружные) листы пакета.

В настоящей статье дается методика определения минимально допустимого радиуса изгиба пакета шпона, разработанная на базе результатов исследований по гнущю отдельных листов шпона [4].

При изгибе многослойного пакета лист шпона, прилегающий к пуансону, подвергается сложному гнущю (кроме изменения формы происходит и упрессовка), а лист шпона со стороны матрицы (по рис. 1 нижний) подвергается простому гнущю (без упрессовки).

Усилие, необходимое для изгиба пакета шпона,

$$P = \frac{kfE_{\text{усл}} nB \delta^3}{12l^3}, \quad (1)$$

где k — коэффициент ($k = 48$ при изгибе сосредоточенной силой и $k = \frac{384}{5}$ — при изгибе равномерно распределенной силой [1]);

B — ширина пакета;

δ — толщина шпона;

l — длина пакета (расстояние между опорами).

f — стрела прогиба пакета шпона;

$E_{\text{усл}}$ — условный модуль упругости пакета шпона, сформированного на карбамидном клее М-19—62 из березового шпона, равный [3]:

$$E_{\text{усл}}^{\parallel} = 120\,000 + 2800n; \quad (2)$$

$$E_{\text{усл}}^{\perp} = 105\,000 + 103n^2 - 2900n, \quad (3)$$

где $E_{\text{усл}}^{\parallel}$ и $E_{\text{усл}}^{\perp}$ — условные модули упругости пакетов шпона соответственно с параллельным и перпендикулярным расположением смежных листов.

Формула (2) показывает, что по мере увеличения количества листов в пакете увеличивается и $E_{\text{усл}}^{\parallel}$ в связи с тем, что возрастает сила трения между ними

$$T = f_1 (n - 1) N, \quad (4)$$

где T — сила трения между листами шпона;

$f_1 = 0,3$ — коэффициент трения между листами шпона;

N — нормальное давление на пакет.

Формула (3) показывает, что по мере увеличения числа листов шпона в пакете $E_{\text{усл}}^{\perp}$ сначала падает, а потом возрастает (при $n = 11$ значение минимально). Это объясняется соотношением m количества параллельных и перпендикулярных листов в пакете (при $n = 3; 7; 11; 15; 19$ и т. д. соответственно $m = 2; 1,33; 1,20; 1,145; 1,119$ и т. д.), т. е. при приближении m к единице $E_{\text{усл}}^{\perp}$ возрастает и при этом оказывает большее влияние сила трения T .

На рис. 1 дана схема взаимосвязи пуансона с пакетом шпона в процессе изгиба. Удельное давление прессования листа шпона, прилегающего к пуансону в месте изгиба, можно определить как

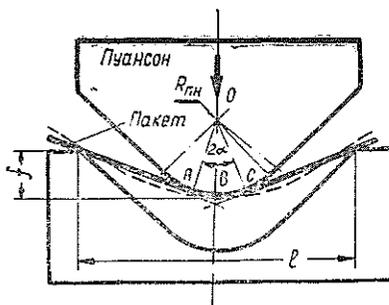


Рис. 1.

$$P_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{P}{S} = \frac{P}{B R_{\text{пн}} 2\alpha}, \quad (5)$$

где $P_{\text{ср}}^{\text{н}}$ — среднее удельное давление прессования листа шпона, прилегающего к пуансону в месте изгиба;

$S = B \cdot \overset{\frown}{ABC} = B R_{\text{пн}} 2\alpha$ — площадь контактирования пуансона с пакетом шпона ($R_{\text{пн}}$ — радиус пуансона);

2α — угол охвата пакетом шпона поверхности пуансона.

Для определения $P_{\text{ср}}^{\text{н}}$ необходимо знать угол 2α , который зависит от расстояния между опорами l , стрелы прогиба f и радиуса пуансона. Анализируя рис. 1, можно вывести уравнение для определения α в зависимости от указанных факторов, а именно:

$$\left[\frac{l^2}{4} + (f - R_{\text{пн}})^2 \right] \cos^2 \alpha + 2R_{\text{пн}}(f - R_{\text{пн}}) \cos \alpha - \left(\frac{l^2}{4} - R_{\text{пн}}^2 \right) = 0. \quad (6)$$

Действительное удельное давление, в отличие от расчетного, будет больше, так как пакет при изгибе имеет форму, показанную пунктиром, и фактическая площадь контактирования будет меньше. Принятое допущение будет гарантировать в дальнейших расчетах минимально допустимый радиус изгиба шпона при сложном гнутье.

Таблица 1

Расчетные величины	Стрела прогиба f , см									
	0,50	1,00	1,85	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	
Сила P , кгс, по формуле (1)	18,27	36,53	67,58	73,06	109,59	146,12	182,65	219,18	225,71	
$\cos \alpha$, град, по формуле (6)	3°50'	7°50'	14°15'	15°30'	22°30'	29°15'	36°10'	41°50'	46°40'	
2α , рад	0,1251	0,2734	0,4974	0,5352	0,7854	1,0267	1,2624	1,4601	1,6289	
$P_{\text{ср}}^n$, кгс/см, по формуле (5)	7,240	7,882	13,587	13,737	13,945	14,233	14,468	15,011	15,700	

Определим характер изменения $P_{\text{ср}}^n$ по мере увеличения стрелы прогиба при постоянстве всех других конструктивных параметров пакета. С этой целью решим пример при следующих данных: пакет сформирован из березового шпона с параллельным расположением волокон; температура прессформ — 20°C; $\delta = 0,115$ см; $n = 13$ шт.; $R_{\text{шн}} = 1,85$ см; $l = 15$ см. Полученные результаты даны в табл. 1.

Таким образом, при увеличении f удельное давление прессования увеличивается. С увеличением удельного давления прессования уменьшается минимально допустимый радиус изгиба шпона (формула (4), [4]). При $f = R_{\text{шн}}$ формула (6) приобретает вид:

$$\sin \alpha = \frac{2R_{\text{шн}}}{l} \quad (7)$$

и

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{2R_{\text{шн}}}{l} \right). \quad (8)$$

Для упрощения формулы (6) величина прогиба f принята равной радиусу пуансона $R_{\text{шн}}$. При этом изменение угла контактирования 2α от 0,49 до 1,63 рад $P_{\text{ср}}^n$ в месте изгиба увеличивается примерно на 15%.

Для облегчения расчетов построена номограмма (рис. 2), по которой можно определить угол контактирования пуансона с пакетом шпона при различных $R_{\text{шн}}$ и l .

Проверим приведенный пример с целью выяснения, будет ли пакет шпона бездефектно изогнут по заданным условиям.

1. Усилие для изгиба пакета шпона при $f = R_{\text{шн}}$ по формуле (1) равно

$$P = \frac{48 \cdot 156000 \cdot 13 \cdot 10 \cdot 0,115^3}{12 \cdot 15^3} = 36,53 R_{\text{шн}}$$

2. Нижний лист шпона изгибается при простом гнутье радиусом

$$R_1 = R_{\text{шн}} + n\delta = 18,5 + 13 \cdot 1,15 = 33,45 \text{ мм.}$$

По номограмме (рис. 3 [4]), определяем, что для $W = 8\%$ и толщины шпона 1,15 мм при простом гнутье минимально допустимый радиус изгиба $R_{\text{м.д}}^n = 30,2$ мм. Следовательно, минимально допустимый радиус меньше действительного ($R_1 = 33,45$ мм), что гарантирует бездефектный изгиб нижнего листа пакета шпона.

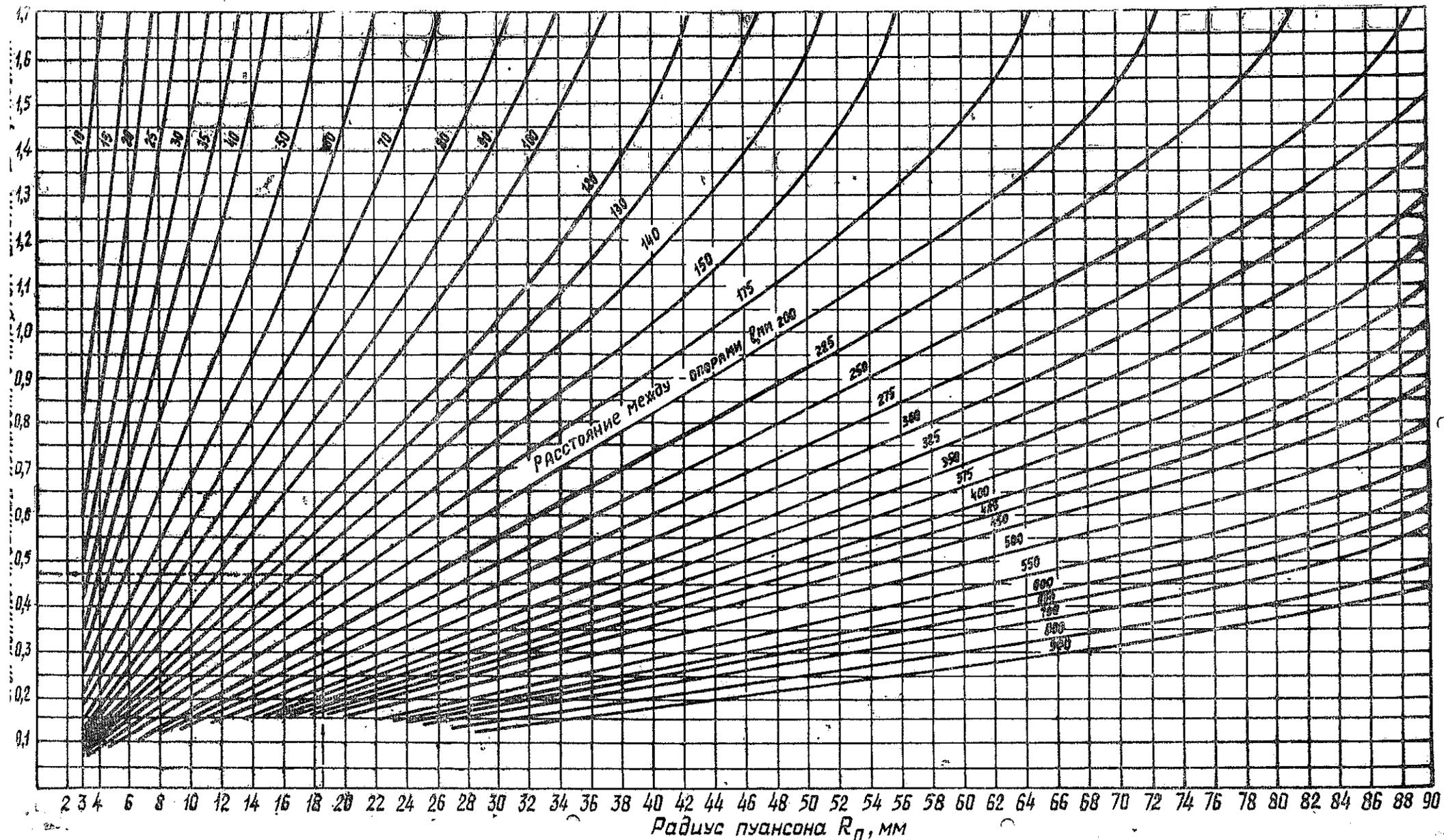


Рис. 2. Номограмма для определения угла контактирования пуансона с пакетом шпона в зависимости от величины его радиуса для различных расстояний между опорами при стреле прогиба пакета, равной радиусу пуансона.

3. Среднее удельное давление при изгибе пакета для верхнего листа шпона, подвергающегося сложному гнутью, определяем по формуле (5):

$$P_{\text{ср}}^{\text{п}} = \frac{P}{S} = \frac{36,53 R_{\text{пн}}}{BR_{\text{пн}} 2\alpha} = \frac{3,653}{2\alpha}.$$

Угол контактирования 2α при $f=R_{\text{пн}}$ определяем по номограмме (рис. 2). Для нашего примера $2\alpha=0,465$, тогда

$$P_{\text{ср}}^{\text{п}} = \frac{3,653}{0,465} = 7,85 \text{ кгс/см}^2.$$

4. Для бездефектного гнутья должно быть соблюдено условие, чтобы действительное среднее удельное давление $P_{\text{ср}}^{\text{п}}$ было больше или равно минимально допустимому среднему удельному давлению ($P_{\text{ср}}^{\text{п}}, P_{\text{ср}}^{\text{п}} \geq P_{\text{ср}}$). Величина $P_{\text{ср}}$ определяется по номограмме (рис. 4 [4]), построенной на основе экспериментальных исследований.

При $t = 20^\circ\text{C}$, $W = 8\%$ и $d = \frac{30,2}{18,5} = \frac{R_{\text{м.д}}^{\text{п}}}{R_{\text{пн}}} = 1,63$, $P_{\text{ср}} = 7,8 \text{ кгс/см}^2$.

Следовательно, действительное среднее удельное давление прессования ($P_{\text{ср}}^{\text{п}} = 7,85 \text{ кгс/см}^2$) больше минимально допустимого ($P_{\text{ср}} = 7,80 \text{ кгс/см}^2$), что обеспечивает бездефектное гнутье.

Дальше необходимо проверить, будет ли обеспечиваться бездефектное гнутье листов шпона, находящихся внутри пакета. По мере удаления листов шпона от пуансона, давление прессования в месте изгиба падает, так как уменьшается сопротивление изгибу оставшихся листов. Если провести соответствующие расчеты, то для рассматриваемого примера получим результаты, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Номер листа шпона в пакете по мере удаления его от пуансона	Расчетные величины		
	$P_{\text{ср}}^{\text{п}}$, кгс/см ² , формула (5)	$P_{\text{ср}}$, кгс/см ² , формула (4) [4]	Отношение $P_{\text{ср}}^{\text{п}} / P_{\text{ср}}$
1	7,85	7,80	1,05
2	6,75	5,80	1,16
4	4,90	3,50	1,40
6	3,42	2,00	1,70
11	0,90	0,20	4,50
13	0,00	0,00	—

Из табл. 2 видно, что по мере удаления листов шпона от пуансона отношение действительного среднего удельного давления прессования $P_{\text{ср}}^{\text{п}}$ к среднему минимально допустимому удельному давлению $P_{\text{ср}}$ увеличивается, что гарантирует бездефектный изгиб листов шпона внутри пакета. Следовательно, при выборе минимально допустимого радиуса изгиба пакета шпона можно ограничиться проверкой минимально допустимого радиуса изгиба его наружных (крайних) листов.

Для расчета минимально допустимого радиуса изгиба пакета шпона следует:

1) по номограмме (рис. 3 [4]) определить минимально допустимый радиус изгиба листа шпона, находящегося на выпуклой стороне изгибаемого пакета, при простом гнутье — $R_{\text{м.д}}^{\text{п}}$;

2) определить внутренний, прилегающий к пуансону, радиус изгиба пакета шпона $R_2 = R_{\text{пн}}$, который ограничен минимально допу-

стимым радиусом изгиба крайнего листа с выпуклой стороны, при заданной толщине пакета $H: R_2 = R_{м.д}^n = R_{м.д}^n - H = R_{м.д}^n - n\delta$;

3) определить по формуле (1) усилие P при $f = R_{пн}$; необходимое для изгиба пакета;

4) определить действительное удельное давление прессования листа шпона, прилегающего к пуансону $P_{ср}^n$ по формуле (5) с использованием номограммы (рис. 2);

5) определить минимально допустимое среднее удельное давление прессования шпона $P_{ср}$ по номограмме (рис. 4, [4]). При этом предварительно необходимо определить коэффициент d по формуле (5) [4];

6) сравнить действительное удельное давление прессования $P_{ср}^n$ с минимально допустимым удельным давлением прессования $P_{ср}$, при этом бездефектный изгиб шпона будет гарантирован, если соблюдается условие: $P_{ср}^n \geq P_{ср}$. Если данное условие не соблюдается, то необходимо увеличить $R_{пн}$ и заново проверить расчетом. Если нет возможности увеличить $R_{пн}$, то бездефектный изгиб пакета шпона может быть достигнут за счет уменьшения расстояния между опорами l .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. М.—Л., Гостехиздат, 1951.
 [2]. Манкевич Л. А., Куцак А. А., Аверина Г. А. Коэффициенты трения, возникающие при прессовании гнутоклееных деталей. — Сборник ЦНИИТЭИлеспром. М., 1968, № 12. [3]. Манкевич Л. А., Куцак А. А., Рыкунов Е. Ф. и др. Исследование упругих свойств пакета шпона. — Материалы научно-технической конференции по итогам научных работ 1968 г. Минск, 1969. [4]. Янсон А. И., Дячун З. И. Исследование минимально допустимого радиуса изгиба шпона. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 3.

Поступила 27 декабря 1976 г.

УДК 674.048

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

М. С. МОВНИН, О. Е. КАПЛУНОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Исследования физико-механических свойств прессованной древесины, модифицированной полиэфирной смолой, содержащей хромстеарилхлорид, показали, что полученный материал обладает высокими прочностными характеристиками и стабильностью размеров и может быть использован как заменитель цветных металлов.

Прессованная древесина выгодно отличается от других антифрикционных материалов небольшим объемным весом, быстрой приработчиваемостью, износостойкостью, а также значительной упругостью, что обеспечивает ее надежную работу в узлах трения, подверженных вибрационным и ударным нагрузкам. Однако детали машин из прессованной древесины под действием влаги значительно изменяют свои размеры, что весьма затрудняет использование их в сложнагруженных и специфических условиях.

Работы по стабилизации размеров прессованной древесины показали, что наибольший эффект достигается при пропитке древесины перед прессованием низкомолекулярными термореактивными синтетическими наполнителями, в частности, фенолоспиртами [2]. Недостаток такой обработки — падение на 60% показателей прочности древесины при ударном изгибе, вследствие хрупкости вводимых наполнителей [2, 5]. Необходимо отметить, что при пропитке древесины синтетическими смолами (в том числе фенолоспиртами) вводится большое количество воды или органических растворителей. Термообработка древесины перед прессованием в целях удаления растворителя усложняет технологию получения прессованной древесины и вызывает частичную поликонденсацию смолы, затрудняющую прессование.

Более перспективно для целей модификации древесины применение полиэфирных смол, представляющих собой смесь непредельного полиэфира и способного к сополимеризации с ним жидкого мономера, играющего двойную роль — вначале растворителя, а затем сшивающего агента.

Древесина, модифицированная полиэфирными смолами, обладает прочностью, износостойкостью, биостойкостью, значительно лучше натуральной древесины сопротивляется ударным и статическим нагрузкам [4]. Однако полиэфирные смолы не придают древесине водонепроницаемости, стабильности размеров, в связи с их сравнительно более высокой молекулярной массой и некоторой усадкой при отверждении [2, 6].

В настоящей статье приводятся результаты исследований по уменьшению размероизменяемости и сорбционной способности прессованной древесины, модифицированной полиэфирными смолами.

Известно, что количество адсорбируемой древесиной влаги зависит от числа функциональных полярных групп ее лигноуглеводного комплекса [1, 8].

Во многих работах [1, 2, 7, 8] указывается на возможность гидрофобизации древесины путем блокировки гидроксильных групп химическими связями с образованием в макромолекулах ингредиентов древесины простых и сложных эфиров.

В наших опытах с целью гидрофобизации прессованной древесины использовалось элементоорганическое вещество — хромстеарилхлорид.

Методика работы. Исследуемые образцы березы размерами $40 \times 40 \times 40$ мм пропитывали смесью полиэфирной смолы марки ПН-1 (содержащей 1—2% катализатора — гидроперокси изопропилбензола и хромстеарилхлорида).

Пропитку производили в специальном приспособлении [3] (представляющем собой обогреваемый канал переменного сечения) при температуре 95—105°C и давлении на пропиточный состав 150—200 кгс/см² с последующим уплотнением древесины на 35%. Затем образцы перемещали в зону стабилизации, где выдерживали при указанных параметрах в течение 15—20 мин.

Степень прививки наполнителя к ингредиентам древесины определяли экстрагированием в аппарате Сокслета.

Структурные изменения в древесине оценивали методом инфракрасной спектроскопии на двухлучевом спектрофотометре с использованием призм NaCl (2600—3600 см⁻¹).

Антифрикционные свойства исследовали на машине трения МИ-1М по схеме вал — частичный вкладыш в режиме самосмазки.

На рис. 1, 2 представлены экспериментальные зависимости размероизменяемости в плоскости прессования и водопоглощения от времени выдержки в воде. Сравнительные испытания производили на прессованной древесине, полученной по методу П. Н. Хухрянского с

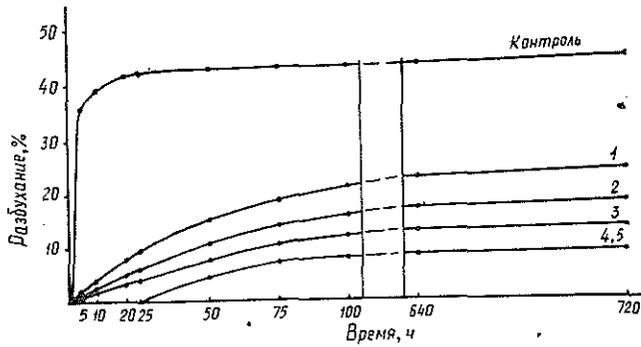


Рис. 1. Динамика линейного разбухания образцов в плоскости прессования в процессе водопоглощения.

1 — прессованная древесина, стабилизированная полиэфирной смолой; 2, 3, 4, 5 — то же, с добавлением 5; 10; 15; 20% хромстеарилхлорида.

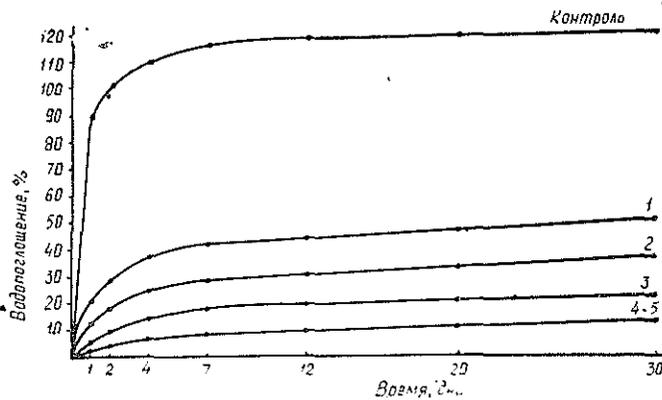


Рис. 2. Водопоглощение стабилизированной прессованной древесины.

1 — содержащей полиэфирную смолу; 2, 3, 4, 5 — то же, с добавлением 5; 10; 15; 20% хромстеарилхлорида.

пропариванием в автоклаве. Образцы такой древесины полностью распрессовываются в воде, а водопоглощение составляет 110—120%.

Образцы прессованной древесины, содержащей полиэфирную смолу, распрессовываются медленней. Максимальная распрессовка составляет 22—24%, а водопоглощение — 50%. Введение 5% хромстеарилхлорида в полиэфирную смолу снижает разбухание до 18%. Наибольший эффект стабилизации достигается при содержании в пропиточной смеси 15—20% хромстеарилхлорида. За первые сутки распрессовки вообще не наблюдается. Максимальная распрессовка составляет не более 8%, водопоглощение не превышает 10—15%.

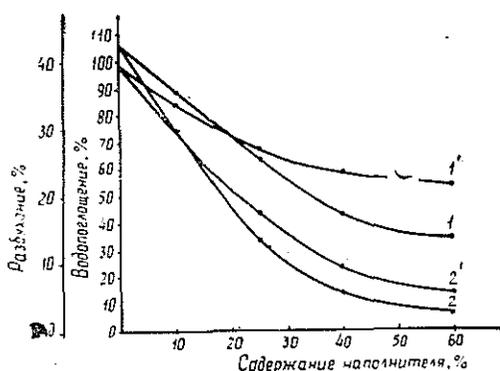


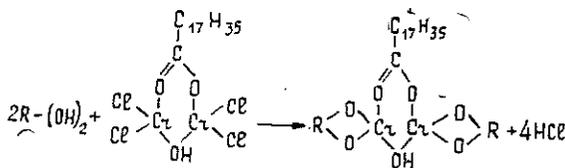
Рис. 3. Влияние содержания наполнителя в прессованной древесине на ее водопоглощение и разбухание

1, 1' — максимальные водопоглощение и линейное разбухание прессованной древесины, содержащей полиэфирную смолу; 2, 2' — то же, с добавлением 15% хромстеарилхлорида.

На рис. 3 приведены зависимости размероизменяемости и водопоглощения прессованной древесины, содержащей 85% полиэфирной смолы и 15% хромстеарилхлорида от степени наполнения. Оптимальные показатели достигаются при содержании наполнителя 40—60%.

Гидрофобизирующее действие хромстеарилхлорида можно объяснить следующим образом. Обладая поверхностно-активными свойствами, хромстеарилхлорид может легко проникать в капиллярно-пористую структуру древесины и ориентироваться к ее поверхности полярными группировками, а гидрофобной углеводородной цепочкой наружу. Возможна также ориентация хромстеарилхлорида относительно гидроксильных и карбоксильных групп полиэфирной смолы.

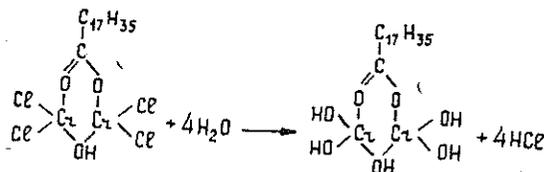
Хромстеарилхлорид обладает высокой реакционной способностью и при термообработке возможно протекание следующих реакций:



где R — радикал, например, целлюлозы.

В результате этой реакции происходит «сшивание» макромолекул ингредиентов древесины, что значительно повышает формоустойчивость последней во влажных средах.

Под воздействием влаги, находящейся в древесине, хромстеарилхлорид частично гидролизуется:



Продукт гидролиза хромстеарилхлорида вступает в реакцию поликонденсации, катализуемую HCl, образовавшейся в реакции «сшивки» ингредиентов древесины и гидролиза хромстеарилхлорида.

Одновременно с вышеуказанными реакциями возможно взаимодействие хромстеарилхлорида с гидроксильными и карбоксильными группами полиэфирных смол с образованием гидрофобных эфирных связей.

Таким образом, хромстеарилхлорид повышает гидрофобность древесины, а также является промежуточным звеном между ингредиентами древесины и полиэфирной смолой, способствуя образованию прочного монолитного соединения.

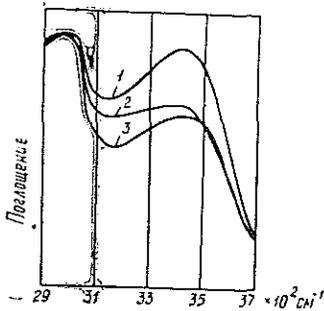


Рис. 4. ИК-спектры экстрагированной древесины.

1 — натуральной; 2 — содержащей хромстеарилхлорид; 3 — содержащей стеарилхлорид и полиэфирную смолу.

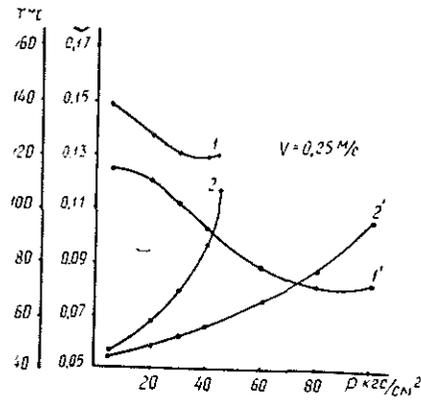


Рис. 5. Коэффициент трения (1, 1') и температура (2, 2') в зоне трения в зависимости от нагрузки.

1, 2 — древесины, стабилизированной полиэфирной смолой и хромстеарилхлоридом; 1', 2' — то же с добавкой 5% масла МС-20.

На рис. 4 приведены ИК-спектры экстрагированной древесины в области, соответствующей колебаниям гидроксильных групп ($3100\text{—}3600\text{ см}^{-1}$). Уменьшение интенсивности полосы поглощения древесины, содержащей хромстеарилхлорид и полиэфирную смолу, свидетельствует об этерификации некоторой части ОН-групп ингредиентов древесины.

Весьма положительным свойством хромстеарилхлорида как гидрофобизатора является то, что он не снижает ударной прочности дре-

Таблица 1

Показатели	Прессованная древесина, стабилизированная			Контроль
	полиэфирной смолы	полиэфирной смолы и хромстеарилхлоридом	фенолоспиртами*	
Предел прочности при ударном изгибе, кгс·м/см ³	0,85	0,83	0,29	0,72
Разбухание в плоскости прессования, %	22—25	4—8	7	45—50
Содержание наполнителя, %	55	55	42	—
Степень прессования, %	35	35	35	45—50

* По данным И. П. Майко.

весины (табл. 1). Предел прочности при сжатии вдоль волокон возрастает с 1200 кг/см^2 для прессованной нестабилизированной древесины до $1800\text{—}1900 \text{ кг/см}^2$.

Необходимо отметить, что хромстеарилхлорид, являясь поверхностно-активным веществом, улучшает антифрикционные свойства древесины. Прессованная древесина, стабилизированная только полиэфирной смолой, нуждается в дополнительной смазке. Древесина, содержащая также хромстеарилхлорид, работает в режиме самосмазки в интервале нагрузок $5\text{—}35 \text{ кгс/см}^2$ (рис. 5). Введение в пропиточную смесь 5% масла МС-20 приводит к повышению нагрузочной способности до $80\text{—}100 \text{ кгс/см}^2$ и к снижению коэффициента сухого трения.

Полученный материал имеет высокую механическую прочность и стабильные размеры, способен воспринимать динамические нагрузки и может найти применение как заменитель цветных металлов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Берлин А. А. Исследования в области химии и технологии облагораживания древесины и древесных пластических масс. Л., 1950. [2]. Вихров В. Е. — В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами. Минск, 1973, с. 9. [3]. Купчинов Б. И., Львов А. А. Технологическое оборудование для переработки отходов мебельного производства в антифрикционные материалы для самосмазывающихся узлов трения. Минск, БелНИИТИ, 1974. [4]. Лаптев В. П., Черногор Ю. Ф. — В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами. Минск, 1973, 109 с. [5]. Майко И. П. — В сб.: Пластификация и модификация древесины. «Зинатне», Рига, 1970, 231 с. [6]. Сияюков Н. П. — В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами. Минск, 1973, 50 с. [7]. Солечник Н. Я. Производство древесноволокнистых плит. М., 1959, 158 с. [8]. Хунт М., Геррат А. Консервирование древесины. М.—Л., 1961.

Поступила 9 марта 1977 г.

УДК 674.812

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПАР МЕТАЛЛ — ПРЕССОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА

Н. М. МИХИН, А. И. СМОЛЬЯКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Институт проблем механики АН СССР

Дается теоретическое обоснование расчета коэффициента трения в узлах с применением подшипников скольжения из материалов на основе прессованной древесины и его экспериментальная проверка к парам трения металл — прессованная древесина.

Практика показала, что в условиях граничного и даже сухого трения весьма перспективно в качестве антифрикционного материала использовать прессованную древесину, пропитанную различными смазочными веществами.

Существующие методы расчета узлов трения с применением прессованной древесины основаны на использовании характеристик коэффициента трения, определяемых экспериментально [1], не отражают процессов, происходящих при трении.

Согласно современным представлениям, внешнее трение имеет двойственную молекулярно-механическую природу [3]. Величина сил, действующих на контактирующие поверхности, зависит от характера

деформации тончайших поверхностных слоев внедрившимися неровностями и определяется молекулярными взаимодействиями в контактных зонах. Неровности шероховатых поверхностей не имеют правильной геометрической формы, однако их с достаточной степенью точности можно моделировать в виде шаровых сегментов постоянного радиуса кривизны.

Согласно [3], в общем случае коэффициент трения при скольжении сферы по гладкой поверхности может быть выражен формулой

$$f = \frac{\tau_0}{P_r} + \beta + 0,55 \left(\frac{h}{R} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где τ_0 — средние касательные напряжения на контакте при отсутствии нормального давления;

β — коэффициент, характеризующий увеличение средних касательных напряжений на контакте от нормальных;

P_r — фактические средние нормальные напряжения на контакте;

h — глубина внедрения сферы (единичной неровности);

R — радиус кривизны сферы.

Установлено, что для материалов из прессованной древесины торцевой поверхности

$$P_r = KHB, \quad (2)$$

где K — коэффициент, учитывающий способность прессованной древесины воспринимать нормальные напряжения;

HB — торцевая твердость прессованной древесины.

Для материалов, полученных путем пропитки прессованной древесины жидкими смазками (масло «Индустриальное-45», моторное масло, загущенное полиэтиленом), при скорости скольжения $v = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м/с, $K \approx 2$, а для полученных путем пропитки твердыми наполнителями (церезин С-100, смесь, состоящая из церезина С-100 и стеариновой кислоты, фторопласт 4Д) $K \approx 1,5$. При увеличении скорости скольжения коэффициент K стремится к постоянной величине и при $v = (2,1 \div 5,3) \cdot 10^{-3}$ м/с для всех материалов на основе прессованной древесины $K \approx 2,3$.

При сближении поверхностей твердых тел вначале в контакт вступают наиболее высокие неровности. Площадь фактического касания возрастает как за счет увеличения площадей касания отдельных микронеровностей, так и числа неровностей в контакте. Согласно работам [2, 3], соотношение между фактической площадью касания и сближением с достаточной точностью описывается выражением

$$\eta = b\varepsilon^\nu, \quad (3)$$

где b, ν — константы, зависящие от вида обработки поверхностей;

ε — относительное сближение.

Такой характер изменения фактической площади касания в зависимости от сближения будет наблюдаться до тех пор, пока число неровностей в контакте не станет равным числу неровностей на контурной площади касания. Такое состояние называется насыщением контакта.

При дальнейшем сближении фактическая площадь касания возрастает только за счет увеличения единичных пятен касания, и соотношение между площадью касания и сближением описывается линейной функцией [4]

$$\eta = ab\varepsilon_n^v \left(\frac{\sqrt{\varepsilon}}{\varepsilon_n} + 1 - v \right), \quad (4)$$

где ε_n — относительное сближение, соответствующее насыщению контакта;

a — коэффициент, зависящий от кинематического состояния; при скольжении твердых тел $a = \frac{1}{2}$.

Для пластических деформаций контурное давление P_c , приводящее к насыщению контакта, равно [4]

$$P_c = \frac{aHB}{\left(\sqrt{b} \frac{1}{v}\right)^{\frac{v}{v-1}}}. \quad (5)$$

При насыщении контакта, согласно формуле (2) и работе [4], для материалов на основе прессованной древесины, исходя из особенностей их деформирования, внедрение при скольжении можно выразить следующим образом:

$$h_k = h_{max} \left(\frac{2P_c}{bKHB} \right)^{\frac{1}{v}}, \quad (6)$$

где h_{max} — максимальная высота неровности шероховатого твердого тела.

Подставляя выражение (6) в формулу (1) с учетом (2), получим

$$f = \frac{\tau_0}{KHB} + \beta + 0,4 \left(\frac{h_{max}}{Rb} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{2P_c}{KHB} \right)^{\frac{1}{2v}}. \quad (7)$$

Исходя из формулы (2) и работы [4], для материалов на основе прессованной древесины, внедрение при скольжении при насыщенном контакте можно выразить формулой

$$h_{к.н} = h_{max} \left(\frac{2P_c}{KHB} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Подставляя (8) в (1) с учетом (2), получим

$$f = \frac{\tau_0}{KHB} + \beta + 0,76 \left(\frac{h_{max}}{R} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{P_c}{KHB} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

Формулы (7) и (8) выражают зависимость коэффициента трения от контурного давления для шероховатого твердого тела из металла, скользящего по прессованной древесине, соответственно при ненасыщенном и насыщенном контактах. Они применимы для расчета коэффициента трения скольжения в узлах, работающих в условиях сухого и граничного трения, когда скорости скольжения и удельные нагрузки исключают условия гидродинамики, а температура на контакте не вызывает химических изменений в поверхностных слоях сопрягаемых пар.

Предлагаемые формулы расчета коэффициента трения шероховатых твердых тел (стальной вал, ползун и т. д.) при скольжении по материалам на основе прессованной древесины (подшипники скольжения, направляющие и т. д.) были экспериментально проверены на установке типа ГП.

Шероховатые твердые тела изготовляли в виде плоских образцов из стали 45, $HRC = 45 \div 50$, площадью $F = 5 \times 10 = 50$ мм². Чистоту рабочих поверхностей принимали: $R_{a1} = 2 \div 1,6$ мкм, $R_{a2} = 0,50 \div 0,40$ мкм и $R_{a3} = 0,125 \div 0,100$ мкм.

Образцы из прессованной древесины были пропитаны жидкими маслами (например «Индустриальное-45») и твердыми смазками (например церезин С-100).

Средние нормальные напряжения приняты: $0,1 \times 10^7$; $0,2 \times 10^7$; $0,3 \times 10^7$; $0,4 \times 10^7$; $0,6 \times 10^7$; $0,8 \times 10^7$; $1,0 \times 10^7$ и $1,2 \times 10^7$ Н/м². Ввиду соизмеримости длины стального образца (10 мм) и шага волны на рабочей поверхности, средние нормальные напряжения в зоне контакта считали равными контурному давлению [3].

