

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

3

1991



АРХАНГЕЛЬСК

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), проф. О. М. Соколов (зам. гл. редактора), проф. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), канд. техн. наук Н. Г. Багаев, проф. С. П. Бойков, проф. Ю. Г. Бутко, проф. А. В. Веретенников, проф. Е. Д. Гельфанд, проф. И. И. Гусев, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. А. Н. Кириллов, проф. Н. П. Коваленко, проф. Э. Д. Левин, проф. Е. Г. Мозолевская, доц. О. А. Неволин, проф. А. Н. Обливин, проф. А. Р. Родин, д-р биол. наук Л. П. Рысин, проф. В. П. Рябчук, проф. Е. Д. Сабо, проф. В. И. Санев, канд. с.-х. наук С. Г. Синицын, проф. Н. И. Федоров, проф. В. Я. Харитонов, канд. с.-х. наук Г. А. Чибисов, проф. Г. М. Шутов, проф. В. В. Щелкунов, проф. А. А. Эльберт.

Ответственный секретарь Р. В. Белякова.

«Лесной журнал» публикует научные статьи 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, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

Редакторы Н. П. Бойкова, Л. С. Окулова. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдан в набор 12.05.91. Подписан в печать 15.08.91.
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отг. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1300 экз. Заказ 3192. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, наб. В. И. Ленина, 17, тел. 4-13-37.

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*431

ПАРАМЕТРЫ ФРОНТАЛЬНОЙ КРОМКИ ПОЖАРА
В ЛИСТВЕННИЧНИКАХ НА ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ

Н. П. КУРБАТСКИЙ, А. Г. ЦЫКАЛОВ

Институт леса и древесины СО АН СССР

Для успешного решения многих задач охраны лесов от низовых пожаров важно знать их параметры. Главными из них являются ширина кромки, скорость ее распространения и высота пламени.

В настоящее время разработан и предложен ряд математических моделей, которые описывают горение, распространяющееся как по отдельным частицам лесных горючих материалов, так и по состоящему из них слою. Эти модели основаны на законах тепло- и массопереноса и газовой динамики, физико-химических характеристиках горючих материалов и на условиях, характеризующих состояние среды, в которой протекает процесс горения [4]. В них предполагается строгая детерминация процесса, что, в отличие от лабораторных условий, не соответствует его крайней нестационарности и сильной изменчивости определяющих факторов. В результате возникает противоречие между тщательным учетом влияния факторов и довольно грубым определением их значений [6].

Разработаны также математические модели скорости распространения огня, в основу которых положены экспериментальные данные, полученные при имитации низовых пожаров [2, 3, 5, 7]. Недостаток таких моделей в том, что они получены для ограниченного числа значений факторов при прочих равных условиях и без учета их взаимодействия.

На современном уровне развития охраны лесов наиболее доступны полуэмпирические многофакторные линейные модели, позволяющие оперативно рассчитывать параметры низового пожара. При небольшом интервале варьирования факторов использование линейных уравнений вполне правомерно.

Из априорных знаний о природе лесных пожаров, а также опыта построения полуэмпирических математических моделей следует, что в насаждениях одного типа леса на скорость распространения огня, высоту пламени на кромке и ее ширину непосредственно влияют следующие факторы: x_1 — скорость ветра на высоте напочвенного покрова, м/с; x_2 — влагосодержание проводников горения (ПГ), %; x_3 — глубина залегания вечной мерзлоты, м (дополнительный фактор в насаждениях, произрастающих в условиях вечной мерзлоты); x_4 — запас ПГ на 1 м² поверхности, кг; x_5 — плотность слоя ПГ, кг/м³; x_6 — крутизна склона, град.

При построении моделей использована методика полного многофакторного эксперимента [1]. Для получения необходимого фактического материала в сезоны 1986—1989 гг. мы провели серию полевых опытов по имитации низового пожара. Опыты выполнены в лиственничниках лишайниковой и зеленомошной групп типов леса по методике, разработанной Н. П. Курбатским и Г. А. Ивановой [6]. Участки расположены в насаждениях Центральной Эвенкии, выделенных в Таймуро-Нидымский лесорастительный округ среднетаежных лиственничных лесов и темнохвойных редколесий. Характеристика опытных участков дана в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Номер опытного участка	Экспозиция и крутизна склона	Тип листовенчатого леса	Древостой					Подрост			Подлесок			Доминанты напочвенного покрова
			Ярус	Состав (возраст)	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, шт./га	Состав	Средняя высота, м	Густота, шт./га	Состав	Сомнительность	Средняя высота, м	
1	Ю, 20°	Можжевеловый лишайниково-шикшевый	I	10Л(147)	12,1	11	700	8Л2К + Е	1,6	560	Ив, Шп, Мж, Ол	0,2	2,0	Шикша, лишайники, голубика
			II	10Л(137) + Б(50)	6,4	6	800							
2	Ю, 3°	Багульниково-зеленомошный	I	10Л(195)	12,1	14	660	9К1Л	0,4	260	Ол, Шп, Ив	0,3	2,0	Зеленые мхи, багульник, брусника
			II	10Л(155)	9,1	9	240							
3	Ю—В, 8°	Кустарниково-зеленомошный	I	10Л(145)	10,1	11	900	6К3Л1Е	1,9	2280	Ол, Ив, Шп, Жм	0,3	2,2	Зеленые мхи, голубика, брусника
			II	8Л(145)2Е(140)	6,6	7	2620							
4	Ю, 11°	Голубично-лишайниковый	I	10Л(355)	17,2	24	272	9Л1К, ед. Е	1,3	787	Шп, Ол	0,1	1,3	Лишайники, голубика
			II	8К(245)2Л(355)	12,1	19	158							
5	Ю, 18°	Можжевеловый лишайниково-шикшевый	—	10Л(75)	8,6	8	7480	9Л1К + Е, Б	2,3	1980	Ив, Мж, Шп	0,2	0,4	Шикша, лишайники, голубика, брусника
			—	10Л(159)	8,3	10	900							
6	С, 28°	Кустарниково-лишайниковый	—	10Л(159)	8,3	10	900	10Л	3,7	512	Ив	0,1	0,5	Шикша, лишайники, багульник

Таблица 2

Номер опытного участка	Запас на 1 м ² поверхности в абс. сухом состоянии, кг					Плотность слоя, кг/м ²	
	проводников горения			трав и кустарничков	валежника		всего
	мхов и лишайников	опада	подстилки				
1	0,25	0,13	0,66	0,29	0,057	1,39	
2	1,41	0,23	1,91	0,15	0,99	4,69	
3	0,96	0,16	1,45	0,66	0,11	3,34	
4	1,17	0,10	1,26	0,13	1,23	3,89	
5	1,41	0,12	1,56	0,18	0,87	4,14	
6	1,61	0,035	0,88	0,13	0,16	2,83	

Таблица 3

Группа типов леса (номер опытного участка)	Уравнение регрессии	Коэффициент множественной корреляции	Стандартная ошибка описания	Расчетный критерий Фишера
Лишайниковая (1, 4, 5, 6)	$y = 0,065 + 0,670x_1 - 0,012x_2 + 0,480x_3$	0,656	0,197	3,53
Зеленомошная (2)	$y = 0,604 + 0,262x_1 - 0,024x_2 + 0,477x_3$	0,481	0,299	2,07
Лишайниковая и зеленомошная (1-6)	$y = 0,105 + 0,492x_1 - 0,002x_2 + 0,130x_3$	0,811	0,147	3,21
Лишайниковая (1, 4, 5, 6)	$y = 0,079 + 0,506x_1 - 0,001x_2 + 0,109x_3$	0,823	0,124	4,89
Лишайниковая и зеленомошная (1-6)	$y = 0,300 + 0,370x_1 - 0,012x_2 + 0,455x_3$	0,447	0,272	2,58
	$y = -0,287 + 0,618x_1 - 0,002x_2 + 0,580x_3 + 0,678x_4 - 0,071x_5 + 0,025x_6$	0,765	0,239	3,99
	$y = -0,752 + 0,551x_1 - 0,007x_2 + 0,457x_3 + 0,244x_4 - 0,007x_5 + 0,031x_6$	0,758	0,209	6,32

Таблица 4

Параметр фронтальной кромки пожара	Группа типов леса	Уравнение регрессии	Коэффициент множественной корреляции	Стандартная ошибка описания	Расчетный критерий Фишера
Высота пламени	Лишайниковая	$y = 0,712 + 0,164x_1 - 0,016x_2 + 0,278x_3$	0,597	0,147	3,69
	Зеленомошная	$y = 0,659 + 0,323x_1 - 0,008x_2 - 0,298x_3$	0,727	0,169	2,61
Ширина	Лишайниковая	$y = 0,567 + 0,164x_1 - 0,022x_2 + 0,431x_3$	0,552	0,216	2,92
	Зеленомошная	$y = 0,368 + 0,345x_1 - 0,906x_2 - 0,176x_3$	0,898	0,079	9,75
Глубина прогорания	Лишайниковая	$y = 0,061 - 0,024x_1 - 0,0002x_2 + 0,036x_3$	0,483	0,020	2,03
	Зеленомошная	$y = 0,085 + 0,004x_1 - 0,001x_2 - 0,018x_3$	0,529	0,018	0,91

Первоначально пожар имитировали на секциях опытных участков, отграниченных в виде длинных лент. Площадь каждой секции 500 м² (10 × 50 м). Большая сторона ленты соответствовала длине опытного участка и была направлена вдоль господствующих ветров. В дальнейшем площадь секций уменьшали до 50 м² (5 × 10 м), что также отвечало требованиям, предъявляемым к моделированию низового пожара [6].

В ходе выполнения огневых опытов, в момент прохождения очередного, отмеченного вешкой метра секции, фиксировали основные параметры кромки, причем два первых метра отводили на ее стабилизацию. Глубину прогорания напочвенного покрова определяли после опытов по заранее установленным металлическим скобам.

Для вывода многофакторных уравнений использовали данные 35 огневых опытов, в том числе 329 промежуточных наблюдений. Полученный экспериментальный материал обрабатывали на ЭВМ СМ-4 с помощью пакета программ анализа данных «АНД».

В табл. 3 приведены многофакторные регрессионные уравнения скорости продвижения кромки. На примере этих моделей сделана попытка ответить на вопрос: можно ли с помощью некоторого небольшого числа моделей достоверно описать процессы горения (в данном случае скорость распространения фронта низового пожара), протекающие в существенно отличающихся друг от друга лесных участках? Такая попытка в настоящее время предпринимается (топливные модели в США).

В районе наших исследований разнообразие лесов невелико вследствие суровости климатических условий. Так, лиственничники представлены всего четырьмя группами типов леса. Казалось бы, при такой ситуации достаточно одной-двух моделей. Но это далеко не так. В лучшем случае возможно использовать по одному многофакторному уравнению для каждой группы типов леса. Так, значения скоростей, рассчитанные по второму уравнению, предназначенному для всех насаждений лишайниковой группы, лишь в 1,5 раза выше скорости продвижения фронта в лиственничнике можжевельном лишайниково-шикшешевом, отнесенном к той же группе.

Если же для расчета скорости движения фронтальной кромки в лиственничниках лишайниковых использовать четвертый вариант модели, предназначенный для зеленомошной группы, то искомая величина занижается более чем в 2,3 раза. И, наконец, седьмая модель занижает значение скорости в 7,3 раза.

Дальнейшее укрупнение, объединение исходных данных даже для такого сравнительно однородного региона, как Центральная Эвенкия, приводит к получению моделей, слишком грубо отражающих процесс.

Наряду с этими моделями построены уравнения для расчета высоты пламени и ширины кромки, а также глубины прогорания (табл. 4).

С практической точки зрения, с позиции борьбы с лесными пожарами в условиях задымления, существенное значение имеет возможность определения скорости продвижения огня через ширину его кромки. Последняя, как известно, достоверно определяется с использованием ИК-аппаратуры на борту самолета-зондировщика.

Как показал анализ опытных данных, между скоростью продвижения кромки и ее шириной существует тесная связь ($r = 0,85$; $\eta = 0,73$). Эта зависимость выражается уравнением параболы второго порядка

$$y_1^2 = 0,071 + 0,788x + 0,295x^2.$$

Полученные модели описывают одну из сторон очень специфичной и слабо изученной природы пожаров в лесах на вечной мерзлоте. Но они, кроме того, могут быть полезны для определения объема работ и планирования тушения лесных пожаров, в том числе с использованием ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.— М.: Наука, 1976.— 280 с. [2].

Амосов Г. А. Некоторые закономерности развития лесных пожаров // Возникновение лесных пожаров.—М.: Наука, 1964.—С. 167—183. [3]. Вонский С. М. Интенсивность огня лесных низовых пожаров и ее практическое значение.—Л.: ЛенНИИЛХ, 1957.—53 с. [4]. Доррер Г. А. Математические модели динамики лесных пожаров.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—160 с. [5]. Коровин Г. Н. Методика расчета некоторых параметров низовых лесных пожаров // Сб. науч.-исслед. работ по лесн. хоз-ву.—М.: Гослесбумиздат, 1969.—Вып. 12.—С. 244—262. [6]. Курбатский Н. П., Иванова Г. А. Пожароопасность сосняков лесостепи и пути ее снижения.—Красноярск: ИЛД СО АН СССР, 1987.—113 с. [7]. Софронов М. А. Лесные пожары в горах Южной Сибири.—М.: Наука, 1967.—147 с.

Поступила 11 марта 1990 г.

УДК 581.132

РЕАКЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ В АТМОСФЕРЕ

А. В. ВЕРЕТЕННИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Усиление парникового эффекта — не отдаленное будущее, а реальность настоящего времени. Потепление климата наблюдается уже сейчас. По прогнозам физиков моря и атмосферы, к 2000 г. средняя температура повысится на 0,9...1,3, а к 2025 г.— на 1,8...2,5 °С. Это вызовет таяние вечных льдов и снегов, исчезновение вечной мерзлоты и повышение уровня мирового океана к концу следующего столетия на 65 см. Прогнозируется резкое уменьшение осадков в тропическом поясе Земли и увеличение в северном полушарии, в том числе во всей зоне бореальных лесов. Все это в сочетании с другими факторами приведет к сильнейшему экологическому кризису на нашей планете. Поэтому весьма важно оценить возможную роль лесных экосистем в предотвращении скорого и резкого усиления парникового эффекта.

Известно, что из всех парниковых газов наибольший вклад в повышение температуры на планете вносит углекислота (около 45 %), затем метан (23 %), фреоны (19 %) и закись азота (3 %). Впервые увеличение содержания CO_2 в атмосфере было отмечено в конце XVIII столетия в связи с чрезмерной рубкой леса, резко снизившей утилизацию углекислоты на фотосинтез, в дальнейшем оно возрастало в результате сжигания ископаемого топлива. По прогнозам к 2000 г. содержание углекислоты достигнет 0,038...0,040, а к 2025 г.—0,053...0,070 %. Эти прогнозы в значительной мере оправдываются уже в наши дни.

Из физиологии растений известно, что оптимальное для фотосинтеза содержание CO_2 почти на порядок выше существующего. Повышение концентрации этого газа вдвое приводит к увеличению интенсивности фотосинтеза в 2 с лишним раза. В связи с этим находят широкое применение углекислотные подкормки в закрытом грунте, в том числе при выращивании посадочного материала древесных растений.

Вместе с тем в природе создается парадоксальная ситуация: содержание CO_2 в атмосфере неуклонно повышается, а растения, в том числе древесные, эту дополнительную промышленную углекислоту не утилизируют и, по-существу, голодают. Объяснений данному феномену может быть несколько.

Во-первых, зависимость фотосинтеза растений от содержания углекислоты изучали в теплицах, лабораториях, фитотронах на фоне, как правило, оптимального сочетания других необходимых для жизни рас-

тений факторов: света, тепла, воды, минеральных элементов и т. д. В естественных условиях даже при оптимальной температуре останутся и, очевидно, расширятся территории суши с недостатком воды и минеральных элементов, затоплением и засолением. Кроме того, на значительных пространствах Земли усилится губительное действие на леса различных промышленных токсикантов, кислотных осадков [2]. Вред от них еще более усилится с повышением температуры в связи с парниковым эффектом. На этом мозаичном фоне внешних факторов влияние углекислоты на фотосинтез и продуктивность лесных экосистем будет наименьшим. С определенной долей уверенности можно сказать, что леса не окажут сколько-нибудь сильного влияния на снижение содержания CO_2 в атмосфере и не смогут существенно ослабить парниковый эффект или задержать его резкий подъем.

Во-вторых, нельзя не учитывать фактор времени. Для получения углекислотных кривых фотосинтеза его интенсивность изучают при различном содержании углекислоты в атмосфере обычно в течение 30...20, а при использовании радиометрического метода даже 10 мин. В природных условиях древесные растения находятся в среде с повышенным содержанием углекислоты десятки и сотни лет. В конце 70-х гг. в опытах на растениях огурца было показано [4], что по мере увеличения времени пребывания растений в условиях с повышенным содержанием CO_2 ее положительное влияние на интенсивность фотосинтеза резко снижается и переходит в отрицательное. При содержании углекислоты 1200 р.р.м. фотосинтез был выше контроля только в первые 10 дн., при 2400 р.р.м.— в течение 5 дн., после чего опускался значительно ниже контрольного. Позже такая зависимость была обнаружена у многих других сельскохозяйственных растений. При этом у ряда культур после 7...13 нед пребывания в атмосфере с повышенным содержанием CO_2 снижалась не только интенсивность фотосинтеза, но и сухая масса растений.

Появляется подобная информация и для древесных растений. Л. Джеймс с соавторами [6] показали, что у сеянцев сосны желтой проявились признаки угнетения уже через год, а у некоторых даже через полгода пребывания в атмосфере с удвоенной концентрацией CO_2 : была обнаружена пятнистость хвои, которая быстро старела и опадала. Было выявлено довольно резкое снижение содержания в хвое хлорофиллов «а» и «б», каротиноидов. Пребывание сеянцев кедра атласского и сосны черной калаборийской в течение года при таком же уровне углекислоты не приводило к повышению интенсивности фотосинтеза, но вызывало увеличение прироста в высоту и по диаметру на 20 и 10 % соответственно [7]. При увеличении вдвое содержания CO_2 в воздухе у саженцев тополя евроамериканского уже через 2 нед снизилась интенсивность фотосинтеза в 2 раза, но несколько увеличился размер листовой пластинки [5].

С точки зрения физиологии растений это можно объяснить следующим образом. При повышении содержания углекислоты вокруг растений происходит «затоваривание» ею клеток мезофилла, в том числе хлоропластов, замедляется регенерация рибулозодифосфата — основного акцептора углекислоты у C_3 -растений, снижается активность карбоксилазы рибулозодифосфата, уменьшается размер зияния устьиц и т. д. Некоторое усиление ростовых процессов может быть связано с косвенным влиянием повышенных концентраций CO_2 , проявлением «кислого» роста.

На фотосинтез может использоваться внутренняя углекислота, которая в стволе и ветвях составляет до 18 [3] и даже 26 % [8]. Кроме того, листья древесных растений могут использовать и почвенную углекислоту, поступающую вместе с ксилемным соком. Наши исследова-

ния показали, что доля почвенной CO₂ в продуцировании органического вещества в сосняках-черничниках влажных может достигать 8...10, в ельниках-черничниках влажных — 18...26 % [1]. Следовательно, в природе растения не испытывают, по-видимому, такого большого голода в отношении углекислоты, как представлялось ранее. Очевидно также, что повышенное содержание CO₂ в атмосфере будет усиливать «дефицит» других внешних факторов, необходимых для жизни древесных растений. Так, мангры, произрастающие по побережьям тропических морей и океанов, относятся к C₄ типу фотосинтеза и практически почти совершенно не реагируют на углекислотные подкормки в связи с наличием внутреннего депо CO₂ в органических кислотах и аминокислотах.

Изложенное пока не позволяет сделать вывод о том, что лесные экосистемы способны ослабить парниковый эффект или сделать его усиление более постепенным. Нужны длительные опыты по влиянию повышенного содержания углекислоты в атмосфере на фотосинтез и рост древесных растений и лесных экосистем непосредственно в природной обстановке, по совместному воздействию этого фактора среды с температурным, солевым, кислородным и водным стрессами, промышленными загрязнениями и т. д. Кроме национальных, необходимы и международные программы для изучения этого важного в глобальном масштабе феномена, в частности по линии ИЮФРО. Полученный экспериментальный материал послужит надежной основой долгосрочных прогнозов и моделей изменения климата и поведения лесных экосистем различных регионов мира в условиях парникового эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веретенников А. В. Темновая фиксация углекислоты древесными растениями и ее возможная роль в лесах с временным избытком влаги в почве // Лесная геоботаника и биология древесных растений.— Брянск, 1975.— Вып. 3.— С. 31—36. [2]. Мелехов И. С. Кислотные осадки // Лесн. журн.— 1989.— № 6.— С. 125—127.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Яценко-Хмелевский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954.— 338 с. [4]. Aoki M., Yabuki K. Studies on the carbon dioxide enrichment for plant growth. VII. Changes in dry matter production and photosynthetic rate of cucumber during carbon dioxide enrichment // Agr. Meteorol.— 1977.— N 18.— P. 475—485. [5]. Gaudilliere J.-P., Mousseau M. Short term effect of CO₂ enrichment of young poplar (*Populus euramericana*) // Acta Oecol. Plant.— 1989.— Vol. 10, N 1.— P. 95—105. [6]. James L. et al. Chlorophyll and carotenoid concentrations in two varieties of *Pinus ponderosa* seedlings subjected to long-term elevated carbon dioxide // Tree physiology.— 1988.— N 4.— P. 187—193. [7]. Kaushal P., Guehl J. M., Aussenac G. Differential growth response to atmospheric carbon dioxide enrichment in seedlings of *Cedrus atlantica* and *Pinus nigra* ssp. *Laricio* var. *Corsicana* // Can. J. Forestres.— 1989.— Vol. 19. N 11.— P. 1351—1358. [8]. Mac Dougal D. T., Working E. B. The pneumatic systems of plants, especially trees // Wash.: Carnegie Inst., 1933.— Publ. 441.— 87 p.

Поступила 5 ноября 1990 г.

УДК 631.879.25 : 630*232.322.41

О ВЛИЯНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ШЛАМА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Н. М. МАТВЕЕВ, Н. В. ПРОХОРОВА, Л. М. КАВЕЛЕНОВА,
В. Г. ТЕРЕНТЬЕВ

Самарский государственный университет

Минеральный шлак металлообрабатывающего производства является сильно обводненной тонкодисперсной смесью гидроксидов алюми-

ния, хрома, никеля, железа, кальция, магния, меди, цинка и др. В больших концентрациях эти элементы токсичны [4, 5]. В то же время металлы, входящие в состав шлама, представляют собой микроэлементы, необходимые для нормального протекания процессов жизнедеятельности растений [1].

Изучение шлама как возможного фактора химической природы, влияющего на растительный организм, может быть реализовано в двух взаимосвязанных направлениях. Первое из них предполагает оценку токсичного воздействия шлама как загрязнителя окружающей среды на растения; второе призвано решить вопрос о перспективах использования шлама в качестве источника микроэлементов для растений.

Цель нашей работы — изучить толерантность растений к минеральному шламу металлообрабатывающего производства и определить возможность его использования в качестве удобрения при выращивании растений в лесных питомниках.

Экспериментальные исследования мы проводили в 1983—1985 гг. в питомниках Красносамарского лесничества Самарской области (степное Заволжье) в составе комплексной биогеоэкологической экспедиции Самарского университета. Однолетние сеянцы ясеня зеленого выращивали на аллювиальной луговой насыщенной слабосолонцеватой малогумусной суглинистой почве на аллювиальных суглинистых отложениях в пойме р. Самары, а одно- и трехлетние сеянцы сосны обыкновенной — на черноземе неполноразвитом малогумусном глубоковскипающем песчаном на кварцевом песке на ареале р. Самары. Почвы отличались низким плодородием. К моменту проведения опытов удобрения не вносили.

Сеянцы ясеня и сосны располагали трех- и пятирядными грядами шириной 1 м. В опытном и контрольном вариантах было по две гряды длиной 10 м с сеянцами, одинаковыми по высоте, жизненному состоянию и степени развития. Шламы вносили в виде сухого порошка или водной суспензии в верхний слой почвы над корневой системой сеянцев в следующих дозах: для ясеня — 2, 6, 20 и 40 г/м², для сосны — 1, 10 и 30 г/м². Опытные растения периодически равномерно поливали водой.

Замеры (у 25 растений из каждого варианта) и отбор растительного материала для лабораторных исследований производили через 2 нед после внесения шлама и повторно через каждые 2-3 нед в течение всего вегетационного периода.

Анатомические исследования проводили по методике З. П. Паушевой [2] и Г. Г. Фурст [3]. Растительный материал (не менее чем с 10 растений) обрабатывали фиксатором Карнуа, заливали в парафин, готовили микротомные срезы, окрашивали генциановым фиолетовым и просматривали под микроскопом (20 препаратов из каждого варианта). Измерения производили с помощью окуляр-микрометра.

Накопление сухого вещества, золы, содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла «а», хлорофилла «в» и каротиноидов) устанавливали по общепринятым в физиологии растений методикам (по средней пробе).

Повторность всех опытов, замеров и определений не менее трехкратной. Цифровые данные обрабатывали методом математической статистики. Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента.

В результате исследований установлено, что высокие дозы шлама (20 и 40 г/м²) к концу вегетационного периода достоверно ингибировали линейный рост надземных побегов сеянцев ясеня, малые (2 и 6 г/м²) не вызывали такого эффекта (табл. 1).

У сеянцев ясеня первые пары листьев по форме простые, а в середине второго вегетационного периода появляются настоящие непарноперистосложные листья, что свидетельствует о вступлении сеянцев в новую фазу развития. При сравнении разных вариантов опыта мы обнаружили, что в начале второго вегетационного периода в вариантах с малыми дозами шлама в почве (2 и 6 г/м²) преобладали растения с тремя парами простых листьев, а в контроле и в вариантах с большими дозами число растений с двумя и тремя парами простых листьев было примерно равным. В конце вегетационного периода во всех вариантах опыта общее число пар листьев у сеянцев было одинаковым, но вместе с тем достоверно увеличилось число пар сложных листьев в вариантах с дозами шлама 6, 20 и 40 г/м² (табл. 1). Это указывает на более раннее по сравнению с контролем вступление опытных растений в следующую фазу развития.

Таблица 1

Вариант опыта	Длина стебля, мм	Сухое вещество, %	Зола, %	Число пар листьев	
				общее	сложных
Ясень					
Шлам, г/м ² :					
2	290,6 ± 10,1	30,04 ± 0,14	6,25 ± 0,17	8,8 ± 0,2	2,2 ± 0,30
6	296,6 ± 15,2	30,26 ± 0,42	5,90 ± 0,09	9,6 ± 0,3	2,9 ± 0,20
20	273,1 ± 14,9	30,84 ± 0,34	6,35 ± 0,15	9,6 ± 0,2	3,0 ± 0,20
40	262,0 ± 11,8	31,24 ± 0,41	5,60 ± 0,21	9,7 ± 0,3	3,1 ± 0,15
Контроль	316,0 ± 17,3	30,40 ± 0,12	5,70 ± 0,11	9,9 ± 0,2	2,5 ± 0,20
Сосна					
Шлам, г/м ² :					
1	65,1 ± 1,9 607,1 ± 9,0	33,48 ± 0,46 32,08 ± 0,70	— 5,97 ± 0,15	—	—
10	70,2 ± 1,7 663,6 ± 9,8	31,37 ± 0,68 29,65 ± 0,76	— 5,96 ± 0,09	—	—
30	70,2 ± 1,8 627,1 ± 9,6	28,66 ± 0,90 31,23 ± 0,33	— 5,66 ± 0,08	—	—
Контроль	65,2 ± 1,1 628,2 ± 9,8	30,04 ± 0,59 31,60 ± 0,40	— 6,00 ± 0,12	—	—

Примечание. Здесь и далее в числителе — данные для однолетних сеянцев сосны; в знаменателе — для трехлетних.

В опытных вариантах доля коры в стеблях сеянцев ясеня достоверно уменьшалась, центрального цилиндра — увеличивалась в результате ускорения роста проводящей системы и снижения доли сердцевин (табл. 2).

Таблица 2

Вариант опыта	Сердцевина	Проводящая система	Центральный цилиндр	Кора	Эпидермис*
	%				
Ясень					
Шлам, г/м ² :					
2	21,7 ± 1,18	52,4 ± 1,01	74,1 ± 0,62	20,4 ± 0,49	5,5 ± 0,15
6	18,9 ± 0,79	56,5 ± 0,84	75,4 ± 1,06	20,2 ± 1,04	4,4 ± 0,12
20	18,0 ± 0,71	56,9 ± 0,90	74,9 ± 0,70	19,9 ± 0,79	5,2 ± 0,24
40	16,2 ± 0,83	59,3 ± 0,96	75,5 ± 0,41	21,3 ± 0,27	3,2 ± 0,09
Контроль	21,3 ± 0,54	48,4 ± 0,79	69,7 ± 0,45	25,8 ± 0,44	4,5 ± 0,15
Сосна					
Шлам, г/м ² :					
1	10,0 ± 0,43 36,5 ± 1,25	67,2 ± 0,72 42,8 ± 0,92	77,2 ± 0,99 79,3 ± 0,61	22,8 ± 0,63 13,8 ± 0,37	— 6,9 ± 0,29
10	11,7 ± 1,02 36,7 ± 1,17	62,9 ± 0,51 42,1 ± 0,22	74,6 ± 0,82 78,8 ± 0,49	25,4 ± 0,64 14,1 ± 0,49	— 7,1 ± 0,16
30	— 39,4 ± 0,45	— 37,4 ± 0,15	— 76,8 ± 0,45	— 15,9 ± 0,44	— 7,3 ± 0,21
Контроль	11,1 ± 0,36 34,6 ± 0,48	64,5 ± 0,48 43,7 ± 0,24	75,6 ± 0,72 78,3 ± 0,26	24,4 ± 0,72 13,8 ± 0,21	— 7,9 ± 0,16

* Для трехлетних сеянцев сосны — перидерма.

Таким образом, шлам, вносимый в почву, ингибирует осевой рост стеблей, а пластический материал расходуется на ускоренное развитие настоящих листьев и проводящей системы. В условиях резко засушливого климата степного Заволжья это может иметь большое положительное значение, так как повышается устойчивость семян древесных пород к засухам и другим неблагоприятным факторам.

Изучение динамики накопления фитомассы (сухого вещества) и зольных элементов в листьях семян ясеня показало, что в начале и середине вегетационного периода эти показатели в опытных вариантах достоверно превышали контрольные, но к концу вегетации достигали уровня контроля. К этому моменту в вариантах с внесением шлама сохранялась некоторая тенденция к увеличению содержания зольных элементов (см. табл. 1). По-видимому, избыточные для растений количества тяжелых металлов в шлеме обезвреживаются, связываясь в клетках органическими кислотами и другими органическими соединениями [5].

Содержание хлорофилла «а» и каротиноидов в листьях семян ясеня под влиянием шлама не изменилось, но во всех опытных вариантах отмечено достоверное увеличение содержания хлорофилла «в» (табл. 3).

Таблица 3

Вариант опыта	Содержание пигментов, мг/г		
	Хлорофилл «а»	Хлорофилл «в»	Каротиноиды
Ясень			
Шлам, г/м ² :			
2	2,976 ± 0,050	3,659 ± 0,130	0,893 ± 0,053
6	2,264 ± 0,040	3,317 ± 0,105	1,080 ± 0,012
20	2,513 ± 0,011	3,341 ± 0,230	0,863 ± 0,064
40	2,164 ± 0,084	2,760 ± 0,078	0,779 ± 0,004
Контроль	2,336 ± 0,035	2,695 ± 0,038	0,876 ± 0,039
Сосна, 3 года			
Шлам, г/м ² :			
1	0,051 ± 0,008	0,110 ± 0,014	0,523 ± 0,051
10	0,077 ± 0,017	0,163 ± 0,025	0,606 ± 0,073
30	0,306 ± 0,013	0,719 ± 0,088	0,408 ± 0,058
Контроль	0,414 ± 0,050	1,055 ± 0,068	0,355 ± 0,028

Изменения как абсолютного содержания основных фотосинтетических пигментов, так и их соотношения являются важными показателями жизнедеятельности растений, свидетельствуют о возникновении адаптивных реакций на различные воздействия, в том числе на минеральный фон.

Анализ показал, что осевой рост стебля однолетних семян сосны обыкновенной достоверно увеличивался при внесении шлама в дозе 10 и 30 г/м², трехлетних — 10 г/м² (см. табл. 1). У однолетних семян соотношение основных тканей стебля постоянно, у трехлетних только при наибольшей дозе шлама снижалась доля проводящих тканей и возрастала доля паренхимы сердцевины в центральном проводящем цилиндре (см. табл. 2).

Фитомасса (сухое вещество) и содержание зольных элементов в хвое под воздействием шлама изменялись незначительно. У трехлетних семян сосны происходили значительные и достоверные изменения в содержании фотосинтетических пигментов. При всех испытанных дозах шлама наблюдалось достоверное уменьшение хлорофиллов «а» и «в» и увеличение содержания каротиноидов (табл. 3).

Таким образом, адаптационные изменения в росте, развитии и метаболизме у сеянцев ясеня и сосны неодинаковы, но в целом шлам оказывал положительное воздействие.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что минеральный шлам металлообрабатывающего производства может быть использован в небольших дозах в качестве подкормок древесных растений микроэлементами в лесопитомниках, в особенности на бедных по плодородию почвогрунтах, а также в молодых лесокультурах на эродированных и нарушенных почвах. Однако дозы и способы внесения шламов в каждом конкретном случае, в том числе в сочетании с другими удобрениями, нуждаются в дополнительном изучении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Власюк П. А., Климовицкая З. М. Функции органоидов клетки растений в связи с содержанием в них микроэлементов // Физиологические основы питания растений.—Киев: Наук. думка, 1971.—С. 5—45. [2]. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений.—М.: Колос, 1980.—304 с. [3]. Фурст Г. Г. Методы анатомо-гистологического исследования растительных тканей.—М.: Наука, 1979.—155 с. [4]. Школьник М. Я. Значение микроэлементов в жизни растений и земледелии.—М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950.—512 с. [5]. Foy C. D. The physiology of plantadaptation to mineral stress // Iowa state Journal of research.—1983.—Vol. 57.—№ 4.—Р. 355—391.

Поступила 21 февраля 1990 г.

УДК 630*5 : 630*114.351

ВЗАИМОСВЯЗИ ЗАПАСА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ С ТАКСАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ДУБОВЫХ НИЗКОСТВОЛЬНИКОВ

С. В. КАБАНОВ

Саратовский сельскохозяйственный институт

Водорегулирующие свойства лесов Саратовской области исследованиями недостаточно. До сих пор нет общепринятых методических положений по их оценке. В качестве интегрального показателя мелиоративной оценки лесных насаждений могут быть использованы свойства лесных подстилок.

Лесная подстилка является одним из основных факторов, влияющих на водорегулирующие и противозерозионные свойства насаждений. Данные многочисленных исследований ([3, 5, 8] и др.) показывают, что после удаления подстилки мелиоративная способность леса почти полностью теряется: сток увеличивается в 1,5—2 раза, смыв в 3—6 раз. Кроме того, свойства лесной подстилки, как и водорегулирующие свойства леса, находятся в тесной зависимости от экологических условий и структуры фитоценозов. Поэтому мощность, запас и влагоемкость лесной подстилки используют в качестве мелиоративной оценки лесных насаждений.

Исследования формирования лесных подстилок очень сложны, так как на эти процессы влияет большое число факторов. Исследования лесных подстилок в нашей стране и за рубежом были посвящены в основном выяснению таких вопросов, как запасы подстилок на единице площади леса, скорость разложения органического вещества лесных подстилок, энергетический баланс, гидрологические и почвозащитные свойства подстилок и др. Но эти исследования проведены на традиционных пробных площадях и поэтому не охватывают всего разнообразия лесных насаждений. В научном и практическом плане важно устано-

Таблица 1

Но- мер вы- де- ля	Состав древостоя	Воз- раст, лет	Полнота	Запас, м³	Высота дуба, м	Характеристика подстилки		Число на- блю- де- ний
						Моц- ность, см	Масса на 1 га, т	
1	3Д5Ос2Б	26	0,80	110,1	12,6	—	9,5	9
2	9Д1Б	26	0,64	49,1	9,1	—	5,0	9
3	6Д4Б	26	0,66	54,6	8,7	—	7,1	9
4	9Д1Кл	34	0,64	81,5	11,8	2,0	12,5	8
5	6Д1Кл3Лп	44	0,84	120,2	14,0	1,3	12,3	9
6	5Д5Лп	44	0,92	136,1	12,9	1,5	12,3	9
7	4Д6Лп	50	0,80	136,6	14,7	1,3	12,4	9
8	7Д2Лп1Кл	72	0,80	202,0	18,1	—	14,5	9
9	9Д1Кл	66	0,83	187,7	16,6	1,0	6,0	9
10	1Д1Кл6Лп2Б	65	0,92	226,8	18,0	1,3	12,3	9
11	1Д1Кл3Б5Лп	65	1,09	271,7	16,9	0,9	12,1	9
12	6Д3Ос1Кл	7	0,75	18,8	2,7	—	9,9	5
13	4Д5Ос1Б	7	0,85	18,3	2,6	—	4,8	5
14	4Д2Ос3Кл1Б	12	0,93	55,1	6,2	—	8,0	5
15	4Д2Ос1Кл1Лп2Б	12	1,22	71,2	6,2	—	12,6	5
16	9Д1Кл	42	0,94	113,0	11,0	—	14,3	9
17	9Д1Кл	44	0,77	102,0	11,5	—	19,2	9
18	7Д2Лп1Кл	44	0,82	88,2	11,5	0,8	9,4	9
19	7Д2Лп1Б	44	0,84	95,8	12,3	1,2	9,9	9
20	5Д4Лп1Кл	45	0,72	101,9	11,5	0,9	8,9	12
21	8Д2Лп	49	0,65	95,4	12,9	—	13,9	9
22	4Д3Лп3Б	54	0,89	126,1	14,7	—	11,6	9
23	4Д5Лп1Ос	59	0,82	149,4	13,2	—	10,9	9
24	6Д2Лп2Кл	63	0,85	162,0	14,7	—	13,6	9
25	5Д4Лп1Кл	64	0,84	168,0	16,0	1,1	10,6	7
26	9Д1Кл	64	0,91	161,7	14,2	—	19,7	9
27	7Д1Лп2Б	68	0,70	136,7	15,3	1,3	11,9	11
28	5Д4Лп1Кл	75	0,80	158,8	16,0	—	11,0	9
29	8Д2Лп	79	0,78	171,0	17,6	2,2	17,2	9
30	8Д1Лп1Кл	80	0,80	119,8	13,1	1,5	11,3	7
31	8Д2Лп	70	1,01	160,9	13,6	1,1	7,4	9
32	10Д	70	1,13	191,6	14,0	0,9	6,4	5
33	8Д1Кл1Лп	85	0,99	192,2	17,0	1,4	8,4	8
34	10Д	70	0,76	157,1	15,9	1,3	8,7	9
35	1Д1Кл4Б4Лп	65	1,10	223,3	14,8	1,1	11,3	9
36	3Д4Лп1Кл2Б	65	0,93	163,9	13,8	1,4	3,9	9
37	8Д1Лп1Кл	70	1,14	197,9	14,6	1,2	12,6	8
38	10Д	50	0,93	151,8	13,5	2,5	1,1	9
39	4Д5Лп1Кл	61	1,05	208,4	14,8	0,7	4,8	9
40	6Д4Лп	60	0,84	164,3	14,4	1,5	3,2	9
41	9Д1Лп	43	1,00	116,5	12,0	1,7	12,1	9
42	10Д	65	0,50	100,0	13,6	—	4,1	8
43	10Д	70	0,65	135,0	14,3	—	4,3	8
44	8Д2Лп	55	0,78	88,4	10,5	—	9,7	9
45	7Д2Кл1Лп	63	0,67	100,3	12,4	—	11,5	9
46	9Д1Лп	74	0,50	76,0	13,2	—	16,2	9
47	10Д	45	0,65	47,8	7,7	1,6	9,1	5
48	9Д1Кл	80	1,19	196,2	13,9	2,0	14,6	7
49	10Д	65	0,54	34,9	7,0	—	2,9	5
50	10Д	60	0,93	102,0	11,7	1,0	9,0	5
51	10Д	55	0,70	91,4	11,5	1,0	9,1	5
52	6Д4Лп	55	0,83	98,0	10,5	1,8	11,2	1
53	10Д	55	0,93	98,6	10,0	0,8	7,3	9
54	10Д	45	0,69	57,7	8,7	1,1	7,5	5
55	10Д	60	0,50	77,0	11,7	—	3,7	7
56	10Д	60	0,60	92,4	11,8	—	4,0	7
57	10Д	60	0,70	107,8	10,2	—	4,9	8
58	10Д	65	0,65	113,0	11,7	—	13,9	7
59	9Д1Кл	47	0,83	125,0	12,3	—	12,1	9
60	9Д1Лп	43	1,10	117,0	12,0	—	8,3	9

вить количественные связи свойств подстилок с таксационными показателями древостоев. Работ по установлению таких взаимосвязей значительно меньше [1], а для порослевых дубрав юго-востока европейской части РСФСР они нам вообще неизвестны.

Объектом нашего изучения стали дубовые низкоствольные насаждения, самые распространенные в лесах Саратовской области и имеющие наибольшее хозяйственное значение. Методика предусматривала проведение выборочной измерительной таксации с применением систематической равномерной выборки для получения таксационной характеристики насаждений. Количество реласкопических площадок на выделе обеспечивало определение суммы площадей сечений с точностью 5 % (вероятность 0,68), запаса — 6,1...8 %. При изучении толщины подстилок использована методика А. С. Скородумова [7], запаса — В. С. Шумакова [4]. Массу подстилки учитывали на площадках размером 25 × 25 см, которые закладывали в центре всех круговых реласкопических площадок. Подстилку собирали и высушивали при температуре 105 °С в течение 5 ч и затем взвешивали с точностью 0,1 г.

Колебания запасов лесной подстилки в течение года очень велики, поэтому образцы брали в конце вегетационного периода, когда наблюдалась относительная стабилизация ее массы [2, 6].

Исследования проведены в чистых и смешанных дубовых низкоствольниках четырех лесхозов Саратовской области: Петровском, Усовском, Балтайском и Вязовском. Получены данные для 60 насаждений разного состава, структуры и производительности, в которых взято 489 образцов лесных подстилок. Таксационная характеристика насаждений представлена в табл. 1.

На пробной площади, а тем более на площади выдела подстилка распределяется крайне неравномерно. В наших опытах варьирование ее запаса на выделе достигало 48 %. Подбор небольших, более однородных выделов приводит к снижению коэффициента вариации до 30 % и 10 %-й точности определения запаса подстилки.