Принятая скорость скольжения $v = 0,15 \cdot 10^{-3}$ м/с исключала изменение температуры на контакте в процессе трения и возникновение условий гидродинамики. Плотность прессованной древесины $\rho = 1,18 \cdot 10^3$ кг/м³, наполнение смазкой 10–15%, температура окружающей среды и в зоне контакта $21 \pm 1^\circ\text{C}$ при относительной влажности воздуха $\phi = 55 \div 60\%$.

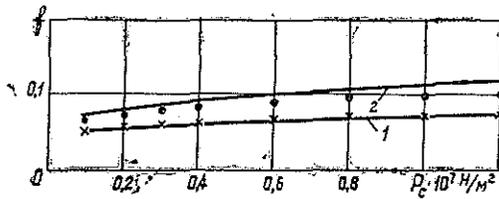
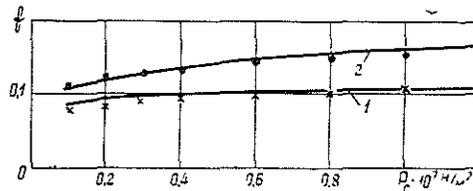


Рис. 2. Кривые коэффициента трения шероховатого твердого тела, скользящего по прессованной древесине, пропитанной церезином С-100. Обозначения те же.

Рис. 1. Кривые коэффициента трения шероховатого твердого тела, скользящего по прессованной древесине, пропитанной маслом «Индустриальное-45».

1 — $R_{a3} = 0,125 \div 0,100$;
2 — $R_{a2} = 0,50 \div 0,40$.



Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 1, 2, где сплошными линиями показаны теоретические зависимости коэффициента трения, рассчитанные по уравнениям (7) и (9) с учетом (5). Экспериментальные точки являются средними арифметическими 15 измерений. Отклонение от среднего значения составляет $\pm 5\%$.

Из рисунков видно, что экспериментальные точки коэффициента трения достаточно хорошо согласуются с расчетными. Ошибка не превышает 10%. Полученные данные дают основание считать, что трение скольжения шероховатого твердого тела по материалам из прессованной древесины происходит в условиях пластического контакта. Как и для металлов, в случае пластического контакта [3, 4] коэффициент трения возрастает с увеличением нормальных напряжений не линейно, а по кривой, аналогичной теоретической. Сравнение показывает, что расчетные формулы (7) и (9) правильно описывают процесс трения материалов на основе прессованной древесины при контакте с шероховатым твердым телом без дополнительной смазки (работа на самосмазке).

С увеличением шероховатости твердого тела наблюдается отклонение расчетной кривой коэффициента трения от экспериментальной. Так, при чистоте поверхности $R_{a1} = 2 \div 1,6$ мкм (на рисунках не показано) значения экспериментальных точек меньше, чем для $R_{a2} = 0,50 \div 0,40$ мкм, однако при этом идет интенсивное отделение частиц прессованной древесины. Это соответствует условиям, когда происходит микрорезание.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев Ю. К. Расчет деталей из прессованной древесины. — В сб.: Прессованная древесина в народном хозяйстве. М., ГОСИНТИ, 1964. [2]. Демкин Н. Б. Фактическая площадь касания твердых тел. Изд-во АН СССР, 1962. [3]. Крагельский И. В. Трение и износ. М., «Машиностроение», 1968. [4]. Михин Н. М. Теоретическое и экспериментальное исследование внешнего трения и расчет коэффициента трения (трения покоя). Дис. на соиск. учен. степени докт. техн. наук. Киев, 1970.

Поступила 20 декабря 1976 г.

УДК 674.053

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕТВЕЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

В. А. БАРХАТОВ, А. В. ВАРДУГИН, В. И. ДИТРИХ

Сибирский технологический институт

Дано описание переносной установки для исследования механических свойств древесины сучьев лиственницы на изгиб. Получены величины предела прочности и модуля упругости древесины сучьев лиственницы с естественной влажностью.

Исследования проводили в летний период 1974 г. в древостоях Хакасии и центральной части Красноярского края на лесоучастках Уйбатского и Новокозульского леспромхозов на установке (рис. 1), предназначенной для испытаний живых ветвей лиственницы на изгиб непосредственно на лесосеке.

Установка состоит из швеллера 1, легкой ручной лебедки 2, сектора 3 с двумя иглами 4, динамометра сжатия ДОСМЗ-1 5 и испытываемой ветви 6. Динамометр установлен на двух шаровых опорах 7 между верхней упорной пластинкой 8 и скользящей кареткой 9. Четыре круглых направляющих 10 диаметром 18 мм неподвижно

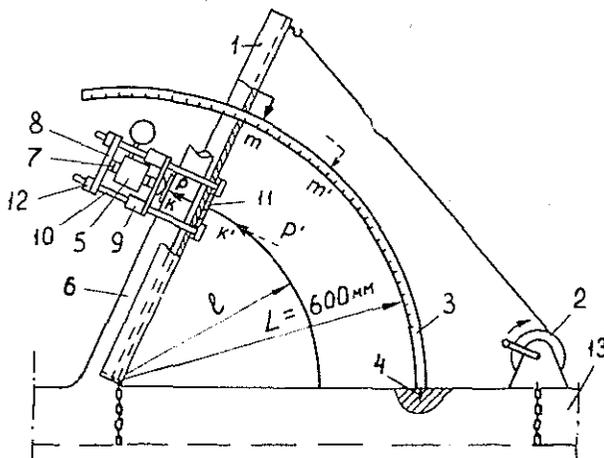


Рис. 1. Схема установки.

закреплены на нижней упорной пластине 11, которую крепят к швеллеру 1 болтовым соединением на требуемом расстоянии l .

Фиксацию динамометра с упорной пластиной и кареткой в заданном положении, зависящем от диаметра испытываемой ветви, осуществляли с помощью упорных гаек 12. При вращении барабана лебедки, закрепленной на стволе 13 дерева, усилие P , действующее на ветвь, регистрируется динамометром 5.

Между кареткой и ветвью устанавливали металлическую подкладку размерами $5 \times 50 \times 50$ мм для предотвращения местного смятия древесины.

Смещение точки опоры швеллера во время испытаний исключали креплением его к стволу.

Предел прочности σ_w и модуль упругости E_w определяли по формулам [1]:

$$\sigma_w = \frac{32P_{max}l}{\pi d^3},$$

$$E_w = \frac{64P^3}{3f\pi d^4},$$

где P_{max} — разрушающая нагрузка;

l — расстояние от основания ветви до вектора приложения нагрузки P ;

d — средний диаметр ветви у основания без коры;

P — нагрузка, равная разности между верхним и нижним пределами нагружения, соответствующая прогибу f ;

$f = \overset{\smile}{kk'}$ — прогиб по дуге радиусом L , определяемый (рис. 1) из соотношения

$$\frac{\overset{\smile}{kk'}}{\overset{\smile}{mm'}} = \frac{l}{L}; \quad \overset{\smile}{kk'} = \frac{\overset{\smile}{mm'}l}{L}.$$

Для исследований использовали живые ветви с естественной влажностью в сучковой зоне деловой части ствола.

Испытания проводили при скорости деформирования 0,1 м/с с циклическими остановками, необходимыми для фиксации измеряемых величин усилия P и прогиба f .

В результате исследований получены следующие величины:

1) модуль упругости $E_w^* = f(l, d)$ в области упругих деформаций в функции от диаметра и консоли ветви;

2) условный модуль упругости в области упруго-пластических деформаций $E_w^{**} = f_1\left(l, d, \frac{f}{l}\right)$ с учетом длины консоли, диаметра и отношения прогиба в месте приложения изгибающего усилия к длине консоли;

3) предел прочности в зависимости от диаметра и длины консоли $\sigma_w = f_2(l, d)$.

Непосредственно после проведения механических испытаний были определены естественная влажность и плотность в абс. сухом состоянии древесины ветвей по мере удаления от ствола на расстоянии 20; 30; 40 см.

Исследования проводили с помощью активного эксперимента. Для определения $E_w^* = f(l, d)$ и $\sigma_w = f_2(l, d)$ были использованы

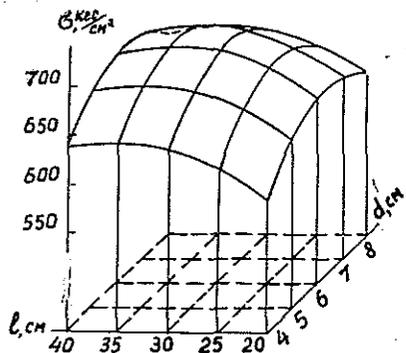


Рис. 2. Геометрическая интерпретация модели $\hat{\sigma}_w = f_2(l, d)$.

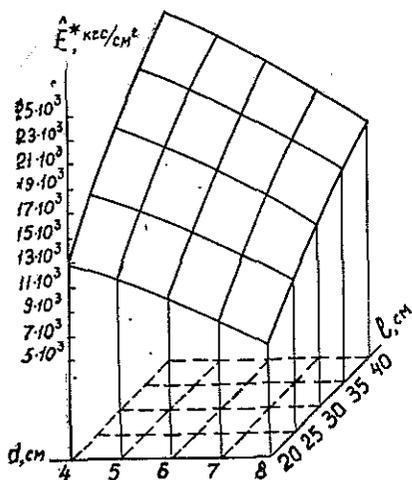


Рис. 3. Геометрическая интерпретация модели $\hat{E}_w^* = f(l, d)$.

планы K_{i2} [2] близкие к D оптимальным. Интервалы варьирования факторов в экспериментах:

$$X_1 = l = 20 \div 40 \text{ см}; \quad X_2 = d = 4 \div 8 \text{ см}.$$

При определении условного модуля упругости $E_w^{**} = f_1(l, d, \frac{f}{l})$, являющегося коэффициентом пропорциональности, использовали план B_3 [2] с интервалами варьирования:

$$X_1 = l = 20 \div 40 \text{ см}; \quad X_2 = d = 4 \div 8 \text{ см}; \quad X_3 = \frac{f}{l} = \frac{2}{15} \div \frac{4}{15}.$$

По результатам экспериментов получены уравнения регрессии, имеющие в натуральных координатах для вышеуказанных интервалов варьирования, следующий вид:

$$\hat{\sigma}_w = -19,224 + 17,889l + 128,28d - 0,246l^2 - 9,898d^2 - 0,125ld;$$

$$\hat{E}_w^* = -6095,186 + 1236,257l + 455,11d - 8,167l^2 - 129,67d^2 - 29,87ld;$$

$$\begin{aligned} \hat{E}_w^{**} = & 4560,6 + 1271,2l - 997,7d - 57028 \frac{f}{l} - 4,8l^2 + 12,9d^2 + \\ & + 124468 \left(\frac{f}{l}\right)^2 - 55,7ld - 1593f + 1256,2 \frac{df}{l} + 95,5df, \end{aligned}$$

где $\hat{\sigma}_w$, кгс/см²; \hat{E}_w^* , кгс/см²; \hat{E}_w^{**} , кгс/см²; l , см; d , см; f , см.

Характер изменения $\hat{\sigma}_w$, \hat{E}_w^* в зависимости от l и d представлен на рис. 2, 3.

Статистическую обработку результатов экспериментов проводили на ЭВМ. Значимость коэффициентов регрессии определяли по t -параметру Стьюдента. Проверка на однородность дисперсии воспроизводимости — по критерию Кохрена, а проверка на адекватность моделей — по F -критерию Фишера [3].

Показатели точности P для экспериментальных значений σ_w , E_w^* , E_w^{**} не превышают 10%.

Максимальные пределы изменения экспериментальных значений σ_w , E_w^* , E_w^{**} в исследованных интервалах факторов не превышают $\pm 30\%$ от среднеарифметических.

В табл. 1, 2 для примера приведены результаты статистической обработки опытных данных σ_w , E_w^* и значения $\hat{\sigma}_w$, \hat{E}_w^* , вычисленные по уравнениям (1), (2), а также Δ -разница в процентах соответственно между $\hat{\sigma}_w$ и σ_w , \hat{E}_w^* и E_w^* , наглядно характеризующие адекватность полученных интерполяционных моделей.

Таблица 1

Номер опыта	Факторы		Опытные значения σ_w , кгс/см ² , и статистические показатели						$\hat{\sigma}_w$ кгс/см ² , по модели	Разница Δ , %
	l см	d см	M	σ	m	v %	P %	n		
1	40	8	632,9	96,7	30,5	15,3	4,8	10	654,0	3,3
2	40	4	627,4	44,9	15,8	7,16	2,5	8	636,0	1,3
3	20	8	621,2	52,0	19,6	8,3	3,1	7	612,5	-1,3
4	20	4	605,6	44,0	15,5	7,2	2,5	8	584,5	-3,4
5	40	6	714,4	27,8	9,2	3,9	1,3	9	684,6	-4,1
6	20	6	608,3	131,4	46,4	21,6	7,6	8	638,1	4,8
7	30	8	670,3	97,1	39,6	14,5	5,9	6	657,9	-1,8
8	30	4	622,6	107,6	34,0	12,2	5,4	10	635,0	1,9
9	30	6	684,4	96,2	30,4	14,0	4,4	10	686,0	0,2

Таблица 2

Номер опыта	Факторы		Опытные значения E_w^* , кгс/см ² , и статистические показатели						\hat{E}_w^* кгс/см ² , по модели	Разница Δ , %
	l см	d см	M	σ	m	v %	P %	n		
1	40	8	16159,8	1966	621,8	12,1	3,85	10	16059,5	-0,55
2	40	4	24936,9	2897	965,9	11,6	3,87	9	25252,8	1,26
3	20	8	6241,2	1669	630,9	26,7	10,00	7	5925,2	-5,06
4	20	4	12628,5	640	226,4	5,1	1,8	8	12718,7	0,71
5	40	6	21405,6	2409	803,0	11,2	3,75	9	21179,8	-1,05
6	20	6	9614,9	2276	860,4	23,6	8,9	7	9340,6	2,34
7	30	8	11407,8	3229	950,9	20,4	8,3	6	11814,1	3,56
8	30	4	20208,8	3370	1065,8	16,6	5,2	10	19802,9	-2,01
9	30	6	15188,2	2248	710,8	14,7	4,6	10	16327,0	7,5

Результаты исследований можно использовать при проектировании режущих и ломающих органов машин для удаления ветвей с деревьев.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Адлер Ю. Н., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., «Наука», 1971. [2]. Пижурин А. А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. М., «Лесная промышленность», 1972. [3]. Феодосьев В. И. Сопrotивление материалов. М., «Наука», 1970.

Поступила 1 февраля 1977 г.

УДК 684.4 : 674.243

О ФОРМОУСТОЙЧИВОСТИ МЕБЕЛЬНЫХ ЩИТОВ

Л. С. ГЛУХИХ, З. Ф. РЕСИНА, Ю. И. ВЕТОШКИН

Уральский лесотехнический институт

Исследована формоустойчивость мебельных щитов из древесностружечных плит, облицованных строганым шпоном ясеня, лущеным березовым, текстурной тканью, текстурной бумагой и синтетическим шпоном. Установлено, что лучшую формоустойчивость обеспечивает синтетический шпон.

В связи с большим дефицитом в строганом шпоне ценных и твердых лиственных пород, при изготовлении мебельных щитов на различных деревообрабатывающих предприятиях в разное время пытались использовать для облицовки щитов различные материалы, в частности текстурные ткани и бумаги. Первые обладают высокими прочностными показателями, но нетехнологичны. Текстурная бумага, отвечающая всем требованиям технологии, не имеет достаточной когезионной прочности, что приводит к разрушению ее по толщине в случаях, когда поверхность мебельных щитов, облицованных бумагой, отделывают полиэфирными лаками. Поэтому деревообрабатывающие предприятия в последние годы перешли на использование синтетического шпона, представляющего собой текстурную бумагу, пропитанную синтетическими смолами. Синтетический шпон по упругим свойствам отличается и от натурального шпона, и от текстурных бумаг, поэтому нужно было выяснить, как применение этого нового материала отразилось на формоустойчивости мебельных щитов.

Техническими требованиями (ГОСТ 16371—70) на мебельные изделия установлено допустимое коробление щитов. Оно определяется стрелой прогиба щита и не должно превышать 1,5 мм/пог. м. Чтобы выяснить целесообразность применения тех или иных облицовочных материалов, нами исследованы формоустойчивость и внутренние напряжения в клеевых швах при облицовке щитов строганым шпоном ясеня (толщиной 1 мм по ГОСТу 2977—65), лущеным березовым шпоном (толщиной 1,5 мм по ГОСТу 99—65), текстурной тканью (ГОСТ 7471—64) и текстурной бумагой (ТУ

Таблица 1

Параметры режима	Показатели
Температура воздуха в помещении, °С	Не ниже 18
Относительная влажность воздуха в помещении, %	Не выше 65
Вязкость рабочего раствора клея при $20 \pm 2^\circ\text{C}$ по ВЗ-4, с	70—180
Жизнеспособность рабочего раствора клея при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$, ч	8—10
Удельная норма расхода рабочего раствора клея, г/м ²	190—200
Нанесение рабочего раствора клея	На одну из склеиваемых поверхностей
Время от момента нанесения клея до загрузки пакетов в пресс, мин	Не более 20
Температура плит пресса, °С	120
Удельное давление при прессовании, кгс/см ²	5—8
Время выдержки пакетов в запрессованном состоянии при температуре плит пресса 120°C , мин	5
Технологическая выдержка после облицовки, ч	18—24

29-02-93—72. Облицовывали щиты из трехслойной древесностружечной плиты (ГОСТ 10632—70), калиброванные фрезерованием с последующим шлифованием до 7-го класса шероховатости поверхности (ГОСТ 7016—68). Размеры щитов $800 \times 400 \times 19$ мм.

Подготовка щитов перед облицовкой разными материалами была одинаковой. Для получения сравнимых результатов производили одностороннее калибрование с вогнутой стороны, контролируя толщину снимаемого слоя.

Облицовку выполняли горячим способом в прессе П-713Л. Использовали клей на основе смолы УКС с добавлением 1% NH_4Cl . Технологический режим облицовки приведен в табл. 1. Внутренние напряжения в клеевом шве определяли тензометрически по методике, описанной ранее [1, 2].

Относительные внутренние напряжения измеряли при выдержке щитов под давлением (непосредственно в прессе) и во время 24-часовой технологической выдержки. После выгрузки щитов из пресса и через 24 ч определяли стрелы их прогиба. Полученные результаты по напряжениям показаны на рис. 1.

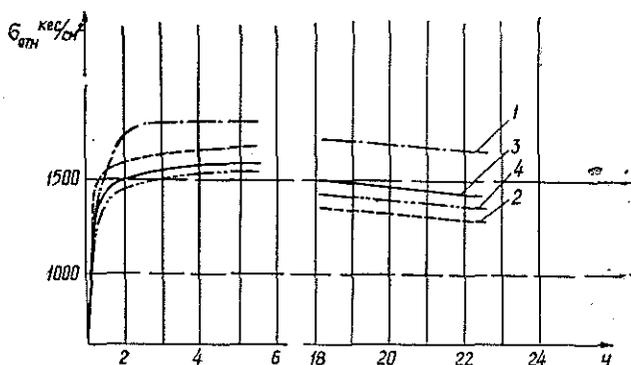


Рис. 1.

1 — облицовка с двух сторон строганым шпоном ясеня; 2 — с одной стороны строганым шпоном ясеня с другой — лущеным березовым шпоном; 3 — с двух сторон бумагой текстурной; 4 — с двух сторон тканью текстурной.

Кривые, представленные на рис. 1, построены по результатам статистической обработки 16 (для каждой точки) опытов с достоверностью 95% по критерию χ .

Известно, что модуль упругости древесины ясеня больше модуля упругости березовой древесины при одинаковых условиях испытаний.

Наклеивание строганого шпона ясеня на ослабленную после калибрования сторону щита, а березового — на противоположную позволило получить щиты, формоустойчивость которых ($f = 1,56$ мм/пог. м) выше, чем у облицованных с двух сторон строганым шпоном ясеня ($f = 2,33$ мм/пог. м).

Сравнение кривых 1 и 2 (рис. 1) свидетельствует о том, что внутренние напряжения в первом случае ($\sigma_{\text{отн}} = 1250$ кгс/см²) значительно меньше, чем во втором ($\sigma_{\text{отн}} = 1555$ кгс/см²).

Кривые 3 и 4 (рис. 1) характеризуют изменения внутренних напряжений в клеевых швах при облицовке текстурной тканью и бумагой щитов, калиброванных односторонним фрезерованием. Внутренние напряжения в клеевом шве при облицовке бумагой меньше, чем при облицовке ясенем с двух сторон, но больше, чем при облицовке строганым шпоном ясеня с одной стороны и лущеным березовым — с другой. При этом формоустойчивость щитов, облицованных бумагой, выше ($f = 1,35$ мм/пог. м).

Сравнивая кривые 3 и 4, можно сказать, что при облицовке щитов тканью в клеевых швах развиваются внутренние напряжения

Пропитку текстурных бумаг массой 130 г/м² перечисленными составами следует производить по технологическим режимам, скорректированным по опытным данным кафедры механической обработки древесины УЛТИ (табл. 3).

В качестве подслоя использовали бумагу массой 80 г/м², пропитанную этими же смолами.

Технологические режимы облицовки щитов с применением клея на основе смолы УКС приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметр режима	Показатели
Температура в помещении, °С	18
Относительная влажность воздуха, %	Не выше 65
Расход пленок на 1 м ² облицованной поверхности (подслой), м ²	1,2
Расход клея без учета потерь, г/м ²	100—110
Вязкость клея по ВЗ = 4, с	70
Нанесение клея	На щит и подслой:
Продолжительность открытой выдержки, мин	5—20
Удельное давление, кг/см ²	5—8
Температура плит пресса, °С	110—150
Продолжительность выдержки под давлением, мин	3—5
Технологическая выдержка в стопе, ч	24

Полученные после облицовки щиты выдерживали в течение 24 ч. после чего контролировали их формоустойчивость. Как показали исследования, коробление мебельных щитов, облицованных синтетическим шпоном, значительно ниже ($f = 1,18$), чем коробление щитов, облицованных строганым шпоном ясеня ($f = 2,33$).

Таким образом, исследования показали, что синтетический шпон как облицовочный материал обеспечивает достаточную формоустойчивость, удовлетворяющую требованиям ГОСТа 16371—70 «Мебель бытовая. Технические условия».

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Глухих Л. С. Изучение внутренних напряжений в клевых швах. — Сборник трудов аспирантов и соискателей. Ч. 1, Свердловск, УЛТИ, 1969. [2]. Глухих Л. С., Петри В. Н. Метод измерения внутренних напряжений в клеевом шве и изучение характера изменений внутренних напряжений во времени. — «Труды УЛТИ», 1969, вып. 20.

Поступила 22 марта 1977 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.813

**О РАЗРУШЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД,
ОТМЕРШЕЙ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ АРБОРИЦИДАМИ***Л. М. КИРПИЧЕВА, М. И. ЧУДАКОВ, Г. П. САННИКОВ*

Ленинградский технологический институт ЦБП

Северный НИИ гидротехники и мелнорации

Показано, что древесина хвойных пород, отмершая после обработки арборицидами, подвергается воздействию дерево-разрушающих грибов, преимущественно деструктивного типа, что приводит к изменению ее химического состава.

Широкое применение арборицидов при расчистке сельскохозяйственных угодий вызывает необходимость исследовать возможность использования древесины, отмершей после обработки арборицидами и подвергшейся воздействию дереворазрушающих грибов.

Ранее было исследовано разрушение древесины лиственных пород и показана принципиальная возможность использования ее в качестве сырья для производства целлюлозы [2, 3].

В связи с тем, что в составе древесных зарослей есть определенная доля хвойных пород, в частности, сосны и ели, интересно было изучить влияние срока ожидания после обработки арборицидами на химический состав древесины и определить пригодность ее для дальнейшей переработки.

Обработку арборицидами проводили по методике, описанной в работе [2]. Отбор проб производили через 3; 15; 27 и 39 мес после обработки, т. е. через 1; 2; 3 и 4 вегетационных периода.

Для оценки качества ствольной древесины с внутренними гнилями использовали визуальный метод, который является основным диагностическим методом оценки качества круглых сортаментов.

Определение состояния контрольных образцов и обработанных арборицидами с различным сроком ожидания показало, что для древесины сосны и ели характерно поражение бурой гнилью, относящейся к деструктивному типу.

Наибольший интерес для оценки разрушений в древесине при гниении представляют изменения в химическом составе древесины. При оценке показателей химического состава следует учитывать, что он зависит от породы дерева, возраста, местопроизрастания и различен между видами и между деревьями одного вида.

В настоящее время за границей степень поражения грибами определяется по методу TAPPI по растворимости в 1%-ном NaOH [1].

Разным типам гнили соответствует свой особый характер растворения в 1%-ной щелочи. При разложении грибами коррозийного типа содержание веществ, растворимых в щелочи, в начале гниения слабо или совсем не увеличивается, а затем падает. Снижение растворимости происходит уже при 1%-ной потере веса древесины.

Для древесины, пораженной грибами бурой гнили (деструктивный тип), характерно сначала быстрое повышение содержания веществ, растворимых в 1%-ном NaOH, в процессе разрушения эта величина достигает максимума, а затем начинает уменьшаться.

Имеются указания, что растворимость в щелочи обратно пропорциональна содержанию целлюлозы, но до тех пор, пока содержание целлюлозы не снизится наполовину, после чего растворимость в щелочах начинает уменьшаться [4]. Поэтому в качестве метода определения гнили в щепе наиболее приемлема растворимость в 1%-ном NaOH.

Для характеристики качества могли бы служить такие показатели, как зольность и удельный вес древесины, кислотность и оптическая плотность вытяжек, однако, как показали лабораторные исследования, проведенные в Ленинградской лесотехнической академии, эти методы дают значительные расхождения результатов между параллельными определениями и не позволяют получить точных данных о зависимости от степени гниения. Данные по химическому составу древесины сосны приведены в табл. 1.

Таблица 1

Срок ожидания, мес	Содержание, %							
	целлюлозы	лигнина	пентозанов	смола и жиров	зола	веществ, растворимых		
						в 1%-ном NaOH	в горячей воде	в холодной воде
Сосна								
3	52,5	30,5	8,4	1,8	0,29	11,5	0,8	2,3
15	51,5	31,0	8,2	2,2	0,41	12,3	2,0	2,8
27	55,0	31,8	7,6	2,6	0,25	11,8	1,3	2,8
39	49,0	32,5	8,8	1,8	0,44	20,0	4,1	5,6
Контроль	51,6	31,6	7,7	1,1	0,39	12,1	1,0	2,4
Ель								
3	45,8	31,0	7,8	1,9	0,74	17,5	6,8	4,3
15	49,0	31,5	7,3	1,3	0,60	16,0	5,0	2,0
27	48,9	32,6	7,9	1,0	0,41	15,5	4,0	2,4
39	48,6	32,0	7,5	1,5	0,56	16,5	3,9	2,2
Контроль	50,1	32,4	6,9	1,1	0,33	12,0	2,3	1,2

Представленные результаты показывают, что при сроке ожидания до 27 мес для древесины сосны характерны изменения, присущие как коррозионному, так и деструктивному типам гниения, однако увеличение продолжительности обработки способствует интенсификации развития гнили деструктивного типа, на что указывает снижение содержания целлюлозы в древесине при резком увеличении содержания веществ, растворенных в 1%-ной щелочи. При этом наблюдается некоторое увеличение содержания в древесине лигнина, смол и жиров, веществ, растворимых в холодной и горячей воде.

Смоловыделение у пораженной древесины закономерно увеличивается со сроком ожидания.

Наблюдаемое некоторое увеличение содержания веществ, растворимых в холодной и горячей воде у сосны со сроком ожидания после обработки 27 мес, связано с тем, что при действии грибов нерастворимые компоненты древесины переходят в растворимые формы.

Изменения в составе древесины сосны через 3 мес после обработки недостаточны, чтобы связать их с влиянием гнили; вероятно, их можно объяснить, главным образом, неоднородностью древесины.

Изучение химического состава древесины ели показало, что у древесины, обработанной арборицидами со сроком ожидания 3 мес,

содержание веществ, растворимых в 1%-ной щелочи, велико (17,5%), а затем с увеличением срока ожидания до 27—39 мес начинает уменьшаться. Такое явление характерно для деструктивного типа гнили.

Грибы деструктивного типа гнили, в основном, разлагают только целлюлозу. Из данных табл. 1 видно, что в образцах древесины, обработанной арборицидами, содержание целлюлозы меньше, чем в контрольном. В то же время содержание пентозанов несколько увеличилось в обработанной древесине. Это можно предположительно объяснить расщеплением полисахаридов, что характерно для гниения «мертвой» древесины.

Возможно также, что эти изменения связаны с уменьшением объемного веса древесины. С углублением гниения объемный вес древесины уменьшается, и изменение относительного содержания древесины не соответствует изменению абсолютного количества.

В заключение следует отметить, что изменения, происходящие в химическом составе древесины под действием дереворазрушающих грибов, развивающихся на древесине после ее отмирания под воздействием арборицидов, в течение 39 мес после обработки, не очень значительны, и постановка вопроса о возможности использования этой древесины для получения целлюлозы целесообразна.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Грант Ю. Лабораторный справочник по производству целлюлозы и бумаги. М., «Лесная промышленность», 1965. [2]. Кирпичева Л. М., Чудаков М. И., Санников Г. П. Разрушение древесины лиственных пород под воздействием арборицидов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 6, с. 109—111. [3]. Кирпичева Л. М., Чудаков М. И., Санников Г. П. Получение сульфатной целлюлозы для ацелирования из «арборицидной» древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 1, с. 101—104. [4]. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М., «Лесная промышленность», 1967.

Поступила 5 июля 1976 г.

УДК 547.992.3

СВЯЗЬ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ ВЯЗКОГО ТЕЧЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ С МОЛЬНОЙ СОЛЬВАТАЦИЕЙ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В РАСТВОРАХ

В. В. НЕКРАСОВ

Архангельский лесотехнический институт

По экспериментальным данным рассчитаны мольная сольватация сульфатного лигнина в четырех органических растворителях. Установлено, что с ростом энергии активации вязкого течения чистого растворителя мольная сольватация сульфатного лигнина монотонно убывает при данной концентрации и температуре раствора.

В работе [3] приведены результаты исследования мольной сольватации сульфатного лигнина (СЛ) в четырех растворителях: диметилформамиде (ДМФ), диметилсульфоксиде (ДМСО), диоксане (Д) и этиленгликоле (ЭГ). Под мольной сольватацией подразумевали количество молей растворителя, сольватированного одним граммом СЛ и обозначенного как h/M_1 (где h — степень сольватации, т. е. число

граммов растворителя, сольватированного одним граммом СЛ; M_1 — молекулярная масса чистого растворителя).

Степень сольватации рассчитана по адиабатической сжимаемости раствора и растворителя. Методы измерения и способы расчетов сольватации СЛ приведены в работе [3]. Исследования проведены в растворах с концентрациями от 2 до 8 массовых % в интервале температур 20—80°C.

В статье [3] нет схемы, объясняющей экспериментальные результаты. Данная наша работа ставит целью на основе упрощенной модели макромолекула — растворитель объяснить некоторые из полученных результатов по сольватации СЛ в растворах.

По Горингу [5], макромолекула лигнина в растворе имеет форму, близкую к сферической. Между звеньями внутри макромолекулы существуют неупорядоченные валентные и водородные связи. Макромолекула СЛ содержит функциональные группы, способные образовывать водородные связи. Часть этих групп расположена на поверхности макромолекулы, а часть — внутри нее. Внутренние функциональные группы с противоположными знаками (доноры и акцепторы протонов) связаны друг с другом и образуют замкнутые микрообласти. Такая макромолекула, оказавшись в растворе, вступает во взаимодействие с молекулами растворителя. В растворе можно выделить три типа взаимодействия: Л—Л — между макромолекулами лигнина; Л—Р — между макромолекулами лигнина и молекулами растворителя; Р—Р — между молекулами растворителя. В пределах исследованных интервалов температур и концентраций растворов судить о взаимодействии типа Л—Л в какой-то мере можно по зависимости сольватации СЛ от концентрации раствора.

Как показывают расчеты, во всех растворах при 20°C увеличение концентрации от 2 до 8% приводит к понижению сольватации примерно на 6% (относительно сольватации в 2%-ном растворе) во всех исследованных растворах.

На основе приведенной модели макромолекулы СЛ, понижение сольватации можно объяснить следующим образом. С ростом концентрации раствора возрастает вероятность встречи макромолекул СЛ друг с другом, что приводит к их ассоциации. В свою очередь ассоциация осуществляется за счет функциональных групп, расположенных на поверхности макромолекулы. Очевидно, такие функциональные группы не могут принять участия в образовании сольватной оболочки, что и вызывает понижение сольватации СЛ с ростом концентрации раствора. Однако убыль сольватации СЛ очень незначительна, что позволяет предположить, что встречи макромолекул сравнительно редки. Из сказанного вытекает, что в пределах исследованных концентраций взаимодействия типа Л—Л не оказывают существенного влияния на сольватацию СЛ.

По своей физической сущности сольватация макромолекул лигнина должна быть связана с взаимодействием типа Л—Р.

В сольватной оболочке макромолекулы СЛ молекулы растворителя могут удерживаться водородными связями или силами Ван-дер-Ваальса. В исследованных растворах молекулы растворителя удерживаются в сольватном слое главным образом водородными связями. Действительно, энергия водородных связей составляет 0,17—0,34 эВ, энергия связи сил Ван-дер-Ваальса порядка 0,04 эВ, в то время как средняя энергия теплового движения частиц раствора для температур 20—80°C составляет 0,025—0,028 эВ. Таким образом, если бы молекулы растворителя удерживались в сольватной оболочке

СЛ силами Ван-дер-Ваальса, то при нагревании раствора сольватация СЛ должна была бы уменьшаться, однако такого явления не наблюдалось. Приведенные рассуждения дают основание утверждать, что сольватный слой макромолекул СЛ удерживается главным образом водородными связями, энергия которых на порядок выше средней энергии теплового движения частиц.

В рамках принятой модели рассмотрим некоторые из возможных случаев образования сольватной оболочки макромолекулы СЛ.

В одних растворителях сольватная оболочка образуется лишь на поверхности макромолекулы. В этом случае мольная сольватация имеет наименьшее значение. По нашим данным, такой случай имел место в растворах ЭГ, где мольная сольватация составляет 5,2 ммоль/г СЛ.

В других растворах макромолекулы растворителя связываются не только с функциональными группами на поверхности макромолекулы, но еще разрывают часть внутримолекулярных связей (водородных или вандерваальсовских) и проникают внутрь макромолекулы, раскрывая микропоры. Если такое раскрытие происходит уже при комнатной температуре, то с повышением температуры сольватация не должна заметно изменяться. Этот случай имеет место в растворах СЛ—ДМФ, где мольная сольватация достигает значения 11,4 ммоль/г СЛ при 20°C, и с ростом температуры не повышается.

Возможен промежуточный случай, когда при комнатной температуре оказалась раскрытой в макромолекулах лишь небольшая часть микропор. В таком растворе повышение температуры может способствовать раскрытию дополнительных микропор, что и приводит к повышению сольватации СЛ. Подобные явления наблюдались в растворах СЛ в Д и ДМСО, где с повышением температуры от 20 до 70°C мольная сольватация СЛ повышалась примерно на 1 ммоль/г СЛ.

Рассмотренные примеры показывают, что приведенная модель макромолекулы в ряде случаев качественно согласуется с экспериментальными результатами. Однако некоторые опытные данные не укладываются в предложенную схему образования сольватной оболочки макромолекулами СЛ. Так, согласно этой модели, следовало бы ожидать примерно одинаковой сольватации СЛ в растворах ДМФ и ДМСО, молекулы которых содержат по одной акцепторной группировке >0 . Однако на опыте сольватация СЛ в ДМФ (11,4 ммоль/г) вдвое выше, чем в ДМСО (5,7 ммоль/г). При сравнении мольных сольватаций СЛ в Д (6,9 ммоль/г), с одной стороны, и в ДМФ и ДМСО, с другой, можно было ожидать большей сольватации СЛ в первом, так как молекула Д содержит две акцепторные группировки, а молекулы вторых — лишь по одной. В действительности сольватация СЛ в Д имеет промежуточное значение относительно растворов ДМФ и ДМСО.

Таким образом, рассмотренная модель образования сольватной оболочки макромолекулами СЛ на основе одного вида взаимодействия Л—Р не в состоянии объяснить все полученные опытные данные.

Для объяснения отмеченных несоответствий воспользуемся высказываниями Линдберга [6, 7] о том, что на состояние макромолекул лигнина в растворах заметное влияние оказывает структура самого растворителя.

Нет сомнения в том, что на структуру растворителя существенное влияние оказывает взаимодействие типа Р—Р. Взаимодействие молекул растворителя друг с другом, как мы полагаем, может быть оценено энергией активации вязкого течения чистого рас-

творителя ΔU_{11} , которая входит в закон Я. И. Френкеля [4] для вязкости жидкости

$$\eta = A \exp[\Delta U_{11}/kT],$$

где η — вязкость жидкости при температуре T ;

ΔU_{11} — энергия активации вязкого течения чистого растворителя;

k — постоянная Больцмана;

A — некоторая постоянная.

Вязкость растворителя определяли вискозиметром Оствальда в интервале температур от 20 до 80°C. Диаметр вискозиметров подбирали таким, чтобы время истечения данного растворителя при 80°C было не менее 80 с. Стандартная ошибка при определении вязкости растворителя была менее 1%.

Энергию активации рассчитывали по наклону прямой $\ln \eta = f\left(\frac{1}{T}\right)$. Значения энергии активации растворителя ΔU_{11} , степени сольватации СЛ при 20°C в 2%-ном растворе h_2^{20} и мольной сольватации СЛ в различных растворителях h_2^{20}/M приведены в табл. 1.

Таблица 1

Величины	Единицы измерения	Растворители			
		дмф	д	дмсо	эг
ΔU_{11}	эВ	0,104	0,125	0,168	0,286
h_2^{20}	г/г СЛ	0,835	0,608	0,445	0,323
h_2^{20}/M_1	ммоль/г СЛ	11,4	6,9	5,7	5,2

Как видно из данных таблицы, с ростом энергии активации вязкого течения растворителя заметно понижается сольватация. Существование некоторой корреляции между величинами ΔU_{11} и h_2^{20}/M_1 дает основание считать, что на процессы сольватации СЛ в растворе существенное влияние оказывает взаимодействие между молекулами растворителя, которое в данной работе оценивается величиной ΔU_{11} .

Сопоставление данных по результатам исследования мольной сольватации СЛ с энергией активации молекулы растворителя позволяет утверждать, что на процесс сольватации СЛ в растворе существенное влияние оказывает характер взаимодействия между молекулами самого растворителя.

Существование определенной корреляции между мольной сольватацией СЛ в растворе и энергией активации вязкого течения чистого растворителя позволяет величину ΔU_{11} считать одной из характеристик данной жидкости как растворителя СЛ.

В заключение приношу признательность проф. И. М. Боховкину и доц. О. М. Соколову за ценные советы при подготовке данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гликман С. А. Введение в физическую химию высокополимеров. Саратов, изд-во Саратовского университета, 1959, 379 с. [2]. Краткая химическая энциклопедия. М., «Советская энциклопедия», 1961, 626 с. [3]. Некрасов В. В., Соколов О. М., Боховкин И. М. О сольватации сульфатного лигнина в некоторых органических растворителях. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 2, с. 114—117. [4]. Френкель Я. И. Собрание избранных трудов. Т. 3. М.—Л., изд-во АН СССР, 1959, 460 с. [5]. Gorring D. A. J. The Physical chemistry of lignin. — «Pure, Appl. Chem.» 1962, Vol. 5, N 1—2 p. 233—254 [6]. Lindberg J. J. Studies of the Physico chemical Properties of Thioliignins and Related Compound. — «Papersi ja Puu», 1955, Vol. 37, N 5, p. 206—208. [7] Lindberg J. J. Solubility and Hydrogen Band Formation of Lignins. — «Papersi ja Puu», 1960, Vol. 42, N 4a, p. 193—196.

УДК 676.16.036.2+676.1.022.131

НАТРОННО-КИСЛОРОДНАЯ ВАРКА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЛИСТВЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЕДКОГО НАТРА НА КИСЛОРОДНОЙ СТУПЕНИ

Б. Е. ФОМИН, И. Е. АРАКИН, Р. З. ПЕН

Сибирский технологический институт

Щепу древесины лиственницы подвергали обработке едким натром, дефибрированию и варке с кислородом и раствором едкого натра. Варьирование шести переменных факторов варки проводилось в соответствии с планом второго порядка и оценкой результатов варки по одиннадцати выходным параметрам. Зависимости представлены в виде уравнений регрессии второй степени.

В нашей работе [1] была показана возможность получения из древесины лиственницы высококачественной целлюлозы путем ступенчатой натронно-кислородной варки с использованием кальцинированной соды на кислородной ступени. В качестве щелочного реагента для кислородной ступени может быть использован также едкий натр. В последнем случае можно интенсифицировать варочный процесс и снизить температуру варки. С другой стороны, применение соды облегчает регенерацию химикатов за счет снижения нагрузки на узел каустизации. В литературе мы не нашли данных, позволяющих достаточно обоснованно отдать предпочтение какому-либо из этих двух реагентов.

Чтобы иметь возможность сравнить два названных варианта, провели серию опытов, спланированных и выполненных аналогично описанным ранее [1], за исключением температуры кислородной ступени. Независимые переменные, выходные параметры процесса и интервалы варьирования независимых переменных: x_1 — выход массы после натронной ступени варки 55—65% от исходной древесины; x_2 — температура кислородной ступени 110—130°C; x_3 — продолжительность варки с кислородом при конечной температуре 20—60 мин; x_4 — концентрация едкого натра в варочном растворе кислородной ступени 0,35—0,75%; x_5 — жидкостный модуль кислородной варки 10—20; x_6 — давление кислорода в автоклаве перед началом варки 980—1960 кПа; y_1 — pH отработанного щелока; y_2 — выход непровара, % от древесины; y_3 — суммарный выход твердого остатка, % от древесины; y_4 — содержание остаточного лигнина в целлюлозе, %; y_5 — вязкость 1%-ного медноаммиачного раствора целлюлозы, мПа·с; y_6 — белизна целлюлозы, %; y_7 — разрывная длина, м; y_8 — сопротивление излому, число двойных перегибов; y_9 — сопротивление раздиранию, Н; y_{10} — сопротивление продавливанию, кПа; y_{11} — выход целлюлозы, %.

Для исключения возможного систематического смещения результатов из-за временного дрейфа обе серии опытов (с содой и едким натром) совместно рандомизировали во времени и провели с древесиной одной и той же породы.

Зависимость выходных параметров от переменных факторов процесса аппроксимировали полиномами второй степени:

Кoeffициенты	Выходные				
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
b_0	8,031	43,900	4,639	48,540	13,535
b_1	-0,347	-3,172	4,374	2,196	0,487
b_2	-1,000	-2,900	0,400	-2,500	0,650
b_3	-0,603	—	—	—	-0,980
b_4	0,794	1,407	-1,849	-0,439	-1,770
b_5	0,639	2,248	-3,829	-1,580	-2,413
b_6	-0,594	0,894	-1,494	-0,594	-1,111
b_{11}	-0,229	-1,430	2,527	1,096	0,322
b_{22}	0,221	0,370	-1,823	-1,454	1,022
b_{33}	0,071	-1,180	-1,923	-3,104	-1,328
b_{44}	-0,279	-1,680	2,477	0,796	-0,378
b_{55}	-0,279	—	2,677	2,596	0,322
b_{66}	0,646	-0,680	0,877	—	1,072
b_{12}	-0,349	0,797	-1,300	-0,497	-0,824
b_{13}	—	0,475	—	0,525	-0,450
b_{14}	—	2,575	-1,550	1,025	-0,575
b_{15}	-0,350	2,910	-2,466	0,447	-0,316
b_{16}	-0,319	-1,662	0,575	-1,087	1,863
b_{23}	—	-1,902	0,867	-1,038	—
b_{24}	—	-0,765	0,836	—	—
b_{25}	-0,346	-0,265	—	—	-0,499
b_{26}	0,066	0,355	0,382	0,730	—
b_{34}	-0,378	-2,600	1,706	-0,900	1,800
b_{35}	-0,441	-0,575	0,694	—	-0,625
b_{36}	—	1,025	—	1,275	—
b_{45}	0,247	-1,663	0,843	-1,025	-0,963
b_{46}	-0,297	—	—	—	-0,287
b_{56}	-0,422	-2,675	1,194	-1,487	1,650
$s\{y\}$	0,0707	0,667	1,109	0,583	0,801

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^6 b_i x_i + \sum_{i=1}^6 b_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Статистически значимые коэффициенты регрессии (уровень значимости 5%) приведены в табл. 1. Переменные x_i в уравнениях (1) кодированы; они связаны с натуральными значениями переменных X_i следующими соотношениями:

$$x_1 = \frac{X_1 - 60}{5}; \quad x_2 = \frac{X_2 - 120}{10}; \quad x_3 = \frac{X_3 - 40}{20};$$

$$x_4 = \frac{X_4 - 0,55}{0,20}; \quad x_5 = \frac{X_5 - 15}{5}; \quad x_6 = \frac{X_6 - 1470}{490}.$$

В последней строке табл. 1 приведены стандартные (среднеквадратичные) ошибки выходных параметров, определенные в отдельной серии опытов.

Щелочной реагент	Переменные						
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	y_2
Na OH	55	110	60	0,75	20	980	43,3
Na OH	60	120	40	0,55	20	1470	45,3
Na ₂ CO ₃	60	150	40	0,75	20	1470	43,9

Таблица 1

параметры

У ₆	У ₇	У ₈	У ₉	У ₁₀	У ₁₁
29,75	19,602	6155,9	371,1	0,952	255,1
—	0,742	225,3	—32,2	—0,042	9,9
—2,05	1,450	235,0	27,0	—	15,0
1,45	1,040	—	29,6	—	12,3
2,35	1,497	298,3	39,5	—	14,1
—	2,598	400,9	60,9	0,022	22,3
—	1,544	—	—	—	—
3,53	—1,002	—131,4	28,6	0,019	4,4
4,73	0,448	—117,4	20,1	0,029	—
—9,42	—0,602	—377,4	—	0,039	—5,6
—	1,698	367,6	—33,4	—0,031	14,4
—2,47	0,348	432,6	—66,4	—0,071	17,4
3,13	—1,902	—377,4	—	—	35,6
—1,91	0,690	—	—	—	—
—1,28	—	—	—	—	3,8
—	—	—	—	—	—
—1,76	—0,366	—	—	0,030	—
—1,04	0,556	110,6	—	—0,016	11,4
—1,27	—0,347	—123,1	—	—0,021	3,5
—1,04	—	—	—	—	—
—1,38	0,791	—	28,6	—	—
—	0,351	—	—	—	—3,8
—1,44	0,363	—	—23,6	—	8,4
—	0,481	—85,0	—	—	—
—	—	—95,6	—	—	—
—	0,831	—	—	—0,028	—
—	0,313	—	—	—	—
—	0,719	135,0	—	—	12,9
2,70	0,732	216,7	30,0	0,039	4,36

Зависимости некоторых выходных параметров от каждого из переменных факторов варки (при фиксированных на «основном» уровне значениях остальных факторов) показаны на рис. 1. Эти зависимости аналогичны полученным ранее [1]. Некоторые отличия обусловлены главным образом тем, что весь диапазон выходов целлюлозы во второй серии (с едким натром) смещен в сторону увеличения на 2—3%.

В табл. 2 приведены условия получения и свойства двух образцов целлюлозы (из 37), сваренных с применением едкого натра, и одного образца — из предыдущей серии варок (с содой) с близким значением степени делигнификации.

Сравнение результатов свидетельствует в данном случае в пользу применения едкого натра, обеспечивающего сокращение количества непровара и повышение выхода целлюлозы и показателей механической прочности, а также позволяющего значительно снизить темпе-

Таблица 2

факторы

У ₃	У ₄	У ₅	У ₆	У ₇	У ₈	У ₉	У ₁₀	У ₁₁
1,6	44,9	10,7	40,8	23,1	6900	446	0,93	270
4,2	49,5	10,4	30,2	22,9	7170	398	0,92	310
4,4	48,3	10,9	37,6	21,8	5870	394	0,89	260

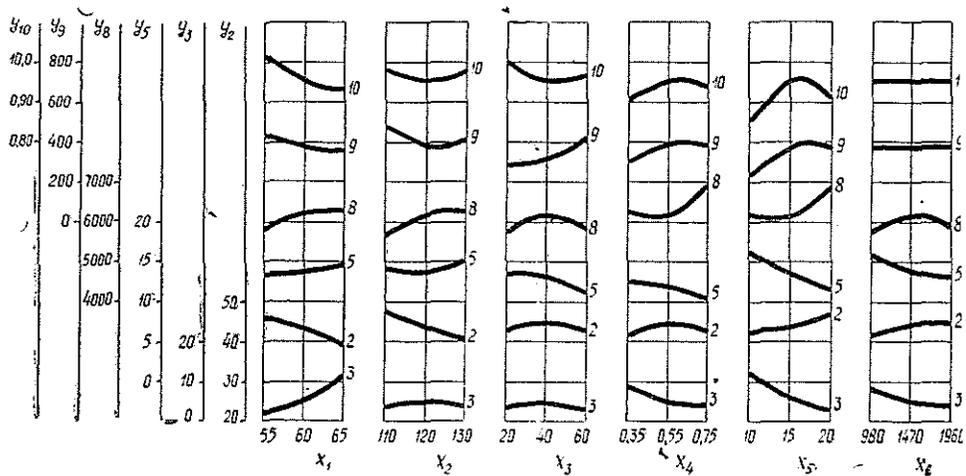


Рис. 1.

ратуру (а следовательно, и максимальное давление) кислородной ступени варки.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Фомин Б. Е., Аракин И. Е., Пен Р. З. Натронно-кислородная варка целлюлозы из ливенницы с применением кальцинированной соды на кислородной ступени. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 2.

Поступила 17 января 1977 г.

УДК 674.817-41

О ПРИМЕНЕНИИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА И ФРАКЦИЙ ВЫСШИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВОГО МАСЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

А. П. ШИШКИНА, Г. И. ЦАРЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Изучено влияние степени димеризации кислот таллового масла на свойства древесноволокнистых плит. Предлагается димеризация таллового масла и фракций высших жирных кислот перед смешением с волокнистой массой. Даны режимы термоокислительной димеризации.

В отечественной промышленности для получения сверхтвердых древесноволокнистых плит используют метод пропитки смесью льняного и таллового масел. В процессе термообработки плит льняное масло высыхает, образуя имеющую некоторое количество гидрофильных (СООН) групп гидрофобную трехмерную структуру, способствующую улучшению качества плит.

Талловое масло используется в пропитывающей смеси из экономических соображений, но количество его в композиции ограничено, так как ухудшаются проклеивающие свойства и снижается водостойкость обрабатываемого материала.

Лабораторные опыты по изготовлению древесноволокнистых плит сухим способом с добавлением таллового масла и высших жирных кислот таллового масла подтвердили, что плиты, проклеенные этими продуктами, не обладают водостойкостью, требуемой стандартом для сверхтвердых плит [8]. Особенно низкой водостойкостью отличались плиты на основе волокна из хвойных пород древесины, проклеенные талловым маслом.

Анализом образцов установлено, что в период термического воздействия на волокнистый ковер в процессе производства высшие жирные кислоты таллового масла количественно связываются сложной эфирной связью с гидроксильными группами компонентов древесного волокна хвойных и лиственных пород [6]. При этом частично протекает процесс сшивки кислот по двойным связям (димеризация). Полнота последней реакции зависит от породного состава сырья и характера проклеивающей композиции. Так, при изготовлении плит из березового волокна с применением высших жирных кислот таллового масла сшивка протекает наиболее полно. При использовании волокна хвойных пород или сырого таллового масла димеризации практически не наблюдается. Чем слабее выражен процесс димеризации, тем ниже прочность и водостойкость плит.

Для повышения эффективности проклеивающего состава проводили процесс димеризации перед смешением с волокном, чтобы получить таким образом бифункциональные соединения, способные реагировать с гидроксильными группами волокна в производственном потоке.

Проведены опыты по определению параметров димеризации. Способ сшивки аналогичен способу уваривания олифы, широко распространенному в производстве лаков и красок [1]. Был использован реактор периодического действия с регулируемым подводом тепла в рубашку и барботером. Сырьем для модификации служили фракция высших жирных кислот таллового масла и талловое масло, полученные с Братского лесопромышленного комплекса. Во время реакции через барботер непрерывно продувался воздух как инициатор свободных радикалов, необходимый для возбуждения процессов изомеризации и полимеризации [3]. Контроль сшивки осуществляли путем определения йодных чисел и молекулярной массы.

Определено, что для окислительной димеризации требуется температура 195—200°C. При более низкой температуре процесс протекает настолько медленно, что средняя молекулярная масса и йодные числа практически не изменяются. При превышении оптимальной температуры начинается интенсивный процесс полимеризации с образованием полимера, непригодного к употреблению. При 195—200°C происходит постепенное нарастание молекулярной массы и падение йодных чисел. Основные продукты реакции при этом — димерные производные высших жирных кислот, которые образуются по реакции Дильса — Альдера [5].

В целях проверки влияния димеризации кислот на свойства плит проводили отбор кислот и таллового масла в течение всего процесса димеризации. Полученные фракции смешивали с волокном в количестве 6% от его веса и изготавливали плиты. Параметры прессования: температура 220°C, продолжительность 5 мин, максимальное давление 60 кгс/см², минимальное — 25 кгс/см², термозакалка в камере 4 ч при температуре 170°C.

На рис. 1, 2 приведены сравнительные данные свойств плит и степени димеризации высших жирных кислот. Максимального значения, соответствующего димерным производным, средняя молекулярная масса фракции жирных кислот достигает через 10 ч после обработки, а высших жирных кислот в талловом масле — через 30 ч. Это различие мы объясняем ингибирующим влиянием смоляных кислот абетинового типа, имеющих сопряженную систему двойных связей в молекуле [9]. Рост механических показателей плит следует за ростом молекулярной массы и заканчивается при достижении значения, соответствующего практически полной димеризации (около 580 ед.). Водопоглощение плит достигает минимума строго в момент перегиба

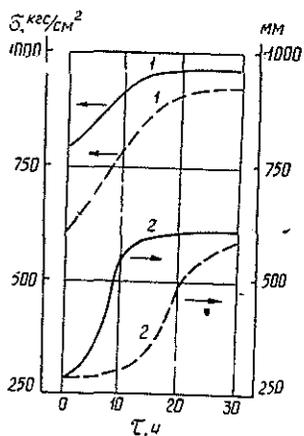


Рис. 1. Влияние длительности обработки на среднюю молекулярную массу высших жирных кислот и механические показатели плит.

Сплошная линия — фракция высших жирных кислот таллового масла; штриховая — высшие жирные кислоты в талловом масле; 1 — сопротивление при статическом изгибе; 2 — молекулярная масса.

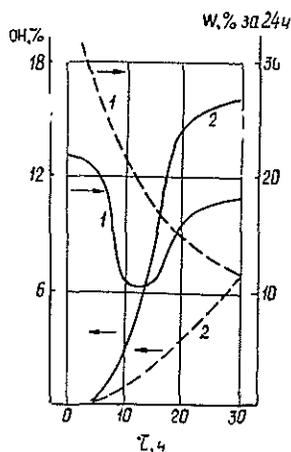


Рис. 2. Влияние длительности обработки на содержание гидроксильных групп в высших жирных кислотах и водопоглощение плит.

Сплошная линия — фракция высших жирных кислот таллового масла; штриховая — высшие жирные кислоты в талловом масле; 1 — водопоглощение; 2 — содержание гидроксильных групп.

кривой молекулярной массы (рис. 2). Однако при продолжении термоокислительной обработки после завершения процесса димеризации (см. кривую фракции высших жирных кислот таллового масла) оно начинает повышаться. Объясняется это повышением содержания гидроксильных групп в радикалах кислот, которые увеличивают лиофильные свойства проклеивающего состава. Количество гидроксильных групп растет в течение всего периода термообработки за счет побочного процесса стабилизации свободных радикалов кислородом [3], и, как видно из кривой, не заканчивается с завершением процесса димеризации.

Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Димерные производные высших жирных кислот, полученные из фракции разогнанного таллового масла, а также непосредственно в талловом масле в смеси со смоляными кислотами целесообразно применять для получения сверхтвердых плит взамен высыхающего масла (льняного или тунгового) или фенолоформальдегидной смолы, которую они превосходят по проклеивающим качествам [2, 4, 7].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дринберг А. Я. Технология пленкообразующих веществ. Л., Госхимиздат, 1955. [2]. Солечник Н. Я., Царев Г. И., Шишкина А. П. и др. Способ получения сверхтвердых плит. Авт. свид. № 368065. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 9. [3]. Тютюников В. И. Химия жиров. М., «Пищевая промышленность», 1966. [4]. Царев Г. И., Шишкина А. П., Солечник Н. Я. Способ получения сверхтвердых древесноволокнистых плит. Авт. свид. № 254757. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1969, № 32. [5]. Царев Г. И., Шишкина А. П., Солечник Н. Я., Кутневич А. М. Исследование механизма полимеризации высших жир-

ных кислот. — Материалы конференции. ЛТА, 1970, март, с. 28—31. [6]. Царев Г. И., Шишкина А. П. О взаимодействии высших жирных кислот с древесным волокном при нагревании. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5, с. 106—109. [7]. Шишкина А. П., Царев Г. И., Солечник Н. Я. Способ получения сверхтвердых древесноволокнистых плит. Авт. свид. № 254758. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1969, № 32. [8]. Шишкина А. П., Царев Г. И., Солечник Н. Я. Использование таллового масла при производстве сверхтвердых плит сухим способом. — «Целлюлоза, бумага, картон». Реф. информ. М., 1970, № 11, с. 14—15 (ВНИИПЭИЛеспром). [9]. Шишкина А. П., Царев Г. И. Влияние смоляных кислот на скорость окислительной димеризации высших жирных кислот. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1975, № 8, с. 12—13.

Поступила 8 апреля 1976 г.

УДК 676.1.023.7

МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ БУМАГИ И КАРТОНА СОСТАВАМИ С ИЗОЦИАНАТНЫМ СВЯЗУЮЩИМ

В. Л. КОЛЕСНИКОВ, А. С. ЦАРЕНКОВА

Белорусский технологический институт

Получена математическая модель процесса проклейки бумаги в массе и решена задача ее оптимизации. По найденным оптимальным значениям факторов проведен проверочный эксперимент, в результате которого получена опытная бумага с высокими физико-механическими показателями в сухом и во влажном состояниях.

Оксиэтилированные алкилфенолы, метилцеллюлоза, этилцеллюлоза и поливиниловый спирт, являющиеся регуляторами проклейки при получении влагопрочных бумаг и картонов [1], содержат гидрофильные группы и смачивателями переходят в бумагу, снижая ее гидрофобность и влагопрочность.

Цель настоящей работы — предложить и обосновать рецептуру проклеивающей смеси, увеличивающую адгезионную связь между целлюлозным волокном и компонентами смеси, и улучшить физико-механические показатели бумаги и картона в сухом и влажном состояниях.

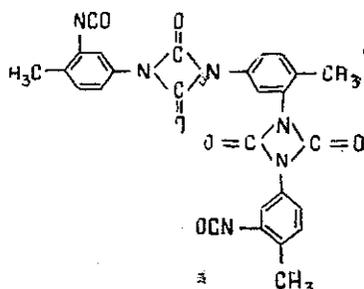
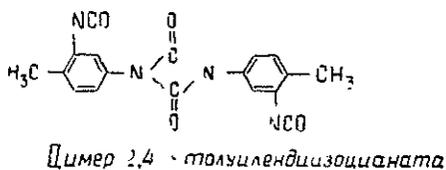
Один из путей решения этой задачи — использование изоцианатов. Эти соединения получили широкое распространение в качестве модифицирующих агентов для повышения прочностных и водоотталкивающих свойств волокон, текстиля, кожи, резинокордных систем [3—6]. Изоцианатные группы энергично взаимодействуют с веществами, содержащими активный водород и гидроксильные группы, например, с целлюлозой и компонентами проклеивающей смеси, создавая тем самым в бумаге единый блок из неразрушаемых водой мостичных связей.

Но в обычном виде изоцианаты для этих целей не могут быть использованы, так как гидролизуются водой. Поэтому в данной статье предлагается использовать скрытые (или блокированные) диизоцианаты, а также низкомолекулярные полимеры 2,4-толуилеңдиизоцианата (димеры и тримеры).

Блокированные диизоцианаты, общая формула которых $R_1OOCNH—R—NHCOOR_1$, устойчивы и не вступают в химические реакции до тех пор, пока при нагревании их до температуры разложения (100—180°C) не освободятся реакционноспособные изоцианатные

группы. При такой температуре влага из готового продукта уже полностью удалена и освободившиеся изоцианатные группы, взаимодействуя с водородом и гидроксильными группами, должны связать воедино целлюлозное волокно, полимер латекса, регулятор проклейки и перезаряжающий агент.

В качестве связующего можно также использовать димеры и тримеры 2,4-толуилендиизоцианата:



Химическое строение этих соединений обуславливает малую активность их уретидиндионовых циклов на стадии изготовления бумаги и картона. В процессе термообработки готового продукта при температуре 155—170°C в результате диссоциации димера и тримера образуются свободные изоцианатные группы, способные взаимодействовать с гидроксильными группами компонентов композиции.

В основу плана эксперимента положено центральное композиционное ротатабельное планирование второго порядка. В качестве независимых переменных выбрано семь факторов:

- x_1 — расход синтетического каучукового латекса, кг/т;
- x_2 — расход 2,4-толуилендиизоцианата, блокированного фенолом, кг/т;
- x_3 — расход регулятора проклейки «Превоцела», кг/т;
- x_4 — расход перезаряжающего агента полиэтиленimina, кг/т;
- x_5 — рН массы при проклейке;
- x_6 — степень размолла массы, °ШР;
- x_7 — концентрация массы при проклейке, %.

Параметры оптимизации:

- y_1 — влагопрочность, %;
- y_2 — водопоглощение по Коббу, г/м²;
- y_3 — разрывная длина, м.

Для исследований использовали небеленую сульфатную целлюлозу Сегежского ЦБК; 2,4-толуилендиизоцианат, блокированный фенолом; синтетический каучуковый латекс СКД-1 (сухой остаток 20%, рН = 9; поверхностное натяжение 38 дин/см, вязкость 4,95 сПз); полиэтиленимин КМ западногерманской фирмы БАСФ (d_{90} — 1,07, активное вещество — 50%, вязкость — 10000—20000 сПз при 20°C и 20 об./мин, сухой остаток — 19%); регулятор проклейки — «Превоцел W-OF» фирмы Шкапау, ГДР.

2,4-толуилендиизоцианат, блокированный фенолом, растирали в порошок и растворяли при нагревании в этиловом спирте. Полученный раствор (концентрацией

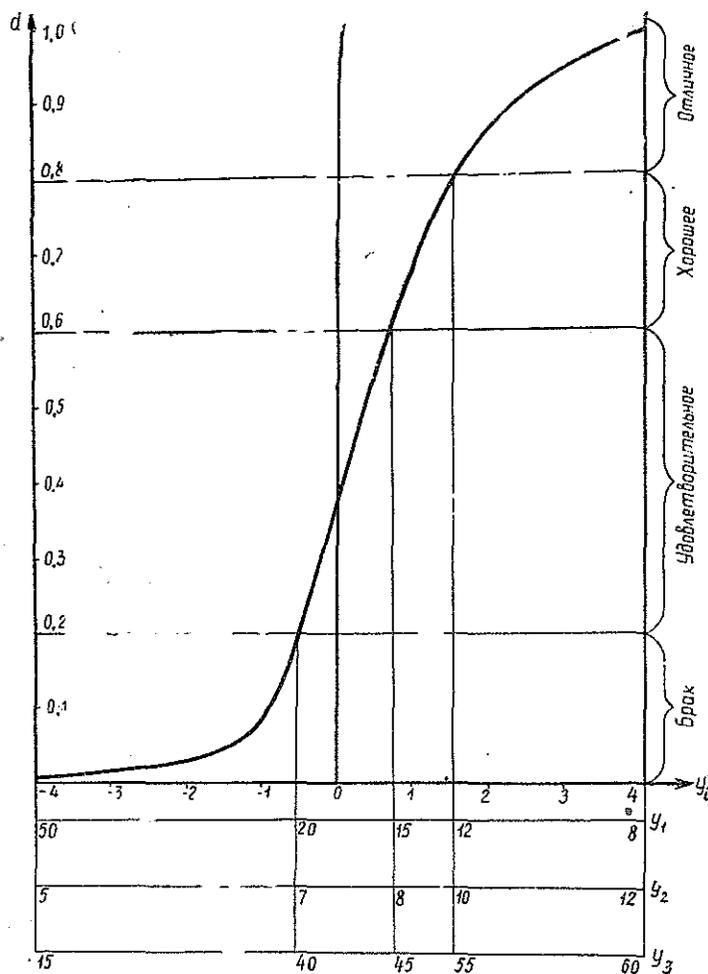


Рис. 1. График функции предпочтительности.

y_1 — влагопрочность, %; y_2 — водопоглощение по Коббу, г/м²; y_3 — разрывная длина, м.

5%) эмульгировался в водном растворе казеината натрия. К полученной эмульсии добавляли 1%-ный латекс СКД-1 и проклеивающую смесь вводили в целлюлозную массу, согласно условиям матрицы планирования.

Отливки бумаги изготовляли на листоотливном аппарате типа «Рapid-Кеттен». После сушки отливки подвергали термообработке в течение времени, достаточном для освобождения изоцианатных групп и завершения реакции между изоцианатом и бумагой. Температура термообработки 168°C, время термообработки — 12 мин.

Далее отливки бумаги кондиционировали и испытывали на влагопрочность, водопоглощение по Коббу и сопротивление разрыву.

Для того чтобы сформулировать задачу оптимизации, все ранее перечисленные частные критерии (y_1, y_2, y_3) с помощью функции предпочтительности (рис. 1) представлены обобщенным критерием качества D

$$D = \exp \left\{ -\frac{1}{3} [\exp(-y_1) + \exp(-y_2) + \exp(-y_3)] \right\}.$$

После определения коэффициентов регрессии по обычным методикам [7], проверки гипотезы адекватности аппроксимации результатов исследования полиномом второй степени по критерию Фишера и коэффициентов уравнения на значимость по критерию Стьюдента [7], получено уравнение регрессии для обобщенного критерия качества D:

$$D = 0,528 + 0,064x_2 - 0,022x_5 + 0,051x_6 - 0,036x_7 - 0,033x_1x_7 + \\ + 0,025x_2x_6 - 0,022x_3x_7 + 0,020x_4x_5 + 0,031x_4x_6 + 0,025x_1^2 + \\ + 0,018x_2^2 + 0,038x_3^2 + 0,027x_5^2.$$

Задачу оптимизации полученной математической модели решали методом сканирования [2] на ЭВМ «Минск-22». Оптимальные значения факторов эксперимента, обеспечивающие максимальное значение критерия D, следующие: $x_1 = 30,5$ кг/т; $x_2 = 34,0$ кг/т; $x_3 = 9,0$ кг/т; $x_4 = 12,5$ кг/т; $x_5 = 5,8$; $x_6 = 37,5^\circ\text{ШР}$; $x_7 = 4,2\%$.

По оптимальным значениям факторов проведен проверочный эксперимент. Показатели полученной опытной бумаги: влагопрочность — 50%, водопоглощение по Коббу — 13 г/м², разрывная длина—10250 м.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Авт. свид. № 240472. Способ получения влагопрочных бумаг и картонов.
[2]. Баяринов А. И., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химической технологии. М., «Химия», 1975, с. 508—509. [3]. Богуславский Д. Б., Гуслистая Б. Г., Бородушкина Х. Н. Модификация свойств обкладочных резин в системах с непропитанным полиэфирным и полиамидным кордом. — «Каучук и резина», 1972, № 4. [4]. Воложин А. И., Данилов С. А. Химическая модификация целлюлозных тканей изоцианатами. — ЖПХ, 1964, вып. 12. [5]. Леликова Т. Е., Александрыйский С. С., Быстрова Н. А. Адгезионные свойства полиэфирного волокна, обработанного изоцианатом. — «Каучук и резина», 1971, № 5. [6]. Патент ВНР № 151604. [7]. Рузинов Л. П. Статистические методы оптимизации химических процессов. М., «Химия», 1972, с. 81, 178.

Поступила 21 февраля 1977 г.

УДК 676.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ КАРТОНА МЕЖДУ ДВУМЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ СЕТКАМИ

В. В. ШОРОХОВ, Н. Н. КОКУШИН, И. Д. КУГУШЕВ
О. А. ТЕРЕНТЬЕВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Показаны преимущества двухсеточных формирующих устройств для производства картона. Предложена упрощенная математическая модель процесса обезвоживания между двумя вертикальными сетками в жесткой зоне формования. В результате сравнения расчетных и экспериментальных кривых предложена методика расчета. Приведены результаты экспериментального исследования режима формования для беленой сульфитной целлюлозы.

В настоящее время, наряду с различными модификациями традиционных круглосеточных машин, для производства картона применяются двухсеточные формирующие устройства. Это обусловливается, прежде всего, очевидным преимуществом подобных устройств, позво-

ляющих отводить воду из суспензии через сетки в обе стороны. При одинаковой производительности двухсеточные формеры более компактны и потребляют меньше энергии, чем круглосеточные. Такие устройства как «Инверформ», «Аркуформер» и др. [1] успешно эксплуатируются в промышленных условиях. В то же время процессы, происходящие в зазоре между двумя сетками, изучены недостаточно. Известны работы зарубежных [3—7] и отечественных [2] авторов, где предложены математические модели, описывающие процессы обезвоживания и течения между двумя сетками. Однако не все полученные зависимости подтверждены экспериментально, кроме того, они предназначены для устройств, работающих на скоростях до 200 м/мин и выше при выработке бумаг массой 100 г/м².

Цель данной работы — исследование процесса обезвоживания целлюлозной суспензии между двумя вертикальными сетками при скоростях 10—100 м/мин и выработке картона большей массы 1 м² (200—400 г/м²), а также разработка методики расчета производительности формующего устройства. Профиль зазора между двумя сетками в данном случае определяется обезвоживающими элементами, т. е. зона формования является жесткой.

Расчет производительности формующего устройства и размеров зоны формования сводится к определению количества отфильтрованной воды Q_n , которое оно способно отвести из массы с начальной концентрацией c_0 при формовании мокрого листа с концентрацией c .

В рассматриваемом случае в зазоре между сетками (рис. 3) течение потока массы проходит между двумя подвижными стенками (сетками с осевшим на них слоем массы) с изменением расхода (фильтрацией) вдоль пути. Этот процесс можно описать следующими уравнениями.

Закон Дарси

$$V_\phi = k \frac{H}{l + l_p} \quad (1)$$

Уравнение баланса волокна на сетке

$$Q_n c_m + Q_b c = (Q_n + Q_b) c_0 \quad (2)$$

Уравнение неразрывности

$$\frac{dQ_n}{dx} = V_\phi \quad (3)$$

и уравнение течения

$$H = x, \quad (4)$$

где V_ϕ — скорость фильтрации;

k — коэффициент фильтрации;

H — фильтрационный напор;

Q_b и l — соответственно количество и толщина слоя волокон, осевших на сетке;

c_t — концентрация промоя;

l_p — сопротивление сетки и ранее осевшего слоя волокон.

В результате совместного решения (1), (2), (3), (4) получено выражение для определения количества отводимой воды по длине вертикальной жесткой зоны формования между двумя сетками

$$Q_n = \left[-l_p + \sqrt{(l_p)^2 + \frac{mk}{V_c} (x^2 - x_0^2)} \right] b V_c, \quad (5)$$

где x_0 — начальная координата рассматриваемого участка обезвоживания;

V_c — скорость сеток;

b — ширина напуска.

В случае напуска массы на сетку без слоя волокон выражение (5) принимает вид:

$$Q_n = \left[\sqrt{\frac{k(x^2 - x_0^2)}{mV_c}} \right] bV_c. \quad (6)$$

В приведенной модели приняты следующие допущения:

не учтены силы инерции и вязкости, возникающие в потоке массы в зазоре между сетками из-за разницы скоростей сеток и массы;

концентрация оседающего слоя волокон c принята постоянной по всей длине формования.

Для экспериментальной проверки сделанных допущений была смонтирована экспериментальная установка (рис. 1), имеющая следующие характеристики:

ширина сеток — 270 мм;

ширина напуска — 225 мм;

максимальная длина зоны формования — 1000 мм;

количество мокрых отсасывающих ящиков — 20 шт.;

диапазон изменения скорости сеток — 5÷90 м/мин.

Для формования многослойных полотен предусмотрены наклонные участки сеток длиной 1 м с напорными ящиками.

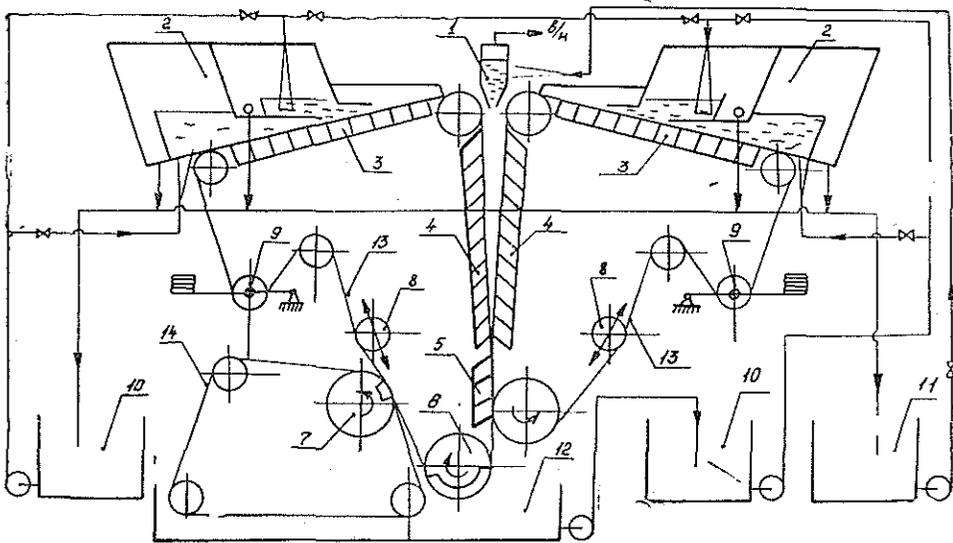


Рис. 1. Схема экспериментальной установки вертикального формования многослойного картона.