В низкоствольных дубравах Саратовской области запасы подстилки на 1 га варьируют в широких пределах: от 3...4 до 17...19 т. На основании данных предыдущих исследований была принята рабочая гипотеза, согласно которой запас подстилки зависит от целого комплекса факторов, в том числе лесоводственно-таксационных показателей насаждений. Чтобы уточнить влияние различных факторов, мы провели на ЭВМ ЕС-1060 множественный регрессионный анализ. Исследовали тесноту линейной связи запаса подстилки с различными таксационными показателями насаждений. Парные коэффициенты корреляции приведены в табл. 2. Почти все они значимы на 1%-м уровне. Исключение составляет коэффициент корреляции запаса подстилки с возрастом насаждений, указывающий на отсутствие линейной связи между показателями. Это в целом соответствует особенностям динамики лесной подстилки в лиственных насаждениях, в которых период интенсивного увеличения запаса подстилки заканчивается к 8...10 годам и переходит в очень растянутый период стабилизации ее массы [2, 6].

Таблица 2

Показатели	Коэффициент корреляции
Возраст, лет	-0,0167
Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	0,4439
Относительная полнота	0,4740
Запас древостоя на 1 га, м ³	0,3552
Участие в составе, %:	
дуба	-0,3007
клена	0,5355
Высота дуба, м	0,3734
Сомкнутость полога	0,5971

Связь между запасом подстилки и участием дуба в составе древостоя оказалась слабой и обратной. Из практики известно, что наибольшие запасы подстилки наблюдаются в насаждениях с преобладанием дуба черешчатого. Это связано с медленной ее минерализацией из-за содержащихся в листьях таннидов. Однако абсолютно чистые дубравы Саратовской области — это, как правило, простые одноярусные насаждения с невысокой сомкнутостью крон. Кроме того, значительный раз-

нотравно-злаковый травянистый покров таких дубрав способствует более быстрому разложению всей подстилки.

Присутствие березы, клена и липы в составе также ускоряет разложение подстилки, но их участие ведет к повышению общей сомкнутости полога. Умеренной оказалась связь запаса подстилки с абсолютной и относительной полнотой насаждения, несколько меньше — с высотой дуба и запасом на 1 га. Наиболее тесная корреляционная связь запаса подстилки в дубравах наблюдается с сомкнутостью полога и долей клена остролистного, присутствие которого повышает сомкнутость.

Максимальные запасы подстилки отмечены нами в насаждениях, где в первом ярусе преобладает дуб черешчатый, во втором — клен остролистный. Такие дубравы отличаются высокой сомкнутостью, как правило, мертвопокровные или с очень слабым развитием травяного покрова; лесная подстилка мощная и рыхлая с запасом на 1 га до 17...19 т.

Отбор существенно влияющих факторов проводили на 5 %-м уровне значимости. В табл. 3 приведена характеристика лучших из выведенных уравнений.

Таблица 3

Вид уравнения	Коэффициент множественной корреляции	Сумма квадратов остатков	Критерий F	Относительная ошибка уравнения, %
$M = 8,59 T^{0,78}$ (1)	0,705	1,960	30,71	10,8
$M = 9,57 C^{0,71}$ (2)	0,597	2,511	17,17	12,3
$M = 10,87 C^{0,21} K^{0,09}$ (3)	0,636	2,323	10,19	11,9
$M = 10,07 G^{0,71}$ (4)	0,444	9,098	12,27	19,4

Примечание. G — сумма площадей сечений на 1 га, м².

Анализ этих уравнений показывает, что для прогнозных расчетов приемлемо уравнение связи запаса подстилки (M) с сомкнутостью (C) и долей участия в составе клена (K). Ограничения этого уравнения: $0,35 \leq C \leq 0,90$; $30 \% \leq K \leq 5 \%$. Ввод в уравнение (2) дополнительных аргументов не приводит к какому-либо значительному увеличению коэффициента множественной корреляции и уменьшению ошибки уравнения.

Запасы подстилок тесно коррелируют с их мощностью (T): коэффициент корреляции равен 0,71 при уровне значимости 0,99. Эта связь может быть описана уравнением (1).

Результаты исследований позволяют сделать заключение о необходимости выращивания в условиях Саратовской области сомкнутых двухъярусных дубрав с примесью клена до 2 единиц в целях повышения не только общей продуктивности, но и водорегулирующей роли насаждений.

Полученные уравнения связи запасов лесной подстилки с составом и сомкнутостью могут быть использованы при расчетах поступления воды во внутрпочвенный и грунтовый сток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Власюк А. Б. Водозащитная и водоохранная роль лесов // Лесн. хоз-во.—1988.—№ 5.—С. 56—57. [2]. Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы.—М.: Лесн. пром-сть, 1981.—264 с. [3]. Калининченко Н. П., Зыков И. Г. Противозерозийная лесомелнорация.—М.: Агропромиздат, 1986.—277 с. [4]. Методические рекомендации по определению запасов лесной подстилки и ее зольности при лесоводственных исследованиях / В. С. Шумаков, Е. Л. Федорова.—Пушкино, 1976.—37 с. [5]. Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов.—М.:

Лесн. пром-сть, 1979.—176 с. [6]. Смольянинов И. И. Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов.—М.: Лесн. пром-сть, 1969.—192 с. [7]. Скородумов А. С. Определение толщины лесной подстилки // Лесн. хоз-во.—1939.—№ 2.—С. 41—47. [8]. Харитонов Г. А. Водорегулирующая и противоэрозийная роль леса в условиях лесостепей.—М.: Гослесбумиздат, 1963.—256 с.

Поступила 17 июля 1989 г

УДК 630*970

ПАТОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ДРЕВОСТОЯХ

А. В. ЛЕБЕДЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изучение влияния рекреации на лесные биогеоценозы и роли лесопатологических факторов в лесах зеленых зон городов входит в ряд актуальных задач лесной науки и имеет важное практическое значение [1, 11, 12]. Необходимость решения поставленной задачи очевидна и для ельников Европейского Севера, которые нередко существенно страдают от патологических и сопутствующих им воздействий [2, 3, 9, 10]. Данная работа является продолжением исследований патологии и устойчивости рекреационных ельников северной подзоны тайги, выполненных нами в 1984—1989 гг. [5—7].

Исследования проводили на территории Архангельского, Усть-Двинского, Новодвинского лесничеств Архангельского лесхоза в спелых среднеполнотных низкобонитетных ельниках черничных на 18 безразмерных пробных площадях. Пробы закладывали в наиболее типичных участках леса в соответствии с их посещаемостью и степенью рекреационной нагрузки (незначительная, умеренная, повышенная). Зоны посещаемости выделяли на основании подсчета одновременно отдыхающих в выходные дни. Степень рекреационной нагрузки устанавливали по совокупности объективных показателей [4], числовые характеристики которых приведены в нашей работе [8]. На каждой пробной площадке выполняли сплошной пересчет 100 деревьев ели по 4-сантиметровым ступеням толщины. Для каждого дерева отмечали категорию состояния по шкале, распространенной в лесозащите: здоровые — без признаков ослабления, повреждений и заболеваний; ослабленные — с ажурной кроной, укороченным приростом побегов и поврежденные в слабой или средней степени; больные — сильно ослабленные, сильно травмированные и с признаками грибных заболеваний; мертвые — усохшие в текущем году или в прошлые годы. Одновременно тщательно осматривали каждый экземпляр ели, устанавливали и фиксировали причины ослабления, повреждения и гибели деревьев, выявляли и регистрировали видовой состав вредителей и болезней. Зараженность корневой губкой диагностировали по утолщению комлевой части ствола и кернам, взятым возрастным буравам. Поражение еловой губкой констатировали по наличию плодовых тел гриба, «табачных сучьев» и черных смоляных наплывов у оснований отмерших ветвей. Видовой состав возбудителей других грибных заболеваний устанавливали по плодовым телам грибов, характерным признакам гнилей и их местоположению. Видовую принадлежность стволовых вредителей определяли по фазам развития насекомых и нанесенным ими повреждениям деревьев. Кроме того, на пробных площадях и вблизи них анализировали свежеселенные ветровальные и буреломные деревья в целях выявления возбудителей гнилевых болезней и насекомых-ксилофагов, способных повреждать ослабленные и отмирающие растения. Все данные занесли в специальную ведомость лесопатологического обследования древостоя, а затем подвергли камеральной обработке и анализу.

Распределение деревьев ели по ступеням толщины и категориям состояния в зависимости от степени рекреационной нагрузки приведено в табл. 1. Данные по зоне умеренной рекреационной нагрузки занимают промежуточное положение между соответствующими данными для зон незначительной и повышенной посещаемости, поэтому в таблице не приводятся.

Анализ результатов показывает, что во всех зонах рекреации преобладают деревья средней крупности, как здоровые, так и ослабленные. В зоне незначительной рекреационной нагрузки явно доминируют

Таблица 1

Категория крупности деревьев	Процент деревьев в зависимости от рекреационной нагрузки							
	Незначительная				Повышенная			
	Здоровые	Ослабленные	Больные	Мертвые	Здоровые	Ослабленные	Больные	Мертвые
Мелкие (12...16 см)	8,7	10,8	4,7	0,8	2,5	13,2	8,2	0,8
Средние (20 см)	27,0	11,8	2,7	0,3	7,7	25,3	7,0	1,3
Крупные (24...28 см)	22,2	9,7	1,0	0,3	8,5	19,0	6,2	0,3
Итого	57,9	32,3	8,4	1,4	18,7	57,5	21,4	2,4

здоровые экземпляры ели, в зоне повышенной посещаемости — ослабленные. С увеличением антропогенного воздействия закономерно уменьшается доля здоровых деревьев и увеличивается представленность ослабленных и больных экземпляров ели во всех категориях крупности. Возрастает процент мертвых деревьев средней крупности, а также суммарный, доля усохших мелких и крупных елей остается неизменной. Однако это не означает, что отпад представителей господствующего и подчиненного полога стабилен; по нашим данным, его увеличение связано с образованием валежника. Таким образом, очевидно негативное влияние рекреационных нагрузок на жизнеспособность деревьев ели каждой ступени толщины и санитарное состояние древостоев.

В результате проведения рекогносцировочного и детальных обследований нами выявлен ряд причин ослабления, повреждения и гибели деревьев ели, которые могут быть сведены в следующие группы: 1) эндогенные — внутренние изменения, обусловленные генетическими особенностями растений (результаты внешних негативных воздействий на растения не отмечены); 2) термогенные — повреждение деревьев ели низкими температурами (морозобоины); 3) фитогенные — сильное угнетение подчиненных деревьев представителями господствующего полога (по Крафту); 4) рекреогенные — механические повреждения деревьев и уплотнение корнеобитаемых горизонтов почвы; 5) патогенные — ослабление и поражение растений грибными заболеваниями; 6) энтомогенные — повреждение деревьев насекомыми-фитофагами.

Влияние перечисленных факторов на жизнестойкость деревьев ели в связи со степенью рекреационной нагрузки показано в табл. 2 (% от общего числа учтенных растений).

Из таблицы следует, что в зоне незначительной рекреационной нагрузки основными причинами ослабления деревьев ели являются природные факторы (фито-, пато- и эндогенные), умеренной — фито-, пато- и рекреогенные, повышенной — рекреогенные и патогенные факторы. С усилением нагрузки влияние рекреогенных факторов закономерно возрастает, эндогенных — снижается. Участие фитогенных факторов

Таблица 2

Степень рекреационной нагрузки	Процент деревьев, ослабленных под действием факторов					
	эндогенных	термогенных	фитогенных	рекреогенных	патогенных	энтомогенных
Незначительная	4,0	1,3	8,3	2,3	4,6	1,6
Умеренная	3,2	2,3	7,2	6,7	6,9	2,2
Повышенная	1,9	4,2	5,0	13,7	9,8	3,6

постепенно уменьшается, а термогенных — увеличивается. Это обусловлено ослаблением конкуренции в результате естественного отпада части деревьев и рубки отдельных экземпляров ели. Кроме того, снижение жизненного потенциала деревьев под влиянием рекреации делает их более чувствительными к повреждениям морозом, болезнями и насекомыми. В связи с этим по мере увеличения рекреационного воздействия заметно возрастает доля патогенных и энтомогенных факторов в ослаблении и ускорении отмирания древесных растений.

С лесопатологической точки зрения особый интерес представляет изучение роли патогенных и энтомогенных факторов в рекреационных лесных экосистемах. Он обусловлен известной возможностью образования комплексных очагов гнилевых болезней и стволовых вредителей в ельниках таежной зоны.

Таблица 3

Степень рекреационной нагрузки	Процент деревьев, зараженных			Процент деревьев, поврежденных		
	корневой губкой	еловой губкой	другими грибами	короедами	усачами	другими насекомыми
Незначительная	2,4	1,5	0,7	1,6	0,6	0,4
Умеренная	3,7	2,3	0,9	1,9	0,9	0,8
Повышенная	5,2	3,3	1,3	2,8	1,5	1,4

Процент зараженных грибами и поврежденных насекомыми деревьев рассчитывали от общего числа учтенных растений по каждой рекреационной зоне отдельно. Данные табл. 3 показывают, что преобладающими факторами патологического воздействия на деревья ели являются корневая и еловая губки. Заражение корневой губкой происходит преимущественно мицелием при контакте здоровых корней с пораженными корнями больных деревьев и пней, так как плодовые тела гриба появляются крайне редко. Основным источником инфекции еловой губки являются споры, так как этот гриб в рассматриваемых условиях часто образует плодовые тела. Еловой губкой деревья заражаются через обломленные, опиленные или обрубленные сучья, механические повреждения стволов при попадании спор на рану, которая не выделяет живицы. Корневая губка, поражая корневую систему, проникает в комель дерева и вызывает центральную гниль, протяженность которой, по нашим данным, достигает 5 м по высоте ствола. Под влиянием еловой губки образуется комлевая, стволовая, реже корневая, центральная гниль, которая, также согласно нашим данным, распространяется по высоте ствола до 11 м. Гнилевые заболевания ели, вызванные указанными грибами, в большинстве случаев носят хронический характер, однако дополнительное рекреационное воздействие значительно ускоряет процесс отмирания деревьев. С усилением рекреационной нагрузки возрастают пораженность деревьев ели корневой и еловой губками, а также вероятность образования ветровала и бурелома при участии гнилей. Это обусловлено физиологическим и физическим ослаблением растений в результате уплотнения корнеобитаемых горизонтов почвы и механических повреждений корней и стволов. В группу других дереворазрушающих грибов, отмеченных нами в рекреационных ельниках, входят комлевой еловый трутовик, войлочнобурый трутовик, еловый стереум, северный трутовик, опенок осенний и окаймленный трутовик, а также еловый гиришопор и еловый столбовой гриб (на сухостое). Зараженность деревьев ели перечисленными грибами имеет тенденцию к увеличению с усилением антропогенного влияния.

Доминирующими энтомогенными факторами во всех зонах рекреации являются короеды, заселяющие преимущественно сильно ослабленные, погибающие и погибшие растения. Наиболее распространены и имеют хозяйственное значение короеды типограф, пушистый полиграф, обыкновенный гравер, а также короед-двойник и полосатый древесинник. Лубоед дендроктон, еловый корнежил, черно-бурый лубоед, короед-автограф, фиолетовый лубоед и обыкновенный микрограф встречаются гораздо реже и не имеют существенного хозяйственного значения. Среди усачей отмечены малый и большой черные еловые усачи, блестяще-грудый и матовогрудый дровосеки, а также рагий ребристый и плоский фиолетовый усач, личинки которых наносят технический вред древесине отдельных экземпляров ели. В группу прочихксилофагов условно включены еловая смолевка, обыкновенная хвойная златка, большой хвойный рокохвост, коричневый таежный муравей и черный муравей-древогрыз, которые также ухудшают технические качества древесины.

На территории зеленой зоны очаги массового размножения стволовых насекомых не обнаружены, но в ряде случаев отмечено заселение ими биогрупп ослабленных и больных деревьев. С усилением рекреационной нагрузки, снижающей жизненный потенциал и защитные реакции растений, повреждаемость их насекомыми-ксилофагами закономерно увеличивается.

Полученные нами данные могут быть использованы при оценке устойчивости северотаежных ельников к рекреационным и патологическим воздействиям, а также при проведении в них санитарно-оздоровительных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воронцов А. И., Исаев А. С. Новые задачи лесозащиты // Лесоведение.—1979.—№ 6.—С. 3—11. [2]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.—Л.: Изд-во ЛГУ, 1978.—232 с. [3]. Драчков В. Н. Влияние лесопатологических факторов на продуктивность лесов // Повышение продуктивности лесов Европейского Севера.—Архангельск: АИЛиЛХ, 1974.—С. 191—200. [4]. Лебедев А. В. Состояние деревьев ели при различном рекреационном воздействии // Лесн. журн.—1986.—№ 5.—С. 26—29.—(Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Лебедев А. В. Причины ослабления и усыхания деревьев ели в зеленой зоне г. Архангельска // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов: Тез. докл. Всесоюз. конф.—М.: МЛТИ, 1987.—С. 78. [6]. Лебедев А. В. Патология и устойчивость подростов ели в рекреационных древостоях северной подзоны тайги // Лесн. журн.—1989.—№ 4.—С. 25—29.—(Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Лебедев А. В. Устойчивость деревьев ели к рекреационным и патологическим воздействиям // Экология лесов Севера: Тез. докл. Всесоюз. конф.—Сыктывкар: Ин-т биологии КНЦ Уральск. отд. АН СССР, 1989.—Т. 1.—С. 102—103. [8]. Лебедев А. В. Влияние рекреации на состояние и устойчивость деревьев ели в северной подзоне тайги // Лесн. журн.—1990.—№ 2.—С. 13—16.—(Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Мелехов И. С., Чертовской В. Г., Моисеев Н. А. Леса Архангельской и Вологодской областей // Леса СССР.—М.: Наука, 1966.—Т. 1.—С. 78—156. [10]. Муравьева Н. Б. Фауна ельников Архангельской области // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере.—М.: Наука, 1967.—С. 66—71. [11]. Рысин Л. П. Рекреационные леса и проблема оптимизации рекреационного лесопользования // Рекреационное лесопользование в СССР.—М.: Наука, 1983.—С. 5—20. [12]. Рысин Л. П., Полякова Г. А. Влияние рекреационного лесопользования на растительность // Природные аспекты рекреационного использования леса.—М.: Наука, 1987.—С. 4—26.

Поступила 16 ноября 1990 г.

УДК 630*432.31

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

В. М. ГРУМАНС, С. В. СТЕЛЬМАХОВИЧ

ВНИИПОМлесхоз

В практике охраны лесов от пожаров в нашей стране и за рубежом все более широкое применение находят различные огнетушащие вещества (ОтВ), преимущественно вода и химические растворы на ее основе. Наряду с высокой производительностью (по сравнению с засыпкой грунтом и прокладкой минерализованных полос) и экологической безвредностью данных веществ использование большинства из них ограничено сроком действия. Это связано с испарением воды и возвратом лесных горючих материалов к горимому состоянию, с неспособностью таких ретардантов, как сульфат аммония и бишофит, подавлять беспламенное горение после высыхания раствора [1]. При этом увеличивается вероятность возобновления пожара.

В последнее время разработана технология тушения и прокладки заградительных полос, основанная на применении огнетушащих порошковых составов (ОПС) из ранцевого огнетушителя ОЛУ-16 [4]. Она обеспечивает значительно большую производительность тушения кромки и прокладки полос, чем использование водных растворов, но срок действия ОПС еще меньше.

В то же время способы, обеспечивающие достаточно надежную остановку пожара, прежде всего прокладка минерализованных полос, характеризуются пониженной производительностью [5]. Таким образом, между производительностью и надежностью различных способов тушения существует противоречие. В лесопожарной практике оно нашло отражение в сочетании (последовательном применении) высокопроизводительных и надежных способов, что выразилось в требовании обязательной локализации потушенных (остановленных) пожаров [2, 5].

Дальнейшее развитие технологий лесопожарных работ и средств тушения, по нашему мнению, возможно в двух направлениях:

1) создание средств тушения, обеспечивающих высокую производительность и надежность;

2) совершенствование комбинированной технологии тушения пожара в две стадии (быстрая остановка; надежная, хотя и сравнительно медленная, локализация в срок, при котором сохраняется огнезадерживающее действие ОтВ) и повышение уровня технических средств для выполнения каждой из них.

Первое направление связано с созданием более сложных технических средств с необходимыми параметрами производительности и надежности или с разработкой принципиально новых высокоэффективных способов тушения, что требует определенного времени и материальных затрат. Поэтому в настоящее время наиболее предпочтительно второе направление, которое должно основываться на оптимальном сочетании способов остановки и локализации при решении различных тактических задач. Рассмотрим подробнее несколько примеров реализации этого направления.

Как отмечалось ранее, для остановки пожара могут быть использованы вода, растворы ретардантов, ОПС, которыми воздействуют на кромку пожара или создают заградительные полосы. Технология тушения зависит от применяемых технических средств (от ручных до авиатанкеров). В большинстве случаев распространение пожара удается остановить лишь на время [4, 6].

Для каждого ОтВ, с учетом дозы и условий применения, существует период задержки кромки пожара, в течение которого возобновление и дальнейшее распространение пожара маловероятно и заградительная полоса сохраняет свои защитные свойства. Назовем его периодом эффективности использованного средства (Δt). После остановки пожара на каждом элементарном участке он должен быть локализован за время не более Δt . Из этого условия можно получить соотношения скоростей остановки пожара $v_{\text{ост}}$ и его локализации $v_{\text{лок}}$. Поскольку для остановки пожара используют наиболее производительные способы и средства тушения, то рассматривается ситуация, когда $v_{\text{ост}} > v_{\text{лок}}$. В этом случае наступает момент, когда $v_{\text{лок}}$ недостаточна, если нет ограничений на объем работ.