1 — напорный ящик основного слоя; 2 — напорные ящики покровных слоев; 3 — мокрые отсасывающие ящики наклонной части; 4 — мокрые отсасывающие ящики вертикальной части; 5 — отсасывающие ящики; 6 — отсасывающий гауч-вал; 7 — пересасывающий вал; 8 — сеткоправильный вал; 9 — сеткоподдерживающий вал; 10 — бассейн массы покровных слоев; 11 — бассейн массы основного слоя; 12 — бассейн оборотной воды; 13 — сетка; 14 — съемное сукно.

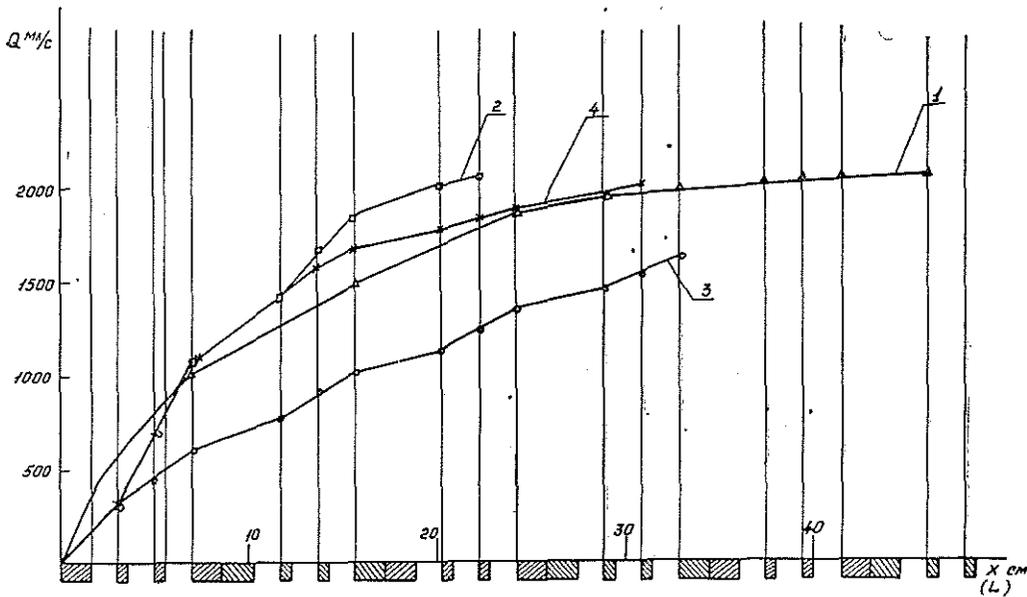


Рис. 2. Количество отфильтрованной воды по длине зоны формирования $c_0 = 0,77\%$; 60°ШР ; белая сульфитная целлюлоза.

1 — эксперимент; 2 — расчет с учетом размыва на каждом участке; 3 — расчет без размыва; 4 — комбинированный расчет.

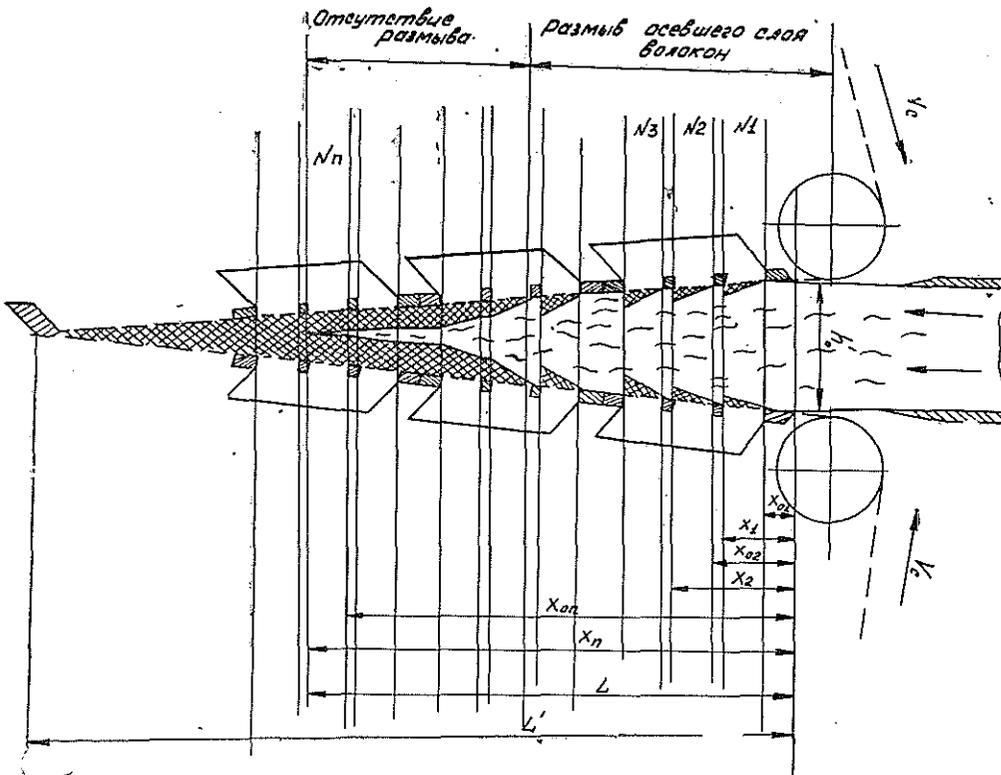


Рис. 3. Схема обезвоживания и формирования в жесткой вертикальной зоне между двумя сетками.

На рис. 2 (кривая 1) показаны количества воды, отводимой из мокрых отсасывающих ящиков по длине зоны формования, замеренные объемным способом.

Начальная концентрация массы — 0,77%, скорость сеток — 25 м/мин, зазор между сетками 10 мм. Эксперименты проводили с беленой сульфитной целлюлозой.

Зависимость коэффициента фильтрации k от напора H и концентрацию осевшего слоя определяли на фильтрационном приборе в зависимости от примененного напора.

В общем случае формирование между двумя сетками в жесткой зоне может проходить в двух режимах (рис. 3): 1) с размывом слоя волокон, осевших на сетке после каждого участка обезвоживания, либо по их длине. Причиной появления осевшего слоя может быть обратный заброс в клин отфильтрованной воды из-под сетки, а также движение потока массы относительно сеток; 2) без размыва осевшего слоя.

Кривой 2 на рис. 1 показано рассчитанное по формуле (6) количество отведенной воды при условии размыва осевшего слоя волокон в конце каждого участка обезвоживания (по всей длине зоны формования), а кривой 3 — при отсутствии такого размыва. Расчет проводили последовательно по участкам. Из анализа полученных результатов можно видеть, что на начальном участке формования хорошо совпадают расчетная и экспериментальная кривые 2, а на заключительной стадии — кривые 3. Такие же данные были получены и для начальных концентраций массы 0,6; 1,1; 1,4%. Это говорит о том, что расчет количества отводимой воды следует вести для начальной стадии формования при условии размыва слоя осевших волокон, а для заключительной стадии при условии отсутствия размыва (кривая 4, рис. 1). Размыв осевшего слоя в начальной зоне формования визуально наблюдался через декельное устройство из органического стекла. Для беленой сульфитной целлюлозы размыв прекращался при осредненной концентрации массы 1,8—2,1%.

Выводы

Предложенные формулы применимы для расчета обезвоживания между двумя сетками в вертикальной жесткой зоне формования на скоростях до 100 м/мин.

При проведении такого расчета необходимо учитывать размыв осевшего слоя в начале зоны формования и его отсутствие в конце этой зоны.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомол Г. М., Спиридонов В. А. Современные способы формования многослойного картона. Обзор. М., ВНИПИЭИлеспром, 1975. [2]. Кокушин Н. Н., Чернокрылов В. П. Исследование течения бумажной массы между двумя сетками. — Межвузовский сборник научных трудов ЛТИ ЦБП. Л., 1976, с. 3—8. [3]. Vaines W. D. The paperformer zone of a two-wire machine. — «Pulp and Paper Magazine of Canada», 1967, v. 68, № 10, p. 497—505, 538. [4]. Hauptmann E., Mardon J. The Hydrodynamics of curved wire formers. — «Pulp and Paper Magazine of Canada», 1973, v. 74, № 2, p. 72—77. [5]. Koskimies E., Perkinen E., Puolakka H., Schultz E., Wahlstrom B. A drainage model for the forming zone of a two-wire former. — «Paperi ja Puu», 1972, № 4a, p. 137—146. [6]. Mardon J., Monahan R. E., Nelson J., Meadley C. K., Effa R. D. Hydrodynamics of double wire drainage. — «Norsk Skogindustri», 1966, № 10, p. 390—401. [7]. Skrabak M. Der Prozeb der Blattbildung und der strukturelle charakter mehrschichtiger Papiere Papen und Faserplatten zwischen zwei vertikalkonvergierend lautenden Sieken. — «Zellstoff und Papier», 1971, № 12.

Поступила 11 апреля 1977 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 539.538.002.5

РАСЧЕТ
ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
С УЧЕТОМ ВЗАИМОСВЯЗИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
И ПРОЦЕССОВ ИЗНАШИВАНИЯ

В. В. АМАЛИЦКИЙ

Московский лесотехнический институт

Рассмотрена схема взаимосвязи износного и динамического процессов в деревообрабатывающих машинах. На примере механизма подачи кареткой дано математическое описание происходящих явлений и приведен алгоритм решения задачи.

Неравномерный износ в подвижных стыках нарушает геометрию взаимного расположения контактирующих поверхностей, что в конечном счете уменьшает жесткость стыка как за счет уменьшения фактической поверхности контакта, так и за счет уменьшения предварительного натяга (если он имеет место), который лимитируется геометрической точностью стыка. Это существенно сказывается на упругих и демпфирующих характеристиках УС машины в целом, т. е. на динамическом качестве УС (увеличение модуля передаточной функции и уменьшение запаса устойчивости).

Кроме того, неровности подвижных стыков при относительном движении контактных поверхностей вызывают кинематические возмущения, увеличивающие уровень вибраций. Уровень и частота возмущений зависят от характера трансформации сопрягаемых поверхностей и скорости относительного движения.

Ухудшение показателей динамического качества и увеличение уровня нагрузок от кинематических возмущений приводят к увеличению уровня реакции УС и интенсифицируют процесс износа.

Если износ протекает равномерно по всей поверхности контакта, то он легко компенсируется регулировкой механизма. Перечисленные нежелательные явления вызваны не абсолютной величиной износа, а его неравномерностью.

В деревообрабатывающем оборудовании (ДО) требования к точности обработки относительно невысоки. В связи с этим износ в стыках узлов машин не приводит к быстрому снижению точности. Машина продолжает работать с пониженной, но удовлетворяющей производству точностью. Величина накопленного износа может достигать значений десятых долей и целых миллиметров. Поэтому процесс потери точности машиной по мере накопления износа сопровождается существенным изменением контактной жесткости, а также появлением дополнительных динамических нагрузок. Поэтому для ДО, особенно при определении его долговечности, большое значение имеет взаимосвязь рассматриваемых процессов.

Нами была исследована работа широко распространенного в дереворежущих станках механизма подачи кареткой, которая совершает прямолинейное движение на опорных катках. Особенность этого

типа направляющих — почти полное отсутствие проскальзывания (не более 1%) в направлении движения. Скорость износа $\xi(t)$ зависит главным образом от уровня вибраций A в направлении, перпендикулярном подаче, который определяется динамическими характеристиками станка,

$$\xi(t) = cA_{max}, \quad (1)$$

где c — коэффициент пропорциональности.

Математически реакция УС характеризуется комплексной передаточной функцией $W_{kj}(i\omega)$. Полагая внешние воздействия $P(i\omega)$ на систему гармоническими, величину вынужденных колебаний $u(i\omega)$ получаем из системы уравнений

$$\begin{bmatrix} \bar{u}_1(i\omega) \\ \bar{u}_2(i\omega) \\ \vdots \\ \bar{u}_n(i\omega) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(i\omega), W_{12}(i\omega), \dots, W_{1n}(i\omega) \\ W_{21}(i\omega), W_{22}(i\omega), \dots, W_{2n}(i\omega) \\ \vdots \\ W_{n1}(i\omega), W_{n2}(i\omega), \dots, W_{nn}(i\omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{P}_1(i\omega) \\ \bar{P}_2(i\omega) \\ \vdots \\ \bar{P}_n(i\omega) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Изменение контактной жесткости dk стыка выразится формулой, выведенной нами из зависимости между упругим сближением, контактных поверхностей Δ и контактным давлением σ :

$$\begin{aligned} \Delta &= c'\sigma^m; \\ dk &= c_1 da + c_2 d\Delta, \end{aligned} \quad (3)$$

где c_1 и c_2 — коэффициенты;

da — величина, характеризующая изменение жесткости из-за нарушения первоначальных условий прилегания,

$$da = k_a dS. \quad (4)$$

где k_a — коэффициент пропорциональности;

dS — приращение высоты S волнообразной поверхности стыка;

$d\Delta$ — величина, характеризующая изменение жесткости из-за уменьшения предварительного натяга,

$$d\Delta = dS. \quad (5)$$

С учетом формул (4) и (5) выражение (3) примет вид

$$dk = (c_1 k_a + c_2) dS. \quad (6)$$

По результатам эксперимента было установлено, что процесс неравномерности износа достаточно точно описывается уравнением

$$\frac{dS}{dN_u} = \alpha \hat{\xi} - \beta S, \quad (7)$$

где N_u — число циклов нагружения, которое при необходимости может быть пересчитано на время t .

Общее решение уравнения (7) с начальным условием $S_0 = 0$ при $N_u = 0$ имеет вид

$$S(N_u) = \frac{\alpha}{\beta} \hat{\xi} (1 - e^{-\beta N_u}). \quad (8)$$

С учетом (8) уравнение (6), описывающее изменение жесткости в зависимости от числа циклов $N_{\text{ц}}$ работы подвижного стыка при постоянной (в среднем) скорости износа ξ , может быть записано в виде

$$dk = \alpha \xi (c_1 k_a + c_2) e^{-\beta N_{\text{ц}}} dN_{\text{ц}}. \quad (9)$$

Полагая скорость износа ξ постоянной в течение некоторого периода работы Δt , соответствующего $N_{\text{ц}}$ циклам, интегрированием выражения (9) получим формулу для изменения жесткости $k_{\Delta t}$, соответствующую начальному условию $k_{\Delta t} = 0$ при $N_{\text{ц}} = 0$,

$$k_{\Delta t} = \frac{\alpha}{\beta} \xi (c_1 k_a + c_2) (1 - e^{-\beta N_{\text{ц}}}) \quad (10)$$

или, подставляя (1) для амплитуды A_i , по координате i

$$k_{\Delta t} = \frac{\alpha}{\beta} c A_i (c_1 k_a + c_2) (1 - e^{-\beta N_{\text{ц}}}). \quad (11)$$

Для упрощения задачи можно перейти от пространственной системы (2) к плоской. Наши исследования показывают, что для механизмов подачи дереворежущих станков с направляющими качения пространственная система может быть аппроксимирована плоской системой. Упругие перемещения рассматриваются в плоскости yz , перпендикулярной направлению подачи x . Виброперемещение в направлении подачи по оси x не имеет практического значения при скорости подачи порядка м/мин, характерной для дереворежущих станков. С учетом сказанного система (2) будет иметь вид

$$\begin{bmatrix} u_y^0 \\ u_z^0 \\ u_{\varphi_x}^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{yy}^0 & W_{yz}^0 & W_{y\varphi_x}^0 \\ W_{zy}^0 & W_{zz}^0 & W_{z\varphi_x}^0 \\ W_{\varphi_x y}^0 & W_{\varphi_x z}^0 & W_{\varphi_x \varphi_x}^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_y \\ P_z \\ M_x \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Базирование подвижного элемента в плоскости yz полностью определяется тремя контактными площадками, которые не обязательно параллельны координатным плоскостям. Для приведения линейных и угловых перемещений A_1 , A_2 и A_3 по площадкам контакта применяем матрицу преобразования $[A_{\theta}]$. Тогда перемещения A_i в сокращенной форме с подстановкой (12)

$$[A_i] = [A_{\theta}] [W_{ij}^0] [Q_j] = [A_{\theta}] [u_i^0], \quad (13)$$

где Q_j — обобщенная сила.

Согласно выражению (11), k_{ij} , а следовательно, система решений (12) зависит от A_i , которые, в свою очередь, зависят от времени t . Одновременно могут меняться также воздействия $[Q_j]$, в частности, в связи с изменением уровня кинематических возбуждений, что можно отразить в формуле (12) следующим образом:

$$[A_i] = [A_{\theta}] [W_{ij}^0 \{A_i(t)\}] [Q_j \{A_i(t)\}]. \quad (14)$$

Получить решение системы (14) в общем виде, когда оно зависит от текущих значений самого решения, для систем с несколькими степенями свободы практически невозможно. Учитывая, что $A_i(t)$ — медленно меняющаяся функция, можно получить достаточно точное ре-

УДК 634.0.377.21

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СЛУЧАЙНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ КРАНА ПРИ ПОДЪЕМЕ ПАКЕТА ХЛЫСТОВ ИЗ ВОДЫ

П. Ф. ВОЙТКО

Марийский политехнический институт

Приведены результаты экспериментальных исследований случайной нагрузки на лесопогрузчик башенного типа грузоподъемностью до 32 тс от перегрузки номинального веса груза при подъеме пакета хлыстов из воды.

При эксплуатации грузоподъемных машин на водном транспорте леса в большинстве случаев груз поднимают из воды. Существующая методика расчета случайной нагрузки на кран от перегрузки [7] не учитывает влияния дополнительных гидромеханических сил, действующих на плавающий пакет хлыстов в ограниченном водном пространстве [3]. Исследованию гидромеханических сил, действующих на пучок бревен при подъеме его из воды краном, посвящены работы ряда авторов [2, 3, 6]. Работы других авторов [8—10, 12] направлены на исследование весового и гидростатического методов определения объема лесоматериалов в пучках. Нами приводятся данные о случайной перегрузке лесопогрузчика башенного типа грузоподъемностью 32 тс, со скоростью подъема пакета хлыстов из покоящейся жидкости 20 м/мин.

Экспериментальные исследования показали, что перегрузка крана максимальна в момент отрыва пакета хлыстов от воды [5] в результате действия присоединенной массы жидкости к пакету хлыстов и сил сцепления груза с покоящейся жидкостью. Влияние этих факторов учитывают с помощью коэффициента изменчивости [7]

$$k = \left[\frac{(G_2^2 + R_B^2)^{\frac{1}{2}}}{Q} \right] 100\%, \quad (1)$$

где G_2 — усилие от среднеквадратического значения присоединенной массы жидкости к пакету хлыстов, тс;

R_B — усилие от среднеквадратического значения сил сцепления груза с покоящейся жидкостью, тс;

Q — усилие от нормативных нагрузок на лесопогрузчик, тс.

Предварительные экспертные оценки и отсеивающие эксперименты, проведенные в гидротехнической лаборатории на моделях масштаба 1:10 (рис. 1) по классическому методу [1], позволили из пятнадцати факторов, включенных в матрицу планирования опытов, выявить восемь существенно влияющих на коэффициент изменчивости случайной перегрузки номинального веса пакета хлыстов (табл. 1). Остальные факторы были отнесены к «шумовому полю» и зафиксированы на некоторых уровнях, обусловленных технологическими и экономическими соображениями.

Условия проведения эксперимента: вид моделей — пакеты хлыстов из соснового и елового подроста объемом 30 дм³, уложенных вразнокомеллицу; относительная площадь акватории воды выгрузочного двора — 68; углы: перекоса поднимаемого груза — 0°, отклонения груза от оси подъема — 0°, взаимного расположения хлыстов в пакете — 90°. Шумовое поле лимитировалось точностью измерения тензометри-

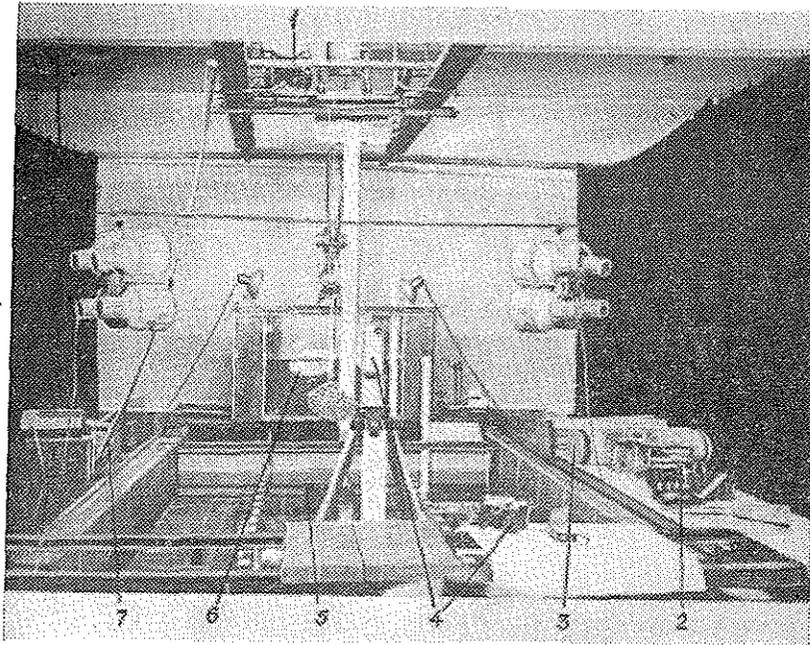


Рис. 1. Лабораторная установка.

1 — электропривод грузоподъемностью 100 кг и диапазоном плавного регулирования; скорость подъема от 0,5 до 60 см/с, жесткость металлоконструкции привода от 0,15 до 1010 кгс/см; 2 — комплект измерительных приборов; 3 — модели пакетов хлыстов различных параметров; 4 — стенд кино-фотоаппаратуры с осветительной системой; 5 — гидравлический лоток размерами 8×2×0,5 м; глубина и рабочая акватория выгрузочного дворика варьируют; 6 — передвижной бак размерами 1,3×1,3×0,8 м для киносъемки процесса отрыва пакета хлыстов от воды; 7 — тензометрическая регистрирующая аппаратура (тензодинамометр кольцевого типа, датчик линейных перемещений груза ДЛП-100, усилитель 8АНЧ-7М, осциллограф Н-700).

Таблица 1

Факторы	Уровни варьирования				
	-2	-1	0	+1	+2
Вес груза G_1 , тс	16	20	24	28	32
Скорость подъема груза v , м/мин	4	10	20	30	40
Жесткость крана c , кгс/см	61,8	86,9	107,1	181,3	522,4
Длина пакета хлыстов L , м	11	15	19	23	27
Диаметр хлыста в пакете на расстоянии l м от коглы D_1 , см	22,5	32,3	43,3	56,5	68,4
Коэффициент формы пакета хлыстов $\frac{B}{H}$	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
Расстояние между опорами груза l , м	3	6	9	12	15
Относительная глубина воды выгрузочного дворика $\frac{H_d}{T_0}$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

ческой аппаратурой усилил подъема груза [4] и представляло собой зону 3%-ных отклонений случайной перегрузки веса пакета хлыстов от номинальной грузоподъемности лесопогрузчика. В целях повышения эффективности исследований использовали математическую теорию планирования эксперимента, основанную на идее «латинского квадрата» [11].

По обработанным экспериментальным данным построена математико-статистическая модель зависимости коэффициента изменчивости от варьируемых факторов

$$k = 0,005 (0,32 + 0,0571v) \left(\exp 2,81 \frac{G_1}{Q} \right) \left(0,514 + \right. \\ \left. + 0,28 \frac{H}{D_1} \right) \left(\exp 0,333 \ln c \right) \left(0,038 + 0,98 \frac{B}{H} \right) \left(2,35 - 0,1015 \frac{L}{B} \right) \times \\ \times \left(\exp 0,18356 \ln \frac{l}{L} \right) \left(1,52 - 0,056 \frac{H_d}{T_0} \right). \quad (2)$$

Из уравнения (2) следует, что в заданном диапазоне исследуемых факторов (табл. 1) при скорости подъема груза 20 м/мин коэффициент изменчивости случайной перегрузки веса пакета хлыстов равен 3,23—13,56%. ГОСТ 13994—75 [7, с. 9] рекомендует для расчетов принимать коэффициент изменчивости 12%. Наибольшее влияние на его величину оказывает вес и, следовательно, объем поднимаемого из воды пакета хлыстов. С увеличением веса груза в интервале от 16 до 32 тс случайная нагрузка на кран растет от 3,28 до 13,5% по экспоненциальной зависимости за счет увеличения присоединенной массы жидкости к пакету хлыстов. Жесткость крановой металлоконструкции, пакета хлыстов, покоящейся жидкости выгрузочного дворика оказывает существенное влияние на случайную перегрузку лесопогрузчика. С увеличением коэффициента жесткости крана от 61,8 до 522,4 кгс/см коэффициент изменчивости растет по экспоненциальному закону от 6,46 до 13,56%, при этом круговая частота затухающих колебаний возрастает, а период колебаний и логарифмический декремент затухания уменьшаются. Жесткость пакета хлыстов зависит от среднего диаметра и длины хлыстов, формы поперечного сечения пакета, способа захвата груза. Экспериментальные исследования показали, что с возрастанием относительного диаметра хлыстов в пакете $\frac{D_1}{H}$ от 0,18 до 0,57 случайная нагрузка на кран снижается с 13,56 до 6,4% по гиперболической зависимости. При повышении относительной длины хлыстов в пакете $\frac{L}{B}$ от 4,07 до 12,27 коэффициент изменчивости уменьшается линейно от 13,56 до 7,5%. Коэффициент формы поперечного сечения пакета хлыстов $\frac{B}{H}$ в зависимости от конструкции грузозахватных устройств колеблется в пределах от 2 до 1, при этом коэффициент изменчивости уменьшается линейно от 13,56 до 6,7%. Конструкция грузозахватного устройства и способ захвата пакета хлыстов в зависимости от расстояния между точками подвеса оказывают незначительное влияние на случайную перегрузку крана. С увеличением относительной величины $\frac{l}{L}$ от 0,16 до 0,79 коэффициент изменчивости растет от 3,81 до 13,56% по экспоненциальному закону. Размеры выгрузочного дворика незначительно влияют на случайную нагрузку. Так, при увеличении относительной глубины воды выгрузочного дворика $\frac{H_d}{T_0}$ от 1 до 3 коэффициент изменчивости случайной нагрузки на кран уменьшается линейно от 13,56 до 12,4%.

В результате исследования математико-статистической модели [1] установлены оптимальные значения варьируемых факторов, лежащих на верхней и нижней границах области эксперимента. На верхней границе при $v = 40$ м/мин, $\frac{G_1}{Q} = 1$, $\frac{D_1}{H} = 0,18$, $c = 522,4$ кгс/см, $\frac{B}{H} = 2$, $\frac{L}{B} = 4,07$, $\frac{l}{L} = 0,79$, $\frac{H_d}{T_0} = 1$ м максимальный коэффициент изменчивости составляет 23,4%. Минимальный

оптимизирующий параметр равен 0,06% при $v = 4$ м/мин; $\frac{G_1}{Q} = 0,5$; $\frac{D_1}{H} = 0,57$; $c = 61,8$ кгс/см; $\frac{B}{H} = 1$; $\frac{L}{B} = 12,27$; $\frac{l}{L} = 0,16$; $\frac{H_d}{T_0} = 3$. Для различных значений $\frac{G_1}{Q}$; $\frac{D_1}{H}$; $\frac{L}{B}$ при $v = 4$ м/мин; $\frac{B}{H} = 1$; $\frac{H_d}{T_0} = 3$; $c = 61,8$ кгс/см; $\frac{l}{L} = 0,16$ критическое значение оптимизирующего параметра не превышает 0,68%. Поскольку ограничители перегрузки устанавливают на номинальную величину грузоподъемности крана, то уменьшение оптимизирующего параметра позволит: сократить энергозатраты на подъем номинального груза; повысить полезную грузоподъемность лесопогрузчика на 12,9%; увеличить производительность труда на выгрузке пакетов хлыстов из воды краном на 27%. Достоверность полученной математико-статистической модели [1] была подтверждена тензометрическими исследованиями лесопогрузчика КБ-572 на Кировской лесоперевалочной базе [5]. Сопоставление экспериментальных данных, полученных в производственных и лабораторных условиях, показало, что расхождение между ними не превышает $\pm 6\%$.

Выполненные экспериментальные исследования уточняют методику расчета случайной нагрузки на лесопогрузчик башенного типа грузоподъемностью 32 тс при подъеме пакета хлыстов из воды, а также позволяют находить оптимальные параметры грузоподъемных машин, занятых на водном транспорте леса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Адлер Ю. П. Введение в планирование эксперимента. М., «Металлургия», 1969, 157 с. [2]. Борисов М. В., Козлов А. В., Ощепков Г. Э. Исследование усилий в грузовом канате крана при подъеме пучка бревен из воды. — «Труды ВКНИИВОЛТ», 1971, вып. 10, с. 36—40. [3]. Войтко П. Ф. Исследование максимальных усилий, возникающих при подъеме пучка бревен из воды. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Йошкар-Ола, 1973, 129 с. [4]. Иорис Ю. И. Виброметрия. Измерение вибрации и ударов. Общая теория, методы и приборы. М., Машгиз, 1963, 771 с. [5]. Исследование максимальных усилий, возникающих в грузовом канате крана при подъеме пучка хлыстов из воды. Руковод. доц. Ю. В. Лобанов. МарПИ, 30.01.1976 (отчет, 203 с.). [6]. Комаров М. И. Взаимодействие пучка сосновой древесины с водой и его влияние на грузоподъемность выгрузочных механизмов. Л., ЦНИИлесосплава, 1974, 9 с. [7]. Крапы башенные строительные. Нормы расчета. ГОСТ 13994—75. М., Изд-во стандартов, 1975, 41 с. [8]. Лебедев В. А. Исследование некоторых вопросов определения кубатуры круглых лесоматериалов гидростатическими автокубатурниками. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, Л., ЛТА, 1968, 199 с. [9]. Меркуров П. А. Исследование некоторых вопросов обмера круглых лесоматериалов в пучках весо-гидростатическими кубатурниками. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, Л., ЛТА, 1974, 154 с. [10]. Меркурьев В. И. Исследование обмера древесины в пучках путем затопления и взвешивания. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 4, с. 54—60. [11]. Протодьяконов М. М., Тедер Р. И. Методика рационального планирования эксперимента. М., «Наука», 1970, 76 с. [12]. Ahonen. Menetelmä nipun puutilavuden mittaamiseksi. — «Papery ja puu», 1964, № 2, s. 19—25.

Поступила 26 января 1977 г.

УДК 674.093.6-412.85: 65.011.46

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ТОРЦОВКИ ДОСОК НА УЧАСТКАХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ

С. П. ТРОФИМОВ, И. В. ТУРЛАИ

Белорусский технологический институт

Приведены результаты исследования изменчивости ритма и времени обработки досок операторами-торцовщиками. Анализ основан на данных производственных наблюдений в условиях работы механизированных линий с достаточным запасом неторцованных досок.

Механизированные линии браковки, торцовки и сортировки досок (БТСЛ) все более широко применяются в лесопилении. Организация торцовки пиломатериалов на эксплуатируемых БТСЛ, обычно предусматривает последовательную обработку комлевой и вершинного концов досок проходным способом на отдельных рабочих местах (рис. 1). При этом комлевой и вершинный операторы-торцовщики, каждый в отдельности, оценивают качество пиломатериалов, устанавливают доски по месту реза относительно пил и сообща выдают единую команду на узел сортировки.

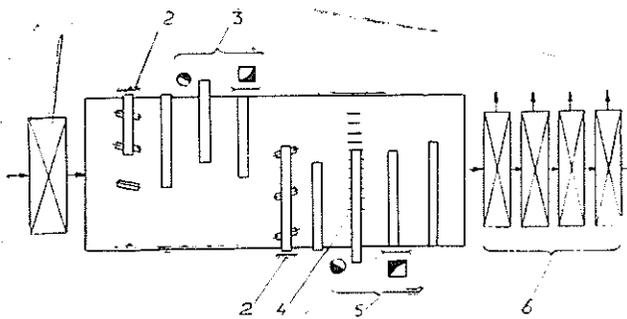


Рис. 1. Схема участка торцовки пиломатериалов БТСЛ.

1 — узел разборки и поштучной выдачи неторцованных досок; 2 — выравнивающий рольганг с упором; 3, 5 — комлевой и вершинный торцовочные узлы; 4 — мерные упоры; 6 — узел сортировки и пакетирования.

В процессе работы БТСЛ доски на узел торцовки поступают неравномерно. Это объясняется пропусками в заполнении рядов кулачков цепей, изменчивостью времени обработки пиломатериалов торцовщиками и остановками конвейера по ряду других причин. Динамика процесса торцовки и производительность работы операторов в значительной мере определяют пропускную способность рассматриваемых линий (рис. 1), технические требования к ним. Отклонения от оптимальных режимов функционирования торцовочных узлов вызывают снижение производительности или точности оценки качества и раскроя досок [4].

Необходимость совершенствования технологического оборудования и эксплуатация существующих БТСЛ требуют исследовать процесс функционирования торцовочных узлов в составе механизированных линий. Для получения данных о динамических характеристиках процесса торцовки досок в производственных условиях были проведены наблюдения за изменчивостью цикловых затрат времени при работе операторов на конвейере с жестким и свободным ритмом движения.

Проводились наблюдения за работой операторов на БТСЛ «Rau-te» и «TORNO U-2», которые имеют соответственно жесткий и свободный ритм конвейера с жесткой связью между комлевым и вершинным торцовщиками. Исследование выполнено в условиях Архангельского ЛДК № 1, специализированного на выпуск экспортных пиломатериалов по ТУ 13-02-04—67. Во время наблюдений торцевали сухие еловые доски с поперечным сечением 47×175 мм. Качественный состав обрабатывавшегося сырья был близок к среднему для данной размерной группы. Наблюдения проводили в нормальных производственных условиях в период установившейся работы при наличии достаточного запаса неторцованных досок.

В ходе наблюдений записывали циклограммы процесса торцовки комлевым и вершинным операторами механизированных линий «Rau-te» и «TORNO U-2». Расшифровка циклограмм позволила получить данные об изменчивости ритма поступления досок в ручную обработку t_n и времени ручной обработки t_p при торцовке.

Полученные данные обрабатывали на ЭВМ «Минск-22М». Алгоритм, приведенный на рис. 2, базируется на известных методах математической статистики [1—3]. При анализе результатов наблюдений принимали во внимание, что t_n и $t_p \neq \text{const}$, а изменчивость их имеет вероятностную природу. Результаты обработки и анализа опытных данных приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Тип линии	Возможная пропускная способность, досок в минуту	Интервал между рядами кулачков, м	Скорость движения цепей, кулачков в минуту	Средняя производительность, досок в минуту	Коэффициент заполнения рядов кулачков K_3
	по технической характеристике		по результатам наблюдений		
«Rau-te»	8—24	0,6	16,0	14,0	0,875
«TORNO U-2»	7—15	0,9	10,5*	9,8	0,933

*Средняя скорость во время наблюдений.

Табл. 1 отражает показатели производительности БТСЛ в среднем по серии наблюдений. В табл. 2 в качестве примера приведены результаты анализа статистических величин t_n и t_p по одному из имеющихся наблюдений. Поскольку комлевой и вершинный торцовочные узлы имеют жесткую транспортную связь, показатель ритма поступления досок t_n принят общим для обоих операторов. Приведены также результаты анализа времени ручной обработки пиломатериалов комлевым $t_{p,к}$ и вершинным $t_{p,в}$ операторами.

При анализе результатов наблюдений сравнивали согласие F_3 опытных данных по критерию Колмогорова λ_K с теоретическими распределениями статистических величин (F_i ; $i = 1, 2, 3$) Эрланга, экспоненциальным и Вейбулла.

Закон Эрланга:

$$F_1 = 1 - e^{-\lambda_1 t} \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(\lambda_1 t)^i}{i!}, \quad (1)$$

где λ_1 — интенсивность в законе распределения Эрланга;
 K — параметр закона распределения;

Таблица 2

Тип линии	Показатели	Количество оторцованных досок, шт.	Закон распределения, статистических величин, $t_{п}, t_{р.к}, t_{р.в}$	Параметры закона распределения	Доверительные интервалы параметров (верхний нижний)	Математическое ожидание показателя $\frac{t_{п}}{t_{р.к}}, \frac{t_{п}}{t_{р.в}}, c$
"Rau-te" (жесткий ритм конвейера)	Ритм поступления досок в обработку $t_{п}$	82	Экспоненциальный	$\lambda_2 = 0,196$	$\frac{0,252}{0,140}$	5,1*
	Время обработки комплексным оператором $t_{р.к}$ Время обработки вершинным оператором $t_{р.в}$	81	Вейбулла	$b = 2,119$ $a = 0,00479$	$\frac{2,202}{2,036}$	4,7*
"TORNO U-2" (свободный ритм конвейера)	Время обработки комплексным оператором $t_{р.к}$	82	Экспоненциальный	$\lambda_2 = 0,597$	$\frac{0,769}{0,426}$	1,7
	Время обработки вершинным оператором $t_{р.в}$	98	"	$\lambda_2 = 0,507$	$\frac{0,653}{0,362}$	2,0
	Ритм поступления досок в обработку $t_{п}$	53	"	$\lambda_2 = 0,174$	$\frac{0,223}{0,124}$	5,8
		53	Эрланга	$K = 4,44$	—	5,8
	Время обработки комплексным оператором $t_{р.к}$	54	Экспоненциальный	$\lambda_2 = 0,428$	$\frac{0,892}{0,679}$ $\frac{0,550}{0,305}$	2,3
	Время обработки вершинным оператором $t_{р.в}$	65	"	$\lambda_2 = 0,350$	$\frac{0,452}{0,250}$	2,9

* При жестком ритме колебаний $t_{п}$ имели место вследствие неравномерности заполнения рядов кулачков (табл. 1 k_2) цели и остановки конвейера для обработки части досок.

t — случайная переменная — время, с;
 e — основание натуральных логарифмов.

Экспоненциальный закон:

$$F_2 = 1 - e^{-\lambda_2 t},$$

(2)

где λ_2 — параметр распределения $\left(\lambda_2 = \frac{1}{t}\right)$.

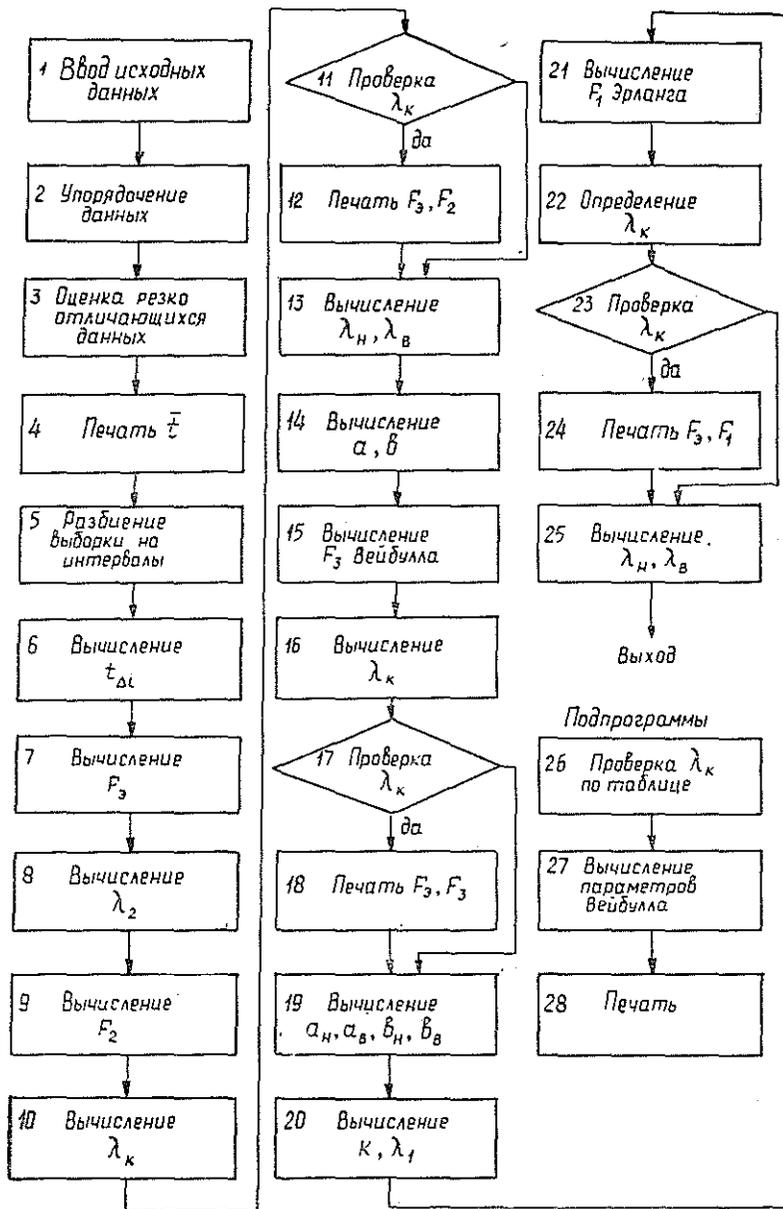


Рис. 2. Схема алгоритма обработки статистических данных.

Закон Вейбулла:

$$F_3 = 1 - e^{-at^b}, \quad (3)$$

где a, b — параметры закона распределения.

Закон распределения Эрланга [3] является общим для выражений (1) — (3). Он позволяет получить гамму описаний процессов функционирования технологических участков и линий с различными характери-

ками потоков движения предметов труда: от регулярного ($K = \infty$) до экспоненциального ($K = 0$).

В результате исследований (табл. 2) установлено, что изменчивость ритма поступления досок t_n и времени обработки их оператором t_p характеризуется преимущественно экспоненциальным законом распределения (до 70% случаев), а иногда законами Эрланга с параметром $K > 1$ и Вейбулла. Анализ наблюдений по каждой из рассмотренных БТСЛ показал, что λ_2 экспоненциального закона имела относительно небольшие фактические колебания около среднего значения в границах доверительного интервала. Так, по линии «Rau-te» для t_n параметр $\lambda_2 = 0,23 \pm 0,04$, для $t_{p,к}$ комлевого оператора $\lambda_2 = 0,58 \pm 0,02$ и для $t_{p,в}$ вершинного $\lambda_2 = 0,58 \pm 0,08$. По линии «TORNO U-2» t_n соответствовало $\lambda_2 = 0,16 \pm 0,01$, $t_{p,к}$ комлевого оператора — $\lambda_2 = 0,40 \pm 0,02$ и $t_{p,в}$ вершинного — $\lambda_2 = 0,36 \pm 0,01$.

Наблюдения позволяют отметить относительную стабильность процесса поступления досок t_n по сравнению с временем их обработки торцовщиком t_p . Это объясняется достаточным запасом досок перед торцовкой. Как видно из табл. 2, t_n соответствуют более узкие доверительные интервалы, а также возможность описания распределения в отдельных случаях не только экспоненциальным законом. Более широкая изменчивость времени обработки t_p обусловлена различием потребного времени торцовки отдельных досок и $\bar{t}_p < \bar{t}_n$.

Опытные данные показывают, что затраты времени на торцовку досок вершинным оператором в среднем по обеим линиям на 20% выше, чем комлевым ($t_{p,в} > t_{p,к}$ — табл. 2). Расчеты указывают на более высокую изменчивость t_p в условиях свободного ритма по сравнению с жестким. Среднее квадратическое отклонение времени обработки вершинным оператором $t_{p,в}$, например, составило: по линиям «TORNO U-2» $\sigma = \pm 1,3$ с и «Rau-te» $\sigma = \pm 0,6$ с. Большое значение σ у «TORNO U-2» в определенной степени характеризует фактическое использование возможностей свободного ритма для обработки досок с потребными затратами времени.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о возможности описания операции торцовки экспоненциальным и общим законом Эрланга. Последнее утверждение указывает на возможность разработки математических моделей процесса функционирования торцовочных узлов в составе механизированных линий, что послужит основой для установления оптимальных технологических режимов на производственном участке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Длин А. М. Математическая статистика в технике. М., «Советская наука», 1958. [2]. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М., «Наука», 1971. [3]. Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. «Лесохимия и подсочка», реф. информация, 1975, № 6, с. 15. [9]. Петрова Н. П. М., «Машиностроение», 1969. [4]. Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. М., «Лесная промышленность», 1975.

Поступила 16 апреля 1976 г.

УДК 674.047 : 62-52.

СТАТИЧЕСКАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАЛОРИФЕРА ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ В АСУ ТП СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

А. А. СМИРНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

На основе теории теплопроводности и теории регулярного режима анализируются статические характеристики калорифера лесосушильной камеры. Приведены расчетные уравнения и алгоритм функционирования в АСУ ТП сушки древесины статической модели парового калорифера, состоящего из чугунных ребристых труб с круглыми ребрами.

В воздушной лесосушильной камере четко прослеживаются две тепловые емкости по ходу тепла: первая — тепловая емкость калорифера; вторая — тепловая емкость совместно рассматриваемых агента сушки, древесных материалов, металлических устройств и ограждений камеры [6].

Инерционность первой тепловой емкости характеризуется постоянной времени, обозначаемой через T_1 , а инерционность второй — постоянной времени, обозначаемой через T_2 . От величин T_1 и T_2 зависят численные значения коэффициентов при производных дифференциального уравнения. Постоянные времени, в свою очередь, зависят от текущих параметров теплоносителя (пар, жидкость), агента сушки, древесины и металлических устройств в реальных условиях сушильного процесса. Без установления взаимосвязи этих параметров невозможно синтезировать динамическую математическую модель процесса и, следовательно, нельзя решить вопрос о синтезе автоматической системы управления технологическим процессом сушки пиломатериалов или других древесных материалов в камерных сушилках (АСУ ТП).

Рассмотрим статическую математическую модель парового жидкостного калорифера, состоящего из чугунных ребристых труб с круглыми ребрами или из стальных ребристых труб с квадратными или прямоугольными пластинчатыми ребрами.

В основу алгоритма функционирования статической модели, состоящей из первичного измерительного преобразователя температуры агента сушки за калорифером и ЭЦВМ, положено уравнение, предложенное автором [6],

$$T_1 = \frac{g_p C_m}{\alpha_{2np} F_p} = \frac{v_p \rho_m C_m n_p}{\alpha_{2np} F_p}, \quad (1)$$

где g_p — масса ребер калориферной трубы, кг;
 C_m — массовая теплоемкость металла ребер калорифера, Дж/(кг·К);
 F_p — площадь поверхности ребер калорифера, м²;
 v_p — объем одного ребра, м³;
 ρ_m — плотность металла, кг/м³;
 n_p — количество ребер;

$\alpha_{2пр}$ — приведенный коэффициент теплоотдачи со стороны ребристой поверхности к агенту сушки, Вт/(м²·К).

Чтобы убедиться в справедливости этого уравнения, обратимся к теории регулярного режима [1] и к теории теплопроводности [3].

Согласно теории регулярного режима, постоянная m ($\frac{1}{c}$), характеризующая скорость изменения логарифма избыточной температуры по времени,

$$m = - \frac{d [\ln (t_c - t_{ср})]}{d\tau}, \quad (2)$$

где t_c и $t_{ср}$ — соответственно температура среды и средняя по объему тела температура, °С.

Постоянная m одинакова для всех точек тела, а также для средней по объему тела температуры и называется темпом нагревания или охлаждения тела.

На основании уравнения (2) и граничного условия третьего рода для тела любой формы, находящегося в стадии регулярного режима, справедливо выражение

$$m = \frac{\alpha a}{\lambda R_v} \psi = \frac{\alpha \psi}{C_p R_v}, \quad (3)$$

где α — коэффициент теплообмена (теплоотдачи) тела с окружающей средой, Вт/(м²·К);

λ — коэффициент теплопроводности тела, Вт/(м·К);

R_v — определяющий размер, равный отношению объема тела v (м³) к площади его поверхности S (м²), м;

ρ — плотность тела, кг/м³;

ψ — параметрический критерий, характеризующий неравномерность температурного поля, так как он равен отношению избыточной температуры поверхности тела к средней по объему тела избыточной температуре. По уравнению Н. А. Ярышева [2],

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{Bi_v^2 + 1,437 Bi_v + 1}}, \quad (4)$$

где Bi — критерий Био тела при определяющем размере R_v .

Толщина ребер калорифера любого типа очень невелика (не превышает 2 мм) и поэтому мал размер критерия Bi , а отсюда параметрический критерий, вычисленный согласно уравнению (4), отличается от единицы крайне незначительно. Исключение этого критерия из уравнения (3) приводит к незначительной погрешности в определении постоянной m , не превышающей 0,02%.

Тогда в соответствии с уравнением (3) постоянная времени

$$T = \frac{1}{m} = \frac{\lambda R_v}{\alpha a} = \frac{C_p R_v}{a}. \quad (5)$$

При очень малом значении критерия Bi температуру ребра калориферной трубы можно считать постоянной по поперечному сечению и переменной по радиусу.

Если это условие выполняется, то распределение температуры по радиусу ребра отвечает закономерностям, характерным для неограниченной пластины при граничных условиях третьего рода.

Согласно теории теплопроводности [3], уравнение средней относительной избыточной температуры неограниченной пластины при граничных условиях третьего рода, справедливое при $Bi < 0,1$, имеет вид

$$\bar{\Theta}_{cp} = \frac{T_{cp}(\tau) - T_0}{T_c - T_0} = 1 - B_1 e^{-\mu_1^2 Fo}, \quad (6)$$

где $T_{cp}(\tau)$ и T_0 — соответственно средняя и начальная температура пластины, К;

T_c — температура окружающей среды, К;

B_1 — коэффициент.

$$B_1 = \frac{2Bi^2}{\mu_1^2 (Bi^2 + Bi + \mu_1^2)}; \quad (7)$$

μ_1 — первый из корней характеристического уравнения

$$\operatorname{ctg} \mu = \frac{\mu_1^2 - Bi^2}{2\mu Bi}, \quad (8)$$

при $Bi < 0,8$, вычисляемый по формуле

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{3Bi}{3 + Bi}}; \quad (9)$$

Fo — число Фурье

$$Fo = \frac{a\tau}{R^2}, \quad (10)$$

где τ — время, с;

R — определяющий размер, м;

a — коэффициент температуропроводности, m^2/s .

С учетом уравнений (9) и (10) выражение показателя степени при e в уравнении (6) примет вид

$$\mu_1^2 Fo = \frac{3Bi}{3 + Bi} \frac{a\tau}{R} = \frac{3a\lambda}{c_p R (3\lambda + \lambda R)} \tau = \frac{a}{R \left(\frac{\lambda}{a} + \frac{R}{3} \right)} \tau. \quad (11)$$

Если полагать

$$e^{-\mu_1^2 Fo} = e^{-\frac{a}{R \left(\frac{\lambda}{a} + \frac{R}{3} \right)} \tau} = e^{-\frac{\tau}{T}}, \quad (12)$$

то постоянная времени калорифера выразится так:

$$T_1 = \frac{R}{a} \left(\frac{\lambda}{a} + \frac{R}{3} \right). \quad (13)$$

Если из уравнения (13) исключить член $\frac{R}{3}$, практически ничтожный по размеру, то оно принимает вид уравнения (5). Они отличаются только выражениями определяющих размеров: в уравнении (5) это R_v , а в (13) — R . Численно различие определяющих размеров не превышает 3%, т. е. в данном случае допустима их взаимозаменяемость [3].

Напишем уравнения (5) и (13) в такой форме:

$$T_1 = \frac{\lambda_p R_v}{a_{2np} a}. \quad (14)$$

Поскольку в уравнении (1)

$$\frac{v_p n_p}{F_p} = R_v, \quad (15)$$

то уравнения (1) и (14) отличаются между собой только формой записи и, следовательно, уравнение (1) не противоречит законам теории теплопроводности и теории регулярного режима.

Рассмотрим алгоритм функционирования статической математической модели парового калорифера, состоящего из чугунных ребристых труб с круглыми ребрами.

1. Определяем влагосодержание агента сушки в состоянии перед входом в калорифер [4]

$$d_2 = d_1 + 0,277 \frac{M_q v_{в.в}}{F_{ж.с.шт} \omega_{а.с}}, \quad (16)$$

где d_2 и d_1 — влагосодержание агента сушки, г/кг сухого воздуха;

M_q — часовой массовый расход испаренной влаги, кг/ч;

$v_{в.в}$ — удельный объем агента сушки, м³/кг сухого воздуха;

$\omega_{а.с}$ — скорость агента сушки в штабеле, м/с;

$F_{ж.с.шт}$ — площадь живого сечения штабеля [5], м².

2. Находим энтальпию агента сушки в состоянии по выходе из калорифера (кДж/кг)

$$I_1 = 1,005t_1 + 0,001d_1(2493 + 1,97t_1). \quad (17)$$

3. Устанавливаем температуру агента сушки в состоянии перед входом в калорифер

$$t_2 = \frac{I_1 - 2,493d_2}{1,005 + 0,00197d_2}. \quad (18)$$

4. Определяем плотность агента сушки в состоянии перед входом в калорифер

$$\rho_2 = \frac{P_6(1000 + d_2)}{461,58(273,15 + t_2)(622 + d_2)}, \quad (19)$$

где P_6 — барометрическое давление, Па.

5. Находим массовые и объемные доли водных паров и сухого воздуха в агенте сушки в состоянии перед калорифером

$$g_{(в.п)_2} = \frac{d_2}{1000 + d_2}; \quad (20)$$

$$g_{(с.в)_2} = 1 - g_{(в.п)_2}; \quad (21)$$

$$r_{(в.п)_2} = g_{(в.п)_2} \frac{8314}{18 [461,58g_{(в.п)_2} + 287,14g_{(с.в)_2}]}; \quad (22)$$

$$r_{(с.в)_2} = 1 - r_{(в.п)_2}. \quad (23)$$

6. Определяем вязкость и теплопроводность агента сушки в состоянии перед входом в калорифер

$$\mu_{(в.п)_2} = [9,7086 + 0,03759(t_2 - 40)] \cdot 10^{-6}; \quad (24)$$

$$\mu_{(c. в)_2} = [19,172 + 0,0456 (t_2 - 40)] \cdot 10^{-6}; \quad (25)$$

$$\mu_2 = \mu_{(в. п)_2} r_{(в. п)_2} + \mu_{(с. в)_2} r_{(с. в)_2}; \quad (26)$$

$$\nu_2 = \frac{\mu_2}{\rho_2}; \quad (27)$$

$$\lambda_2 = (2,436 + 66,816 \cdot 10^{-4} t_2) \cdot 10^{-2}. \quad (28)$$

7. Устанавливаем неприведенный коэффициент теплоотдачи ребер калорифера при коридорном расположении ребристых труб по уравнению, справедливому для типовых труб с круглыми ребрами (диаметр ребер — 175 мм, фланцев — 160 мм, внутренний диаметр трубы — 70 мм, наружный — 84 мм, длина — 2 м, число ребер — 93).

$$\alpha_2 = 2,143 \lambda_2 \left(b_p \frac{\omega_k}{\nu_2} \right)^{0,72} \quad (29)$$

или при шахматном их расположении

$$\alpha_2 = 4,6 \lambda_2 \left(b_p \frac{\omega_k}{\nu_2} \right)^{0,65}, \quad (30)$$

где α_2 — неприведенный коэффициент теплоотдачи ребер калорифера, Вт/(м²·К);

b_p — расстояние между соседними ребрами с учетом половины толщины каждого ребра, м;

ω_k — скорость агента сушки относительно поверхности ребер калорифера, м/с;

λ_2 — теплопроводность агента сушки, Вт/(м·К);

ν_2 — кинематическая вязкость агента сушки, м²/с.

8. В итерационном цикле определяем приведенный коэффициент теплоотдачи

$$mh = h_p \sqrt{\frac{2 \alpha_{2п0}}{\lambda_p R_v}}; \quad (31)$$

$$\varepsilon' = \frac{e^{mh} - e^{-mh}}{(e^{mh} + e^{-mh}) mh}; \quad (32)$$

$$\frac{1}{\operatorname{ch}(mh)} = \frac{2}{e^{mh} + e^{-mh}}; \quad (33)$$

$$\varepsilon'' = 0,73 + 0,268 \frac{1}{\operatorname{ch}(mh)}; \quad (34)$$

$$\varepsilon = \varepsilon'' \varepsilon';$$

$$\alpha_{2пp} = \frac{\alpha_2}{F_{тр}} [\varepsilon F_p + (F_{тр} - F_p)]; \quad (35)$$

где h_p — высота ребра, м;

λ_p — теплопроводность металла, Вт/(м·К);

$F_{тр}$ и F_p — соответственно поверхность нагрева трубы калорифера и ребер, м².

В уравнение (31) сначала подставляют размер α_2 из уравнений (29), (30), а при следующем обчете размер $\alpha_{2пp}$, полученный по уравнению (35). Цикл заканчивается при достижении разности значений $\alpha_{2пp}$ в уравнениях (31) и (35) менее 0,002.

9. По уравнению (1) определяем размер постоянной времени калорифера T_1 , с.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. Гостехиздат, 1954.
[2]. Кондратьев Г. М. Тепловые измерения. М.—Л., Машгиз, 1957. [3]. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М., «Высшая школа», 1967. [4]. Смирнов А. А. Исследование воздушно-паровых лесосушильных камер периодического действия как регулируемых объектов. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. ЛТА, 1968. [5]. Смирнов А. А. Расчет площади живого сечения штабеля. — «Механическая обработка древесины», 1968, № 16. [6]. Смирнов А. А. Математическое описание воздушно-паровой лесосушильной камеры периодического действия как двухъёмкостного объекта регулирования температуры агента сушки. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 2.

Поступила 29 марта 1977 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.903

ЛЕСНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ БУДУЩЕГО

Т. С. ЛОБОВИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Большинство лесных предприятий — постоянно действующие, в том смысле, что они не прекращают своей деятельности, а трансформируются из одного типа в другой, сочетая рубки с возобновлением леса. Комплекс предприятия формируется всецело в зависимости от условий.

В реальной действительности мы наблюдаем многообразные формы организации предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства. В совокупности нескольких тысяч лесхозов, леспромхозов, лесхоззагов и т. п., вероятно, нет двух во всем подобных друг другу.

Чтобы усмотреть в этом многообразии объектов некоторые сходства, различия и объективные закономерности, необходимо типизировать их. Тип предприятия есть качественно определенная в своих существенных чертах форма организации предприятия и техники производства в нем, свойственная некоторой совокупности предприятий и отличная от форм, характерных для других совокупностей предприятий [2, 3].

Организация предприятий и производства в них всегда фиксируется в некоторой системе материальных объектов (здания, сооружения, системы машин и т. п.), определенным образом связанных друг с другом как пространственно, так и технологически-организационно. Поэтому типы предприятий как формы организации обладают известной устойчивостью, хотя отнюдь не являются застывшими, окостенелыми образованиями.

Все процессы развития науки, техники, экономики производства, процессы его дифференциации и интеграции воплощаются в той или иной организации производства и предприятий и реализуются через нее. В согласии с всеобщим законом взаимодействия сущности и форм явлений, типы предприятий не только определяют отмеченными процессами развития, но и оказывают обратное влияние на ход этих процессов, в одних случаях стимулируя их, содействуя более скорой, полной и эффективной реализации, в других же ограничивая или подавляя. В этом различии кроется объективное значение типов предприятий в повышении эффективности общественного производства.

Разработка понятия «тип предприятия», установление действительно существующих типов, их описание и классификация, исследование процессов формирования и развития типов, наконец, оптимизация составляют важное научное направление, определяемое как типология предприятий, в частности лесных.

Своеобразный аспект общей типологии лесных предприятий — проблема предприятий будущего. На протяжении последних 15—20 лет эта проблема была неоднократно рассмотрена проектными и научными организациями, но пока не получила четкого и доказательно-

го решения. В плане текущего пятилетия она вновь стоит в ряду важнейших научных разработок, поэтому вполне своевременно высказать ряд соображений по некоторым узловым ее вопросам.

1. Не раз в прошлом использовали эскизное проектирование нового предприятия для освоения не тронутых рубками крупного лесного массива с заложением в проект прогнозируемой техники, технологии и организации производства. Такая разработка, несомненно, дает некоторое системное представление о «технике будущего» и ее возможностях, помогает вскрыть ее требования и налагаемые ею ограничения. Однако подобная постановка неоправданно сужает проблему.

Дело в том, что предприятия будущего (в перспективе двух—трех десятилетий) это, прежде всего, функционирующие или сооружаемые сейчас и в ближайшие годы предприятия, которым предстоит пройти определенный путь развития. Они будут работать не во вновь осваиваемых, нетронутых массивах, а в тех сырьевых базах, которые эксплуатируются сейчас, с уже сильно уменьшенными резервами спелого леса, с развитой сетью дорог и складов, формировавшейся десятилетиями. Именно эти предприятия, так или иначе трансформированные, будут и в 1990, и в 2000 гг. выполнять основную массу лесозаготовок и лесохозяйственных работ, определять лицо отраслей и их эффективность. Предприятия же, сегодня еще не существующие, но которые будут созданы для освоения ныне не эксплуатируемых лесов, составят лишь малую часть будущей промышленности.

2. Сравнивая оснащенность и организацию современных предприятий с тем, что мы имели в этой области 20—30 лет назад, отчетливо видим, что коренным образом изменилась техника лесозаготовок, новая технология все больше смещает исполнение работ с лесосек на нижние склады, резко возросли грузообороты дорог и складов, и этот процесс ускоряется, сокращается вывозка древесины к малым рекам, растет объем переработки древесины. Укрупнились леспромхозы, многие лесхозы превратились в предприятия индустриального типа. Происходящие изменения обусловлены объективными процессами развития техники, экономики, науки — процессами, которые будут продолжаться, вызывая новые изменения и перестройки. Путь современных предприятий в будущее есть путь их развития, трансформации.

Необходимость эскизных проектировок предприятий будущего, абстрагирующихся от какого-либо «наследства» современной действительности, полностью не исключается. Напротив, такие проектировки полезны для поиска путей трансформации действующих предприятий, но это лишь один из вспомогательных аспектов решения проблемы, один из промежуточных этапов процесса решения.

3. Многообразие форм и состояний действующих предприятий сочетается с неменьшим многообразием природных, лесоводственно-экологических и экономических условий, чем и порождается реальное наличие значительного количества существенно различающихся типов действующих лесных предприятий. В перспективе каждое предприятие «пойдет» от своей исходной формы, каким-то своим путем, под воздействием не только общего хода научного, технического и экономического прогресса, но и своеобразно развивающейся природной и экономической обстановки. Вероятно, будут наблюдаться как тенденции некоторой унификации типов на базе оптимальных форм техники и технологии, подтягивания отстающих предприятий к передовым и т. п., так и тенденции дифференциации типов, ибо наши по-

томки, несомненно, будут строить свою деятельность в более гибких формах, приспособляемых к разнообразным условиям и состояниям не хуже, чем теперь, а лучше, полнее. Поэтому дифференциация типов лесных предприятий в будущем окажется не меньшей, чем в наши дни, и возможность свести эти типы к одному — двум или хотя бы десяти вариантам, на наш взгляд, исключена. Вряд ли реальные сейчас требования конкретной разработки всего спектра типов предприятий будущего. Правильнее сосредоточиться на выяснении вероятных тенденций их развития.

4. Все это значит, что для установления типов предприятий будущего необходимо, прежде всего, исследовать пути трансформации ныне действующих предприятий в новые формы, отвечающие не только требованиям будущего, но изменяющимся во времени реальным условиям. Изменяемость форм организации предприятий с течением времени и применительно к разнообразным (и тоже изменяющимся) условиям есть совершенно закономерное и потому неотвратимое явление; и она присуща, конечно, не только тем предприятиям, которые уже функционируют, но и тем, которые будут создаваться впредь, с первых лет их существования.

Однако вопреки этой очевидности, при проектировании предприятий у нас все еще разрабатывают некие «твердые структуры», рассчитанные на 30—60 лет функционирования в неизменных формах, а некоторые теоретики тщетно ищут какие-то формы лесопользования, размещения и организации производства, пригодные в постоянном и неизменном виде на еще более долгие сроки. Но такие неизменные, застывшие формы не существуют и не могут существовать. Концепции, основанные на постулатах или предположениях неизменности, постоянства, не жизненны, не продуктивны, а практика, ими руководствующаяся, несприятна и опасна.

Лесные предприятия, формы лесного хозяйства, организация промышленного производства представляют собою не застывшие, закостенелые образования, а изменчивые, динамичные системы. И предприятия будущего можно представить себе более или менее верно только как динамичные, стадийно развивающиеся структуры, функционирующие в рамках изменяющихся, динамичных форм лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов.

5. Ясно, что всякий взгляд в будущее — предположение, которое несет в себе элементы неопределенности, тем меньше, однако, чем большими объективными знаниями текущих процессов мы обладаем. Эти знания позволяют нам выявлять закономерности развития, его принципы, которые «не применяются к природе и человеческой истории, а абстрагируются из них; не природа и человечество соотносятся с принципами, а, наоборот, принципы верны лишь постольку, поскольку они соответствуют природе и истории» [1].

Безусловным экономическим законом является постепенное развитие, расширение потребностей человечества и производственного потенциала, сообразно чему человек постоянно расширяет круг используемых природных ресурсов и пространство, в котором черпает их, продвигаясь от ближайших и легко доступных, к удаленным и менее доступным. При любом состоянии техники и экономики существуют объективные пределы доступности ресурсов, и какая-то часть последних остается за этими пределами. Сказанное имеет прямое отношение к лесным ресурсам и их освоению [4]. Схема последовательного освоения лесных ресурсов изображена на рис. 1. На нем показано, что освоение всякого вновь вовлекаемого лесно-

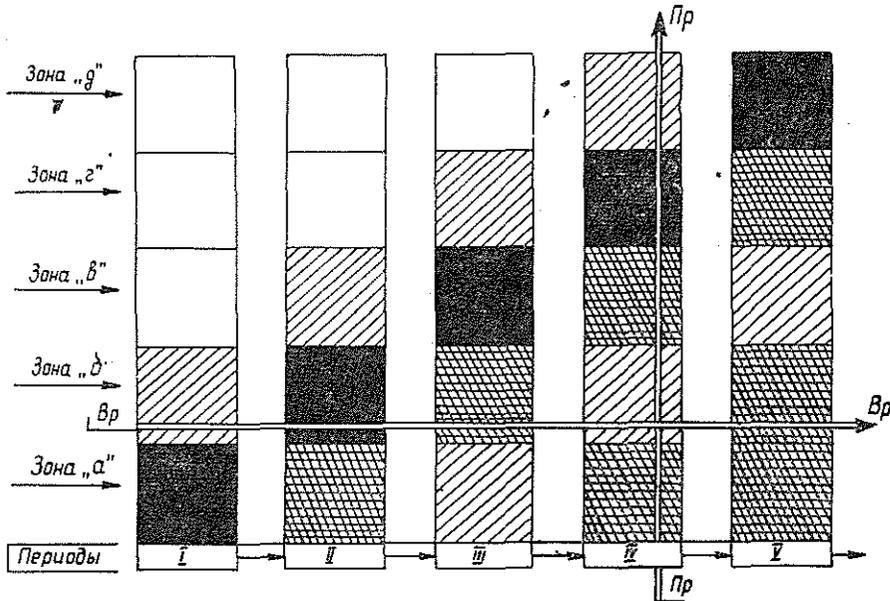


Рис. 1. Принципиальная схема последовательности освоения лесных массивов и развития рубок в них.

I, II, III... — этапы освоения; а, б, в, г, д — зоны освоения.

го массива (района) несет на себе влияние не только присущих этому массиву условий, но и экономической и лесоводственно-экологической обстановки, сложившейся в ранее освоенных массивах (районах). Как правило, в ранее освоенных массивах (зона а) создается напряженный баланс между наличными ресурсами (производительностью лесов) и достигнутым уровнем рубок, что служит одной из главных побудительных причин освоения более удаленных и труднодоступных лесов. И как только открывается возможность освоения последних, рубки здесь (зона б) организуются в объеме, обеспечивающем не только увеличение общей потребности, но и уменьшение рубок в ранее освоенных лесах, чтобы предотвратить нежелательное, чрезмерное сокращение или даже уничтожение последних. Но поскольку в это время пока нет возможности осваивать еще более удаленные массивы, здесь приходится также идти на напряженное соотношение рубок и продуктивности лесов — именно ради смягчения перенапряженного баланса в «исходной» зоне а. На III этапе процесса становится возможным развитие рубок в еще более удаленных лесах (зона в), дальнейшее ограничение и нормализация рубок в «исходной» зоне а и некоторое, пока небольшое, сокращение в зоне б. Наконец, на IV этапе освоение новых удаленных массивов позволяет нормализовать рубки уже и в зоне б, а в зоне а обычно возникают предпосылки к расширению рубок на базе интенсификации лесовыращивания и повышения продуктивности лесов.

б. Именно так, как в I периоде схемы, обстояло дело в России и в СССР двадцатых годов, когда в малолесных районах Центра, Юга, Поволжья (зона а) рубили более 250 млн. м³ ежегодно, и леса быстро исчезали. В первой и второй пятилетках (период II) страна получила возможность осваивать леса верхней Волги, Унжи, Ветлуги, нижнего течения Вятки (зона б), но еще не имела достаточного потен-

циала для освоения лесов Карелии, Севера, Северного Урала, Сибири (зоны *в* и *г*). И для того чтобы быстрее снять перенапряжение рубок в Центре и на Юге, пришлось форсировать «лесосырьевой баланс» верхней Волги—Вятки, создавать перенапряжение здесь, ясно понимая, что вскоре наступит возможность его ослабить. В послевоенный период мы освоили полностью Южную Карелию, многие районы Архангельской и Вологодской областей, Среднего Урала (зона *в*), стали энергично проникать на север Кировской области, в Коми АССР, на север Пермской и Свердловской областей, в Приангарье. Но интенсивное освоение этих новых районов оставалось еще делом будущего. И чтобы нормализовать лесопользование в районах, усиленно эксплуатировавшихся ранее, нужно было форсировать рубки в уже ставших доступными многолесных областях. В наши дни мы продвигаемся все дальше на север и восток, постепенно снижая ранее форсированные объемы рубок в Карелии, Костромской, Кировской и других областях; но все шире становится зона районов юга, центра, запада, где намечается уже некоторый рост лесозаготовок (сначала за счет рубок промежуточного пользования, но затем и главного).

Само собой разумеется, что общий рост экономического потенциала страны ускоряет процесс освоения новых лесных районов (например, сооружение БАМа сразу откроет для освоения огромные пространства), и это позволяет несколько смягчить неравномерность процесса, избегая чрезмерного форсирования и длительного периода рубок на высоком уровне до значительного или полного исчерпания таких возможностей. Но естественность последовательности освоения предопределяет, что такой ход процесса в разумно смягченных формах сохранится всегда, тем более, что она может превосходно согласовываться с требованиями прогрессивного лесоводства.

7. Изложенная схема последовательности освоения лесных массивов предопределяет для каждого из них изменчивость объемов рубок, объема и содержания осуществляемых мер воспроизводства ресурсов, а следовательно, изменчивость производственных структур предприятий и типов предприятий. Смена (во времени) форм организации освоения и воспроизводства лесных ресурсов для отдельно взятого массива, создаваемой в нем совокупности предприятий и для отдельного предприятия представлена на рис. 2.

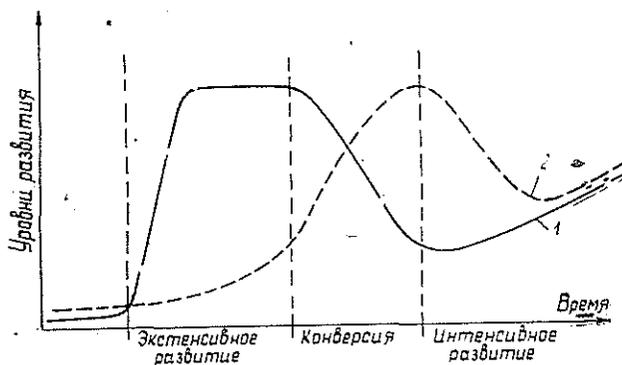


Рис. 2. Принципиальная схема развития и смены форм лесной промышленности и лесного хозяйства в регионе (предприятии).

1 — лесозаготовительная деятельность; 2 — лесоводственная деятельность.

До известного времени в каждом не тронутом эксплуатацией массиве практически отсутствует лесопромышленная деятельность и крайне слабо развита лесохозяйственная (главным образом в форме охраны, противопожарной и иной защиты и т. п.); это период резервного состояния лесов. Но вот начинается освоение. Раз возникнув, лесозаготовительная промышленность, в силу законов концентрации производства и требований социального (социологического) характера, быстро наращивает производственные мощности и объемы производства; это вполне целесообразно и потому, что в составе лесов в данном периоде изобилуют перестойные и спелые насаждения (древостой), вполне пригодные для рубки и притом не продуцирующие, ибо текущий прирост в них уравнивается текущим отпадом; форсированная (в разумных пределах и формах) рубка таких лесов с своевременной заменой продуцирующими молодняками представляет важнейшее и наиболее эффективное лесоводственное мероприятие.

Достигнув некоторого уровня объемов производства, обеспеченного лесосырьевыми ресурсами на экономически оправданный срок, лесозаготовительная промышленность стабилизируется. Вместе с периодом развертывания это — период ее экстенсивного развития. В начальной части этого периода потребности в активной лесохозяйственной деятельности нет, и ресурсов для ее развития пока недостаточно, поскольку все, что может быть авансировано, разумно использовать для становления лесной промышленности, экономически оживляющей район. Но с момента стабилизации объемов лесозаготовок на высшем уровне возникает уже серьезная потребность в создании лесных культур, мелиорации. Отсутствие роста лесозаготовок, при постоянном повышении производительности труда и наращивании сети лесных дорог, создает материальные предпосылки и возможность использования кадров для расширения лесохозяйственных работ.