Время, через которое могут потребоваться дополнительные силы и средства (или следует возвращать средство остановки для повторной обработки кромки), вычисляют по формуле

$$t^* = v_{\text{лок}} \Delta t / (v_{\text{ост}} - v_{\text{лок}}). \quad (1)$$

При заданном времени работ по остановке t_p его сравнивают с t^* . Если $t^* > t_p$, то пожар локализуется без привлечения дополнительных сил, в противном случае $v_{\text{лок}}$ должно удовлетворять соотношению $v_{\text{лок}}(t_p + \Delta t) \geq v_{\text{ост}} t_p$. Отсюда

$$v_{\text{лок}} \geq t_p v_{\text{ост}} / (t_p + \Delta t). \quad (2)$$

Если время работ t_p задано по локализации, то условие успешной работы выразится неравенством $v_{\text{лок}} t_p \geq v_{\text{ост}}(t_p - \Delta t)$. Следовательно,

$$v_{\text{лок}} \geq (1 - \Delta t / t_p) v_{\text{ост}}. \quad (3)$$

Приведенные формулы позволяют по известной скорости остановки подбирать тип и число средств локализации и определять количественный и качественный состав подразделений при проведении основных видов работ по тушению пожаров в различных условиях.

Важное значение имеет выбор технологии тушения конкретных пожаров или их отдельных секторов, поскольку от этого зависят время выполнения работ, пройденная огнем площадь, трудовые и материальные затраты. Рассмотрим участок пожара с примерно однородными условиями распространения огня. Скорость кромки $v_{\text{кр}}$ принимается постоянной в секторе пожара φ , радиуса $R_{\text{н}} = v_{\text{кр}} T$, где T — период распространения пожара в секторе до начала тушения. Скорость прироста периметра в секторе $v_{\text{п}} = \varphi v_{\text{кр}}$.

При прямом тушении кромки пожара в секторе время работ определяют по формуле [3]

$$t_{\text{пр}} = T [\exp(v_{\text{п}} / v_{\text{эф}}) - 1], \quad (4)$$

где $v_{\text{эф}}$ — эффективная скорость локализации (показывает, насколько уменьшается протяженность горячей кромки в единицу времени), $v_{\text{эф}} = \sqrt{v_{\text{лок}}^2 - v_{\text{кр}}^2}$.

При тушении косвенным методом (создании заградительной полосы на некотором расстоянии от кромки) время работ $t_{\text{к}}$ находят по формуле

$$t_k = v_n T / (v_{лок} - v_n). \quad (5)$$

Расстояние, на котором создается полоса, $h = v_{кр} t_k$.

При реализации комбинированной технологии в некотором секторе должны выполняться соотношения (2) и (3). Если они не соблюдаются, то следует увеличить $v_{лок}$ за счет усиления сил и средств локализации или проводить повторную обработку кромки (заградительной полосы) по истечении периода эффективности ретарданта.

Пройденную огнем площадь в секторе при тушении прямым методом вычисляют по формуле [3]

$$S_{пр} = v_{кр} v_{эф} (T t_{пр} + t_{пр}^2 / 2) / 2. \quad (6)$$

При тушении косвенным методом

$$S_k = \varphi v_{кр}^2 (T + t_k)^2 / 2. \quad (7)$$

Рассмотрим случай, когда скорость распространения пожара близка к $v_{лок}$, в то время как $v_{ост}$ в несколько раз больше. Пусть $\varphi = 1$ рад, $v_{кр} = 180$ м/ч, $T = 2$ ч, $v_n = \varphi v_{кр} = 180$ м/ч. Производительность бульдозера Т-130 $v_{лок} = 240$ м/ч. Производительность обработки ретардантом $v_{ост} = 1500$ м/ч при периоде эффективности $\Delta t = 1$ ч.

Для локализации данного сектора пожара могут быть использованы четыре варианта технологий: А1 — создание минерализованной полосы бульдозером непосредственно перед кромкой пожара; Б1 — обработка кромки ретардантом, локализация — бульдозером; А2 — прокладка заградительной полосы с помощью бульдозера на некотором расстоянии от кромки пожара; Б2 — создание заградительной полосы с помощью ретарданта и последующая минерализация бульдозером.

Параметры процесса тушения при использовании этих технологий определены с помощью формул (4) — (7) и приведены в таблице.

При невыполнении условий (2) или (3) для комбинированных технологий производится повторная обработка ретардантом части кромки, где период между воздействием средства остановки и средства локализации превышает Δt .

Отметим, что к началу тушения выгоревшая площадь составила 6,5 га. Таким образом, за время тушения пожара в первом варианте она возросла на 18,1 га, а при использовании комбинированной технологии лишь на 0,6 га, что в 30 раз меньше. Если учесть, что наносимый огнем ущерб во многих случаях оценивается в несколько сотен рублей на 1 га, то экономический эффект от применения комбинированной технологии составит значительную сумму. Более того, затраты, связанные с дополнительной обработкой кромки ретардантом, компенсируются уменьшением не только ущерба от пожара, но и объемов работ. Более чем вдвое снизилось и время выполнения работ.

Применение комбинированной технологии при тушении косвенными методами позволяет создавать заградительную полосу на меньшем расстоянии от пожара, что снижает пройденную огнем площадь, протя-

Вариант технологии	Время остановки, ч	Время локализации, ч	Пройденная огнем площадь, га	Протяженность потушенной кромки, м	Расстояние, на котором создается заградительная полоса, м
А1	—	4,2	24,6	1008	—
Б1	0,25	1,6	7,1	375	—
А2	—	6,0	97,2	1440	1080
Б2	0,27	1,7	1,9	410	50

женность минерализованной полосы и время ее прокладки (см. таблицу).

Проведенный анализ показывает, что совершенствование технологической борьбы с лесными пожарами возможно при комбинировании различных способов тушения и прокладки заградительных полос. Умелое их сочетание позволяет решать многие тактические задачи в конкретной обстановке. Приведенные в статье формулы полезны при решении технологических вопросов и планировании работ на лесных пожарах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Акакиев Ф. И., Васильев О. А., Пирогова Т. Г. Огнезащитная способность химических веществ, применяемых в борьбе с лесными пожарами // Лесн. хоз-во.—1984.—№ 5.—С. 57—58. [2]. Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А. Крупные лесные пожары.—М.: Наука, 1979.—198 с. [3]. Овчинников Ф. М., Груманс В. М. Экономическая эффективность техники при тушении лесных пожаров // Лесн. хоз-во.—1989.—№ 7.—С. 53—56. [4]. Применение огнетушащих порошков для борьбы с лесными пожарами / Е. С. Арцыбашев, Ф. И. Акакиев, О. А. Васильев и др. // Лесн. хоз-во.—1982.—№ 5.—С. 68—69. [5]. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров.—М.: ЦБНТИлесхоз, 1976.—110 с. [6]. Pyne, Stephen I. Introduction to Wildland Fire // Fire Management in the United States.—New York—Toronto, 1984.—455 p.

Поступила 8 января 1990 г.

УДК 630*284.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ МЕТОДОМ МИКРОРАНЕНИЙ

В. В. СИЛЬВАНОВИЧ, А. В. МЕЛИЧКО

СибНИИЛП

В соответствии с ОСТ 1380—79 [3] смолопродуктивность сосны определяют путем многоразового ранения дерева. Однако из-за трудоемкости и длительности проведения работ этот способ не всегда целесообразно применять на практике. Нами был опробован метод круглых насечек, нанесенных в различные периоды вегетации.

Исследования проводили на территории Богучанского мехлесхоза Красноярского управления лесного хозяйства. Опытный участок заложен в сосняке чернично-разнотравном, III класса бонитета. Возраст насаждения 100—120 лет, состав 10С, полнота 0,6, средний диаметр 22 см. В подросте отмечены осина, береза, сосна, подлесок из рябины, багульника, в напочвенном покрове черника, фиалка, грушанка, осока, мхи. Всего в опыте использовано 50 деревьев сосны.

За контроль принимали метод многоразовых ранений дерева (ОСТ 1380—79). Способ подсочки восходящий, рифленый, без химического воздействия. Карры шириной 10 см наносили с северной стороны дерева. Шаг подновки 1 см, пауза 3 и 5 дн. Живицу собирали в полиэтиленовые приемники и учитывали взвешиванием с точностью 1 г. В расчетах принимали выход живицы с карроподновки.

На южной стороне дерева на высоте 1,3 м от шейки корня круглой стамеской диаметром 20 мм наносили четыре круглые насечки: первую—во второй половине июня, вторую—в первой половине июля, третью—во второй половине июля и четвертую—в первой половине августа. Место для потека живицы подрумянивали. Смолопродуктивность определяли по длине потека живицы, которую измеряли с точностью 0,1 см через 1, 2 и 3 ч после нанесения насечек.

Исследовали корреляционную связь между выходом живицы при многоразовом ранении y и длиной потека из круглых насечек x . Меру линейной связи определяли по величине коэффициента корреляции r , за показатель криволинейной зависимости принимали корреляционное отношение η . Связь между длиной потека и временем ее измерения (через 1, 2 и 3 ч после нанесения насечек) оказалась тесной ($r =$

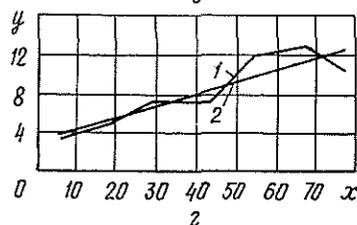
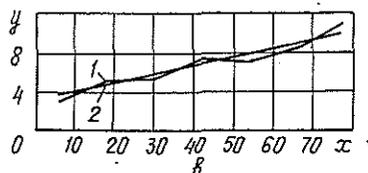
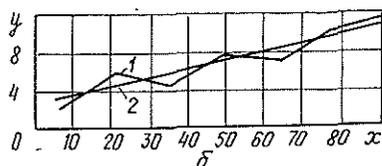
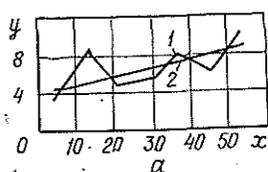
= 0,93...0,98 соответственно). Поэтому в дальнейших расчетах используется оптимальная длина потока живицы, измеренная через 3 ч.

Вычисления показали, что для первой насечки $r \pm m_r = 0,59 \pm 0,10$; $\eta \pm m_\eta = 0,72 \pm 0,08$; для второй соответственно $0,77 \pm 0,06$ и $0,81 \pm 0,05$; для третьей $0,77 \pm 0,06$ и $0,80 \pm 0,06$; для четвертой $0,75 \pm 0,06$ и $0,80 \pm 0,06$.

Исследования криволинейности зависимостей показали, что в большинстве случаев $\eta^2 - r^2 < 0,1$ и только для насечки, нанесенной во второй половине июня, связь более близка к криволинейной ($\eta^2 - r^2 = 0,17$). Таким образом, связь между выходом живицы при многократном ранении и длиной потока живицы из круглой насечки принимаем близкой к прямолинейной.

Тесная связь наблюдается в первой и второй половине июля, в августе она несколько снижается. Самая слабая связь отмечается во второй половине июня, поскольку к этому периоду не у всех деревьев устанавливается постоянная биологическая активность.

Математико-статистическая обработка исходных данных позволила получить уравнения регрессии вида $y = ax + b$ (см. рисунок).



Зависимость $y(x)$ для насечек 1 (а), 2 (б), 3 (в) и 4 (г): 1 — эмпирическая; 2 — теоретическая

Достоверность коэффициентов уравнений оценивали по критерию Стьюдента ($t_{0,5} = 2,571$) [1]. Результаты приведены в табл. 1.

Как видим, коэффициенты b и a уравнений для первой и четвертой насечек недостоверны ($t_{\text{факт}} < t_{0,5}$).

Используя уравнение связи, определяли расчетный выход живицы. Сравнение средних арифметических экспериментальных (контроль) и расчетных выборок по критерию Стьюдента ($t_{0,5} = 1,982$) показало,

Таблица 1

Номер насечки	Уравнение регрессии	Ошибка уравнения, %	Показатель достоверности $t_{\text{факт}}$ коэффициентов	
			a	b
1	$y = 4,39 + 0,08x$	2,05	3,059	1,629
2	$y = 2,68 + 0,09x$	0,95	3,739	5,995
3	$y = 2,57 + 0,10x$	0,87	3,806	5,810
4	$y = 2,85 + 0,13x$	1,73	2,291	3,686

что различия недостоверны ($t_{\text{факт}} < t_{05}$) — табл. 2. Как видно, разница в среднем выходе живицы, определенном по длине потока из круглых насечек, не превышает 0,5 г.

В подсочном производстве большое значение имеют выявление и отбраковка деревьев с пониженной смолопродуктивностью. Согласно методу Мельникова [2] за показатель смолопродуктивности принимали выход живицы при многократном ранении. К низкосмолопродуктивным относили деревья, у которых выход живицы меньше среднего на 1σ .

На основании полученных уравнений связи была разработана методика отбора низкосмолопродуктивных деревьев с помощью длины потока живицы из круглых насечек для различных периодов вегетации. При этом не рассматривали период нанесения круглой насечки, для которого коэффициент b уравнения недостоверно отличался от нуля (II половина июня). Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 2

Номер насечки	Среднее арифметическое значение и его ошибка, г	Среднее квадратичное отклонение, г	Критерий Стьюдента $t_{\text{факт}}$
1	6,3 ± 0,2	1,4	0,189
2	6,4 ± 0,2	2,6	0,000
3	5,9 ± 0,3	2,2	0,862
4	6,6 ± 0,4	2,4	0,313
Контроль	6,4 ± 0,5	3,3	—

Таблица 3

Номер насечки	Минимальная длина потока живицы из круглой насечки, см	Ошибка, %
2	4,6	4,0
3	5,3	2,0
4	1,9	2,0

Как видно из таблицы, ошибка не превышает 5 %.

Таким образом, смолопродуктивность насаждений сосны обыкновенной для условий среднего и нижнего Приангарья можно определить на 50 деревьях экспресс-методом (в течение 3 ч) по длине потока живицы из круглой насечки. Наиболее приемлемым следует считать период установившейся биологической активности деревьев (июль). Допустимо также по длине потока живицы из круглой насечки определять (с точностью до 95 %) низкосмолопродуктивные деревья с последующей отбраковкой их из подсочного фонда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Зайцев Г. П. Математическая статистика в экспериментальной ботанике.—М.: Наука, 1984.—424 с. [2]. Мельников А. П. Лесоводственно-технологические особенности подсочки сосны в лесах Казахского мелкосопочника: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.—Свердловск: УЛТИ, 1968.—22 с. [3]. ОСТ 1380—79. Подсочка сосны. Термины и определения.—Введ. 01.07.80.—М.: Минлесбумпром СССР, 1979.—23 с.

Поступила 16 июля 1990 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*378.7

УСЛОВИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
ПЛАВАЮЩИХ ОДИНОЧНЫХ БРЕВЕН

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Поперечное перемещение бревен по поверхности воды используется на лесосплавных рейдах и в бассейнах лесоперерабатывающих предприятий. В случаях, когда бревна увлекаются стойками или траверсами, представляет интерес выбор их осадки и формы в зависимости от требуемой скорости движения и параметров перемещаемых бревен при сохранении устойчивости, без подныривания.

Гидродинамика рассматриваемого процесса подробно изложена в работе [1]. Ниже приведены результаты дальнейших исследований и даны практические рекомендации.

Условие предельного равновесия бревна при его перемещении стойками в воде (рис. 1) можно представить в виде

$$P \frac{d}{2} \cos \alpha = R_x \frac{d}{2} \sin \alpha + R_y e, \quad (1)$$

где P, R_x, R_y — соответственно силы запаса плавучести, лобового сопротивления и Жуковского — Кутта [1],

$$P = \frac{\pi d^2}{4} l (\rho - \rho_0) g; \quad R_x = C_x \rho d l \frac{v_0^2}{2}; \quad R_y = C_y \rho d l \frac{v_0^2}{2};$$

e — плечо силы R_y , согласно рис. 1 $e = d/2 [1 - \sin \beta / \cos (\alpha - \gamma)]$;

d, l — диаметр и длина бревна;

ρ, ρ_0 — плотность соответственно воды и бревна;

g — ускорение свободного падения;

C_x, C_y — коэффициенты соответственно лобового сопротивления и подъемной силы Жуковского;

v_0 — скорость равномерного движения бревна в спокойной воде (скорость обтекания).

Углы, показанные на рис. 1, находим по формулам

$$\alpha = \arcsin \left(1 - \frac{2z}{d} \right); \quad \beta = \frac{\pi}{2} - (\gamma + \psi); \quad \psi = \arccos \frac{2a}{d},$$

где z — осадка стоек;

a — расстояние от точки приложения силы R_y до вертикальной оси.

При $C_y = 2$ $a = \frac{\pi d}{8}$ [1], тогда $\psi = \arccos \frac{\pi}{4}$ и $\gamma = \frac{2d}{\pi l}$.

Подставляя выражения для P, R_x и R_y в уравнение (1) и преобразуя его, получаем расчетное уравнение

$$\frac{\pi d g}{2 v_0^2} (1 - \delta) = C_x \operatorname{tg} \alpha + \frac{C_y}{\cos \alpha} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\cos (\alpha - \gamma)} \right), \quad (2)$$

где δ — относительная плотность бревна, $\delta = \rho_0 / \rho$.

Это уравнение удобно для анализа, поскольку для конкретного бревна и конструктивно заданной скорости v_0 переменная величина осадки стойки z выражается только через угол α .

Обозначим левую часть уравнения (2) буквой A :

$$A = \frac{\pi d g}{2v_0^2} (1 - \delta), \quad (3)$$

а правая является функцией от z :

$$\varphi(z) = C_x \operatorname{tg} \alpha + \frac{C_y}{\cos \alpha} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\cos(\alpha - \gamma)} \right). \quad (4)$$

На рис. 2 построены кривые зависимости z от A для трех диаметров бревен (0,1; 0,3 и 0,6 м) при прочих равных условиях ($l = 4$ м, $C_x = 0,9$; $C_y = 2,0$).

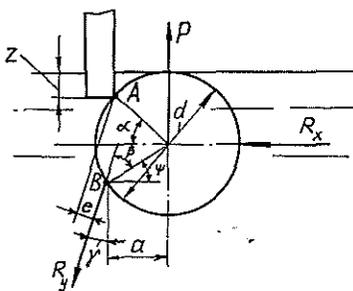


Рис. 1. Схема взаимодействия перемещаемого бревна с водой

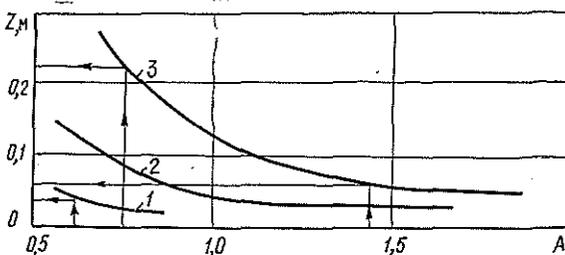


Рис. 2. График для определения осадки стоек: 1 — $d = 0,1$ м; 2 — $d = 0,3$ м; 3 — $d = 0,6$ м

Имея семейство таких кривых, легко определить минимально допустимую осадку стойки при заданных d , δ и v_0 .

Например, при $d = 0,6$ м; $\delta = 0,9$; $v_0 = 0,8$ м/с имеем $A = 1,44$. Тогда по графику на рис. 2 находим $z = 0,065$ м. Аналогично для $v_0 = 1,1$ м/с имеем $A = 0,76$ и $z = 0,22$ м. Для $d = 0,1$ м и $v_0 = 0,5$ м/с получаем $A = 0,61$ и $z = 0,035$ м.

Интересно отметить, что с увеличением скорости необходимая осадка z интенсивно растет.

Максимально возможная скорость перемещения бревна из условий подтопления его силой R_y без учета сил трения скольжения определяется по формуле [1]

$$v_{0 \max} = \sqrt{\frac{\pi d g (1 - \delta)}{2 C_y \cos \gamma}}. \quad (5)$$

Из нее следует, что чем меньше диаметр бревна, тем меньше скорость, при которой оно будет подтоплено.

Ограничение скорости по условию (5) весьма жесткое, особенно для тонких бревен. Поэтому рекомендуется предусматривать осадку стоек не менее половины диаметра наиболее толстых бревен. В этом случае вступает в силу ограничение скорости по условию качения бревен вниз по стойкам силой R_y , когда $\alpha = 0$.

В этом случае уравнение равновесия

$$P \frac{d}{2} = R_y e \quad (6)$$

или

$$\frac{\pi d^2}{4} l g (\rho - \rho_0) \frac{d}{2} = C_y \rho d l \frac{v_0^2}{2} \left(\frac{d}{2} - a \right) \cos \gamma.$$

После преобразований получим формулу для определения максимально допустимой скорости перемещения бревна

$$v'_{0 \max} = \sqrt{\frac{2\pi d g (1 - \delta)}{C_y \cos \gamma (4 - \pi)}} \quad (7)$$

Используя выражения (5) и (7), получаем

$$\frac{v'_{0 \max}}{v_{0 \max}} = \sqrt{\frac{4}{4 - \pi}} = 2,2, \quad (8)$$

т. е.

$$v'_{0 \max} = 2,2 v_{0 \max}$$

Для того чтобы предотвратить скольжение тонких бревен вниз при поперечном перемещении их со скоростями, допустимыми для бревен больших диаметров, можно рекомендовать делать рабочую поверхность стоек шероховатой.

Таким образом допустимая скорость перемещения бревен из условий качения вдвое больше, чем из условий подтопления. Это объясняется тем, что плечо e силы R_y существенно меньше плеча силы P (см. рис. 1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Харитонов В. Я. Гидродинамика поперечного перемещения бревен по воде стойками // Лесн. журн.— 1990.— № 1.— С. 52—55.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 12 октября 1990 г.

УДК 630*375.4.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХЛЫСТОВ И ИХ ПОДВЕСА ПРИ ТРЕЛЕВКЕ В ПОЛУПОГРУЖЕННОМ ПОЛОЖЕНИИ

В. И. ВАРАВА, О. М. ВЕДЕРНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Выявлению параметров хлыста посвящен ряд работ [1—4]. Нами исследуются его упруго-диссипативные свойства и разрабатываются эквивалентные модели. Анализ имеющихся аппроксимаций и экспериментальных данных [4] показывает, что образующая ствола довольно точно описывается косинусоидой

$$r = r_T \cos \frac{\pi x}{2l_c},$$

где r — текущий радиус ствола;
 r_T — условный радиус комля, полученный по таксационному значению диаметра ствола;
 l_c — длина ствола;
 x — текущая ордината, $0 \leq x \leq l_c$.

Тогда для ствола дерева имеем следующие расчетные зависимости: для объема

$$V_c = \int_0^{l_c} \pi r^2(x) dx = 0,5 S_0 l_c, \quad (1)$$

где S_0 — условная площадь поперечного сечения комля, $S_0 = \pi r_T^2$;

для массы

$$m_c = \rho V_c, \quad (2)$$

где ρ — плотность свежесрубленной древесины;

для координаты x центра масс

$$x_c^c = \frac{\pi}{V} \int_0^{l_c} x r^2(x) dx = 0,3l_c; \quad (3)$$

для момента инерции относительно комлевого сечения

$$I_c = \int_m x^2 dm = \int_0^{l_c} x^2 \rho \pi r^2(x) dx \approx 0,14 m_c l_c^2. \quad (4)$$

Длина ствола l_c , хлыста l_x и вершины l_b зависит от условного диаметра комля по таксационному значению d_T . В частности, для ели в диапазоне $l_c = l_x + l_b = 10 \dots 27$ м имеем [4]

$$\begin{aligned} l_c &= 110(d_T - 0,012d_T^2); & l_x &= 84(d_T - 0,01d_T^2); \\ l_b &= 5d_T(5 - 0,1d_T). \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь линейные размеры подставляют в сантиметрах. Аналогично для хлыста получим

$$m_x \approx 0,65 \rho S_0 l_x; \quad x_x^c \approx 0,38 l_x; \quad I_x \approx 0,18 m_x l_x^2. \quad (6)$$

Эксперименты фиксируют одну основную частоту изгибных колебаний хлыста. Для малого угла наклона полупогруженного хлыста выделим его элементарную массу (рис. 1, а)

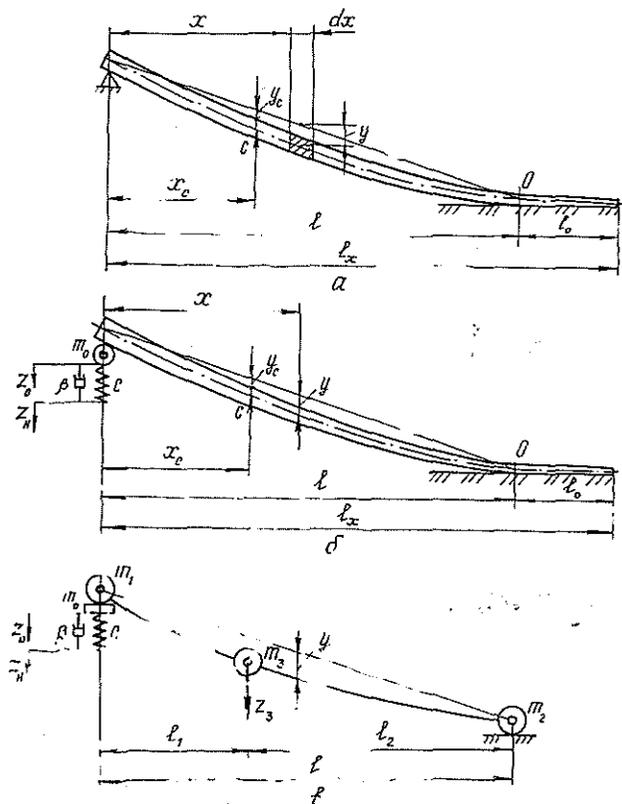


Рис. 1. Схемы изгиба полупогруженного хлыста

$$dm = \rho dV = \rho \pi r^2 dx = \rho S_0 \cos^2 \frac{\pi x}{2l_x} dx \text{ или } dm = \mu(x) dx, \quad (7)$$

где $\mu(x)$ — погонная масса, $\mu(x) = \rho S_0 \cos^2 \pi x / (2l_x)$,
и запишем выражение для момента инерции произвольного сечения

$$I(x) = \frac{\pi r^4}{4} = I_0 \cos^4 \frac{\pi x}{2l_x}, \quad (8)$$

где $I_0 = \pi r^4 / 4$.

Введем координату y относительного движения элемента dx ствола на расстоянии x от комля. Кинетическая и потенциальная энергия изгибных колебаний ствола

$$T = \frac{1}{2} \int_0^l \mu(x) \dot{y}^2 dx; \quad \Pi = \frac{1}{2} \int_0^l EI(x) y_x''^2 dx, \quad (9)$$

где $EI(x)$ — жесткость ствола при изгибе.

Разделяя функцию двух переменных $y(x, t) = f(x)\varphi(t)$, получаем

$$T = \frac{1}{2} \dot{\varphi}^2 \rho S_0 \int_0^l f^2(x) \cos^2 \frac{\pi x}{2l_x} dx = 0,5 m_3 \dot{\varphi}^2; \quad (10)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} \varphi^2 EI_0 \int_0^l f_x''^2(x) \cos^4 \frac{\pi x}{2l_x} dx = 0,5 c_3 \varphi^2,$$

где m_3, c_3 — эквивалентные масса и жесткость,

$$m_3 = \rho S_0 \int_0^l f^2(x) \cos^2 \frac{\pi x}{2l_x} dx; \quad (11)$$

$$c_3 = EI_0 \int_0^l f_x''^2(x) \cos^4 \frac{\pi x}{2l_x} dx.$$

Основной частоте соответствует форма изгибных колебаний ствола, соответствующая упругой линии статического нагружения. Зададим ее приближенно в виде

$$f(x) = \sin \frac{3\pi x}{2l_x}, \quad (12)$$

тогда

$$f_x''(x) = - \left(\frac{3\pi}{2l_x} \right)^2 \sin \frac{3\pi x}{2l_x}. \quad (12a)$$

Подставляя выражение (12a) в (11) и принимая $l \equiv l_x$, получаем

$$m_3 = 0,35 l_x \rho S_0; \quad c_3 = \frac{28 EI_0}{l_x^3}. \quad (13)$$

Следовательно, квадрат основной частоты

$$\nu^2 = \frac{c_3}{m_3} = \frac{80 EI_0}{l_x^4 \rho S_0}. \quad (13a)$$

Эквивалентная жесткость прямо пропорциональна четвертой степени таксационного радиуса r_T и обратно — кубу длины хлыста l_x . Выражение основной частоты ν с учетом (2), (5), (8) можно записать в виде

$$\nu = \frac{2,25d_T}{l_x^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \approx \frac{0,032d_T}{(d_T - 0,01d_T^2)^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (14)$$

Используя условие $\nu'(d_T) = 0$, находим, что минимум частоты колебаний имеет место при $d_T^0 \approx 33$ см. Для него $\nu^0 \approx 2,2 \times 10^{-3} \sqrt{E/\rho} = 2,2 \cdot 10^{-3} \sqrt{10^{10}/740} \approx 8 \text{ с}^{-1}$ (1,3 Гц).

Эксперименты показывают, что коэффициент демпфирования ν_x в хлысте увеличивается с его диаметром от 0,05 до 0,10. Отсюда эквивалентный параметр неупругого сопротивления в стволе

$$\beta_3 = 2\nu_x \sqrt{m_3 c_3}. \quad (15)$$

Декремент линейного гашения $\delta = 2\pi\nu_x = 2\pi h/\nu$ (h — параметр затухания) или

$$\delta = \ln \frac{a_t}{a_{t+T}} = \ln \frac{1 + 0,5\Delta a/a_{cp}}{1 - 0,5\Delta a/a_{cp}} \approx \frac{\Delta a}{a_{cp}} + \frac{1}{12} \left(\frac{\Delta a}{a_{cp}} \right)^3,$$

где a_t, a_{t+T} — амплитуды колебаний для моментов времени t и $t+T$;

$\Delta a, a_{cp}$ — уменьшение и среднее значение амплитуды центра масс хлыста за период колебаний $T = 2\pi/\nu$.

Для $\delta \leq 0,7$

$$\Delta a = \delta a_{cp}, \text{ т. е. } \delta = \text{const}. \quad (16)$$

Для постоянных условий трения $F = F_0 \text{ sign } \dot{y}_c$

$$\Delta a = \frac{4F_0}{c_3} = \text{const}. \quad (17)$$

Экспериментальная зависимость $\Delta a(a_{cp})$ (рис. 2) на малых амплитудах ($a \leq 2$ см) близка к линейной (16), а на больших отклоняется в сторону. На линейном участке (рис. 2) $\delta = \Delta a/a_{cp} = 0,4$, следовательно, $\nu_x = \delta/(2\pi) \approx 0,064$. С увеличением таксационного диаметра d_T декремент $\delta(d_T)$ и параметр затухания $h = \nu_x = \nu\delta/(2\pi)$ возрастают параболически (рис. 3).

Частота колебаний хлыста ν (рис. 3) с повышением диаметра снижается до минимума при $d_T = d_T^0$ ($\nu^0 \approx 8 \text{ с}^{-1}$) по зависимости (14).

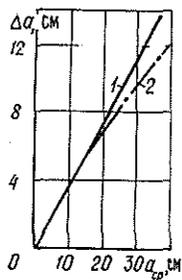


Рис. 2. Зависимость уменьшения амплитуды центра тяжести хлыста от ее среднего значения: 1 — теоретическая кривая; 2 — экспериментальная кривая

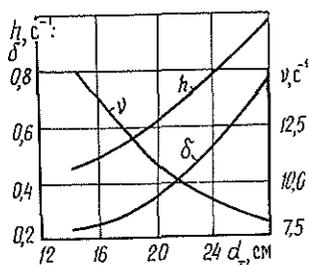


Рис. 3. Зависимость частоты ν , декремента $\delta = 2\pi\nu_x$ и параметра затухания $h = \nu/\nu$ от таксационного диаметра d_T

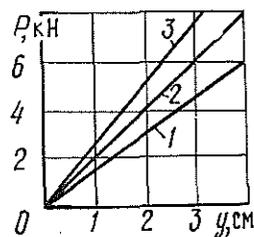


Рис. 4. Зависимость $P(y)$: 1 — $V = 2,00 \text{ м}^3$; 2 — $V = 2,75 \text{ м}^3$; 3 — $V = 3,15 \text{ м}^3$

Несмотря на то, что жесткость хлыста возрастает с диаметром d_T (13) и объемом, зависимость нагружающей силы P от деформации в центре масс y линейная (рис. 4). Согласно рис. 4 при $V_x = 2,75 \text{ м}^3$ жесткость пачки $c_x = P/y = 2 \text{ кН/см} = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$. Сопоставление выражений (6) и (13) дает долю колеблющейся массы хлыста от общей $m_y = 0,54 m_x$.

В реальных условиях комлевая часть пачки из n хлыстов опирается на пружины коникового зажимного устройства или шины жесткостью c (см. рис. 1, б). Введем координаты вращательного движения неизогнутой оси пачки $z = z_0 (1 - x/l)$, $\dot{z} \approx \dot{z}_0 (1 - x/l)$ и относительного движения y элемента $\rho dx = dm$ на расстоянии x от точки подвеса. Учтем также массу опоры m_0 (массу трактора, приходящуюся на заднюю ось), жесткость c и демпфирование β в шинах задних колес. Тогда кинетическая и потенциальная энергии системы

$$2T = m_0 \dot{z}^2 + \int_0^l (\dot{y} + \dot{z})^2 dm;$$

$$2\Pi = c (z_0 - z_n)^2 + \int_0^l EI(x) y''(x) dx.$$

Разделив переменную $y(x, t) = f(x) y(t)$, получим

$$2T = m_3 \dot{y}^2 + 2m_x \dot{z}_0 \dot{y} + (m_1 + m_0) \dot{z}_0^2, \quad (18a)$$

где

$$m_3 = \int_0^l f^2(x) dm; \quad m_x = \int_0^l \left(1 - \frac{x}{l}\right) f(x) dm; \quad m_1 = \int_0^l \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 dm;$$

$$2\Pi = c (z_0 - z_n)^2 + c_3 y^2, \quad (18б)$$

где

$$c_3 = \int_0^l EI(x) f''(x) dx.$$

Выразив dm по формуле (7), а $f(x)$ по формуле (12), найдем

$$m_3 = 0,4\rho S_0 l_x n = 0,6m_n; \quad m_x = 0,2\rho S_0 l_x n = 0,3m_n;$$

$$m_1 = 0,26\rho S_0 l_x n = 0,4m_n,$$

где

$$m_n = 0,65\rho S_0 l_x n.$$

В итоге дискретизации пачки, полупогруженной на упругой опоре, получаем три основные массы m_1, m_2, m_3 (см. рис. 1, в) и одну условную массу $m_x \approx 0,3 m_n$ инерционной связи двух движений: изгибных y и неизогнутой оси z_0 . Конструктивное трение реализуется в изгибном движении с параметром $\beta_3 = 2v_3 \sqrt{c_3 m_3}$, $v_3 \approx 0,05 \dots 0,10$.

Для обобщенных координат пачки на упругом подвесе y, z_0 имеем два уравнения Лагранжа

$$\begin{cases} m_x \ddot{z}_0 + m_y \ddot{y} + c (z_0 - z_n) + \beta (\dot{z}_0 - \dot{z}_n) = 0; \\ m_3 \ddot{y} + m_x \ddot{z}_0 + c_3 y + \beta_3 \dot{y} = 0, \end{cases} \quad (19)$$

где $m_y = m_1 + m_0$;

z_n — неровность волока под задними колесами трактора.

Полученные уравнения отражают случай опоры над задней осью с выделением независимых колебаний передней части трактора. При $c \gg c_3$ малое демпфирование в шине оказывает незначительное влияние

на нагруженность трелевочной системы. Поэтому запишем операторную расширенную матрицу системы при $\beta = 0$, $p = d/dt$, $z_0 - z_n = x$:

$$\begin{pmatrix} m_y p^2 + c & m_x p^2 & \vdots & -m_y p^2 z_n(p) \\ m_x p^2 & m_y p^2 + \beta_3 p + c_3 & \vdots & -m_x p^2 z_n(p) \end{pmatrix} \quad (19a)$$

Для ограниченного гашения β_3 частоту системы вычисляют без его учета из частотного уравнения $\Delta(p) = 0$ при $p = i\lambda$:

$$\Delta(p) = (m_y m_3 - m_x^2) p^4 + (c m_3 + c_3 m_y) p^2 + c c_3 + \beta_3 (m_y p^3 + c p);$$

$$\lambda_{1,2}^2 = \frac{c m_3 + c_3 m_y \pm \sqrt{(c m_3 - c_3 m_y)^2 + 4 m_x^2 c c_3}}{2 (m_y m_3 - m_x^2)}. \quad (20)$$

Передаточная функция деформации шин x

$$\eta_x(p) = \frac{x(p)}{z_n(p)} = \frac{x(p)}{\Delta(p) z_n(p)} = \frac{p^2}{\Delta(p)} (a_0 p^2 + m_y \beta_3 p + m_y c_3). \quad (21)$$

За критерий качества нагруженности системы примем реакцию шин $R = cx$. Интегральной оценкой динамической реакции будет ее дисперсия

$$D_R = c^2 D_x = \frac{c^2}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\eta_x(i\omega)|^2 S_e(\omega) d\omega. \quad (22)$$

Для простейшей аппроксимации микронеровностей волока

$$S_e(\omega) = 2D_e \alpha \omega^{-2}, \quad (23)$$

где α — коэффициент корреляции, $\alpha = \alpha_0 v$ (v — скорость движения).

Выражая в уравнении (21) $\eta_x(p) = \eta_x(i\omega)$, где $p = i\omega$, приводим формулу (22) к виду

$$D_R = \frac{D_e \alpha_0 v}{\beta_3 m_x^2} (A + m_y^2 \beta_3^2), \quad (24)$$

где $A = c a_0 (c m_3 - 2 m_y c_3) + m_y^3 c_3^2$; $a_0 = m_y m_3 - m_x^2$.

Минимизируя функцию $D_R(\beta_3)$, находим оптимальное гашение

$$\frac{\partial D}{\partial \beta_3} = 0; \quad A = c m_y^2 \beta_3^2, \quad (25)$$

где $\beta_3^2 = \frac{A}{c m_y^2}$.

Из экстремального уравнения функции $D_R(c)$

$$3 m_y c^2 - 4 m_y c c_3 + \frac{m_y^3 c_3^2}{a_0} = 0 \quad (26)$$

вычисляем также расчетное значение жесткости c подвеса.

Выводы

1. Параметры хлыста идентифицируются довольно простыми выражениями (6) достоверность которых подтверждается экспериментально (рис. 2—4).

2. Ввиду реализации на практике основного тона изгибных колебаний пачки (выражения (12)), его учет приводит к одной эквивалентной колеблющейся массе (уравнения (11)) при жесткой опоре и трем (формулы (18)) при упругой.

3. Параметры жесткости c подвеса и демпфирования β_3 в пачке (выражения (25, 26)) поддаются экстремальной оптимизации по интегральному критерию нагруженности (22) трелевочной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Александров В. А. К вопросу определения изгибной жесткости деревьев // Машины и орудия для механизации лесозаготовок: Межвуз. сб. науч. тр.—Л., 1975.— Вып. 4.— С. 22—24. [2]. Варава В. И. Анализ способов транспортировки пакета хлыстов // Там же.— Л., 1974.— Вып. 3.— С. 27—35. [3]. Жуков А. В. О выборе расчетной модели погруженных деревьев при исследовании колебаний лесных машин // Лесн. журн.— 1977.— № 4.— С. 75—82.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Коротяев Л. В. Параметры деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовительного производства: Учеб. пособие.— Л., 1982.— 80 с.

Поступила 20 февраля 1991 г.

УДК 625.815.5

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ
НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЛИТЫ
ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОДОРОГ**

Б. В. УВАРОВ

Архангельский лесотехнический институт

В работах [1, 2] приведен динамический расчет колеяных покрытий из железобетонных плит при двухсторонней связи между плитой и грунтом. Однако реальные грунты не способны работать на растяжение. При появлении растягивающих напряжений контакт между плитой и основанием исчезает и происходит отрыв плиты от грунта. Он наблюдается в тот момент, когда колесо автомобиля находится вблизи стыка. Этот фактор можно учесть с помощью нелинейных дифференциальных уравнений, которые решаются только численными методами.

Рассмотрим балку длиной l , лежащую на упругом основании винклеровского типа и нагруженную сосредоточенной динамической силой P (рис. 1, а). На балку также действуют реактивные силы со стороны грунта и силы инерции самой балки. В точках, где есть контакт между балкой и основанием, суммарное погонное усилие

$$p(x, t) = (m_6 + m_0) \frac{\partial^2 w(x, t)}{\partial t^2} + \mu \frac{\partial w(x, t)}{\partial t} + cw(x, t); \quad (1)$$

там, где нет этого контакта,

$$p(x, t) = m_6 \frac{\partial^2 w(x, t)}{\partial t^2}. \quad (2)$$

В этих формулах x — координата по оси балки;
 t — время;

m_6, m_0, μ, c — погонное значение массы балки, присоединенной массы основания, коэффициента вязкого сопротивления грунта и коэффициента постели соответственно;

$w(x, t)$ — прогиб балки (положительное направление вниз).

Осадку поверхности основания $w_0(x, t)$ при отсутствии его контакта с балкой можно определить из уравнения

$$m_0 \frac{\partial^2 w_0(x, t)}{\partial t^2} + \mu \frac{\partial w_0(x, t)}{\partial t} + cw_0(x, t) = 0. \quad (3)$$

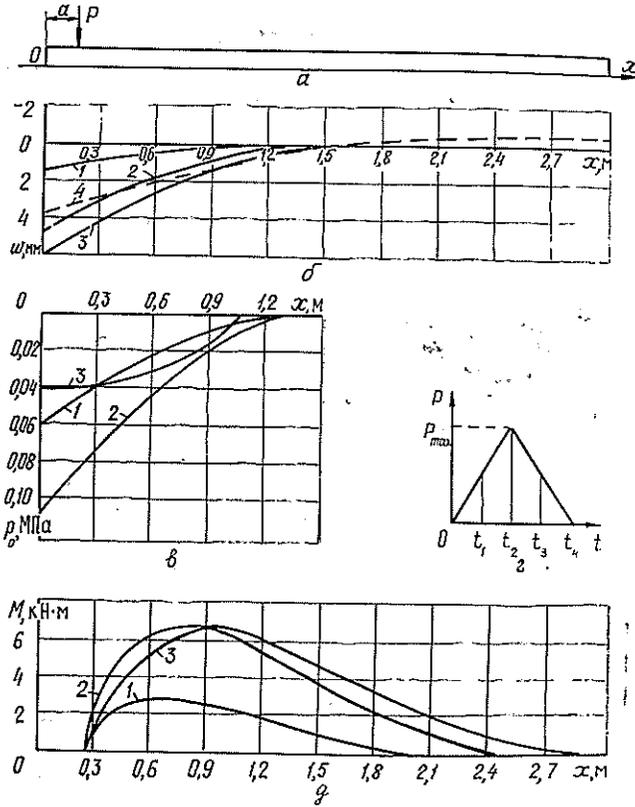


Рис. 1

Уравнение упругой линии оси балки со свободными концами, находящейся под воздействием рассмотренных сил, имеет вид

$$w(x, t) = w(0, t) + x \frac{\partial w(0, t)}{\partial x} + \frac{1}{6EI} P(t)(x-a)^3 U(x-a) - \frac{1}{6EI} \int_0^x p(\epsilon, t)(x-\epsilon)^3 d\epsilon + \frac{qx^4}{24EI}, \quad (4)$$

где EI — жесткость балки;
 $P(t)$ — динамическая сосредоточенная нагрузка, изменяющаяся во времени по заданному закону;
 a — координата приложения сосредоточенной силы;
 $U(x-a)$ — единичная функция;
 q — погонный вес балки.