С течением времени по мере приближения к исчерпанию избытков спелого леса наступает период свертывания лесозаготовок, высвобождения техники и кадров. Забота о поддержании уровней промышленной деятельности побуждает расширять переработку древесины, особенно за счет низкосортной; открывается потребность в мелкомерной и лиственной древесине, которую могут дать рубки ухода за лесом. Все это дает новые возможности для расширения лесохозяйственной деятельности — усиления лесокультурных, лесомелиоративных работ и ухода за лесом, а тем самым — предпосылки грядущего повышения продуктивности лесов. Такой этап развития мы называем конверсией экстенсивных форм к интенсивным.

Следующий этап характеризуется стабилизацией объемов лесозаготовок и объемов лесохозяйственного производства на некоторых взаимосогласованных уровнях, обеспечивающих в дальнейшем постепенное и уже неуклонное повышение рубок на твердой базе растущей продуктивности лесов в результате достигнутой рубками лучшей возрастной их структуры и осуществленных ранее лесомелиоративных и других мероприятий. Это период интенсивного развития системы «лесное хозяйство + лесная промышленность», в ходе которого, кстати, постепенно вызревают предпосылки для органического соединения лесной промышленности и лесного хозяйства, ранее разделенных объективным процессом общественного разделения труда*.

* У нас нередко проблема форм сосуществования или соединения лесного хозяйства и лесной промышленности рассматривается только с позиции «удобства управления», что явно недостаточно и, строго говоря, ненаучно.

8. На схеме (рис. 2) можно с успехом указать «место» любого региона — экономического района, республики или области такой огромной страны, как СССР, небольшого государства (если условия, уровни и формы развития лесного хозяйства и лесной промышленности в нем более или менее однородны). Так, несомненно, что север Красноярского края пока «находится» в крайней левой части графика, тогда как Ленинградская, Новгородская области — у грани между периодами конверсии и интенсивного развития; Чехословакия, ГДР, очевидно, еще в средние века прошли начальные фазы процесса, позднее — конверсию, а ныне находятся на восходящей ветви в правой части графика, наши же прибалтийские республики лишь несколько левее их. А вот Коми АССР — на восходящей ветви в левой части графика, Кировская, Костромская области — в периоде конверсии.

В рамках каждого региона действуют многие лесные предприятия; они начали функционировать в разные моменты времени и совершают свой цикл развития. Но большинство из них в этом цикле проходят типичные фазы характеризуемого процесса и всегда можно более или менее четко указать, в какой фазе то или иное предприятие находится в любой момент времени.

Опираясь на такое определение положения предприятия (и региона, в котором оно функционирует) и используя другую необходимую информацию, в частности, по динамике состояния лесной сырьевой базы следует конкретно прогнозировать его ближайшее и удаленное будущее. При этом надлежит учесть конкретные тенденции в отношении концентрации производства, комплексирования и других форм интеграции. Этот вопрос будет рассмотрен особо.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20, с. 34. [2]. Лобовиков Т. С. Опыт классификации типов лесозаготовительных предприятий. — «Научные доклады высшей школы. Лесинженерное дело», 1958, № 1, с. 57—60. [3]. Лобовиков Т. С. Вопросы развития типов лесозаготовительных предприятий. — «Груды ЛТА», 1959, № 88, с. 33—46. [4]. Лобовиков Т. С. Общая концепция развития форм лесного хозяйства и лесной промышленности. — В сб.: Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР к VII Международному лесному конгрессу. М., «Лесная промышленность», 1972, 472 с.

Поступила 6 апреля 1977 г.

УДК 634.0.93

**К ПРОБЛЕМЕ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
ПРОИЗВОДНЫХ ЛЕСОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ***В. М. ИВАНЮТА*

Московский лесотехнический институт

Обосновывается предложение о концентрированной рекультивации производных лесов промышленного значения, под которой автор понимает сплошную рубку на больших площадях: молодняков, средневозрастных, приспевающих и спелых мягколиственных насаждений (с сохранением хвойного подроста), и одновременную механизированную посадку крупномерных саженцев хвойных пород (с последующим механизированным уходом). Автор рассматривает рекультивацию как основу для организации лесопромышленных предприятий непрерывного пользования на принципах хозрасчета.

В связи с ростом населения и научно-техническим прогрессом возрастает потребность в древесине и ее производных. При этом также растет и природоохранительная роль леса. Площадь же, занимаемая лесами, если не сокращается, то в лучшем случае остается постоянной. Отсюда напрашивается вывод о том, что «цена леса» и объемы капиталовложений на лесовыращивание должны расти опережающими темпами. С другой стороны, известно, что в связи со сплошной рубкой вместо коренных хвойных лесов в европейской части СССР на больших площадях появились производные леса с преобладанием мягколиственных пород (осины и березы), но расчетная лесосека по мягколиственному хозяйству не используется, заготовка технологической щепы из древесины этих пород убыточна. Выход мы видим в обеспечении промышленности местным сырьем, получаемым при проведении концентрированной рекультивации производных лесов, т. е. при сплошной рубке (на больших площадях) молодняков, средневозрастных, приспевающих и спелых мягколиственных насаждений (с сохранением хвойного подроста) и одновременной механизированной посадке вместо них крупномерных саженцев хвойных пород (с последующим механизированным уходом).

В лесоводственном отношении целесообразность такой формы воспроизводства хвойных лесов не вызывает сомнений, тем более, что лесокультурное дело у нас в стране успешно развивается и лесокультурный фонд, особенно в густонаселенных районах страны, заметно сокращается. Иными словами, для быстрого развития высокомеханизированного лесокультурного дела в европейской части СССР необходимы все новые и новые лесные площади, которые и могли бы быть получены путем сплошной рубки всех производных лесов, независимо от их возраста. Лесные площади, занятые мягколиственными насаждениями, по СССР в целом составляют более 111 млн. га. В табл. 1 приведены данные об изменении запасов этих насаждений с возрастом.

Примем запас ствольной древесины в среднем 100 м^3 на 1 га, приплюсуем объем ветвей с листьями и пней с корнями и получим не сотни миллионов, а миллиарды кубометров мягколиственной биомассы, сосредоточенной вокруг заводов и фабрик в зоне ранее освоенных

Таблица 1

Изменение запаса с возрастом в нормальных березовых (числитель) и осиновых (знаменатель) насаждениях по А. В. Тюрину

Возраст насаждений, лет	Запас, м ³ на 1 га, по классам бонитета					
	Ia	I	II	III	IV	V
10	41	35	27	18	9	5
	$\frac{41}{63}$	$\frac{35}{51}$	$\frac{27}{40}$	$\frac{18}{28}$	$\frac{9}{19}$	$\frac{5}{11}$
20	114	96	77	67	39	26
	$\frac{114}{134}$	$\frac{96}{110}$	$\frac{77}{90}$	$\frac{67}{70}$	$\frac{39}{53}$	$\frac{26}{38}$
30	186	157	127	98	71	51
	$\frac{186}{210}$	$\frac{157}{174}$	$\frac{127}{145}$	$\frac{98}{116}$	$\frac{71}{90}$	$\frac{51}{67}$
40	253	212	173	134	100	73
	$\frac{253}{290}$	$\frac{212}{242}$	$\frac{173}{201}$	$\frac{134}{162}$	$\frac{100}{127}$	$\frac{73}{95}$
50	311	260	213	166	125	91
	$\frac{311}{369}$	$\frac{260}{308}$	$\frac{213}{253}$	$\frac{166}{203}$	$\frac{125}{159}$	$\frac{91}{118}$
60	359	301	246	193	146	106
	$\frac{359}{437}$	$\frac{301}{365}$	$\frac{246}{297}$	$\frac{193}{235}$	$\frac{146}{182}$	$\frac{106}{134}$
70	399	334	274	215	162	118
	$\frac{399}{491}$	$\frac{334}{410}$	$\frac{274}{332}$	$\frac{215}{260}$	$\frac{162}{198}$	$\frac{118}{144}$
80	432	361	296	232	174	127
	$\frac{432}{531}$	$\frac{361}{443}$	$\frac{296}{357}$	$\frac{232}{278}$	$\frac{174}{208}$	$\frac{127}{149}$
90	458	382	315	244	183	—
	$\frac{458}{558}$	$\frac{382}{464}$	$\frac{315}{372}$	$\frac{244}{—}$	$\frac{183}{—}$	$\frac{—}{—}$
100	479	398	324	253	—	—
	$\frac{479}{572}$	$\frac{398}{475}$	$\frac{324}{—}$	$\frac{253}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$

лесов промышленного значения. К тому же эти запасы относятся к категории самовоспроизводящегося сырья, совершенно не требующего каких-либо затрат на воспроизводство. Так обстоит дело с естественной или с лесоводственно-биологической стороной рассматриваемой проблемы.

Технико-экономическую сторону этой проблемы следует рассмотреть более подробно. Экономический эффект от рекультивации производных лесов мы видим, прежде всего, в возможности максимальной концентрации и специализации (на больших площадях) лесозаготовительного, деревообрабатывающего и лесопосадочного видов промышленного производства, позволяющих высокими темпами и с большой фондоотдачей восстанавливать хвойные леса промышленного значения и одновременно использовать мягколиственную древесину.

Проблема рекультивации промышленных лесов, имеющая на наш взгляд, важное народнохозяйственное значение, должна решаться на основе разностороннего анализа уровней интенсивности лесного хозяйства в союзных республиках, краях, областях, лесхозах; доходов и расходов в лесном хозяйстве; «нормы роста» или «нормы упреждения» при самых разнообразных оборотах и возрастах рубки молодняков, средневозрастных, приспевающих и спелых мягколиственных насаждений в сопоставлении с уровнем отпускных цен на фанеру, спички, технологическую щепу и т. п., особенно, с уровнем рентабельности этих видов промышленного производства. Такого рода сопоставления позволяют найти наиболее рациональные пути организации новой ре-

культуривационной отрасли народного хозяйства, основанной на принципах хозрасчета, т. е. организации лесопромышленных предприятий нового типа, предприятий непрерывного лесопользования.

Для этого, прежде всего, необходимо отказаться от традиционных методов установления расчетных лесосек, особенно по мягколиственному хозяйству, и приступить к разработке принципиально новых рекультивационных методов расчета лесопользования.

В соответствии с наличием близлежащих насаждений, за исключением зон особого назначения, надо заново подсчитать лесосырьевые ресурсы, имеющиеся на рекультивационных территориях, и потребность в хвойной и мягколиственной древесине всех действующих и реконструируемых промышленных деревообрабатывающих предприятий в европейской части СССР. Одновременно с этим необходимо рассмотреть вопрос о максимально возможном расширении питомников по выращиванию крупномерных саженцев хвойных пород. Передачу же древостоев в рубку следует производить в зависимости не от их возраста и размера расчетной лесосеки, а от общехозяйственной целесообразности по максимально возможной концентрации рекультивационного лесопромышленного производства. Эту передачу (как мягколиственных, так и хвойных насаждений) целесообразно было бы осуществлять в соответствии со специальными рекультивационными проектами по долгосрочным договорам с трехсторонними обязательствами соответствующих ведомств относительно каждой отдельно взятой рекультивационной территории по схеме: 1) рубка; 2) посадка и уход; 3) переработка и реализация всей биомассы дерева.

Разумеется, что наряду с этим должны быть разработаны и новые планово-расчетные цены как для отпуска леса на корню, так и на все виды промышленной продукции с таким расчетом, чтобы, опираясь на экономические преимущества максимально возможной концентрации и специализации (на больших площадях) лесозаготовительного, деревоперерабатывающего и лесопосадочного видов промышленного производства, сделать все эти виды производства в равной степени рентабельными.

Нам представляется, что вся эта работа должна быть построена таким образом, чтобы со временем, опираясь на развивающуюся сеть автомобильных дорог, можно было в европейской части СССР перейти на плантационное лесопользование как в мягколиственных, так и в хвойных лесах.

Поступила 6 декабря 1976 г.

УДК 634.0.79

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Э. В. ВОРОБЬЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрена структура капитальных вложений лесозаготовительных предприятий по типам воспроизводства основных фондов. Предложены коэффициенты для определения соотношения форм расширенного воспроизводства основных фондов в общем объеме капитальных вложений.

Необходимость экстенсивного расширения основных фондов действующих лесозаготовительных предприятий обусловлена тем, что для поддержания производственных мощностей на вывозке древесины кроме возмещения выбывающих средств труда требуются удлинение сети лесовозных дорог и дополнительные транспортные средства по мере перемещения мест лесозаготовок в глубь лесного массива. В этой связи воспроизводство основных фондов лесозаготовительных предприятий необходимо рассматривать в двух аспектах: с точки зрения стоимости и потребительной стоимости (производственной мощности).

Воспроизводство основных фондов выступает в первую очередь как восстановление или увеличение их потребительной стоимости и затем уже как связанное с ним изменение натуральных и стоимостных пропорций.

Для выяснения соотношения различных форм расширенного воспроизводства основных фондов лесозаготовительных предприятий нами изучена воспроизводственная структура капитальных вложений за период с 1972 по 1975 г. в объединениях Архангельсклеспром и Ленлес. При разделении общего объема капитальных вложений по типам воспроизводства основных фондов компенсационные затраты, характеризующие простое воспроизводство, мы принимали, исходя из принципа: 1 р. компенсационных затрат на 1 р. стоимости выбывающих средств труда*.

В общем объеме затрат учитывали капитальные вложения по всем источникам финансирования, в том числе и затраты на капитальные работы за счет себестоимости лесопроизводства.

Как видно из табл. 1, капитальные затраты, не увеличивающие производственной мощности предприятий, т. е. по существу означающие простое воспроизводство совокупной потребительной стоимости средств труда, в объединении Архангельсклеспром составляют 78,3%, а объединении Ленлес — 91,9% общего объема капитальных вложений.

Доля капитальных вложений на расширение производственных мощностей за счет строительства новых предприятий (экстенсивная форма), а также за счет реконструкции и расширения действующих (интенсивная форма) в объединении Архангельсклеспром гораздо

* Смышляева Л. М. Экономический рост и пропорции капитальных вложений. М., «Экономика», 1976.

Т а б л и ц а 1

Направление капитальных вложений	Архангельск-леспром		Ленлес		Воспроизводство основных фондов	
	р./м³	%	р./м³	%	по производственной мощности	по стоимости
I. Строительство новых предприятий	0,32	15,1	0,07	4,1	<i>P</i>	<i>P</i> _э
II. Реконструкция и расширение действующих предприятий	0,14	6,6	0,07	4,1	<i>P</i>	<i>P</i> _и
III. Поддержание производственных мощностей	1,28	60,4	1,10	64,0	<i>П</i>	<i>П</i> + <i>P</i> _э
В том числе:						
1. Возмещение выбывших средств труда	0,83	39,2	0,80	46,5	<i>П</i>	<i>П</i>
Из них:						
а) машин и оборудования	0,63	29,7	0,52	30,2	<i>П</i>	<i>П</i>
б) сооружений	0,20	9,4	0,28	16,3	<i>П</i>	<i>П</i>
2. Возведение дополнительных сооружений	0,43	20,3	0,28	16,3	<i>П</i>	<i>P</i> _э
3. Приобретение дополнительных механизмов	0,02	0,9	0,02	1,2	<i>П</i>	<i>P</i> _э
IV. Техническое совершенствование производства	0,38	17,9	0,48	27,9	<i>П</i>	<i>P</i> _и
Общий объем капитальных вложений	2,12	100	1,72	100	<i>П</i> + <i>P</i>	<i>П</i> + <i>P</i> _и + <i>P</i> _э

Обозначения: *П* — простое воспроизводство; *P* — расширенное; *P*_э — экстенсивно расширенное; *P*_и — интенсивно расширенное.

выше, чем в объединении Ленлес (соответственно 21,7 и 8,1%). И это вполне понятно, поскольку Архангельская область относится к многолесным районам страны, где увеличение объема лесозаготовок реально. Здесь строятся Угзеньгское, Сийское, Тегринское, Вождеромское лесозаготовительные предприятия, наращивается мощность действующих лесовозных дорог (Ерогодской, Кулогорской, Иксинской, Слободской и др.).

Преобладание в общем объеме капитальных вложений затрат, не связанных с увеличением производственных мощностей, обусловлено следующими причинами.

Во-первых, для основных фондов лесозаготовительных предприятий характерен высокий коэффициент выбытия, что требует значительных капитальных вложений на возмещение выбывающих средств труда. В связи с этим затраты только на простое воспроизводство основных фондов в объединении Архангельсклеспром составили 39,2%, в объединении Ленлес — 46,5% общего объема капитальных вложений.

Во-вторых, возмещение выбывающих средств труда в условиях технического прогресса происходит не в своей первоначальной форме, а на новой технической основе, т. е. в форме интенсивно расширенного воспроизводства основных фондов, которое происходит также и в результате процесса механизации ручного труда.

В-третьих, как уже было отмечено, для поддержания производственной мощности лесозаготовительных предприятий требуется увеличение массы действующих основных фондов по мере освоения лесосырьевой базы (экстенсивно расширенное воспроизводство).

Соотношение между различными формами воспроизводства основных фондов может быть выявлено применением системы коэффициентов, включающей в себя:

коэффициент интенсивности воспроизводства K_{II}

$$K_{II} = \frac{KB_{II} + KB_{p,II}}{KB_{II}};$$

коэффициент экстенсивности воспроизводства $K_{Э}$

$$K_{Э} = \frac{KB_{p,Э}}{KB_{II}};$$

коэффициент расширения воспроизводства $K_{Р}$

$$K_{Р} = \frac{KB_{O}}{KB_{II}},$$

где KB_{II} — капитальные вложения в простое воспроизводство;
 $KB_{p,II}$ — капитальные вложения в интенсивно расширенное воспроизводство;
 $KB_{p,Э}$ — капитальные вложения в экстенсивно расширенное воспроизводство;
 KB_{O} — общий объем капитальных вложений.

Указанные коэффициенты следует рассчитывать как для общего объема капитальных вложений, так и в зависимости от типа воспроизводства основных фондов по производственной мощности.

Таблица 2

Капитальные вложения	Архангельсклеспром			Ленлес		
	K_{II}	$K_{Э}$	$K_{Р}$	K_{II}	$K_{Э}$	$K_{Р}$
Общий объем	1,63	0,92	2,55	1,69	0,46	2,15
В том числе:						
на поддержание и совершенствование достигнутого уровня производства	1,46	0,51	2,00	1,60	0,37	1,97
на расширение действующих производственных мощностей	0,17	0,38	0,55	0,09	0,09	0,18

По величине коэффициентов воспроизводства основных фондов, рассчитанных для объединений Архангельсклеспром и Ленлес (табл. 2), видно, что на поддержание и совершенствование достигнутого уровня производства лесозаготовительные предприятия направляют средства, в 2 раза превышающие стоимость выбывших основных фондов. Причем в объединении Архангельсклеспром степень расширения основных фондов за счет экстенсивных факторов выше, а за счет интенсивных — ниже, чем в объединении Ленлес.

Более высокая степень экстенсивно расширенного воспроизводства основных фондов для поддержания производственных мощностей в объединении Архангельсклеспром обусловлена действием объективных причин, поскольку здесь ниже, чем в объединении Ленлес, средний запас древесины на 1 га эксплуатационной площади, что требует и больших затрат на дорожное строительство. Различия же в степени интенсивного расширения основных фондов связаны, главным образом, с тем, что объединение Ленлес имеет более широкие возможности для совершенствования технического уровня производства за счет фонда развития производства, размер которого здесь значительно выше.

Дальнейшее совершенствование структуры капитальных вложений лесозаготовительных предприятий должно быть направлено на обоснование как соотношения различных форм расширенного воспроизводства основных фондов, так и источников их финансирования с учетом экономической природы затрат.

Интенсивно расширенное воспроизводство, осуществляемое одновременно с простым и направленное на повышение экономической эффективности производства, должно производиться за счет реновационной части амортизационного фонда с привлечением части прибыли в зависимости от результатов хозяйственной деятельности предприятий. Экстенсивно расширенное воспроизводство, необходимость которого обусловлена объективными причинами, должно обеспечиваться централизованными источниками финансирования.

Поступила 15 апреля 1977 г.

УДК 634.0.24 : 634.0.6

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Л. А. ХИЖАНИНА

Ленинградская лесотехническая академия

Дается характеристика и тенденции изменения объема рубок промежуточного пользования в лесах Ленинградской области в сравнении с размерами заготовок по главному пользованию, объемов ввоза и вывоза лесоматериалов. Приводятся расчеты прогноза размеров промежуточного лесопользования на 1976—1983 гг.

Для лесодефицитных районов с ограниченными эксплуатационными запасами и стабилизированным или сокращающимся размером главного пользования рубки промежуточного пользования, помимо лесоводственного, приобретают еще важное значение как дополнительный источник лесопroduкции.

Так, в Ленинградской области около 20 лет назад потребности в древесине удовлетворялись за счет внутренних ресурсов на 60%, а сейчас, с развитием рубок промежуточного пользования, на 69%. Анализ динамики объемов ввоза древесины в Ленинградскую область и вывоза за ее пределы, а также объемов заготовки по главному пользованию и рубкам ухода (включая санитарно-выборочные) в лесах управления лесного хозяйства (рис. 1) показывает следующее. Объемы лесозаготовок по главному пользованию увеличиваются очень незначительно. Вывоз древесины за пределы области в 1975 г. уменьшился в 2 с лишним раза, по сравнению с 1959 г., ввоз круглого леса сократился на 35%. Ввоз древесного сырья в значительной мере сократился благодаря развитию рубок ухода в лесах области. Размер промежуточного пользования за 1959—1975 гг. возрос в 12 раз. Получаемая от этих рубок ликвидная древесина почти вся потребляется. По данным Ленинградского управления лесного хозяйства, в 1975 г. в цехах по производству пиломатериалов, тары и прочей продукции производственного назначения было переработано 276,3 тыс. м³ древесины, в том числе 206,5 тыс. м³ деловой. За этот же период вывоз

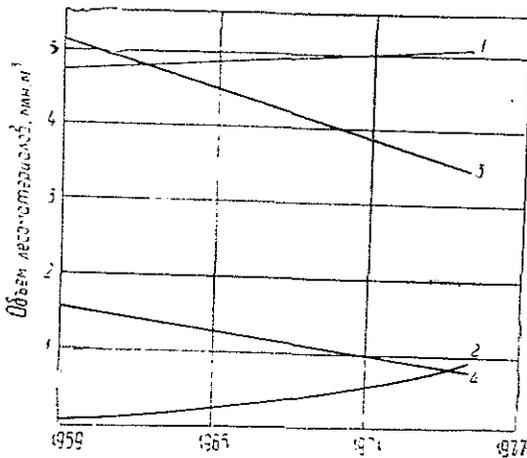


Рис. 1. Тенденция изменения уровней заготовки, ввоза и вывоза лесоматериалов по Ленинградской области

1 — объем главного пользования млн. м³; 2 — объем промежуточного лесопользования, млн. м³; 3 — ввоз лесоматериалов, млн. м³; 4 — вывоз лесоматериалов, млн. м³.

древесины в счет народнохозяйственного плана составил 384,6 тыс. м³, из них деловой 291,5 тыс. м³. На нужды школ, больниц и отопления жилых помещений было отпущено 169 тыс. м³.

Из приведенных данных видно, что промежуточное лесопользование в Ленинградской области достигло значительных объемов. Однако сравнение фактически заготовленной древесины, полученной от проведения всех видов ухода за лесом, с проектируемыми объемами показывает реальные возможности существенного увеличения размеров промежуточного пользования лесом (табл. 1).

Таблица 1

Виды рубок ухода	Ежегодный размер рубок ухода по данным лесостроительства			Фактические объемы рубок ухода			% к данным лесостроительства		
	Площадь, тыс. га	Вырубаемый запас, тыс. м ³		Площадь, тыс. га	Вырубаемый запас, тыс. м ³		Площадь, тыс. га	Вырубаемый запас, тыс. м ³	
		общий	ликвидный		общий	ликвидный		общий	ликвидный
Осветления	17,6	49,9	1,3	18,1	60	1	102,8	120,2	76,9
Прочистки	12,4	124,9	6,1	15,2	123	1	122,6	98,5	16,4
Прореживания	10,2	255,1	178,4	2,5	60	42	24,5	23,5	23,5
Проходные рубки	31,9	1339,0	1113,9	11,6	634	620	36,4	47,3	55,7
Санитарные рубки	15,4	340,0	250,0	9,0	192	183	58,4	56,5	73,2
С технологических коридоров	—	551,6	457,5	—	—	—	—	—	—
Всего	87,5	2660,5	2007,2	56,4	1069	847*	64,5	40,2	42,2

* В фактическом объеме разготовки древесины от рубок ухода учтена древесина, полученная с технологических коридоров.

В лесах Ленинградского управления лесного хозяйства ежегодно рубками ухода охватывается 2/3 площади расчетной лесосеки. При этом заготавливают менее половины возможного объема древесины. В расчетную лесосеку по рубкам ухода лесостроители включили все насаждения, нуждающиеся в уходе по лесоводственным требованиям, поэтому вырубают неполноценные, фаутные, ослабленные деревья, а также мешающие росту более ценных пород. Согласно данным табл. 1,

площадь рубок ухода в молодняках превышает проектную. Это объясняется постоянным увеличением объемов лесокультурных работ и требованием формирования высококачественных насаждений. Площади проведения прореживаний и проходных рубок значительно меньше намеченных в проекте. Широкое применение этих рубок пока еще сдерживается отсутствием индустриальных форм их организации, недостаточным развитием дорожной сети в лесных массивах, неукомплектованностью лесхозов кадрами постоянных рабочих, а также трудностями сбыта лиственной и мелкотоварной древесины. Использование расчетной лесосеки промежуточного пользования по Ленинградскому управлению лесного хозяйства за 1975 г. показано в табл. 1.

Приведенные на рис. 1 данные динамики развития рубок промежуточного пользования позволяют сделать прогноз их развития. Развитие рубок ухода с 1959 г. по 1975 г. может быть удовлетворительно выражено полиномом

$$y_t = 43,912 + 20,961t + 1,682t^2,$$

где y_t — объем заготовки древесины при рубках промежуточного пользования, тыс. м³;

t — время, лет.

Используя метод экстраполяции этой кривой, показывающей тенденцию изменения размеров промежуточного лесопользования во времени, можно получить прогнозные оценки объемов заготовки древесины.

При расчете прогноза период упреждения (прогнозируемый период) принят 8 лет, поскольку используемые нами материалы лесостроительства действительны до 1983 г.

При построении прогноза объемов рубок ухода и санитарно-выборочных учтена возможность варьирования оценок вокруг тренда. Доверительные интервалы этих отклонений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Год t		Прогностические значения y_t	Доверительный интервал	Прогностические значения y_t с учетом доверительного интервала
порядковый	календарный			
18	1976	966	88,0	878—1054
19	1977	1049	97,3	952—1147
20	1978	1136	109,0	1027—1245
21	1979	1226	122,9	1103—1349
22	1980	1319	139,1	1180—1458
23	1981	1416	157,3	1258—1573
24	1982	1516	177,6	1338—1693
25	1983	1619	199,7	1420—1819

Прогноз показывает (рис. 2), что в 1983 г. количество древесины при рубках ухода может составить 1619 тыс. м³ (от 1420 до 1819 тыс. м³). Прогностический уровень 1976 г. равен 966 тыс. м³, а фактически в этом году было заготовлено 923 тыс. м³ ликвидной древесины. Как видно, фактический уровень не выходит за пределы доверительного интервала (878—1054). При построении тренда объемов промежуточного пользования лесом в прошлом и перенесении его на будущее мы исходили из предположения, что в ближайшей перспективе существенных изменений в организации и проведении этого лесохозяйственного мероприятия не произойдет.

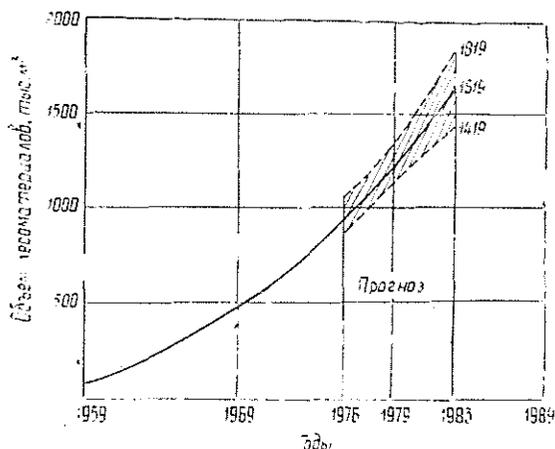


Рис. 2. Прогноз размеров промежуточного пользования лесом по Управлению лесного хозяйства Ленинградской области на 1976—1983 гг.

Метод прогнозирования размеров промежуточного пользования лесом на основе экстраполяции тенденции динамического ряда прост и нагляден. Перспективные оценки могут быть использованы при прогнозировании развития отраслей народного хозяйства, связанных с лесовыращиванием и лесопереработкой.

Поступила 6 апреля 1977 г.

УДК 658.58.008.041

СТЕПЕНЬ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ РЕМОНТНОЙ БАЗЫ И ЕЕ СВЯЗЬ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ РАБОТЫ РЕМОНТНЫХ СЛУЖБ И ЛЕСПРОМХОЗОВ

Я. Ф. МОЛНАР

Архангельский лесотехнический институт

Предложен метод определения степени концентрации ремонтной базы лесопромхозов и установлено ее влияние на показатели работы ремонтных служб и лесопромхозов.

Материальная основа централизации ремонтной базы лесопромхозов заключается в концентрации средств технического обслуживания (ТО) и ремонта. Многие специалисты прогресс в ремонтном деле связывают именно с концентрацией средств ТО и ремонта.

В силу специфических условий лесозаготовительного производства (удаленность лесопунктов друг от друга, отсутствие устойчивых транспортных связей между ними) в настоящее время каждый лесопункт располагает своей автономной ремонтной базой, но при этом значительная часть средств ТО и ремонта сосредоточена на одном из лесопунктов, обычно примыкающем к центральному поселку.

Исходя из этого, фактическую степень централизации ремонтного производства можно установить, сопоставляя оснащенность лесопунктов РБ отдельных лесопунктов.

Наиболее простым выражением оснащенности лесопунктов РБ может служить балансовая стоимость средств ТО и ремонта, если структура ремонтного оборудования однотипна и отвечает структуре подлежащих исполнению работ.

В рассматриваемых нами 13 леспромхозах Архангельской области с цеховой структурой управления не обнаружено значительных отклонений по указанным признакам. Совокупная балансовая стоимость средств ТО и ремонта в лесопунктах с различным объемом вывозки вполне сравнима хотя бы потому, что в них (за исключением центрального) количество оборудования и тем более зданий ремонтных служб, как правило, минимально. Ни для центрального, ни для остальных лесопунктов нет прямой зависимости суммы средств по ТО и ремонту от объема заготовки леса. Центральный лесопункт, независимо от производственных показателей, оснащен лучше в связи с его ролью и местоположением; остальные оснащены лишь самым необходимым: гаражом и РММ для выполнения ТО и текущих ремонтов оборудования. Общая же стоимость средств по ТО и ремонту центрального и остальных лесопунктов находится в прямой зависимости от объема заготовки леса, в первую очередь, через количество лесопунктов.

Исходя из изложенных предпосылок, предлагаем следующую формулу для определения степени централизации РБ леспромхозов:

$$S_{ц} = \frac{C_{ц} - \frac{1}{n-1} \sum_1^n C_i}{\sum_1^n C_i},$$

где $C_{ц}$ — балансовая стоимость РБ на центральном лесопункте;

$\sum_1^n C_i$ — балансовая стоимость РБ всех лесопунктов, включая центральный;

n — количество лесопунктов.

Степень централизации РБ может изменяться от 0 до 1. $S_{ц} = 1$ соответствует централизованной, $S_{ц} = 0$ — децентрализованной форме организации ТО и ремонта оборудования.

Степень централизации РБ равна единице, когда вся совокупность средств ТО и ремонта сосредоточена на центральном лесопункте, т. е. $C_{ц} = \sum_1^n C_i$. Она равна нулю, когда все лесопункты облада-

ют равной РБ. Если же выполняется неравенство $C_{ц} \neq \sum_1^n C_i$, то имеет место смешанная форма организации ТО и ремонта оборудования.

Во всех исследованных нами леспромхозах наблюдается смешанная форма организации ТО и ремонта, значение $S_{ц}$ колеблется от 0,08 до 0,41 и нетрудно обнаружить, что форма организации ТО и ремонта оборудования тяготеет к децентрализованной.

Таким образом, степень централизации РБ леспромхозов относительно невысока. Вместе с тем, ее колебание можно признать существенным, особенно если иметь в виду, что из-за специфических условий лесозаготовительного производства степень централизации РБ не может быть близкой к единице.

Между степенью централизации РБ леспромхозов, с одной стороны, и объемом производства, количеством лесопунктов и условиями примыкания леспромхозов, с другой, какой-либо связи не обнаруже-

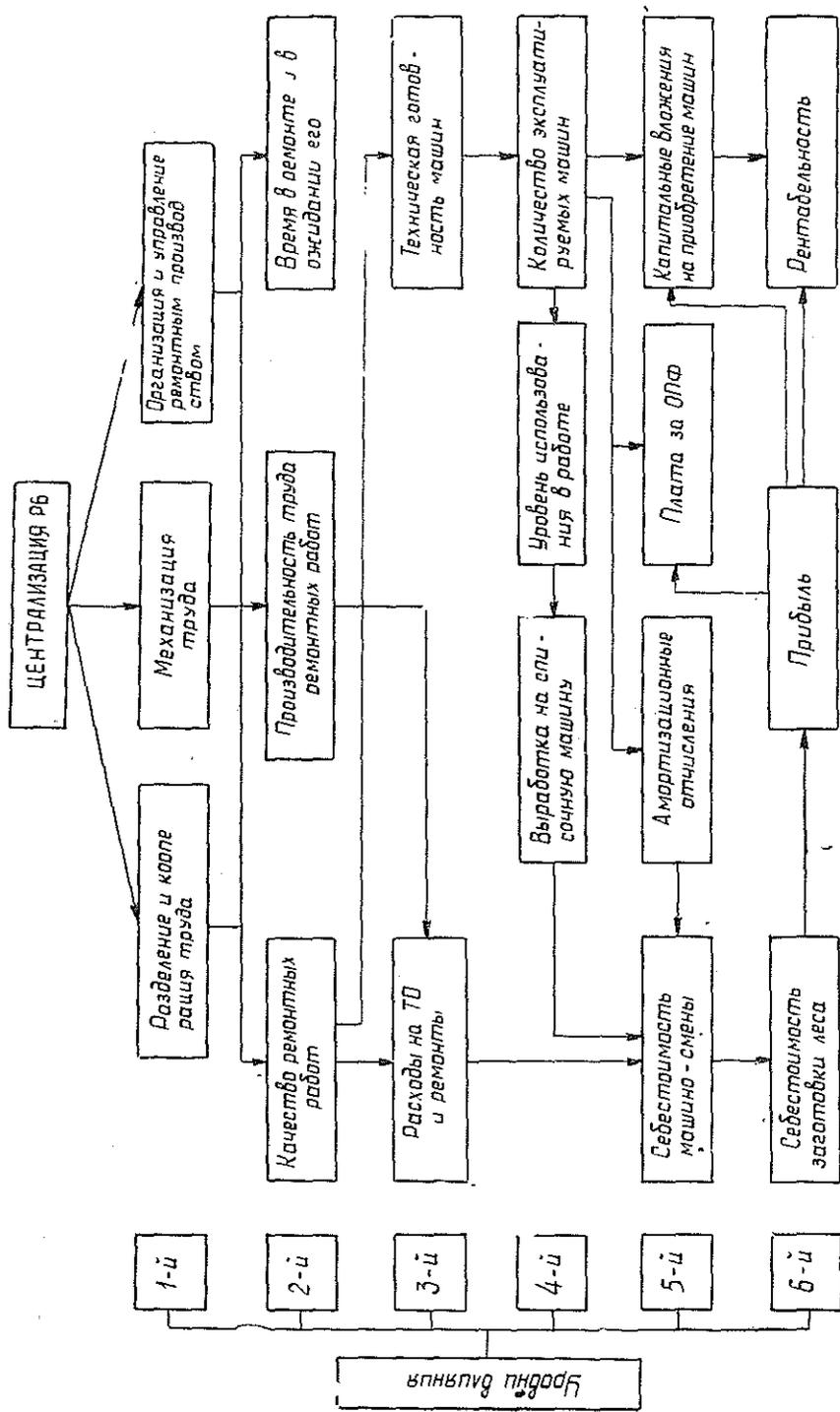


Схема 1. Связь централизации РБ с показателями работы ремонтных служб и леспромхозов.

но. Следовательно, разная степень централизации РБ есть лишь результат разного подхода к вопросу централизации ТО и ремонта оборудования. Это, в свою очередь, по-видимому, не может не сказаться на итоговых показателях работы ремонтных служб и леспромхозов.

При различной степени централизации РБ характер этой связи разный. Необходимо выделить позитивный и негативный аспекты централизации РБ леспромхозов.