Прогиб балки, найденный по формуле (4), можно приравнять к прогибу, полученному при решении дифференциальных уравнений (1) или (2) в зависимости от наличия или отсутствия контакта балки с грунтом. Это позволяет получить интегральное уравнение, содержащее неизвестную погонную нагрузку $p(x, t)$, а также прогиб $w(0, t)$ и угол поворота $\frac{\partial w(0, t)}{\partial x}$ на конце балки.

Кроме того, требуется решить дифференциальное уравнение (3), для того чтобы определить наличие контакта в рассматриваемой точке между балкой и основанием.

Задачу можно решить численно. Разобьем рассматриваемый промежуток времени на интервалы с постоянным шагом Δt и будем находить решения последовательно для каждого шага. Условимся, что в пределах каждого i -го шага зависимость $p(x, t)$ от времени задана.

Проще всего считать $p(x, t)$ не зависящей от времени и равной $p^i(x)$, ($i = 1, 2, 3, \dots$). Обозначим $m = m_0 + m_6$; $D = c/m - \mu^2/(4m^2)$. Для прогибов балки в конце рассматриваемого i -го шага или (что все равно) в начале последующего $i + 1$ -го шага имеем

$$w^{i+1}(x) = Ap^{i+1}(x) + \left(B + \frac{\mu}{m} C\right) w^i(x) + C \frac{\partial w^i(x)}{\partial t}, \quad (5)$$

где A, B, C — постоянные величины; при $\Delta t = \text{const}$ их находят по формулам:

при $D < 0$

$$A = \frac{1}{m\theta \left(\frac{\mu^2}{4m^2} - \theta^2\right)} \left[e^{-\frac{\mu}{2m} \Delta t} \left(\frac{\mu}{2m} \text{sh } \theta \Delta t + \theta \text{ch } \theta \Delta t \right) - \theta \right];$$

$$B = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{\mu}{2m} \Delta t} \left(\theta \text{ch } \theta \Delta t - \frac{\mu}{2m} \text{sh } \theta \Delta t \right); \quad C = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{\mu}{2m} \Delta t},$$

где $\theta = \sqrt{-D}$;

при $D > 0$

$$A = \frac{1}{m\theta \left(\frac{\mu^2}{4m^2} + \theta^2\right)} \left[e^{-\frac{\mu}{2m} \Delta t} \left(\frac{\mu}{2m} \sin \theta \Delta t + \theta \cos \theta \Delta t \right) - \theta \right];$$

$$B = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{\mu}{2m} \Delta t} \left(\theta \cos \theta \Delta t - \frac{\mu}{2m} \sin \theta \Delta t \right); \quad C = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{\mu}{2m} \Delta t},$$

где $\theta = \sqrt{D}$.

Решение дифференциального уравнения (2) имеет вид

$$w^{i+1}(x) = \frac{1}{2m_6} p^{i+1}(x) \Delta t^2 + w^i(x) + \Delta t \frac{\partial w^i(x)}{\partial t}. \quad (6)$$

Для свободной поверхности основания из уравнения (3) получаем

$$w_0^{i+1}(x) = \left(B + \frac{\mu}{m_0} C\right) w_0^i(x) + C \frac{\partial w_0^i(x)}{\partial t}, \quad (7)$$

где B и C определяются приведенными выше формулами, в которых следует принять $m = m_0$.

При решении задачи величину $w^{i+1}(x)$, найденную по уравнению (4), следует приравнять к выражению (5) для значений x , при которых $w_0(x, t) \leq w(x, t)$, и к выражению (6) для x , при которых $w_0(x, t) > w(x, t)$.

Решим интегральное уравнение относительно $p^{i+1}(x)$, заменив интеграл в (4) конечной суммой при заданном числе узлов по переменной x . После этого получим систему линейных алгебраических уравнений. Для определения значения $p^{i+1}(x)$ в узлах интегрирования эту систему требуется решать на каждом i -м шаге по переменной t . При нахождении $w(0, t)$ и $\frac{\partial w(0, t)}{\partial x}$ на i -м шаге используем условия равновесия

$$\int_0^l p^{i+1}(x) dx = P^{i+1} + ql;$$

$$\int_0^l p^{i+1}(x) x dx = P^{i+1} a + \frac{ql^2}{2},$$

где P^{i+1} — значение динамической силы $P(t)$ в конце рассматриваемого i -го шага.

На начальном шаге надо задать $w^0(x)$ и $\frac{\partial w^0(x)}{\partial t}$. Вторая величина равна нулю, а значения $w^0(x)$ в узлах интегрирования при учете собственного веса балки q равно q/c . На последующих шагах значения $w^i(x)$ и $\frac{\partial w^i(x)}{\partial t}$ приравнивают соответствующим значениям в конце предыдущего шага. Производную $\frac{\partial w^i(x)}{\partial t}$ находят, дифференцируя (5) по Δt , для чего требуется определить производные для A, B, C по Δt .

Одновременно рассчитывают $w_0^{i+1}(x)$ на каждом шаге по такой же методике. Если окажется $w_0^{i+1}(x) < w^{i+1}(x)$ для некоторых значений x (что практически невозможно), надо принять $w_0^{i+1}(x) = w^{i+1}(x)$.

Поскольку при решении системы уравнений соотношение между $w^{i+1}(x)$ и $w_0^{i+1}(x)$ в конце рассматриваемого отрезка времени неизвестно, требуется выполнить 3...5 итераций, начинающихся с предыдущих значений. При достаточно малом Δt нужная точность может быть получена и без итераций, но при этом время расчета возрастет.

Определив $p(x, t)$ и $w(x, t)$, найдем изгибающие моменты $M(x, t)$, перерезывающие силы $Q(x, t)$ и реактивное давление грунта $p_0(x, t)$:

$$M(x, t) = P(t) a U(x - a) + \frac{qx^2}{2} - \int_0^x p(\varepsilon, t)(x - \varepsilon) d\varepsilon;$$

$$Q(x, t) = P(t) U(x - a) + qx - \int_0^x p(\varepsilon, t) d\varepsilon;$$

$$p_0(x, t) = p(x, t) - m_0 \frac{\partial^2 w(x, t)}{\partial t^2}.$$

В точках, где нет контакта между балкой и грунтом, $p_0(x, t) = 0$.

Расчеты по приведенному алгоритму выполнены на персональном компьютере. Программа составлена на языке Паскаль. Результаты расчетов для железобетонной плиты ПД-3, применяющейся на лесовозных автодорогах, приведены на рис. 1—3. Исходные данные: $l = 3$ м, $EI = 1500$ кН·м², $m_0 = 0,25$ т/м, $m_0 = 0,25$ т/м, $\mu = 250$ кН·с/м², $q = 2,5$ кН/м, $c = 10\,000$ кН/м². Зависимость сосредоточенной нагрузки от времени $P(t)$ принята по формуле треугольного импульса, показанного на рис. 1, g при $P_{\max} = 50$ кН. Время нарастания силы t_2 и время спа-

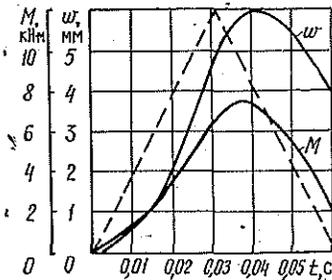


Рис. 2

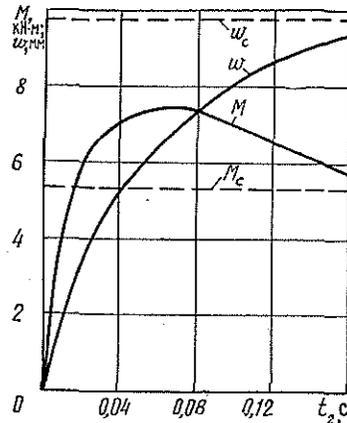


Рис. 3

да $t_4 - t_2$ равны 0,03 с, координата точки расположения силы на плите $a = 0,165$ м. При таких параметрах имитируется воздействие на покрытие колеса лесовозного автомобиля МАЗ-509 в момент входа на конец плиты со скоростью около 10 м/с.

Для замены интеграла конечной суммой принята квадратурная формула трапеций при числе узлов 21. Шаг по времени Δt определяли исходя из относительной погрешности 0,002 по прогибам балки на момент t_4 , путем повторных расчетов с делением Δt на 2. Оказалось, что такая точность достаточна при $\Delta t = t_4/120$.

На рис. 1, б показаны эпюры прогибов балки $w(x, t)$, на рис. 1, в — реакций основания $p_0(x, t)$ и на рис. 1, д — изгибающих моментов $M(x, t)$ для времени t_1, t_2, t_3 и t_4 . Соответствие эпюр различным значениям t обозначено цифрами. Эпюры для p_0 показывают, на каком участке плита находится в контакте с грунтом. Фактически подъем ненагруженного конца плиты запаздывает по отношению к максимуму нагрузки и становится заметным только на момент прекращения действия силы. Эффект запаздывания наблюдается и в эпюре изгибающих моментов.

На рис. 2 приведены зависимости максимального прогиба w и максимального изгибающего момента M от времени. Здесь же пунктирной линией показан импульс силы P . О степени влияния динамического фактора можно судить по величине смещения максимумов w и M относительно максимума P .

На рис. 3 показаны зависимости максимальных w и M от t_2 при неизменной треугольной форме импульса силы. Пунктирные линии изображают графики $w = w_c$ и $M = M_c$ при действии статической сосредоточенной нагрузки $P = 50$ кН. С увеличением t_2 значения w и M асимптотически приближаются к значениям w_c и M_c .

В целом проведенные расчеты подтверждают эффективность предложенного метода, который может быть использован в проектной практике. Можно утверждать, что влияние динамического воздействия автотранспорта на покрытие существенно, и оно должно учитываться при расчете железобетонных плит. Так, при реальных скоростях движения отрицательные изгибающие моменты могут возрастать на 25 % (рис. 3). Отмечено влияние увеличения динамического фактора и односторонней связи плит с основанием на реактивные напряжения, а следовательно, и на работу грунтового основания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Уваров Б. В. Воздействие подвижной нагрузки на балки, лежащие на упругом основании // Строительная механика и расчет сооружений.— 1974.— № 1.— С. 40—42. [2]. Уваров Б. В. Коровкин Р. Л. Расчет балок на упругом основании, работающих в условиях динамического нагружения // Лесн. журн.— 1970.— № 1.— С. 31—32.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 24 января 1991 г.

УДК 625.142.212.001.24

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ШПАЛ УЗКОЙ КОЛЕИ

А. П. ЕЛИСЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Существующие методы расчета шпал [2] разработаны в предположении, что их нижняя постель соприкасается с балластом во всех ее

точках. Однако на практике это условие не выполняется. При действии поездной нагрузки возникают как упругие, так и остаточные деформации балласта, происходит его уплотнение, сопровождающееся выжиманием балластного материала из-под шпалы [3]. В результате на отдельных участках образуются зазоры (пустоты).

Наличие пустот было установлено рядом исследователей при изучении работы шпал широкой колеи, например М. П. Бассарским [1], который проводил испытания деревянных шпал на стенде.

В настоящей работе приведены результаты опытов по определению плотности прилегания шпал к песчаному балласту на железных дорогах узкой колеи для сравнительной оценки работоспособности шпал длиной 150 и 180 см.

При определении плотности прилегания нижней постели шпал к балласту и величины зазора М. П. Бассарский разработал специальное приспособление — пустотомер. Аналогичная конструкция была использована нами при измерении зазоров между нижней постелью шпал узкой колеи и балластом. Общий вид пустотомера показан на рис. 1. Он состоит из штока длиной 185 мм, диаметром 8 мм, который проходит через отверстие в шпале диаметром 9 мм. На штоке закреплен диск диаметром 40 мм. Верхняя поверхность его плоская, а нижняя — сферическая радиусом 200 мм. Сферической поверхностью диск опирается на балласт. При укладке шпалы шток поднимают вверх и фиксируют установочным винтом, проходящим через муфту.

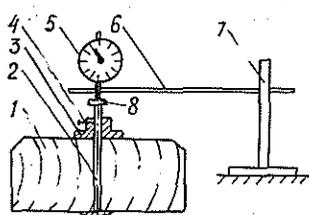


Рис. 1. Схема пустотомера: 1 — шпала; 2 — шток со сферическим диском; 3 — муфта; 4 — установочный винт; 5 — индикатор часового типа; 6 — держатель индикатора; 7 — штатив; 8 — плоский диск

Зазор между нижней постелью шпалы и поверхностью балласта замеряют с помощью индикатора часового типа с переносным держателем. Шток индикатора упирается в плоский диск диаметром 20 мм.

На каждой шпале было установлено 11 пустотомеров, расположение которых по длине шпалы показано на рис. 2. Их части, выступающие над шпалами, во избежание случайных повреждений закрывали металлическими скобками (на рис. 1 не показаны) шириной 40 мм, которые закрепляли на шпале двумя шурупами.

Испытания проводили на прямом участке магистрали Лавельской УЖД ТПО Архангельсклеспром. На участке были уложены два звена из рельсов Р24 длиной 8 м. Шпалы деревянные, прямоугольные. Их ширина — 22 см, толщина — 12 см, длина на одном из звеньев — 150 см, на втором — 180 см. В обоих случаях в звене 11 шпал, расстояние между их осями 70 см. Шпалы, оборудованные пустотомерами, укладывали в середине каждого звена.

При подготовке опытного участка сначала убрали старые рельсы и шпалы, а также балласт на всю ширину балластного слоя «заподлицо» с нижней постелью шпал. Затем вскапывали грунт на глубину 16...18 см, тщательно его разравнивали, укладывали новые шпалы, пришивали рельсы и устанавливали накладку. Подъемку пути, подштопку шпал и opravку балластной призмы выполняла бригада дорожных рабочих по обычной технологии.

При укладке опытных шпал проверяли плотность прилегания их нижней постели к балласту. При отсутствии зазоров штоки с дисками подтягивали к шпалам и закрепляли установочными винтами. Для того чтобы обеспечить постоянное соприкосновение шпал с балластом, костью на этих шпалах наддергивали.

Измерения проводили периодически в течение 24 дн. после пропускания по участку определенного тоннажа. Для этого последовательно ослабляли штоки и с помощью индикатора определяли их перемещение вниз с точностью $\pm 0,01$ мм. Оно равнялось зазору между нижней постелью шпалы и поверхностью балласта в данном сечении. По окончании замеров штоки перемещали в крайнее верхнее положение и снова фиксировали установочными винтами.

За весь период было выполнено 17 циклов наблюдений. Данные по некоторым из них приведены в таблице. На рис. 2 показаны эпюры поверхности балластного слоя под шпалами.

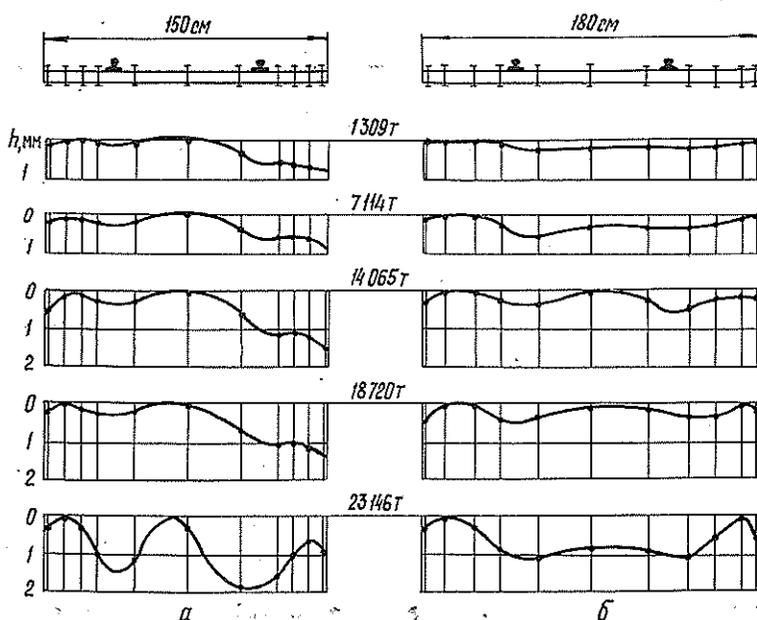


Рис. 2. Результаты измерения зазоров (h) в балласте под нижней постелью шпал длиной 150 см (а) и 180 см (б)

Масса (брутто) провезенного груза, т	Средний зазор, мм		$\frac{h_0^{180}}{h_0^{150}}$ 100, %	$\frac{h_p^{180}}{h_p^{150}}$ 100, %	Зазор посередине шпалы h_c , мм	$h_p - h_c$, мм	$\frac{h_p^{150} - h_c^{150}}{h_p^{180} - h_c^{180}}$	$h_p - h_0$, мм
	под концами шпал h_0	в поперечном сечении h_p						
1 309	0,00	0,20	0,0	43,5	0,17	0,03	15,3	0,20
	0,49	0,46			0,00	0,46		-0,03
7 114	0,03	0,45	5,3	91,8	0,30	0,15	5,0	0,42
	0,57	0,49			0,00	0,49		-0,08
14 065	0,32	0,54	30,5	69,2	0,10	0,44	1,8	0,22
	1,05	0,78			0,00	0,78		-0,27
18 720	0,32	0,41	33,0	59,4	0,19	0,22	2,8	0,09
	0,97	0,69			0,07	0,62		-0,28
23 146	0,61	1,12	115,1	66,7	0,84	0,28	6,3	0,51
	0,53	1,68			0,30	1,38		1,15

Примечание. В числителе — данные для шпал длиной 180 см, в знаменателе — 150 см.

Результаты измерений позволяют сделать следующие выводы.

1. Поверхность балластного слоя под шпалой имеет сложное очертание, что объясняется значительным прогибом шпал и характером их опирания на балласт в процессе нагрузки — разгрузки. Во всех случаях ярко выражен «бугорок перекатывания», впервые обнаруженный М. П. Бассарским [1].

2. Очертания поверхности балластного слоя и положение коротких и длинных шпал на балласте различны. После снятия нагрузки корот-

кие шпалы опираются на балласт серединой и одним из концов, длинные в основном обоими концами. Следовательно, шпалы длиной 180 см более устойчивы в балластном слое, чем шпалы длиной 150 см. «Бугорок перекатывания», так же как и под шпалами широкой колес, перемещается то вправо, то влево. Концы шпал на длине 7... 10 см в процессе полной загрузки не работают, так как в момент нагружения балласт из-под них выдавливается.

3. По мере увеличения циклов нагрузки зазоры между нижней постелью коротких шпал и поверхностью балластного слоя развиваются преимущественно от подрельсового сечения к одному из концов, а длинных — к середине. Наиболее характерен в этом отношении последний замер, выполненный при отрицательных температурах воздуха.

4. Интенсивность нарастания зазоров у длинных шпал значительно меньше, чем у коротких. У первых средний зазор в подрельсовом сечении составляет 40... 70 %, а под концами не более 33 % от зазоров под шпалами 150 см, кроме последнего цикла измерений. При этом увеличение зазоров в подрельсовом сечении на одном из концов короткой шпалы приводит к смещению точки соприкосновения нижней постели с балластом от середины к противоположному концу. По-видимому, данное обстоятельство свидетельствует об интенсивном увеличении перекоса пути.

5. Форма поверхности балластного слоя под шпалой влияет на распределение напряжений в балласте и на нарастание остаточных осадок. За величину относительной стабильности линии поверхности балластного слоя под шпалой примем разность зазоров в подрельсовом сечении и середине шпалы ($h_p - h_c$), а также в подрельсовом сечении и на конце шпалы ($h_p - h_0$). Полученные данные показывают, что с увеличением длины шпал значение $h_p - h_c$ уменьшается, а соотношение $h_p - h_c$ для шпал длиной 150 и 180 см изменяется приблизительно от 2 до 15, в то время как площадь опирания шпал увеличивается всего в 1,2 раза.

У коротких шпал концы опускаются в среднем больше, чем подрельсовые сечения. Существенно то, что у коротких шпал изменяется не только разность зазоров $h_p - h_0$, но и знак, что указывает на большую неравномерность напряжений по их длине.

6. Уменьшение абсолютных значений зазоров и интенсивности их нарастания, а также более равномерное распределение зазоров по длине шпал размером 180 см замедляет расстройство пути и увеличивает сроки между подъемочными ремонтами, а следовательно, приводит к сокращению затрат при эксплуатации и ремонте узкоколейных дорог.

Таким образом, для лесовозных УЖД длину шпал 150 см нельзя считать оптимальной.

В целях подбора размеров поперечного сечения и длины шпал, которые наилучшим образом обеспечивали бы стабильность верхнего строения пути, необходимо провести более широкие исследования на основе изложенной методики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бассарский М. П. Влияние размеров шпал на их работу // Вестн. ВНИИЖТ.—1965.— № 2.— С. 41—47. [2]. Буторин Н. Н., Елисеев А. П. Узкоколейная шпала на упругом полупространстве // Лесн. журн.—1987.— № 1.— С. 47—50.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Вериго М. Ф. К вопросу о процессе уплотнения балластного слоя железнодорожного пути повторной нагрузкой // Вестн. ВНИИЖТ.—1959.— № 2.— С. 51—53.

Поступила 16 октября 1990 г.

УДК 630*31 : 33

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ХЛЫСТОВ В ТРЕЛЮЕМОЙ ПАЧКЕ

В. А. ФРОЛОВ, Н. А. ЖУРАВЛЕВ

Кавказский филиал ЦНИИМЭ

Известно, что производительность механизмов на трелевке зависит от рейсовой нагрузки, определяемой крупномерностью древостоя и числом хлыстов в пачке.

Общее время сбора пачки хлыстов определяется скоростью чокоровки. В горных условиях ее выполняют вручную. Хронометражные наблюдения показывают, что время, затрачиваемое на прицепку каждого последующего хлыста, как правило, возрастает. Это связано с необходимостью протаскивания сборочного каната через кольца чокоровок (масса протаскиваемого каната возрастает) и увеличением расстояния перехода от хлыста к хлысту, связанным с преодолением препятствий на лесосеке.

Среднее расстояние между деревьями l зависит от густоты древостоя и с достаточной точностью может быть найдено по формуле

$$l = \sqrt{10000V/W}, \quad (1)$$

где V — средний объем хлыста, м³;
 W — ликвидный запас древесины на 1 га, м³.

Отношение W/V определяет число деревьев на 1 га. При изменении этого числа от 500 до 100 шт. величина l находится в диапазоне от 2,5 до 10,0 м. Следовательно, время перехода от хлыста к хлысту зависит и от среднего объема хлыста.

На основании данных многочисленных хронометражных наблюдений, выполненных в Кавказском филиале ЦНИИМЭ*, получено уравнение регрессии с погрешностью до 5 %, найденной по критерию согласия Фишера при доверительной вероятности 0,95:

$$t_n = 129,6 - 1,28d + 4,04G + 0,102\Theta + 0,015dG, \quad (2)$$

где t_n — время прицепки 1 м³ трелюемой древесины;
 d — диаметр дерева на высоте груди, см;
 G — рейсовая нагрузка, м³;
 Θ — уклон лесосеки, град.

Время t , затрачиваемое на сбор, прицепку и отцепку пачки хлыстов, зависит от числа деревьев в пачке n (рис. 1).

Производительность трелевочного механизма N , выраженную числом хлыстов (деревьев), перемещаемых за 1 ч, можно определить по формуле

$$N = 60n/t_n, \quad (3)$$

* Обобщить результаты научных исследований в части ведения горных лесозаготовок, имея в виду создание теоретической базы для принятия обоснованных решений по горной проблеме и повышения уровня технических и технологических разработок: Отчет о НИР/КФ ЦНИИМЭ; Руководитель М. Г. Лютенко.— Краснодар, 1987.— 72 с.

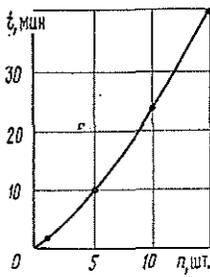


Рис. 1

где $t_{ц}$ — время цикла, мин.

Цикл включает операции прицепки пачки, перемещения ее от пасеки до верхнего склада, отцепки и возврата механизма на лесосеску. Время перемещения и возврата зависит от расстояния трелевки и скорости перемещения. Оно изменяется от 2 до 20 мин и, как правило, для каждой лесосески имеет свое значение.

Результаты вычислений по формуле (3) для различных условий приведены в таблице. По этим данным построены графики зависимости производительности от числа хлыстов в пачке (рис. 2). Они показывают, что с увеличением расстояния трелевки оптимальный размер пачки хлыстов возрастает и может достигать до 15 хлыстов.

Число хлыстов в пачке, шт.	Время прицепки, мин	Производительность трелевочной техники, шт./ч, в зависимости от времени перемещения механизма, мин							
		2	4	6	8	10	12	15	20
1	2,00	15,00	10,0	7,5	6,0	5,00	4,30	3,50	2,70
2	3,80	21,80	16,0	12,6	10,4	8,90	7,70	6,50	5,10
3	5,25	24,80	19,5	16,0	13,6	11,80	10,40	8,90	7,10
4	7,25	25,90	21,3	18,1	15,7	13,90	12,50	10,80	8,80
5	9,50	26,10	22,2	19,4	17,1	15,40	14,00	12,20	10,20
6	12,00	25,70	22,5	20,0	18,0	16,40	15,00	13,30	11,20
7	14,75	25,10	22,4	20,2	18,4	17,00	15,70	14,10	12,10
8	17,75	—	22,1	20,2	18,6	17,30	16,10	14,70	12,70
9	21,00	—	—	20,0	18,6	17,40	16,40	15,00	13,20
10	24,50	—	—	19,7	18,5	17,39	16,44	15,19	13,50
11	28,25	—	—	—	18,2	17,25	16,39	15,20	13,70
12	32,25	—	—	—	—	17,00	16,27	15,23	13,78
13	36,50	—	—	—	—	—	—	—	13,80
14	41,00	—	—	—	—	—	—	—	13,77
15	45,75	18,70	—	—	—	—	—	—	13,68
23	92,75	14,48	—	—	—	—	—	—	11,50

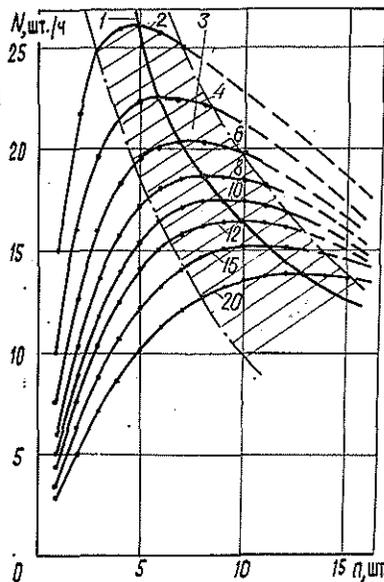


Рис. 2. Зависимость производительности от числа хлыстов в пачке: 1 — линия максимальной производительности; 3 — зона оптимальной производительности; цифрами 2, 4, ..., 20 обозначены графики зависимости $N(n)$ для времени передвижения механизма соответственно 2, 4, ..., 20 мин

Однако в широком диапазоне изменения числа хлыстов в пачке производительность механизма практически постоянна. Чем больше расстояние трелевки или время, затрачиваемое на перемещение механизма, тем больше этот диапазон.

При малых расстояниях (времени на перемещение механизма, равном 2 мин) максимальная производительность практически остается постоянной при изменении числа хлыстов в пачке от 3 до 7. Если время перемещения механизма равно 20 мин, то оптимальная пачка должна состоять из 13 хлыстов. Производительность практически постоянна для числа хлыстов в пачке от 8 до 15. Таким образом, на коротких прогонах максимальная производительность достигается при числе хлыстов в пачке не менее 3, на длинных — не менее 8. Заштрихованная область на рис. 2 определяет значения числа хлыстов в пачке, при которых производительность практически не изменяется.

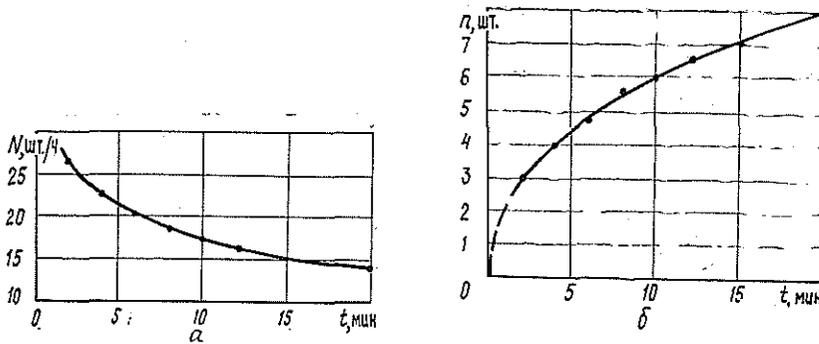


Рис. 3. Зависимость максимальной производительности (а) и минимального числа хлыстов в пачке (б) от времени перемещения механизма при наборе оптимальной пачки хлыстов

Зависимость, представленная на рис. 3, а, показывает, что при увеличении времени перемещения механизма от 2 до 10 мин максимальная производительность сначала снижается довольно существенно, а затем остается практически на одном уровне. Зависимость, приведенная на рис. 3, б, позволяет определить оптимальную нагрузку на рейс при заданном времени перемещения механизма.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для разработки технологических карт освоения лесосек, определения оптимальной рейсовой нагрузки, обоснования конструктивных параметров канатных установок при проектировании, выбора типа канатной установки для разработки конкретной лесосеки.

Например, если известны ликвидный запас древесины на лесосеке, средний объем хлыста, необходимая длина канатной установки и скорость перемещения каретки, то можно найти время перемещения каретки за цикл и по рис. 2 — число хлыстов, стрелованных за 1 ч, а по рис. 3, б — объем оптимальной пачки.

По числу хлыстов в пачке, среднему объему и массе хлыста можно установить требуемую грузоподъемность канатной установки.

Данные рис. 2 позволяют предположить, что с увеличением длины канатной установки ее грузоподъемность повышается. Чем меньше скорость, тем больше должна быть грузоподъемность. При определенной грузоподъемности и среднем объеме хлыста можно обосновать оптимальную длину канатной установки или скорость перемещения каретки. Поясним сказанное примерами.

Пример 1. Грузоподъемность канатной установки 3,2 т, время перемещения каретки за цикл 10 мин, максимальная производительность (по рис. 3, а) 17,4 шт./ч.

В этом случае оптимальное число хлыстов в пачке равно 9 шт. (см. рис. 2). Однако допустима пачка из 6 хлыстов, при этом производительность составит 16,4 шт./ч. Установка грузоподъемностью 3,2 т будет иметь хорошую производительность, если средний объем хлыста не превысит 0,5 м³. При среднем объеме хлыста на лесосеке 1,0 м³ канатная установка должна иметь грузоподъемность 6,3 т, тогда можно набирать пачку из 6-7 хлыстов.

Пример 2. Грузоподъемность канатной установки 1,6 т, средний объем хлыста 0,65 м³, активная длина канатной установки 300 м. Требуется определить скорость передвижения каретки, при которой обеспечивается максимальная производительность.

Найдем число хлыстов в пачке, разделив грузоподъемность на массу среднего по объему хлыста: $1,6/0,65 \cdot 0,8 = 3,07$ шт. Таким образом, пачка должна включать не более 3 хлыстов. Для такой пачки время движения каретки равно 2 мин (рис. 3, б). За это время она должна пройти расстояние, равное двойной активной длине, т. е. 600 м. Отсюда вычислим среднюю скорость: $600 : (2 \cdot 60) = 5$ м/с. При этом производительность установки согласно рис. 2 равна $25,7$ шт./ч или $25,7 \cdot 0,65 = 16,7$ м³/ч.

Полученные зависимости позволяют решать различные задачи по определению параметров канатных установок и могут быть использованы при обосновании необходимой номенклатуры канатных установок в зависимости от характеристик лесосечного фонда, рельефа горной местности, развитости дорожной сети и т. д.

Поступила 14 декабря 1990 г.

УДК 630*378.33 : 627.231

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛНОДРЕВЕСНОСТИ ПЛОТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ СОРТИРОВКИ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ НА ЛЕСОСПЛАВНЫХ РЕЙДАХ

Ю. Ф. ВОРОНЦОВ, А. В. КУЧИН

Архангельский лесотехнический институт

В исследованиях, выполненных сотрудниками Архангельского лесотехнического института [1—3], предложена новая технология подготовки пиловочного сырья к поставке его лесосплавом. Эта технология заключается в замене сортировки по группам длин сортировкой по группам толщин, что позволяет повысить на 10 % производительность лесопильных цехов и на 45 % объем партий запуска на линиях окончательной обработки пиломатериалов [1].

Эта технология имеет ряд недостатков, один из них — снижение коэффициента полндревесности плотов. Количественной оценке этого уменьшения посвящены настоящие исследования.

На первом этапе построена математическая модель коэффициента полндревесности плотов. Установлено, что в условиях Северо-Двинского бассейна коэффициент полндревесности η зависит от числа пучков в секции плота M и среднего объема пучка V . С помощью математической теории планирования экспериментов получены математические модели вида $\eta = f(M, V)$ при различных способах сортировки пиловочного сырья на сортировочно-сплотночно-формировочных рейдах. Исследования проводили на запанях четырех лесозаготовительных предприятий ТПО Архангельсклеспром (Концгорского, Красноборского, Нюбского и Ленского ЛПХ) в периоды зимней и навигационной сплотки. Экспериментальное определение коэффициента полндревесности выполняли по стандартной методике [6].

В результате обработки экспериментальных данных получены математические модели коэффициента полндревесности (адекватные при 5 %-ном уровне значимости) для сортировки:

по группам длин

$$\eta = -0,353 - 0,585 \cdot 10^{-2} M + 0,0612 V + 0,3125 \cdot 10^{-3} M V +$$

$$+ 0,4375 \cdot 10^{-4} M^2 - 0,1597 \cdot 10^{-2} V^2; \quad (1)$$

по группам толщин:

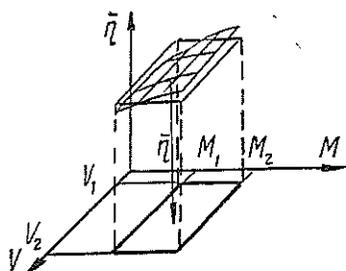
14 ... 24 см

$$\eta = -0,059 - 0,1897 \cdot 10^{-3} M + 0,6958 \cdot 10^{-3} V + 0,2083 \cdot 10^{-3} MV - \\ - 0,3667 \cdot 10^{-4} M^2 + 0,2656 \cdot 10^{-3} V^2; \quad (2)$$

26 см и более

$$\eta = 0,161 - 0,478 \cdot 10^{-2} M - 0,174 \cdot 10^{-2} V + 0,3409 \cdot 10^{-3} MV + \\ + 0,4187 \cdot 10^{-4} M^2 + 0,1405 \cdot 10^{-3} V^2. \quad (3)$$

На втором этапе исследований определены средние значения коэффициента полндревесности плотов при различных способах сортировки пиловочного сырья. Как видно, математические модели (1) — (3) имеют вид полиномов второй степени. Для определения среднего значения коэффициента полндревесности используем метод численного интегрирования. Геометрическая интерпретация этого метода показана на рисунке.



Среднее значение $\bar{\eta}$ можно вычислить с помощью определенного интеграла по формуле

$$\bar{\eta} = \frac{1}{(M_2 - M_1)(V_2 - V_1)} \int_{V_1}^{V_2} \int_{M_1}^{M_2} f(M, V) dM dV. \quad (4)$$

В целях использования стандартного математического обеспечения (СМО) ЭВМ ЕС-1022 при численном интегрировании запишем

$$\bar{\eta} = \frac{1}{(M_2 - M_1)(V_2 - V_1)} \sum_{i=1}^n 0,5 \Delta V \left[\int_{M_1}^{M_2} f(M_1(V_1 + i \Delta V)) dM + \right. \\ \left. + \int_{M_1}^{M_2} f(M_1(V_1 + (i-1) \Delta V)) dM \right]; \quad (5)$$

$$n = (V_2 - V_1) / \Delta V. \quad (6)$$

Заданная точность вычислений достигается при условии

$$\lim \Delta V \rightarrow 0. \quad (7)$$

Формула (4) предполагает использование метода численного интегрирования полинома вида

$$k = k_1 x + k_2 x^2 + k_3 x^3 + \dots + k_n x^n. \quad (8)$$

Этот метод реализует подпрограмма PINTAB СМО ЕС-1022 [5]. Точность вычислений $\varepsilon = 0,0001$. Результаты приведены в таблице.

На третьем заключительном этапе исследований была дана оценка изменения коэффициента полндревесности плотов в зависимости от способа сортировки пиловочного сырья на сортировочно-сплоточно-формировочных рейдах и рассмотрены экономические аспекты проблемы. Из таблицы видно, что при сортировке по группам длин $\eta = 0,437$.

Способ сортировки	$\bar{\eta}$
По группам длин	0,437
По группам толщин, см:	
14 ... 24	0,394
26 и более	0,381

При переходе на сортировку по группам толщин

$$\bar{\eta} = P_1 \bar{\eta}_1 + P_2 \bar{\eta}_2,$$

где $\bar{\eta}_1, \bar{\eta}_2$ — средние значения коэффициента полндревесности соответственно среднего и крупного пиловочного сырья;

P_1, P_2 — соотношение объемов среднего и крупного пиловочного сырья.

По данным ЦНИИМОДа [4], при среднем диаметре пиловочного сырья 19 см $P_1 = 0,889$ и $P_2 = 0,111$. Тогда среднее значение коэффициента полндревесности при сортировке по группам толщин $\bar{\eta} = 0,392$, а общее его снижение равно 10,3 %.

В плотях кроме секций пиловочника содержатся и другие сортаменты: балансы, рудстойка и пр. По данным ПО Двинослав, ТПО Архангельсклеспром, в 1981—1988 гг. доля пиловочника в общем объеме лесосплава была в среднем 52,4 %. С учетом этого снижение коэффициента полндревесности в общем объеме сплава составит 5,4 %.

Снижение коэффициента полндревесности плотов приводит к затратам на буксировку дополнительных плотов [7]. Как показали расчеты, затраты Северного речного пароходства на буксировку таких плотов в масштабе Северо-Двинского бассейна составили 0,02 р. на 1 м³ пиловочного сырья [3]. Несмотря на это, народнохозяйственный экономический эффект опытно-промышленного внедрения предложенной технологии подготовки пиловочного сырья к распиловке при поставке его лесосплавом выразился в сумме 1,6 р. на 1 м³ пиломатериалов [3] за счет лучшего использования лесопильного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние подсортировки пиловочного сырья по группам толщин на рейдах сплава на себестоимость пиломатериалов: Отчет о НИР / М-во лесн. и деревообраб. пром-сти СССР. АЛТИ; Руководитель Ю. Ф. Воронцов.— Шифр темы 232; № ГР 01.84.0048857.— Архангельск, 1986.— 164 с. [2]. Воронцов Ю. Ф., Сметанин А. С. О сортировке пиловочного сырья при поставках сплавом // Лесн. журн.— 1984.— № 3.— С. 117—119.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Воронцов Ю. Ф., Пластинин А. В. Подсортировка древесного сырья по толщинам // Лесн. пром-сть.— 1987.— № 11.— С. 13. [4]. Кулиш В. Г., Коротов С. С. Распределение пиловочных бревен по диаметрам // Совершенствование технологий и оборудования лесопильного производства: Науч. тр.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1981.— С. 10—14. [5]. Математическое обеспечение ЕС ЭВМ. / Под ред. Н. С. Жаврид и др.— Минск: Ин-т математики АН БССР, 1974.— 282 с. [6]. Плоты. Конструкция, эксплуатация, технология / Н. И. Фоминцев, И. П. Львов, К. Б. Соколов и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 216 с. [7]. Правила (технические условия) сплотки, формирования и оснастки плотов в оплогнике для буксировки по рекам Северной Двине и Вычегде с их притоками: Утв. ВО Архангельсклеспром 17.10.80; ВО Комилеспром 24.10.80; Северн. речн. пароходством 30.06.80.— Архангельск, 1980.— 38 с.

Поступила 15 января 1991 г.

УДК 625.731.001.24

РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ ЗИМНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

В. С. МОРОЗОВ

СевНИИП

Участки зимних дорог на болотах обычно формируют проминая поверхностный слой при отрицательной температуре воздуха. Толщина слоя мерзлого торфа, лежащего на основании из талого торфа, уменьшается с повышением температуры воздуха (при оттепелях или в весенний период) и увеличивается при ее понижении [1].

В настоящей работе изложена методика расчета минимальной толщины промороженного слоя торфа, обеспечивающей движение лесовозных автопоездов заданной грузоподъемности.

Полотно дороги из мерзлого торфа рассчитывали как балку бесконечной длины [4], лежащую на линейно деформируемом основании, механические свойства которого характеризуются коэффициентом постели C . Балка нагружена силами давления P_i от осей автопоезда. Расчет такой дорожной одежды состоит в определении эквивалентного модуля упругости мерзлого торфа, максимальных прогибов балки и возникающих в ней напряжений.

Особенности расчета состоят в следующем:

а) мерзлый торф представляет собой разномодульное тело. Модули упругости при сжатии обозначим E_1 , при растяжении E_2 ;

б) модули упругости E_1 и E_2 зависят от температуры торфа и уменьшаются по глубине от E_{10} (E_{20}) на поверхности дороги до нуля на границе с основанием из талого торфа. В первом приближении зависимость E_1 и E_2 от глубины слоя принимаем линейной;

в) так как толщина мерзлого слоя торфа (0,3...0,9 м) в несколько раз меньше ширины дороги (3...9 м), то заменяющая ее в расчете балка фактически представляет собой плиту и изгибается не только в продольном, но и в поперечном направлениях. Неравномерность прогибов балки по ширине характеризуется коэффициентом поперечного изгиба α , который определяем по формуле

$$\alpha = v_{\text{ср}}/v_{\text{max}}, \quad (1)$$

где $v_{\text{ср}}$, v_{max} — соответственно средний и максимальный прогибы балки по ширине в рассматриваемом сечении дорожного полотна.

Методика определения положения нейтральной оси и эквивалентного модуля упругости слоя мерзлого торфа приведена в работе [2]. Расчетные зависимости имеют вид:

для определения положения нейтральной оси

$$v = \sqrt{E_{20} (1 - v)^3 / [E_{10} (3 - v)]}; \quad (2)$$

для определения эквивалентного модуля упругости

$$E_{\text{экр}} = E_{10} v^3 (4 - v) + E_{20} (1 - v)^4, \quad (3)$$

где $v = H_1/H$;

H_1 — расстояние от поверхности дороги до нейтрального слоя;

H — толщина мерзлого слоя торфа.

Например, при $E_{10} = 460$ МПа, $E_{20} = 1600$ МПа и $H = 90$ см [2] имеем $v = 0,462$; $H_1 = 41,6$ см и $E_{\text{экр}} = 294$ МПа.

Уравнения (2) и (3) показывают, что значения v и $E_{\text{экр}}$ не зависят от толщины слоя мерзлого торфа, а выражаются только через модули упругости при сжатии и растяжении.