Централизация РБ оказывает многоступенчатое влияние на показатели работы ремонтных служб и леспромхозов (схема 1).

Позитивный аспект централизации РБ первоначально проявляется в том, что за счет применения более современных средств ТО и ремонта, их сосредоточения растет производительность труда ремонтников, повышается качество ремонтных работ, сокращается время простоя в ремонте (2-й уровень влияния). Этому способствует также расширение и углубление разделения и кооперации труда ремонтных рабочих, совершенствование организации и управления ремонтным производством (1-й уровень влияния).

Сокращение суммарного времени нахождения техники в ремонте и в ожидании его предопределяет повышение уровня технической готовности машин (3-й уровень влияния). От уровня технической готовности зависят и другие показатели использования машин, а также количество эксплуатируемых машин (4-й уровень).

Повышение качества ремонтных работ и рост производительности труда вызывают уменьшение расходов на ТО и ремонты, что, в свою очередь, снижает себестоимость заготовки леса.

В дальнейшем влияние централизации РБ усиливается через количество эксплуатируемых машин; при его сокращении уменьшается размер амортизационных отчислений, платы за основные производственные фонды, объем капитальных вложений на приобретение машин и механизмов (5-й уровень влияния).

Изменение перечисленных показателей отражается на себестоимости лесопроизводства и рентабельности (6-й уровень влияния).

Таким образом, централизация РБ леспромхозов может дать весьма существенные положительные результаты, которые влияют на показатели работы не только ремонтных служб, но и самих леспромхозов.

Чрезмерная централизация РБ леспромхозов (негативный аспект) приводит к тому, что суммарные затраты времени пребывания машин в ремонте и в ожидании его оказываются больше, чем при допустимой децентрализации; это происходит потому, что простои в ожидании ремонта растут быстрее, чем сокращение времени пребывания их в ремонте. В результате сводятся на нет все преимущества, свойственные процессу централизации РБ. Показатели работы ремонтных служб и леспромхозов, начиная с уровня технической готовности, машин, ухудшаются.

Итак, экономически оправдана только такая степень централизации РБ леспромхозов, при которой гарантируется повышение технической готовности машин и механизмов.

В современных условиях, когда на вооружение лесозаготовителей поступают многооперационные, сложные в конструктивном отношении, дорогостоящие машины, «цена» потерь от сверхнормативных простоев в ремонте и в ожидании его будет расти.

Вопрос об установлении оптимальной степени централизации РБ леспромхозов должен стать предметом тщательного анализа связи

централизации ТО и ремонта оборудования с показателями работы ремонтных служб и леспромхозов.

Поступила 12 мая 1977 г.

УДК 634.0.907

КЛАССИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ЛЕСА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РЕКРЕАЦИИ

И. В. ВОРОНИН, Л. И. КОСОВА

Воронежский лесотехнический институт

Рассматриваются вопросы индивидуального подхода населения к выбору мест отдыха в лесу, взаимосвязь видов отдыха и свойств леса. Приводится классификация свойств леса, используемых при рекреации.

В рекреационном лесопользовании имеют место довольно сложные процессы взаимодействия между человеком и лесом.

Все возрастающая нагрузка на лес ставит перед лесоводами ряд проблем, связанных как с лучшей организацией отдыха, так и с защитой леса от разрушений. Для решения их важно изучить одну из сторон взаимосвязи «лес и человек», а именно, когда, почему, на какое время тот или иной участок леса привлекает отдыхающих. Имея ответ на этот вопрос, можно подойти более рационально к планированию территорий для отдыха и мероприятий, способствующих постоянному воспроизводству и повышению продуктивности лесов.

Имеющиеся классификации зеленых насаждений пригородной зоны с учетом их назначения помогают установить необходимый режим ведения хозяйства. Однако существующая инвентаризация участков леса в лесопарковых хозяйственных частях зеленой зоны, используемых для отдыха (санитарно-гигиеническая, ландшафтно-эстетическая оценка, оценка жизнеустойчивости насаждений), недостаточна, поскольку не отражает индивидуального подхода человека к выбору территории для отдыха, вида отдыха в лесу. Необходимо более подробно описать лесные участки, указать их конкретные свойства и особенности, определяющие избирательность населения при использовании этих участков для отдыха.

Необходимость такого описания вызвана еще и тем, что в последнее время значительно расширились границы посещения лесов зеленой зоны. Они выходят далеко за пределы лесопарковых хозяйств, предназначенных для массового отдыха городского населения.

Лес как базу отдыха используют круглый год. Каждое из времен года обуславливает тот или иной вид отдыха, степень его активности, выбор населением города отдельных участков леса.

По нашим наблюдениям, в период цветения первых весенних цветов (подснежников, фиалок, ландышей) участки леса, расположенные вблизи от города, испытывают большую рекреационную нагрузку. После окончания цветения число посещающих лес падает. Другой пример. Чистые сосновые насаждения 10—25-летнего возраста, расположенные также в непосредственной близости от города, испытывают значительную рекреационную нагрузку в период появления грибов — маслят (июль, август) и зеленушек (сентябрь, октябрь). Все же остальное время года, несмотря на доступность, эти леса жителями города не посещаются. Следовательно, наличие подснежников, фиалок, ландышей,

Таблица 1

Свойства леса, способствующие отдыху человека в лесу, по характеру воздействия	Виды отдыха по периодам рекреации			
	Зимний	Весенний	Летний	Осенний
<p>I. Общее воздействие:</p> <p>1. Санитарно-гигиенические</p> <p>2. Ландшафтно-эстетические</p> <p>3. Терапевтические</p>	Лыжные прогулки, пешеходные прогулки, природопознавательный туризм, отдых на базах отдыха, турбазах, в пансионатах, санаториях	Пешие прогулки, велосипедный туризм, отдых на базах отдыха, турбазах, в пансионатах, санаториях	Пешие прогулки, велосипедный туризм, отдых на берегу лесных водоемов, баз отдыха, турбаз, в пансионатах, лагерях, пансионатах, санаториях	Пешие прогулки, велопоходы, природопознавательный туризм, отдых на базах отдыха, турбазах, в пансионатах, санаториях
<p>II. Индивидуальное в соответствии с запросами человека:</p> <p>1. Многообразие видов фауны:</p> <p>а) наличие копытных и пушных зверей</p> <p>б) наличие промысловых птиц</p> <p>в) наличие певчих птиц</p> <p>г) наличие рыбы в лесных водоемах</p> <p>2. Многообразие видов флоры:</p> <p>а) наличие трав, цветущих ранней весной</p> <p>б) наличие лекарственных трав</p> <p>в) наличие ягод</p> <p>г) наличие съедобных грибов</p> <p>д) наличие диких плодовых деревьев и кустарников</p>	<p>Спортивная охота</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>Ловля рыбы</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>—</p>	<p>—</p> <p>Спортивная охота</p> <p>Слушание пения птиц</p> <p>—</p> <p>Сбор цветов</p> <p>Сбор лекарственных трав</p> <p>Сбор грибов</p> <p>—</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>Ловля рыбы</p> <p>—</p> <p>Сбор лекарственных трав</p> <p>Сбор ягод</p> <p>Сбор грибов</p> <p>Сбор плодов</p>	<p>Спортивная охота</p> <p>«</p> <p>—</p> <p>Ловля рыбы</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>Сбор грибов</p> <p>Сбор плодов</p>

некоторых видов съедобных грибов, свойственных только лесным биогеоценозам, способствует проявлению у человека интереса к определенному виду отдыха — сбору цветов, грибов.

Исходя из изложенного, мы сделали вывод, что нельзя рассматривать рекреационное пользование лесом вообще. При оценке рекреационной функции леса, при проведении мероприятий, связанных с повышением этой функции, важно прежде всего знать, какими свойствами леса обусловлено ее проявление. Отсюда вытекает необходимость классифицировать свойства леса, способствующие отдыху человека. Цель такой классификации — сгруппировать свойства леса по характеру воздействия на человека, по времени их проявления и видам отдыха, обусловленным этими свойствами. Такая группировка поможет более детально изучить интенсивность посещения лесов зеленой зоны в течение года, выявить, какой вид отдыха преобладает на данной лесной территории, наметить соответствующие мероприятия по организации лесов для отдыха. Предлагаемая нами классификация для условий ЦЧЭР представлена в табл. 1.

Свойства леса, способствующие отдыху в лесу, мы классифицировали по следующему принципу. Прежде всего свойства леса мы разделили на две группы: оказывающие общее и индивидуальное воздействие на человека в соответствии с его запросами. К первой группе мы отнесли свойства леса, оказывающие положительное влияние на человека во все времена года: санитарно-гигиенические, ландшафтно-эстетические, терапевтические. Проявляются они в любом насаждении, любого типа леса, возраста, породного состава, полноты. Хотя степень проявления их, конечно, различна, но благоприятное влияние при отдыхе на человека они оказывают всегда (поэтому в лесу строят санатории, базы отдыха, пионерские лагеря). Характер воздействия этих свойств мы назвали общим, так как независимо от вида отдыха человек всегда их испытывает. Ко второй группе мы отнесли свойства, которые своим проявлением в определенное время года способствуют выбору определенного вида отдыха, отвечают индивидуальным потребностям человека. Так, например, наличие грибов или ягод на участке вызывает интерес у людей отдыхать в лесу, занимаясь их сбором. Характер такого воздействия мы назвали индивидуальным, во-первых, потому, что сам человек определяет свой интерес к этим свойствам, во-вторых, наличие того или иного свойства характеризует индивидуальность отдельного участка.

Здесь могут возникнуть возражения. Разве свойства леса, выделенные в первую группу, не определяют интерес человека к выбору того или иного участка для отдыха или вида отдыха? Конечно, определяют. Но, как уже говорилось выше, эти свойства присущи всем участкам леса, во все времена года, в то же время ягоды или дикоплодовые — отдельным участкам, в определенное время года. Естественно, что свойства, объединенные в первую группу, воздействуют на любой вид отдыха.

Разделив таким образом свойства леса, мы классифицировали и виды отдыха, увязав их в единой схеме со свойствами леса и временами года. Именно такая классификация, на наш взгляд, может дать довольно исчерпывающий ответ на вопрос, когда, почему, на какое время тот или иной участок привлекает отдыхающих.

Данная классификация может иметь практическое применение при решении следующих вопросов:

а) определение площадей, вовлекаемых в рекреацию в настоящее время и в перспективе;

б) получение информации о действительной значимости того или иного участка как объекта для отдыха, об интенсивности посещения территории;

в) определение рекреационной емкости территории в зависимости от времени года;

г) планирование затрат на рекреацию по сезонам года как для создания полноценного отдыха, так и для защиты лесных насаждений от отрицательных последствий рекреации в лесу.

Изучая взаимосвязь леса и человека во время отдыха, целесообразно в пределах конкретного насаждения классифицировать места отдыха, пути передвижения в порядке очередности их использования или по их рекреационной ценности в настоящем и будущем. Это позволит подойти к установлению стандартов наивысшей рекреационной ценности участка, что, на наш взгляд, существенно при экономической оценке полезных функций леса.

Поступила 15 марта 1977 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 631.547.4 : 634.0.181.22

О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ
НА СРОКИ ЗАЦВЕТАНИЯ АКАЦИИ БЕЛОЙ
И ГЛЕДИЧИИ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. А. КУЛЫГИН

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Установлена прямая связь сроков зацветания акации белой и гледичии обыкновенной с определенными суммами эффективных температур воздуха. По суммам эффективных температур можно с большой точностью прогнозировать начало цветения названных пород.

О существовании связи между температурными факторами и сроками зацветания древесных пород известно давно, однако фактических данных по этому вопросу в настоящее время еще мало.

Фенологические наблюдения за акацией белой (*Robinia pseudoacacia* L.) и гледичией обыкновенной (*Gleditschia triacanthos* L.) проводили в Новочеркасске, на территории учебного питомника НИМИ. В качестве объектов были выбраны свободно произрастающие, здоровые, хорошо освещенные 25—35-летние деревья. При характеристике температуры воздуха использованы данные метеостанции ВНИИВиВ — Северо-Кавказской гидрометеослужбы (Новочеркасск).

Как установили А. А. ШигOLEV и А. П. ШИМАНЮК [2], цветение акации белой начинается при определенной сумме эффективных температур. Так, в 1937 г. цветение

Таблица 1

Годы	Начало цветения	Сумма эффективных температур воздуха, °С	Количество дней с температурой выше +5°С	Дата накопления средних эффективных сумм температур	Отклонение фактических дат от вычисленных
Акация белая					
1962	15.V	376,4	56	15.V	0
1970	6.V	367,4	45	7.V	+1
1971	23.V	374,8	54	23.V	0
1972	15.V	381,6	49	15.V	0
1973	11.V	363,4	46	12.V	+1
1974	29.V	380,4	61	29.V	0
1975	6.V	389,5	46	5.V	-1
1976	19.V	385,2	48	19.V	0
Среднее значение	16.V	377,3	—	16.V	—
Гледичия обыкновенная					
1962	24.V	483,0	65	23.V	-1
1970	12.V	446,8	51	14.V	+2
1971	31.V	487,2	62	30.V	-1
1972	20.V	464,0	54	20.V	0
1973	21.V	472,2	56	21.V	0
1974	2.VI	443,1	65	4.VI	+2
1975	12.V	483,3	52	11.V	-1
1976	27.V	479,7	56	26.V	-1
Среднее значение	22.V	469,9	—	22.V	—

акаци в двенадцати различных географических пунктах началось при средней сумме эффективных температур $+374^{\circ}\text{C}$. Самая низкая сумма эффективных температур, при которой отмечено начало цветения, составила $+363^{\circ}\text{C}$ (Мелитополь) и самая высокая $+390^{\circ}\text{C}$ (Полтава).

Г. Д. Фролова [1] указывает, что в условиях Лесостепной станции (Липецкая область) суммы эффективных температур перед началом цветения акации белой сохраняли большое постоянство в течение трех лет наблюдений.

По нашим наблюдениям, между началом цветения акации белой и гледичии обыкновенной и суммой эффективных среднесуточных температур существует очень тесная прямая связь (табл. 1).

Если сравнить наши данные, полученные в одном пункте наблюдения в разные годы, и данные А. А. Шиголева и А. П. Шиманюка 1937 г. для двенадцати географических пунктов, то можно видеть, что суммы эффективных температур, при которых зацветает акация белая, очень близки между собой и составляют $363-390^{\circ}\text{C}$.

Гледичия обыкновенная зацветает при средней сумме эффективных температур $+443-487^{\circ}\text{C}$ (средняя многолетняя $+469,9^{\circ}\text{C}$).

Сроки зацветания акации белой и гледичии, рассчитанные по средней многолетней сумме эффективных температур воздуха, оказались близкими к наблюдаемым датам зацветания. Для акации белой ошибка в отдельные годы составляла ± 1 день, а для гледичии обыкновенной — до $+2$ дней. Для 8-летнего же периода наблюдений рассчитанные даты совпали со средними фактическими датами начала цветения (табл. 1).

Следовательно, по суммам эффективных температур и метеорологическим данным можно как прогнозировать, так и с большой вероятностью восстанавливать даты зацветания акации белой и гледичии обыкновенной за любой год или период.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Фролова Г. Д. О роли перекрестного опыления и самоопыления для семенного возобновления белой акации. — «Бюлл. МОИП», 1955, № 2. [2]. Шиголов А. А., Шиманюк А. П. Сезонное развитие природы. М., 1949.

УДК 634.0.684

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ СБОРА ГРИБОВ ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Е. И. СЕНЬКО

Львовский лесотехнический институт

С помощью данных натурных исследований и фотохронометражных наблюдений разработана методика установления норм сбора грибов в различных условиях. Приводится формула и пример расчета нормы сбора.

Рациональное использование пищевых растительных ресурсов леса, в частности грибов, затруднено отсутствием научно обоснованных норм сбора. В связи с этим невозможно определить потребность в рабочей силе.

В 1974—1975 гг. проведены исследования по установлению норм сбора грибов в естественных условиях. Затраты рабочего времени изучены методом фотохронометража.

Наблюдения проводили на территории лесничеств, подобранных методом случайной выборки: Старо-Сельского, Бобрского лесхоззага; Бутинского, Нестеровского лесхоззага; Великопольского и Делеховского, Ивано-Франковского уцлесхоззага; Бориславского и Сходницкого, Дрогобычского лесхоззага и Оровского, Сколевского лесхоззага. По степени продуктивности выделено три категории грибных площадей: I — высокопродуктивные, II — среднепродуктивные, III — низкопродуктивные [1]. Установлено, что потенциальная (биологическая) урожайность грибов по группам на площадях II категории в среднурожайный год составляет, кг/га:

Белые и другие виды грибов	16
в том числе белые	6,5
Маслята, рыжики	84
Опята	76

Объектами наблюдений являлись организованные и неорганизованные сборщики, имеющие определенные навыки в сборе и хорошо знающие основные виды съедобных

и ядовитых грибов. Такими лицами были мужчины и женщины любого возраста, а также школьники не моложе 14—15 лет, которые самостоятельно могли ориентироваться в лесу.

При изучении техники сбора различных грибов принято, что сам процесс состоит из трех приемов: 1 — поиска, 2 — срезания, 3 — очистки грибов от мусора и опускания в корзину. Во время хронометражных наблюдений фиксировали затраты времени на эти приемы, а также перерывы с указанием их причин. Данные замеров записывали в наблюдательный лист индивидуального фотохронометража, в котором давали таксационную характеристику участка, а также краткие сведения о сборщике. По окончании сбора кошелку с грибами взвешивали на ручном пружинном динамометре и определяли количество собранных грибов с точностью до 0,1 кг.

После трехдневных наблюдений составляли фактический баланс рабочего времени, который пересчитывали на семичасовую смену. По данным анализа фактического баланса и потерь времени устанавливали проектируемый баланс рабочего времени. В табл. 1 приведен баланс рабочего времени на сборе белых и других видов грибов.

Таблица 1

Элементы рабочего времени	Затраты времени			
	фактические		проектируемые	
	мин	%	мин	%
Подготовительно-заключительное время	7,5	1,79	7,0	1,67
Время оперативной работы	392,5	93,45	399,0	95,0
Перерывы	12,0	2,86	4,0	0,95
Естественные надобности	8,0	1,90	10,0	2,38
Итого	420	100	420	100

Одновременно по группам грибов были обработаны хронометражные ряды. Положительные результаты получены лишь для двух приемов — срезания и очистки в группе белых и других видов грибов. Так, для приема срезания коэффициент устойчивости $K_y = 4$, для приема очистки $K_y = 3$. Для приема поиска грибов рассматриваемой группы, а также во всех приемах других групп хронометражные ряды получились недоброкачественными (в некоторых случаях $K_y > 20$), с большими средними ошибками. Следовательно, на сборе грибов практически невозможно использовать данные хронометража в целях нормирования.

В связи с этим в дальнейших исследованиях возникла необходимость избрать другой метод установления норм сбора. За основу приняты некоторые таксационные показатели, скорость движения сборщика и оперативное время смены.

Установлено, что в среднем скорость движения сборщика в равнинной местности составляет 1,4 км/ч. Двигаясь с такой скоростью в средневозрастном лесу с редким кустарником, сборщик одновременно охватывает взглядом полосу шириной 10 м — по 5 м в обе стороны. Таким образом, на угодьях II категории продуктивности за семичасовой рабочий день сборщик, двигаясь непрерывно, мог бы пройти расстояние около 10 км и собрать грибы на площади 10 га. В горных условиях, а также в районах с пересеченной местностью скорость движения сборщика снижается до 1,20 км/ч, соответственно уменьшается и площадь сбора за смену до 8,5 га. В густых насаждениях и кустарниках ширина полосы охвата взглядом сужается до 6 м, следовательно, площадь сбора также уменьшается.

Кроме названных показателей, на норму сбора большое влияние оказывают физическая урожайность, продолжительность периода плодоношения грибов, количество повторностей сборов грибов на одной площади за сезон и др. Поскольку эти показатели у различных видов грибов различны, они были определены отдельно для каждого вида или группы грибов. Например, количество повторностей сборов грибов на одной площади устанавливали исходя из продолжительности плодоношения грибов [2] и межсборочного периода, который в условиях западных областей УССР составляет 3—5 дней. Результаты обработки и анализа данных наблюдений дают основание считать, что норму сбора грибов H можно определить по формуле

$$H_c = P S k, \quad (1)$$

где P — количество грибов, собираемых при одноразовом сборе с 1 га, кг;

S — площадь, охватываемая сбором за смену, га;

k — «коэффициент поиска».

Количество грибов, собираемых за один выход, представляет собой частное от деления физической урожайности грибов с 1 га на повторность сборов на одной и той же площади в течение сезона.

Площадь, на которой сборщик в смену может собрать грибы, определяется по формуле

$$S = T_{\text{оп}} v a, \quad (2)$$

где $T_{\text{оп}}$ — оперативное время смены, ч;
 v — скорость движения сборщика во время сбора, м/ч;
 a — ширина полосы, охватываемой взглядом сборщика по обе стороны, м.

«Коэффициент поиска» k находят по формуле

$$k = \frac{T_{\text{см}} - t}{T_{\text{см}}}, \quad (3)$$

где t — время, затрачиваемое на срезание и очистку грибов в течение смены, мин.

Если по данным фотохронометража t составляло не более 20 мин в смену, то k принимали равным 1. Это объясняется тем, что первоначально в 1974 г. наблюдения проводили на грибных площадях низкой продуктивности, на которых t за смену не превышало 15—20 мин. С учетом этого времени и определяли норму сбора. В последующих наблюдениях за сбором на высокопродуктивных грибных площадях t сильно возросло и значительно повлияло на норму. В связи с этим во всех расчетах t мы определяли по формуле

$$t = t_{\text{факт}} - t_{\text{мин}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{факт}}$ — фактическое время, затрачиваемое на срезание и очистку грибов, мин;
 $t_{\text{мин}}$ — минимальное время на срезание и очистку грибов (20 мин в смену).

Данные наблюдений показали, что наибольшее значение t имеет на сборе маслят, а наименьшее — на сборе белых грибов. С помощью установленных величин t , для различных условий и грибов, расчетным путем были определены числовые параметры k для всех групп грибов и на площадях разной продуктивности. Зависимость между «коэффициентом поиска» y_x и временем срезания и очистки грибов x выражается уравнением прямой

$$y_x = 1,07 - 0,0026x.$$

Отмечено, что если грибозарный пункт находился на расстоянии не более 1,5—2,0 км от мест сбора, в годы с хорошей урожайностью сборщик совершал за смену два выхода и в общей сложности сдавал на пункт более 25 кг опят или маслят. Если же это расстояние было более 3 км, общее количество сдаваемых сборщиком грибов не превышало 20—25 кг в день. Факты свидетельствуют о том, что максимальное количество грибов, которое можно собрать за один выход, составляет около 23 кг. Этот вес принят нами в качестве предельного. Если при предварительном расчете норма сбора оказывалась выше, то для ее выравнивания применяли поправочный коэффициент на груз $k_{\text{гр}}$, учитывающий потери времени на доставку грибов в приемный пункт и возвращение к местам сбора. Опытным путем установлено, что $k_{\text{гр}}$ зависит от расстояния, которое не должно превышать 2 км, и колеблется в пределах от 0,98 до 0,84.

С учетом изложенного, предлагаемая нами детализированная формула для определения нормы сбора грибов имеет следующий вид:

$$H_c = \Pi T_{\text{оп}} v a k k_{\text{гр}}. \quad (5)$$

Для равнинных и горных условий Карпатского региона данным методом были определены нормы сбора грибов в различные по урожайности годы с подразделением на группы грибов и категории продуктивности угодий. Навысшие нормы установлены для опят и маслят, несколько ниже — для подберезовиков, подосиновиков, лисичек, сыроежек и самые низкие — для белых грибов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Сенько Е. И. Исследование ресурсов основных видов побочных пользования лесом Львовской области. — Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Киев, 1975, вып. 7, с. 40—41. [2]. Телишевский Д. А. Сокровища леса. Львов, «Вища школа», 1974, с. 50.

УДК 634.0.587.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА ПОРΟΣЛЕВЫХ ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА АЭРОФОТОСНИМКАХ

Я. Я. ПЕТРОВ

Воронежский лесотехнический институт

Приведены результаты определения среднего возраста порослевых дубрав глазомерно-стереоскопическим способом на основании изученных признаков дешифрирования и по установленной взаимосвязи с диаметрами крон. Сделан вывод, что первым способом можно определять только возрастные группы насаждений; второй способ позволяет устанавливать возраст с точностью, требуемой лесоустроительной инструкцией.

Дешифрирование возраста порослевых дубовых насаждений на аэрофотоснимках — вопрос малоизученный. В качестве объекта нашего исследования взяты порослевые дубовые насаждения учебно-опытного лесхоза ВЛТИ, представленные порослевыми дубняками 3—4-й генераций, II—III классов бонитета, полнотой 0,7—0,9.

При работе использованы панхроматические и спектрзональные аэроснимки крупного масштаба, размером 18×18 см, сделанные АФА-ТЭ с $FK = 200$ мм.

Средний возраст насаждений определен двумя способами: глазомерно-стереоскопическим и по взаимосвязи с диаметрами крон.

При определении возраста глазомерно-стереоскопическим способом исходят из того, что каждое насаждение в процессе роста изменяет свой внешний облик. Эти изменения находят отражение на аэроснимках и наиболее заметны в пределах возрастных групп. Возраст этих групп устанавливают по комплексу основных и вспомогательных признаков. К основным признакам относятся размеры и формы крон деревьев, средняя высота древостоя, величина промежутков между кронами и просматриваемость полога в глубину, а к вспомогательным — длина крон и другие особенности насаждений.

Признаки дешифрирования порослевых дубовых насаждений IV—VII классов возраста изучали по данным 20 таксационно-дешифровочных пробных площадей, заложенных по методике Г. Г. Самойловича [2], а I—III классов — по таксационным ходам. Ниже приводим описание установленных признаков дешифрирования по возрастным группам порослевых дубрав.

1. Насаждения I—III классов возраста. Их полог представляет слившуюся массу крон деревьев пестрой окраски, ввиду сложного породного состава. Высота насаждений небольшая. Полог не просматривается.

2. Насаждения IV—V классов возраста. Проекция крон размером 0,3—0,6 мм, неправильные, узорчатые, хорошо просматриваются. Промежутки между кронами имеют неправильную форму. Высота насаждений значительная. Просматриваемость полога плохая. Длина крон деревьев мало различима даже на периферийных частях аэроснимков.

3. Насаждения VI—VII классов возраста. Проекция крон неправильные, узорчатые и сложные, размером свыше 0,6 мм. Промежутки между кронами и их группами значительны по размеру, имеют неправильную лабиринтообразную форму. Полог просматривается до наибольшего диаметра крон. Высота насаждений значительная. Просматриваемость полога и длины крон затруднена.

Ввиду того, что глазомерно-стереоскопическое дешифрирование возраста древостоев субъективно и обеспечивает только определение возрастных групп, а согласно лесоустроительной инструкции его точность должна быть не менее ± 10 лет, было предпринято определение возраста по взаимосвязи с диаметрами крон. Использованы данные 60 пробных площадей. На основании графического анализа взаимосвязь между этими показателями была принята прямолинейной. Статистические показатели для возраста и диаметров крон приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Признак	x	σ	V	$\sigma_{\bar{x}}$	P	r	m_r
Панхроматические аэрофотоснимки							
Возраст, лет	45,8	4,54	9,9	$\pm 1,1$	2,4	0,89	$\pm 0,05$
Диаметр крон, м	3,8	0,8	21,4	$\pm 0,19$	5,0		
Спектрозональные аэрофотоснимки							
Возраст, лет	48	6,15	12,8	$\pm 0,95$	2,0	0,82	$\pm 0,05$
Диаметр крон, м	4,6	1,29	28,0	$\pm 0,20$	4,3		

Уравнения взаимосвязи имеют следующий вид:
для панхроматических аэрофотоснимков

$$A = 5,04D_k + 26,6;$$

для спектрозональных аэрофотоснимков

$$A = 4,21D_k + 28,63.$$

Средний диаметр крон, необходимый для определения возраста насаждений по этому способу, находили как средний арифметический из 40—50 измерений на аэрофотоснимках с помощью 10-кратной измерительной лупы. Такое количество измерений соответствует коэффициенту вариации диаметров крон 28% и показателю точности измерений до 5%.

Средний возраст насаждений, полученный при дешифрировании спектрозональных аэрофотоснимков, сравнивали с данными 42, а панхроматических — 18 пробных площадей, заложенных согласно требованиям лесоустроительной инструкции [1]. Результаты определения среднего возраста насаждений на аэрофотоснимках приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Показатели	Тип аэроснимков	
	панхроматические	спектрозональные
Средний возраст, лет	46	48
Пределы отклонений, %	От +9,3 до -8,3	От +21 до -11,5
Ошибки, %		
систематические	+0,6	+1,2
среднеквадратические	$\pm 5,3$	$\pm 7,3$
Количество отклонений, %		
при отклонении до 10%	100	81
более 10%	—	19

Из таблицы видно, что средние квадратические ошибки определения среднего возраста порослевых дубрав на аэроснимках обоих типов не выходят за пределы требований лесоустроительной инструкции по величине ($\pm 10\%$) и количеству случаев с допустимыми отклонениями (более 65%).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Инструкция по устройству государственного лесного фонда СССР. Ч. 1. Полевые работы. М., 1964. [2]. Самойлович Г. Г. Методика изучения насаждений для лесного дешифрирования аэроснимков и аэротаксации лесов. Л., ЛТА, 1956.

УДК 582.734-1.844

К АНАТОМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ДРЕВЕСИНЫ РЯБИН ПРИМОРЬЯ

С. А. СНЕЖКОВА

Дальневосточный государственный университет

Приводится описание микроскопического строения древесины двух видов рябины Приморья: *Sorbus Schneideriana* и *Sorbus amurensis*. Отмечается сходство в строении древесины и некоторые различия в высоте лучей и расположении сосудов.

В Приморье произрастают два вида рябины: *Sorbus Schneideriana* Коehне и *Sorbus amurensis* Коehне, относящиеся к подроду *Eusorbus* Ком. [2]. Сведений о строении древесины этих рябин мы не нашли, хотя древесина рябины СССР изучена довольно хорошо. С. А. Туманян [5, 6] исследовала восемь видов рябины. Описания древесины некоторых видов имеются в работах других авторов [1, 3, 4, 7, 9]. Все исследователи отмечали, что отдельные виды этого рода по признакам строения древесины довольно хорошо отличаются друг от друга характером строения лучей — от гетерогенных до гомогенных, рисунком древесины — от рассеянносудистой до почти кольцесудистой.

Материалом для исследования послужили образцы древесины, собранные в предгорьцовом поясе горы Криничной в Шкотовском районе Приморского края. Образцы были взяты на высоте 1,3 м ствола рябины Шнейдера, имеющей высоту около 2,5 м, и ствола рябины амурской высотой около 3 м. По данным Д. П. Воробьева [2], рябина амурская может достигать высоты 4—8 м и диаметра 30 см. Кроме Приморского края, эти рябины произрастают в Хабаровском крае, чаще в горных елово-пихтовых лесах, а рябина амурская встречается и в Амурской области. Для исследования брали последние 4—10 годичных слоев древесины. Обработка образцов выполнена по общепринятой методике. Анатомическое строение древесины описано по схеме, предложенной А. А. Яценко-Хмелевским [8].

Древесина этих двух видов рябины имеет сходное строение: сосуды, волокнистые трахеиды, тяжевая и лучевая паренхима. Древесина рассеянносудистая, сосуды в своем расположении не образуют рисунка. Просветы в большинстве одиночные, в группах по 2—3 сосуда, причем у рябины амурской группы сосудов в ранней древесине встречаются чаще, чем у рябины Шнейдера (рис. 1, 2). В поздней древесине сосуды чаще одиночные, очертания их просветов угловатые, реже овальные. Переход от ранней древесины к поздней постепенный, просветы незначительно уменьшаются в величине и более заметно в количестве по направлению к внешней границе годичного слоя. Граница годичного слоя выражена отчетливо благодаря полоске в 1—4 слоя сплюснутых волокнистых трахеид и паренхимы и почти сплошному ряду просветов в начале годичного слоя.

Сосуды многочисленны, их диаметр 10—35 мкм, членики 240—700 мкм длиной с короткими и длинными клювами 10—130 мкм у рябины амурской и 10—240 мкм у рябины Шнейдера. Перфорации сосудов простые на скошенных поперечных и боковых стенках, межсосудистая поровость очередная, реже супротивная,

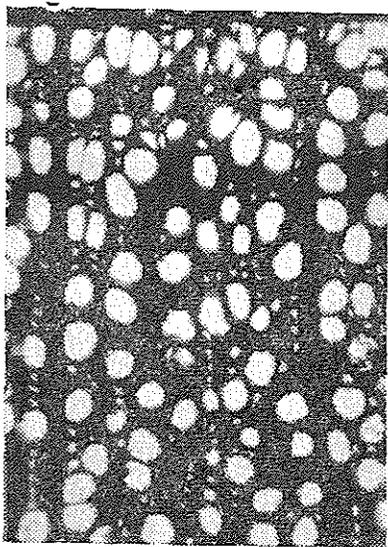
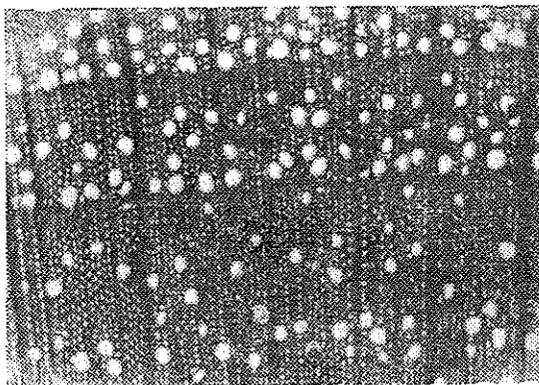


Рис. 1. Расположение просветов сосудов на поперечном срезе *Sorbus amurensis*. Увелич. в 66 раз.

Рис. 2. Расположение просветов сосудов на поперечном срезе *Sorbus Schneideriana*. Увелич. в 41 раз.



поры свободные и сближенные, округлые, с щелевидными и внутренними отверстиями, доходящими до границы окаймления. Спиральные утолщения довольно отчетливо видны у всех сосудов.

Древесинная паренхима довольно обильная диффузная и метатрахеальная в однослойных цепочках из 2—5 клеток. Оболочки клеток паренхимы тоньше основной массы волокон, в тяже паренхимы 2—8 клеток. Поры с сосудами мелкие, полуокаймленные, округлые, обильные, в очередном расположении.

Основную массу древесины составляют волокнистые трахены с толстыми стенками (2,5—4 мкм) и окаймленными порами, располагающимися чаще на радиальных стенках, реже на тангентальных. Внутренние отверстия пор щелевидные, доходящие до границы окаймления. Поры с сосудами окаймленные, расположены в одном вертикальном ряду. Длина волокон рябины амурской 450—1070 мкм, рябины Шнейдера — 410—870 мкм, окончания волокон зазубренные, штыкообразные и гладкие.

Лучи слабо-гетерогенные, одно-двухрядные, очень редко трехрядные, высота их у рябины Шнейдера от 1 до 20 клеток, у рябины амурской от 1 до 36 клеток. На поперечном срезе все лучи уже диаметров сосудов, при встрече с сосудами лучи не изгибаются, при переходе из одного годичного слоя в другой почти не расширяются, граница годичного слоя в лучах совпадает с общей границей годичного слоя. На тангентальном срезе однорядные лучи линейные, двух- и трехрядные лучи веретеновидные, иногда с однорядными окончаниями из 1—9 клеток; изредка встречаются двоянные лучи. На радиальном срезе лучи составлены преимущественно из лежащих клеток, длина которых в 2—8, чаще в 2—3 раза превышает высоту; в крайних слоях встречаются квадратные и стоячие клетки, высота которых превышает ширину в 2 раза; иногда квадратные и стоячие клетки располагаются в средних слоях луча. Поры между сосудами и клетками лучей обильные, мелкие, овальные в 3—8 рядах по высоте клетки. Стенки клеток лучей незначительной толщины. У рябины амурской отмечены сердцевинные повторения.

Таким образом, в анатомическом строении древесины рябины амурской и Шнейдера наблюдается сходство. В то же время можно отметить и некоторые различия: групповое расположение сосудов чаще наблюдается у рябины амурской, у рябины Шнейдера сосуды чаще одиночные; более высокие лучи отмечены у рябины амурской — до 36 клеток, у рябины Шнейдера — до 20 клеток.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вихров В. Е. Диагностические признаки древесины. М., изд-во АН СССР, 1954. [2]. Воробьев Д. П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Л., «Наука», 1968. [3]. Гаммерман А. Ф., Никитин А. А., Николаева Т. Л. Определитель древесины по микроскопическим признакам. М.—Л., изд-во АН СССР, 1946. [4]. Джонс В. С. Древесные породы, их строение и отличительные признаки. М., Гослестехиздат, 1932. [5]. Туманян С. А. Древесина рябины. — Труды Института леса АН СССР», 1949, т. 4. [6]. Туманян С. А. Анатомическое строение кавказских представителей *Pomoideae* сем. *Rosaceae*. — Труды Ботанического института АН АрмССР», 1950, т. 7. [7]. Яценко-Хмельевский А. А. Древесины Кавказа. Т. 1, Ереван, изд-во АН АрмССР, 1954. [8]. Яценко-Хмельевский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.—Л., изд-во АН СССР, 1954. [9]. Greguss P. Holz Anatomie der europäischen Laubholzer und Straucher. Budapest, 1959.

УДК 678.632 : 699.871

ОЦЕНКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСС-МАТЕРИАЛА К-ДФФ

О. Ф. ИСАЕВА, М. В. ЧАРИНА

Уральский лесотехнический институт

Показано, что технология получения пресс-материала К-ДФФ характеризуется более благоприятными санитарно-гигиеническими условиями и более низкими потерями фенола и формальдегида по сравнению с технологией получения пресс-материалов К-21-22 или К-18-2.

В целях глубокой пропитки древесного наполнителя расплавом или эмульсией феноло-формальдегидного олигомера в производстве фенопластов используется древесная мука.

Разрабатываемый в Уральском лесотехническом институте способ получения прессовочных материалов типа фенопластов (К-ДФФ) предполагает проведение реакции поликонденсации фенола и формальдегида в водном растворе в присутствии древесины и поэтому позволяет использовать древесный наполнитель с размером частиц до 2 мм [1].

Использование водного раствора фенола, формальдегида и соляной кислоты обеспечивает глубокую пропитку наполнителя [2] с последующим образованием олигомера на внутренней и внешней поверхностях частиц древесины.

Продукт поликонденсации фенола и формальдегида в присутствии древесины, представляющий собой частично гидролизованную древесину, глубоко и равномерно пропитанную феноло-формальдегидным олигомером новолачного типа, отделяют от раствора, смешивают с отвердителем и другими добавками, сушат и стандартизируют до получения пресс-материала I или II, отвечающего соответственно требованиям государственного стандарта на массы прессовочные фенольные (ГОСТ 5689—70) или массы древесные прессовочные (ГОСТ 11368—69).

При разработке технологии получения пресс-материалов К-ДФФ необходимо оценить количество фенола и формальдегида, выделенных на стадии сушки влажного продукта. Влажную композицию распределяли тонким слоем на дне эксикатора, помещенного в термокамеру. В термокамере поддерживали температуру 80°C. Горячий воздух проходил через слой композиции, а затем через стеклянную трубку, вставленную в пробку эксикатора, и подавался в два последовательно соединенных поглотителя, заполненных раствором щелочи. Продолжительность продувки и скорость горячего воздуха регулировали аспираторами. Фенол в растворе едкого натра определяли спектрофотометрическим методом по поглощению при $\lambda = 278$ нм, формальдегид-колориметрическим методом через продукты реакции формальдегида с фенилгидразином. Выяснили, что в расчете на 1 кг готового пресс-материала I выделяется 1,333 г фенола и 950 мг формальдегида, а на 1 кг пресс-материала II в среднем 820 мг фенола и 620 мг формальдегида.

Выделение и потеря свободного фенола и формальдегида оказывает некоторое влияние на процессы структурирования связующего при сушке композиции и отрицательно влияет на санитарно-гигиенические условия производства.

Полученные результаты лабораторных исследований газовых выбросов показывают, что в технологическом процессе получения пресс-материала К-ДФФ стадии сушки характеризуется низкими потерями свободного фенола и формальдегида. Это можно объяснить тем, что не вступившие в реакцию мономеры распределяются между водным раствором и твердым продуктом таким образом, что поступающий на сушку продукт поликонденсации содержит небольшое количество свободных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Красноселов Б. К., Попова Г. И. Способ получения древесной феноло-формальдегидной прессовочной композиции. Авт. свид. № 180333. — «Изобретения, промышленные образцы», товарные знаки, 1966, № 7, с. 51. [2]. Красноселов Б. К., Гилев С. В., Масагутова К. И. Исследование глубины пропитки частиц древе-

сны сосны водным раствором фенола, формальдегида и соляной кислоты в процессе получения пресс-порошка К-ДФФ.—«Труды Уральского лесотехнического института», Свердловск, 1971, вып. 24, с. 237.

УДК 634.0.561

ОБ ОДНОЙ ОШИБКЕ В ТАКСАЦИИ ПРИРОСТА ДРЕВОСТОЕВ *

Г. Л. КРАВЧЕНКО

Брянский технологический институт

Установлена и доказана на материалах исследования строгая математическая связь между изменением учетного признака во времени W_x , новообразованием элементов структуры за некоторый период времени Z_x и механическим перемещением, изменением исходного значения признака U_x . Она выражается как $W_x = Z_x + U_x$. При таксации прироста древостоев недопустимо пренебрегать этой зависимостью.

Постоянная пробная площадь, заложенная нами в 1961 г. в чистых 33-летних культурах сосны обыкновенной, характеризовалась следующими данными: средняя толщина ствола на высоте 1,3 м $D_I = 16,8$ см; высота $H_I = 17,58$ м; видовое число ствола $F_I = 0,535$; количество деревьев в переводе на 1 га $N_I = 1516$ шт., сумма площадей сечений стволов на высоте 1,3 м $G_I = 35,47$ м²; запас стволов $M_I = 334$ м³. Спустя пять лет при повторном обмере были получены следующие показатели: $D_{II} = 20,5$ см; $H_{II} = 20,34$ м; $F_{II} = 0,507$; $N_{II} = 1008$ шт.; $G_{II} = 34,41$ м²; $M_{II} = 355$ м³. Сопоставляя полученные данные, видим, что одни из них за истекшее пятилетие увеличились, а другие уменьшились. В частности толщина дерева D в среднем возросла на 3,7 см, а средняя высота H — на 2,76 м.

Около пробной площади нами были срублены модельные деревья и сделан полный анализ роста ствола. Оказалось, что ни одно из срубленных модельных деревьев даже из числа самых толстых не имело такого большого прироста в диаметре за истекшие пять лет Z_d^5 , как изменение средних показателей толщины дерева $D_{II} - D_I$.

Стремясь выяснить причину этого, мы расчленили деревья по результатам обмера 1961 г. на две группы. Первая группа — это деревья, оставшиеся в живых до следующего обмера. В 1961 г. они характеризовались следующими данными: $D' = 18,7$ см; $H' = 18,20$ м; $F' = 0,518$; $N' = 1008$ шт.; $G' = 28,51$ м²; $M' = 269$ м³. Вторая группа — это деревья, отмершие в течение пятилетнего периода. В 1961 г. эта группа (отпад) характеризовалась так: $D'' = 12,9$ см; $H'' = 16,35$ м; $F'' = 0,570$; $N'' = 508$ шт.; $G'' = 6,96$ м²; $M'' = 65$ м³.

Очевидно, разница между средней толщиной дерева по обмеру в 1966 г. и в 1961 г. $D_{II} - D'$ представляет собой средний прирост в толщину как результат новообразования элементов структуры на каждом из оставшихся в живых деревьев. В нашем примере средний прирост в толщину $Z_D^5 = 1,8$ см. Точно так же определяемый средний прирост в высоту $Z_H^5 = 2,14$ м, по сумме площадей сечений $Z_G^5 = 5,90$ м² и по запасу $Z_M^5 = 86$ м³. У отпада средний прирост в толщину равен нулю, в высоту — 9 см и в объеме — 0,08% запаса отпада. Это согласуется с ГОСТом 18264—72 [5].

Известно, что в жизни древостоя, помимо роста, в связи с отпадом, происходит скрытое механическое изменение биометрических признаков.

Расчеты показывают, что в связи с отпадом части деревьев на пробной площади механическое перемещение исходных значений биометрических характеристик за 5 лет выражается следующими величинами:

$$U_D = W_D - Z_D = 3,7 - 1,8 = 1,9 \text{ см};$$

$$U_H = W_H - Z_H = 2,76 - 2,14 = 0,62 \text{ м};$$

$$U_G = W_G - Z_G = -1,06 - 5,90 = -6,96 \text{ м}^2;$$

* В порядке обсуждения.

$$U_M = W_M - Z_M = 21 - 86 = -65 \text{ м}^3.$$

Из авторитетных источников ([4, 6, 7] и др.) и по многочисленным собственным наблюдениям нам известно, что в чистых нормальных древостоях для отпада средние показатели ниже, чем для древостоя в целом. Следовательно, изменение средних показателей в древостоях и отражающих их рост таблицах хода роста складывается из прироста по тому или иному признаку в результате новообразования элементов структуры и величины, образующейся вследствие механического перемещения исходного значения данного признака в связи с отпадом. Математически это выражается так:

$$W_x = Z_x + U_x.$$

П. В. Воропанов, опираясь на периодическое изменение таксационных показателей древостоев, содержащихся в таблицах хода роста, в течение последнего десятилетия опубликовал ряд работ, которые, в конечном итоге, слились в «Теорию последовательных возрастных этапов развития древесных организмов» [1]. Исходной предпосылкой и руководящей идеей этих работ явилось утверждение автора, что в древостоях существуют деревья, которые в течение всей жизни были средними в пределах насаждения. А согласно рабочей гипотезе этих работ значения средние для древостоев в таблицах хода роста поэтапно характеризуют рост средних деревьев.

В связи с этим определение текущего прироста среднего дерева Z'_V П. В. Воропанов рекомендует проводить по схеме, предложенной в виде таблицы [2, с. 130].

Расчеты по такой же схеме для нашей пробной площади приводятся в табл. 1.

Таблица 1

А лет	М м ³ /га	N шт./га	Объем среднего дерева насаждения V , м ³	Текущий прирост, м ³ в год	
				по П. В. Воропанову, Z'_V	фактический, Z_V
33	334	1516	0,2203	0,02637	0,01707
38	355	1008	0,3522		

Сопоставляя данные, видим, что объемный прирост, вычисленный по методу П. В. Воропанова, на 54,5% больше истинного значения. Преувеличение здесь обусловлено опять-таки механическим перемещением, изменением исходного значения объема ствола в древостое. Среднее значение объема ствола по обмеру в 1961 г. для всех 1516 деревьев равно 0,2203 м³, а для оставшихся 1008 шт. — 0,2669 м³. Различие между этими значениями средних величин выражает величину механического перемещения среднего значения объема ствола $U_V = 0,0466$, а не текущего прироста в объеме ствола. Эти особенности методики не вошли в «Теорию последовательных возрастных этапов развития древесных организмов» П. В. Воропанова.

Расчеты прироста и отпада в древостоях, сделанные М. Д. Евдокименко [3] и некоторыми другими лесоводами по методике П. В. Воропанова, таблицы древесного отпада и прироста насаждений лесообразующих пород СССР, составленные П. В. Воропановым, содержат указанную методическую ошибку и искажают действительные размеры прироста и отпада.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воропанов П. В. Теория последовательных возрастных этапов развития древесных организмов. — В сб.: Лесная геоботаника и биология древесных растений. Вып. 3. Брянск, Приокское книжное изд-во, 1975. [2]. Воропанов П. В. Биологическая основа физико-механических свойств древесины. Брянск, Приокское книжное изд-во, 1975. [3]. Евдокименко М. Д. Влияние густоты модальных сосновых древостоев на товарную структуру отпада. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 6. [4]. Кондратьев П. С. Новые данные наблюдений за ростом сосняков разной густоты. — «Известия ТСХА», 1959, № 2. [5]. Таксация и лесоустройство. Классификация прироста и изменения запаса древостоя. ГОСТ 18264—72. Введ. 2.12.1972. [6]. Тимофеев В. П. Природа и насаждения Лесной опытной дачи ТСХА за 100 лет. М., «Лесная промышленность», 1965. [7]. Эйтинген Г. Р. Избранные труды. М., Сельхозиздат, 1962.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

ВТОРАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО МЕЛИОРАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
И ЛЕСНЫХ УГОДИЙ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА СССР

Вторая конференция, состоявшаяся в г. Петрозаводске 7—10 июня 1977 г., подвела итоги научной и практической работы по мелиорации лесных земель за более чем десятилетний период. Свыше 170 докладов были распределены по секциям: сельскохозяйственные мелиорации, окультуривание и сельскохозяйственное использование осушаемых земель, методы и способы осушения болот и заболоченных земель, водный и тепловой режим осушаемых почв, гидролесомелиорация, методы осушения и лесокультурного освоения заболоченных земель.

На пленарном заседании с программными докладами по мелиорации земель в Карельской АССР выступили чл.-кор. АН СССР, заведующий лабораторией лесосоосушения Карельского филиала АН СССР Н. И. Пьявченко, министр мелиорации и водного хозяйства КАСССР Н. И. Туренков, министр лесного хозяйства КАСССР А. Д. Смирнов. От Архангельской области выступили с докладами начальник управления мелиорации и водного хозяйства Н. Ф. Баланцев и группа ученых Института леса и лесохимии, представившая обзор гидролесомелиоративного фонда области и очередности его осушения. О проблемах фитомелиорации тундровой зоны Европейского Севера сделал доклад докт. биол. наук, зам. председателя Совета по проблемам Севера ВАСХНИЛ В. В. Крючков.

Особенно ценными в научном и практическом отношении следует признать доклады: «Обоснование метода выделения зон эффективной гидролесомелиорации», «Разработка метода поэтапного осушения лесов на примере опытов в Ленинградской области» и серию докладов прибалтийских и карельских ученых по гидрологическому режиму осушенных территорий и прилегающих к ним суходольных площадей.

В то же время на конференции относительно мало были затронуты чрезвычайно важные вопросы комплексного освоения осушенных земель, экономического обоснования интенсивности и технологии лесосоосушения. В результате обсуждения выявилось, что способы расчета эффективности лесосоосушения, используемые в настоящее время проектными организациями, не учитывают потенциальных возможностей развития региона, в частности строительства транспортных путей, при наличии которых эффективность лесосоосушения в перспективе может существенно возрасти. Показатели дополнительного прироста для различных групп типов леса по эффективности лесосоосушения могут значительно изменяться особенно при продвижении на восток в связи с возрастанием общей континентальности климата. Поэтому неотложными задачами лесохозяйственной науки сейчас является уточнение норм и расчетных показателей эффективности лесосоосушения, в частности, для Коми АССР. Без этих исследований невозможно определить северную границу эффективного лесосоосушения на востоке европейской части РСФСР. Производственные работы, особенно на севере этого региона, должны способствовать разработке различных схем и методов лесосоосушения.

Во многих докладах красной нитью прошла мысль о том, что лесосоосушение в условиях севера — только первый этап процесса интенсификации землепользования. Эффективность этого этапа будет в значительной мере определяться сопутствующим дорожным строительством и системой лесохозяйственных мероприятий, специально разработанных для осушенных лесов. Особое значение здесь должны получить обоснованные системы рубок, применение удобрений и текущие работы по уходу за осушительными системами.

К конференции было приурочено очередное заседание Межведомственного научно-технического совета по гидролесомелиорации. На этом заседании подведены итоги комплексной разработки региональных систем лесосоосушения, обсуждались предложения «Союзгипролесхоза» о северной границе лесосоосушения в европейской части РСФСР.

Г. Б. Гортинский

Архангельский лесотехнический институт

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.093 : 627.8

МОНОГРАФИЯ О ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ ВОДНЫХ УГОДИЙ*

Книга посвящена важной народнохозяйственной проблеме: защите рек, прудов, водохранилищ и озер от обмеления и загрязнения. Работа изложена кратко, четко, по материалам исследований автора и литературным данным, с использованием производственного опыта.

Монография базируется на следующих предпосылках.

1. Основным резервом повышения уровня грунтовых вод, а следовательно, уровня воды в реках и водоемах является поверхностный сток, который почти не используется; его необходимо перевести в подземный. Если при современных условиях питание рек происходит при соотношении подземного и поверхностного стоков 38 : 62, то при более полном использовании поверхностного стока, это соотношение, по расчетам автора, изменится на 97 : 3 и уровень воды станет более стабильным.

Дополнительным источником полноводья может служить уменьшение испарения с поверхности воды и увеличение осадков, вызванное повышенным лесистости. В результате уровень воды в реках и водоемах может быть повышен ориентировочно на 0,8—1,0 м.

2. Достижение указанных показателей может быть осуществлено путем соответствующих лесомелиоративных, агро- и гидротехнических мероприятий на всей поверхности водосборов водных угодий.

3. Сток и эрозия в значительной мере зависят от всхолмленности рельефа. Для каждой группы рельефа автор рекомендует различные комплексы мероприятий в целях регулирования поверхностного стока и прекращения эрозии; предлагает оптимальное соотношение угодий, в котором соответствующее место отведено лесу.

4. Защита водных угодий от загрязнения основывается на кольматаже твердых частиц лесным и луговым покровом, отфильтровании суспензии при прохождении его через грунт и прекращении поверхностного стока.

Изложенные предпосылки привлекают своей широтой и разносторонностью. В таком аспекте рассматриваемая проблема ставится впервые.

Лесомелиорация прудов предусматривает создание насаждений (лесных, плодовых) по берегам для перевода поверхностного стока с прилегающих полей в подземный; рекомендуется создание илоуловителей для очищения поступающего стока, укрепление откосов плотин кустарниковыми ивами и травами. Для всех видов мелиоративных покровов указываются размещение, структура и методы культуры.

Лесомелиорация рек рассматривается в сочетании с мелиорацией их долин. Автор впервые делит реки по протяжению на четыре звена: истоки и истоковые протоки, мелкое, среднее и крупное речные звенья. Такая дифференциация создает четкую основу для разработки лесомелиоративных мероприятий.

Рассматривается структура, ширина и размещение лесных полос по берегам звеньев рек; рекомендуются поперечные полосы в поймах с указанием их ширины, структуры и размещения; дается расчет лесных насаждений по берегам речных долин. Излагаются материалы о влиянии пойменных лесных насаждений на элементы местного климата, данные об урожайности пойменных земель, излагаются принципиальные основы земледелия на пойменных землях.

* Харитонов Г. А. Лесомелиорация водных угодий. М., «Лесная промышленность», 1976, с. 168.

В конце раздела рекомендуется ориентировочное соотношение различных угодий в долинах рек. Весь раздел содержит много новых оригинальных материалов, необходимых для землеустройства, земледелия и мелиорации рек.

Лесомелиорация речных водохранилищ. Основным неблагоприятным процессом в водохранилищах автор считает обмеление, происходящее в результате абразии берегов, поступления твердого стока от эрозии и усиленного испарения воды с поверхности водоемов.

В целях прекращения этих процессов автор рекомендует: создание кольматирующих лесных полос поперек поймы речных долин на протяжении 2—5 км выше водохранилища и приречных лесных полос; облесение и выращивание фильтрующих культур в устьях балок, суходолов и лощин, впадающих в водохранилище; облесение берегов водохранилища и расположенных на них размывов, при этом выделяется облесение абразионной части берегов (приводные насаждения); создание особой структуры ветроломных лесных полос в забровочной части коренных берегов.

Облесение (укрепление) берегов, подвергающихся абразии, автор рекомендует проводить дифференцированно в зависимости от крутизны, интенсивности разрушений и расположения в соответствующей части водохранилища. Процессы абразии и формирование пляжей рассматриваются с учетом геологического сложения берегов, их крутизны и высоты волн.

Анализируется влияние волноломных и волногасящих культур, даются рекомендации по их размещению и созданию; характеризуется гидрофитная растительность, которая может применяться при создании указанных мелиоративных культур. Затрагивается вопрос о создании берегоукрепительных дамб. Излагается очередность создания мелиоративных культур до и после заполнения водохранилища.

Лесомелиорация озер сельскохозяйственного значения. В литературе нет материалов по этому вопросу, данные автора оригинальны. Отмечаются следующие неблагоприятные процессы в озерах: обмеление; разрушение берегов; зарастание водной растительностью и переход в болото.

В целях мелиорации по всем берегам рекомендуется размещать луговую ленту, далее — лесную полосу. Для озер, окаймляемых лесом, даются рекомендации по выделению запретной полосы.

К недостаткам работы следует отнести неполную характеристику производственных работ, отсутствие фотографий.

В целом работа освещает новую отрасль мелиорации. Книга выпущена своевременно, она полезна для практических и теоретических целей и может служить пособием при изучении лесной мелиорации в вузах и техникумах.

Л. С. Мочалкин, А. М. Шебалов

Уральский лесотехнический институт

ЮБИЛЕИ

ПЯЛВЕКА НА СЛУЖБЕ ЛЕСНОЙ НАУКИ

К 75-летию со дня рождения

Ивана Даниловича Юркевича

В 1977 г. акад. АН БССР, проф., докт. с.-х. наук, лауреату Государственных премий СССР и БССР, заслуженному деятелю науки БССР И. Д. Юркевичу исполняется 75 лет. Юбилей ученого совпадает с другой знаменательной датой — 50-летием научно-педагогической и общественной деятельности.

Выходец из крестьянской семьи, Иван Данилович с детских лет был тесно связан с природой. После окончания Марьиногорского сельскохозяйственного техникума он работает помощником лесничего и лесничим. В 1926 г. Иван Данилович поступает на лесной факультет Белорусской сельскохозяйственной академии. Здесь окончательно определилось его призвание.

Начало активной научной деятельности Ивана Даниловича связано с Белорусским научно-исследовательским институтом лесного хозяйства. Одновременно Иван Данилович читает лекции в Белорусском лесотехническом институте.

Круг вопросов, интересующих исследователя, чрезвычайно широк и разнообразен. Среди них одна из важнейших забот лесоводов — успешность естественного возобновления в насаждениях различных формаций. Итоги этих исследований подведены в монографиях «Естественное возобновление сосны на концентрированных вырубках в борах вересчатниках» (1934), «Естественное возобновление в водохранимых лесах БССР» (1939), «Мероприятия по лесовозобновлению с применением механизации» (совместно с А. И. Савченко, 1941).

Внимание Ивана Даниловича все больше привлекает лесная типология. В 1940 г. им была опубликована первая типологическая классификация лесов Белоруссии, широко используемая в практике лесного хозяйства и в научных исследованиях. В 1969 г. он издает «Лесотипологические таблицы», а в 1972 г. — брошюру «Выделение типов леса при лесоустроительных работах». В настоящее время все леса Белоруссии устроены с применением классификации типов леса, разработанной И. Д. Юркевичем.

В период Великой Отечественной войны Иван Данилович выполнил исследования эколого-биологических свойств отечественного гуттаперченоса — бересклета бородавчатого. Эти работы имели важное оборонное значение, и в 1951 г. Иван Данилович в числе других ученых был удостоен Государственной премии СССР.

Многолетние исследования И. Д. Юркевича посвящены дубовым лесам. С изучением дубрав связана разработка идеи о зональных климатически замещающих сериях типов леса, которая оказалась весьма плодотворной и в дальнейшем была положена в основу изучения других лесных формаций. Разработанные Иваном Даниловичем применительно к типам леса мероприятия по сохранению дубовых лесов изложены в монографии «Дубравы БССР и их восстановление», опубликованной двумя изданиями в 1951 и 1960 гг.

Одновременно Иван Данилович ведет большую организаторскую работу. После избрания в 1953 г. членом-корреспондентом АН БССР он возглавляет отдел лесоводства в Институте леса, а затем и руководит этим Институтом (1954—1956 гг.). После реорганизации Института И. Д. Юркевич в качестве заведующего отделом геоботаники Института биологии АН БССР развертывает исследования лесной, луговой и болотной растительности. Вскоре его избирают академиком АН БССР. Одновременно в качестве профессора кафедры лесоводства И. Д. Юркевич активно участвует в подготовке специалистов в Белорусском технологическом институте. Ряд иссле-

дований Иван Данилович выполнил в области географии древесных видов и фитоценозов. На этой основе им разработаны принципы геоботанического и лесорастительного районирования Белоруссии.

Материалы по изучению состава, структуры и размещения лесных формаций республики обобщены в монографии «География, типология и районирование лесной растительности (совместно с В. С. Гельтманом, 1965). Планомерное изучение отдельных лесных формаций БССР завершилось выходом крупных трудов: «Типы и ассоциации черноольховых лесов» (совместно с В. С. Гельтманом и Н. Ф. Ловчим, 1968); «Типы и ассоциации еловых лесов» (совместно с Д. С. Голодом и В. И. Парфеновым, 1971); «Типы и ассоциации ясеневых лесов» (совместно с В. С. Адериho, 1973); «Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов» (совместно с Э. П. Ярошевич, 1974).

В результате обобщения и систематизации данных по изучению растительности республики Иван Данилович и сотрудники руководимой им в настоящее время лаборатории геоботаники Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича АН БССР издал монографию «Растительный покров Белоруссии» с впервые составленной картой растительности (1969). В 1972 г. за серию работ по изучению растительности, завершившуюся изданием монографии и карты растительности, коллектив авторов во главе с И. Д. Юркевичем был удостоен Государственной премии БССР.

Иван Данилович — неутомимый пропагандист и убежденный последователь биогеоценотических идей акад. В. Н. Сукачева. Его разработки теоретических проблем биогеоценологии — соотношения понятий биогеоценоза, типа леса и лесной ассоциации — нашли понимание и широкую поддержку в научных кругах и являются крупным вкладом в развитие лесной биогеоценологии.

Акад. АН БССР И. Д. Юркевич — автор и соавтор свыше 470 научных статей и работ, посвященных актуальным проблемам лесоведения, лесоводства и геоботаники.

Иван Данилович щедро делится своими знаниями и опытом с многочисленными учениками. Им подготовлено много высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства, 26 кандидатов и 5 докторов наук, создана белорусская научная геоботаническая школа. В 1968 г. И. Д. Юркевичу присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки БССР.

И. Д. Юркевич возглавляет Научный совет по проблеме «Биологические основы рационального использования, преобразования и охраны растительного мира» АН БССР. Член КПСС с 1927 г., он постоянно участвует в работе выборных советских и партийных органов.

Заслуги И. Д. Юркевича высоко оценены партией и правительством: он награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени и медалями.

Иван Данилович полон сил и творческих замыслов. Многочисленные ученики и коллеги желают юбиляру здоровья, дальнейших успехов на благо советской ботанической науки!

Л. П. Смоляк, Е. Г. Петров, Э. П. Ярошевич
Институт экспериментальной ботаники АН БССР.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. М. Боховкин, Е. С. Романов.</i> Конституция развитого социализма	3
--	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>В. М. Еремин, С. В. Сивак.</i> О различиях в анатомии коры корней и стеблей некоторых хвойных	5
<i>В. К. Попов, Н. М. Попова.</i> Водный режим сосны в чистых и смешанных сосново-березовых культурах	11
<i>О. И. Полубояринов, Г. Н. Некрасова.</i> Влияние обрезки сучьев осины на прирост, структуру и некоторые свойства древесины	13
<i>А. И. Пилипенко.</i> Полезащитная эффективность узких лесных полос различных конструкций в условиях черноземной степи УССР	17
<i>Н. М. Матвеев.</i> Особенности аллелопатического режима в лесонасаждениях степного Заволжья	21
<i>А. А. Калининко, А. А. Ильенко.</i> К вопросу о хозяйственной оценке фенорит-мотипов бархата амурского	26
<i>Н. Н. Гром.</i> Применение минеральных удобрений при уходах за лиственницей европейской в культурах	29
<i>А. С. Коростелев, В. А. Щавровский.</i> Изменения состояния сосны обыкновенной под влиянием минеральных удобрений и подсыпки с сульфитно-дрожжевой бражкой	33

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Ю. Л. Лукин, Б. В. Уваров, В. В. Щелкунов.</i> О расчете гравийных дорожных одежд	37
<i>Н. И. Библиок.</i> Применение матричного метода начальных параметров для расчета колебаний лесовозного автопоезда	42
<i>А. М. Гольдберг, Г. М. Анисимов, А. Д. Драке.</i> Влияние мощности двигателя на некоторые эксплуатационные показатели трелевочных тракторов ОТЗ	47
<i>С. А. Ворухайлов.</i> Потери мощности в механизмах поворота гусеничных машин	50
<i>П. К. Резников.</i> О преобразовании формул для определения среднего расстояния трелевки к формуле обобщенного вида	56
<i>В. Я. Харитонов.</i> Исследование параметров плавающего бревна	61
<i>С. В. Гулидов.</i> Движение воды сквозь бревенчатую дамбу	65

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В. А. Баженов, Л. Т. Самхарадзе.</i> О прочности древесных прессовочных масс при растяжении	71
<i>А. И. Янсон, Э. И. Дячун.</i> Определение минимально допустимого радиуса изгиба пакета шпона	74
<i>М. С. Мовнин, О. Е. Каплунова.</i> К вопросу о повышении физико-механических свойств стабилизированной прессованной древесины	78
<i>Н. М. Михин, А. И. Смольяков.</i> Расчет коэффициента трения пар металл — прессованная древесина	83
<i>В. А. Бархатов, А. В. Вардугин, В. И. Дитрих.</i> Исследование некоторых механических свойств ветвей лиственницы сибирской	87
<i>Л. С. Глухих, З. Ф. Ресина, Ю. И. Ветошкин.</i> О формоустойчивости мебельных щитов	91

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Л. М. Кирпичева, М. И. Чудаков, Г. П. Санников.</i> О разрушении древесины хвойных пород, отмершей после обработки арборицидами	95
<i>В. В. Некрасов.</i> Связь энергии активации вязкого течения растворителя с мольной сольватацией сульфатного лигнина в растворах	97
<i>Б. Е. Фолин, И. Е. Аракин, Р. З. Пен.</i> Натронно-кислородная варка целлюлозы из лиственницы с применением едкого натра на кислородной ступени	101

А. И. Шишкина, Г. И. Царев. О применении таллового масла и фракций высших жирных кислот таллового масла в производстве древесноволокнистых плит	104
В. Л. Колесников, А. С. Царенкова. Модификация свойств бумаги и картона составами с изоцианатным связующим	107
В. В. Шорохов, Н. Н. Кокущин, И. Д. Козушев, О. А. Терентьев. Исследование процесса формования и обезвоживания картона между двумя вертикальными сетками	110

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В. В. Амалицкий. Расчет долговечности технологического оборудования с учетом взаимосвязи динамических процессов и процессов изнашивания	115
П. Ф. Войтко. К вопросу об определении случайной перегрузки крана при подъеме пакета хлыстов из воды	119
С. И. Трофимов, И. В. Турлай. Исследование динамических характеристик процесса торцовки досок на участках механизированных линий	123
А. А. Смирнов. Статическая математическая модель калорифера лесосушильной камеры в АСУ ТП сушки древесины	128

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Т. С. Лобовиков. Лесные предприятия будущего	134
В. М. Иванюта. К проблеме концентрированной рекультивации производных лесов промышленного значения	141
Э. В. Воробьева. Некоторые особенности воспроизводства основных фондов лесозаготовительных предприятий	144
Л. А. Хинкакина. Промежуточное лесопользование как источник получения древесины	147
Я. Ф. Молнар. Степень централизации ремонтной базы и ее связь с показателями работы ремонтных служб и леспромхозов	150
И. В. Воронин, Л. И. Косова. Классификация свойств леса, используемых при рекреации	154

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. А. Кулыгин. О влиянии температурных условий на сроки зацветания акации белой и гледичии обыкновенной	158
Е. И. Сенько. Метод определения норм сбора грибов при промышленном их использовании	159
Я. Я. Петров. Определение среднего возраста порослевых дубовых насаждений на аэрофотоснимках	162
С. А. Снежкова. К анатомической характеристике древесины рябин Приморья	164
О. Ф. Исаева, М. В. Чарина. Оценка газовых выбросов в технологическом процессе получения пресс-материала К-ДФФ	166
Г. Л. Кравченко. Об одной ошибке в таксации прироста древостоев	167

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Г. Б. Гортинский. Вторая научно-техническая конференция по мелнирации сельскохозяйственных и лесных угодий Европейского Севера СССР	169
---	-----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Л. С. Мочалкин, А. М. Шебалов. Монография о лесомелнирации водных угодий	170
--	-----

ЮБИЛЕИ

Л. И. Смоляк, Е. Г. Петров, Э. П. Ярошевич. Полвека на службе лесной науки. К 75-летию со дня рождения Ивана Даниловича Юркевича	172
--	-----

CONTENT

I. M. Bokhovkin, E. S. Pomanov. Constitution of the developed socialism . . .	3
---	---

FORESTRY

V. M. Eremin, S. V. Stvak. On the differences in the anatomy of bark of roots and stems of some conifers	5
V. K. Popov, N. M. Popova. Water regime of pine in pure and mixed pine-birch cultures	10
O. I. Polubojarinov, G. N. Nekrasova. The effect of green pruning on the increment, structure and certain properties of aspen wood	13
A. I. Pilipenko. Shelterbelt effectiveness of narrow forest belts of different designs in chernozem steppe of the Ukrainian SSR	17
N. M. Matveev. Peculiarities of the allelopathic regime in forest plantings of the steppe Zavolzhje	21
A. A. Kalinchenko, A. A. Iltenko. Economic evaluation of fenorythmotypes of <i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	26
N. N. Grom. Using mineral fertilizers in the care of the young European larch crops	29
A. S. Korostelev, V. A. Shchavrovsky. Changes of the state of <i>Pinus silvestris</i> L. under the influence of mineral fertilizers and tapping with sulphite-yeast beer	33

FOREST EXPLOITATION

Yu. L. Lukin, B. V. Uvarov, V. V. Shchelkunov. On calculation of gravel revetments	37
N. I. Biblyuk. Application of the matrix method of initial parameters for calculation of the timber-carrying motor train oscillations	42
A. M. Goldberg, G. M. Anisimov, A. D. Drake. The influence of the engine power on some working indices of the skidding OTZ tractors	47
S. A. Voruhailov. Loss of power in pivot mechanisms of crawler type machines	50
P. K. Reznikov. On transformation of formulae for determining average skidding distance to the formula of generalized form	56
V. Ja. Haritonov. Investigation of parameters of a floating log	61
S. V. Gulidov. Water movement through a log dam	65

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

V. A. Bazhenov, L. T. Samharadze. On stability of press wood masses under strain	71
A. I. Janson, Z. I. Dyachun. Determination of minimal tolerant flexure radius of veneer packet	74
M, S. Mounin, O. E. Kaplunova. On the problem of improving physical and mechanical properties of stabilized pressed wood	78
N. M. Mihin, A. I. Smoliakov. The calculation of the friction factor of pairs metal — pressed wood	83
V. A. Barhotov, A. V. Vardugin, V. I. Ditrih. Investigation of some mechanical characteristics of the branches of <i>Larix sibirica</i>	87
L. S. Gluhih, Z. F. Resina, Ju. I. Vetoshkin. On shapestability of the furniture particle boards	91

CHEMICAL WOODWORKING

L. M. Kirpichova, M. I. Chudakov, G. P. Sannikov. Degradation of coniferous wood died off after treating with arboricides	95
V. V. Nekrasov. Contion of activation energy of solvent tough flow with mole solvation of sulphate lignin in solutions	97
B. E. Fomin, I. E. Arakin, R. Z. Pen. Sodium-oxygen pulping larch wood with using NaOH in oxygen stage	101
A. P. Shishkina, G. I. Tsarev. Using tall oil and higher fat acid fractions in the manufacture of fiber boards	104
V. L. Kolesnikov, A. S. Tsarenkova. Modification of the properties of paper and board by the compositions with the isocyanate binder	107

V. V. Shorohov, N. N. Kokushin, I. D. Kugushev, O. A. Terentjev. Some aspects of board pulp filtration and sheet forming between double vertical wires	110
--	-----

*COMPLEX MECHANIZATION
AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES*

V. V. Amalitsky. Calculation of longevity of technological equipment with regard for interconnection between dynamic and wear processes	
P. F. Voitko. On the problem of defining accidental overloading of crane while lifting a bundle of tree length logs out of water	119
S. P. Trofimov, I. V. Tyrlay. Investigation of dynamic characteristics of cutting-off boards on mechanized lines	123
A. A. Smirnov. Static mathematical model of drying kiln calorifer in AMS TP wood drying	128

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

T. S. Lohovikov. Forest enterprises in future	134
V. M. Ivanyuta. On the problem of concentrated recultivation of productive forest having industrial importance	141
E. V. Vorobjeva. Some problems of capital assets reproduction in the logging industry	144
L. A. Hinkanina. Intermediate forest use as a source of receiving wood	147
Ja. F. Molnar. Concentration degree of the repair base and its connection with work indices of the repair services and lespromhoses	150
I. V. Voronin, L. I. Kosova. Classification of forest's properties used in the process of recreation	154

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

A. A. Kulygin. Influence of temperature on the quality of seeds of <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	158
E. I. Senko. Method of determining the quota of mushroom yields for its industrial utilization	159
Ja. Ja. Petrov. Determination of the average age of shooting oak plantations with the help of aerophotopictures	162
S. A. Snezhkova. Anatomical characteristic of wood of <i>Sorbus</i> in Primorie	164
O. F. Isaeva, M. V. Charina. Evaluation of gas exhausts in technological process of production K-DFP press-material	166
G. L. Kravchenko. The nature and value of a mistake in valuation survey of stand growth	167

SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS

G. B. Gortinsky. Second scientific-technical conference melioration of agriculture and forest lands of USSR European North	169
--	-----

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

L. S. Mochalkin, A. M. Shebatov. Monography on forestmelioration water lands	170
--	-----

JUBILEES

L. P. Smoliak, E. G. Petrov, E. P. Jaroshevitch. 50 years at the service of forest science. Ivan Danilovich Uurkevitch is 75	172
--	-----