Для определения прогибов z и изгибающих моментов M , действующих в произвольном сечении балки бесконечной длины, лежащей на винклеровском основании, используем известные зависимости

$$z = \frac{k}{2U} \Sigma P_i \eta_i; \quad (4)$$

$$M = \frac{1}{4k} \Sigma P_i \psi_i, \quad (5)$$

где $k = \sqrt[4]{U/(4E_{\text{экр}}I)}$; $U = BC\alpha$;

$$\eta_i = e^{-k\xi_i} (\cos k\xi_i + \sin k\xi_i);$$

$$\mu_i = e^{-k\xi_i} (\cos k\xi_i - \sin k\xi_i);$$

I — момент инерции площади поперечного сечения балки шириной B и высотой, H , $I = BH^3/12$;

ξ_i — координаты точек приложения сил P_i относительно рассматриваемого сечения с координатой x . Для схемы действия сил, приведенной на рис. 1, $\xi_1 = |x|$; $\xi_2 = |x - a_1|$; $\xi_3 = |x - a_1 - a_2|$.

Кривые прогибов и изгибающих моментов для $E_{\text{экв}} = 294$ МПа, $C = 5$ Н/см³, $B = 300$ см, $H = 90$ см, $P_1 = 49,5$ кН, $P_2 = 95$ кН, $P_3 = 165$ кН приведены на рис. 1. Значения z и M достигают максимума под осями прицепа-роспуски. Дополнительный анализ показал, что из-за большого удаления прицепа-роспуски лесовозных автопоездов от осей автомобиля влиянием их на прогибы и моменты (напряжения) под осями прицепа можно пренебречь и в качестве расчетных зависимостей использовать выражения

$$z_{\text{max}} = kP_3/(2U); \quad (4a)$$

$$M_{\text{max}} = P_3/(4k), \quad (5a)$$

где P_3 — суммарная сила давления от осей прицепа-роспуски на поверхность дороги.

В работе [2] получены выражения для определения нормальных напряжений в произвольном сечении балки

$$\sigma_1 = \frac{E_{10}M}{E_{\text{экв}}IH} (H_2y + y^2); \quad (6)$$

$$\sigma_2 = \frac{E_{20}M}{E_{\text{экв}}IH} (H_2y + y^2), \quad (7)$$

где σ_1, σ_2 — нормальные напряжения в зонах сжатия и растяжения;
 M — изгибающий момент в этом сечении;
 $H_2 = H - H_1$;
 y — расстояние от нейтрального слоя до произвольного волокна поперечного сечения.

Как видно из рис. 2, наибольшие сжимающие напряжения имеют место при $y = H_1$, т. е.

$$\sigma_{1\text{max}} = \frac{E_{10}M}{E_{\text{экв}}I}. \quad (8)$$

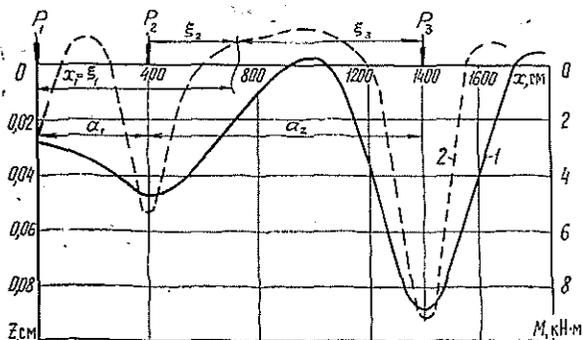


Рис. 1. Кривые прогибов (1) и изгибающих моментов (2) в слое мерзлого торфа под действием нагрузки от колес лесовозного автопоезда МАЗ-509А + ГКБ-9383

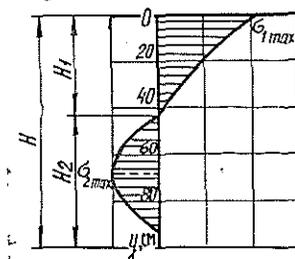


Рис. 2. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении по оси зимней дороги на болоте

Значение y для слоя, в котором растягивающие напряжения максимальны, найдем из условия $\partial \sigma_2 / \partial y = 0$. Используя выражение (7), получаем

$$y_{\sigma_2 = \max} = -H_2/2,$$

следовательно,

$$\sigma_{2\max} = -\frac{E_{20}MH_2^2}{4E_{\text{эKB}}H}. \quad (9)$$

Здесь $H_2 = H - H_1 = H(1 - \nu)$.

Используя выражения для k , а также (4а), (5а), (8) и (9), после преобразований находим расчетные зависимости, удобные для практического применения:

$$k = \sqrt[4]{\frac{0,03Ca}{E_{\text{эKB}}H^3}}; \quad (10)$$

$$z_{\max} = \frac{P_3}{2B} \sqrt[4]{\frac{0,3}{E_{\text{эKB}}H^3C^3a^3}}; \quad (11)$$

$$\sigma_{1\max} = \frac{E_{10}P_3}{10E_{\text{эKB}}B} \sqrt[4]{\frac{1}{0,03E_{\text{эKB}}^3H^3Ca}}; \quad (12)$$

$$\sigma_{2\max} = -\frac{0,075E_{20}(1-\nu)^2P_3}{E_{\text{эKB}}BH^2} \sqrt[4]{\frac{E_{\text{эKB}}H^3}{0,03Ca}}. \quad (13)$$

В уравнениях (10)—(13) величины k , z , B и H имеют размерность см, σ и E — МПа, C — Н/см³, ν и a — безразмерные. Эти зависимости показывают, что с увеличением коэффициента постели, толщины слоя мерзлого торфа и ширины дороги прогибы и напряжения, как и следует ожидать, уменьшаются. Если C и H зависят от типа болота и температуры воздуха, т. е. практически наперед заданы, то B можно варьировать в процессе строительства. Чем шире полотно дороги (правильнее ширина слоя мерзлого торфа), тем прочнее зимняя дорога на болотах при прочих равных условиях. Зависимости z_{\max} , $\sigma_{1\max}$ и $\sigma_{2\max}$ от B прямо пропорциональны. Например, для дороги шириной 9 м прогибы и максимальные растягивающие напряжения в 3 раза меньше, чем при ширине 3 м. Таким образом, уширение полотна зимней дороги является эффективным способом повышения ее прочности. Но это справедливо до определенного предела.

В соответствии со СНиП 2.02.01—83 и СНиП II-18—76 основания на вечномёрзлых грунтах рассчитывают по первой группе предельных состояний [3]. В случае линейной задачи несущую способность мерзлого торфа оценивают по условию

$$\sigma_{2\max} \leq mR_p/k_n, \quad (14)$$

где m , k_n — коэффициенты условий работы и надежности;

R_p — расчетное сопротивление мерзлого грунта (торфа) на растяжение.

Согласно работе [3] принимаем $m = k_n = 1$. Там же приведены рекомендуемые значения E и R_p в зависимости от температуры торфа и скорости приложения нагрузки. Используя эти данные и зависимости (9)—(14), можно определить минимальную толщину зимней дороги на болотах для заданных погодно-климатических и эксплуатационных условий.

Графики максимальных растягивающих напряжений (при $C \equiv 5$ Н/см³) в зависимости от толщины полотна дороги для четырех значений B и температуры $\theta = -5$ °С приведены на рис. 3. Пунктиром по-

казаны линии для расчетного сопротивления R_p при двух значениях температуры и трех значениях скорости нагружения. Точки их пересечения с кривыми $\sigma_{2 \max}(H)$ определяют минимальную толщину зимней лесовозной дороги на болотах в данных условиях (при движении автопоезда с нагрузкой на прицеп-ропуск 165 кН).

При температуре воздуха $\Theta = -1^\circ\text{C}$ и ширине дороги B , равной 300, 500, 700 и 900 см, минимальная толщина дороги H_{\min} составила 103, 68, 53 и 44 см, при температуре -5°C соответственно 71, 47, 38 и 30 см. Эти данные позволяют определить минимальную толщину дороги в конкретных условиях. Например, при $\Theta = -5^\circ\text{C}$ и $B = 700$ см участок дороги можно эксплуатировать при $H_{\min} \geq 38$ см. В противном случае требуется укрепление полотна дороги.

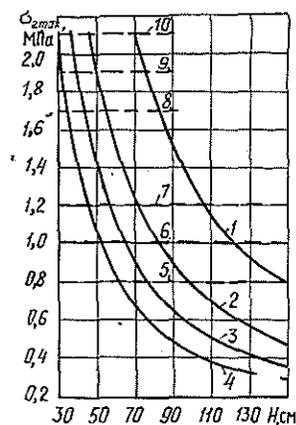


Рис. 3. Графики для определения минимальной толщины полотна зимней дороги на болотах: 1, 2, 3, 4 — значения $\sigma_{2 \max}$ при ширине дороги соответственно 300, 500, 700 и 900 см; 5, 6, 7 — значения R_p при скорости нагружения соответственно 0,02; 0,1 и 0,2 мин⁻¹ и температуре торфа -1°C ; 8, 9, 10 — то же при температуре торфа -5°C

Приведенные данные получены для значения коэффициента постели $C = 5 \text{ Н/см}^3$. Оно справедливо для малообводненного торфа (болото I типа, влажность торфа менее 800 %). С увеличением обводненности торфа C уменьшается. Так, для болот II типа (влажность торфа 800...1400 %) $C = 2,5 \text{ Н/см}^3$, III типа (влажность торфа более 1400 %) $C = 1 \text{ Н/см}^3$ [3]. Вследствие уменьшения C максимальные растягивающие напряжения в полотне зимних дорог из мерзлого торфа при прочих равных условиях на болотах II типа возрастают в 1,136 раза, а III типа — в 1,474 раза. Следовательно, значения H_{\min} возрастают и движение лесовозных поездов по зимним дорогам на болотах II и III типов в осенний и весенний периоды становится невозможным без специального укрепления дорожного полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Морозов В. С. Промерзание зимних дорог на болотах // Лесн. журн.— 1989.— № 4.— С. 51—56.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Морозов В. С. Об оценке напряженного состояния оснований зимних дорог на болотах // Лесн. журн.— 1990.— № 1.— С. 37—43.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Строительство промышленных сооружений на мерзлом торфе / С. С. Вялов, Г. Л. Каган, А. Н. Воевода, В. И. Муравленко.— М.: Недра, 1980.— 144 с. [4]. Уваров Б. В., Щелкунов В. В. Расчет на прочность основания зимних автомобильных дорог на болотах // Лесн. журн.— 1982.— № 6.— С. 49—55.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 30 октября 1990 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 667.613 : 539

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ
НА НЕЗАВЕРШЕННОСТЬ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОЛИЭФИРНЫХ ПОКРЫТИЙ*А. В. ФЕДАК, В. Ф. КАЧАН, Л. А. СУН-ЧЕН-ЛИ*

Львовский лесотехнический институт

Создание покрытий на подложке характеризуется заторможенностью релаксационных процессов, обусловленной возникновением локальных связей между структурными элементами и адсорбционным взаимодействием пленкообразующего с поверхностью подложки, что приводит к резкому нарастанию внутренних напряжений. Поэтому внутренние напряжения рассматривают как критерий незавершенности релаксационных процессов, существенно зависящий от специфики структурных превращений при формировании и старении полимерных покрытий [5].

Физико-механические свойства сформированных покрытий, а также их долговечность в большой степени определяются внутренними напряжениями. В частности, от их величины зависят адгезионные и когезионные свойства покрытий. Поэтому вопросы, связанные с изучением путей понижения внутренних напряжений, представляют собой важную и самостоятельную проблему.

Из практики известно множество способов существенного снижения внутренних напряжений в покрытиях. Они предусматривают физико-химические методы модификации как полимерного материала, так и подложки, на которой происходит формирование покрытий [3].

В последнее время встречаются работы, в которых рассматривается возможность влияния внешних электромагнитных полей на физико-механические свойства полимерных материалов [2]. В силу того, что все химические процессы, происходящие при полимеризации, имеют электромагнитную природу, появляется вероятность направленного воздействия внешних магнитных полей. Непосредственно влияя на собственные магнитные моменты молекул, они могут активизировать или снижать их реакционную способность, изменять ход и скорость химических реакций, усиливать или ослаблять межмолекулярные взаимодействия, активно участвовать в процессах структурообразования, в результате чего можно получать материалы, обладающие улучшенными физико-механическими свойствами [1, 4].

Цель настоящей работы — исследовать влияние магнитного поля на внутренние напряжения, возникающие в полиэфирных покрытиях в процессе их формирования, и определить такие режимные параметры обработки магнитным полем, при которых возможно получение покрытий с минимальными значениями внутренних напряжений.

В качестве исходного материала для создания покрытий выбран полиэфирный лак ПЭ-246, применяемый в мебельной промышленности. Источниками постоянного магнитного поля служили два электромагнита, обеспечивающие получение полей напряженностью от 0 до 250 кА/м. Электромагниты располагали таким образом, чтобы направленность силовых линий магнитного поля была перпендикулярна к поверхности подложки. Продолжительность действия магнитного поля на покрытие варьировали в пределах времени желатинизации пленки лака. Возникшие внутренние напряжения измеряли через 24 ч после их формирования консольным методом в соответствии с

ОСТ 6-10-402—76. В качестве подложки использовали консоль из немагнитного материала (алюминий). Рабочий состав полиэфирного лака в объемных процентах: лакоснова — 95 %, инициатор полимеризации (перекись циклогексанона) — 3 %, ускоритель (нафтенат кобальта) — 1 % и 3 %-й раствор парафина в стироле — 1 %. Толщина наносимого слоя лака 250 мкм. Обработку покрытий в магнитном поле осуществляли сразу же после нанесения лака на подложку. Параллельно с опытом, в котором покрытие подвергали воздействию поля, ставили опыт без такого воздействия, после чего проводили сравнение степени незавершенности релаксационных процессов в контрольном и обработанном поле покрытии путем соотношения их величин. При этом за единицу принимали значения внутренних напряжений контрольных образцов.

Полученные зависимости внутренних напряжений ($\sigma_{вн}$) в относительных единицах от напряженности магнитного поля (H) и продолжительности его воздействия (τ) представлены на рис. 1.

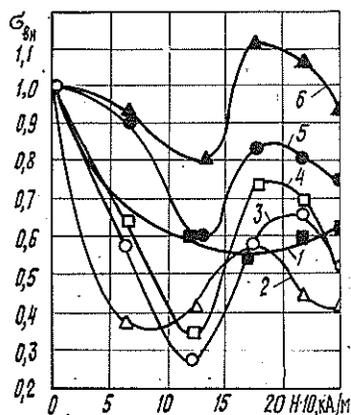


Рис. 1. Относительная зависимость внутреннего напряжения в полиэфирных покрытиях от напряженности магнитного поля при продолжительности его воздействия 5 (1); 10 (2); 30 (3); 120 (4); 300 (5); 12000 с (6)

Анализируя графики, отмечаем существенное влияние магнитного поля на незавершенность релаксационных процессов в полиэфирных покрытиях, что свидетельствует о значительном понижении внутренних напряжений. Кроме того, из характера полученных кривых следует, что влияние на этот эффект оказывает как напряженность поля, так и время его воздействия.

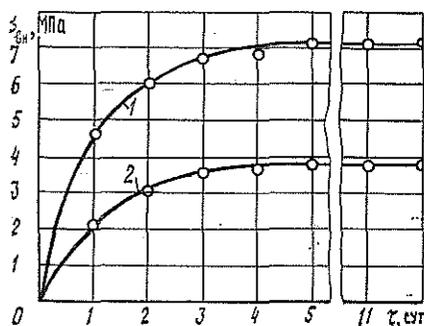
Так, при непродолжительном воздействии магнитного поля (рис. 1, кривая 1) внутренние напряжения в покрытии уменьшаются в среднем на 40 %. В этом случае почти исключено влияние напряженности поля. Это объясняется кратковременностью его воздействия, за счет чего и происходит усреднение изменений напряжений в объеме полимерного материала. Но уже при последующем увеличении времени действия магнитного поля сильно выражено влияние напряженности поля на величину внутренних напряжений, вид кривых приобретает полиэкстремальный характер (рис. 1, кривые 2, 3, 4). В области напряженности поля 65...120 кА/м отмечают резкое снижение внутренних напряжений. Причем более эффективно это происходит при продолжительности обработки 30 с. При этом внутренние напряжения уменьшаются на 73 %, т. е. почти в 4 раза. В дальнейшем при повышении напряженности поля выявлено такое же резкое нарастание внутренних напряжений с максимумом в области 170...220 кА/м, но их величина все же остается на 25...35 % меньше по сравнению с контрольными образцами. При напряженности поля 250 кА/м опять отмечают тенденцию на уменьшение внутренних напряжений в покрытии.

Результаты исследования влияния на внутренние напряжения продолжительности обработки полиэфирных покрытий в магнитном поле показывают, что увеличение времени не всегда эффективно, а в отдельных случаях даже отрицательно сказывается на внутренних напряжениях (рис. 1, кривые 5, 6). Так, из характера расположения кри-

вых видно, что возрастание времени обработки с приближением его к времени желатинизации самого лака приводит к возврату внутренних напряжений до первоначального значения. При последующем увеличении напряженности поля эти напряжения уже превышают напряжения в контрольных образцах.

Для определения стабильности полученного эффекта во времени была изучена кинетика нарастания внутренних напряжений (рис. 2).

Рис. 2. Кинетика нарастания внутренних напряжений в полиэфирных необработанных (1) и обработанных (2) магнитным полем покрытиях ($H = 120$ кА/м; $\tau = 10$ с)



По кинетическим данным видно, что приобретенный эффект стабилен во времени, о чем свидетельствует параллельность кинетических кривых. Как видно из графика, внутренние напряжения обработанных покрытий снижаются в среднем на 46 % и остаются по истечении времени на том же уровне.

Проведенные исследования показывают возможность использования внешних магнитных полей для достижения модифицирующего эффекта в полимеризующихся системах. В результате магнитной модификации получают полиэфирные покрытия с минимальными внутренними напряжениями. Это свидетельствует о том, что в обработанных полем покрытиях происходит почти полная их релаксация. На характер процесса существенное влияние оказывает продолжительность воздействия поля и его напряженность. Отмечена тенденция к уменьшению продолжительности обработки. Так, во временном интервале 10...120 с наблюдают более сильное понижение внутренних напряжений. Эффективность действия поля вне этого интервала снижена.

Оптимальная напряженность магнитного поля находится в пределах 100...150 кА/м. Правда, при $H = 250$ кА/м внутренние напряжения опять идут на убыль, но применение в промышленности полей таких напряженностей технически затруднено. Напротив, магнитные поля небольших напряженностей можно получать, используя постоянные магниты, выпускаемые промышленностью. Оснащение сушильных камер такими магнитами будет гарантировать безопасность процесса отверждения полиэфирных покрытий на древесных материалах.

Применение магнитной обработки при формировании полиэфирных покрытий на древесных материалах позволяет иметь покрытия с улучшенными физико-механическими свойствами, что повышает их долговечность, устраняет необходимость введения химических веществ для достижения этой цели. Особенно эффективной магнитная обработка оказывается для полиэфиров, отверждающихся с помощью ультрафиолетового излучения, покрытия из которых характеризуются повышенной степенью незавершенности релаксационных процессов, возникающей за счет ускоренной полимеризации системы. Кроме того, с помощью магнитной обработки осуществляют направленное воздействие на процесс полимеризации и в широких пределах регулируют свойства создаваемых защитно-декоративных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев А. Г., Корнев А. Е. Магнитные эластомеры.—М.: Химия, 1987.—С. 197—204. [2]. Евдокимов Ю. М. Повышение адгезионной прочности клеевых систем в деревообрабатывающей и мебельной промышленности направленным физико-химическим воздействием: Дис. ... докт. техн. наук.—М.: МЛТИ, 1985.—С. 214—262. [3]. Зубов П. И., Сухарева Л. А. Структура и свойства полимерных покрытий.—М.: Химия, 1982.—С. 46—121. [4]. Сагдеев Р. З. Магнитные и изотропные эффекты в реакциях свободных радикалов и возбужденных состояний в конденсированной фазе: Дис. ... докт. хим. наук.—Новосибирск, 1977.—387 с. [5]. Сухарева Л. А. Полиэфирные покрытия. Структура и свойства.—М.: Химия, 1987.—С. 128—133.

Поступила 10 мая 1990 г.

УДК 62-529

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ЛАЗЕРНОГО РАСКРОЯ

Ю. Г. ПАВЛОВ, А. С. ИВАННИКОВ, К. П. ШЕРЕМЕТЬЕВ

Московский лесотехнический институт

Современный этап автоматизации технологических процессов характеризуется прежде всего широким применением управляющих ЭВМ для выбора наилучших технологических режимов.

В данной статье рассмотрены вопросы автоматизации технологического процесса раскроя листовых материалов с использованием лазерной установки типа ЛУРМ-1600, связанной с устройством числового программного управления (УЧПУ) типа Н22-1М. Переход на лазерную резку позволяет снять многие ограничения, имеющие место при других методах обработки, и внедрить высокоэффективные комбинированные раскрои.

В настоящее время существуют различные программы единовременного как рационального, так и оптимального раскроя [1—3]. Однако на деревообрабатывающих предприятиях для оперативного управления технологическим процессом в условиях частой смены задач раскроя применение таких программ неэффективно, так как требует организации сложной системы функциональных связей с ЭВМ, а также последующей ручной корректировки получаемых раскройных карт. Наиболее эффективно применение автоматизированного управляющего комплекса, совмещенного с лазерной установкой и позволяющего вести очередное диалоговое проектирование раскройных карт. Комплекс включает также вычислительную микропроцессорную систему и устройство ЧПУ.

Создание такого комплекса предполагает:

- 1) рациональный раскрой листовых материалов в диалоге с микроЭВМ;
- 2) определение оптимальной траектории резания для принятых технологом карт;
- 3) преобразование траектории резания в коды УЧПУ.

Решение указанных задач позволяет в диалоговом режиме с помощью персональной ЭВМ управлять технологическим процессом раскроя листовых материалов.

1. Рациональный раскрой. Применение микроЭВМ IBM PC, позволяя приблизить управление к производству, дает дополнительные возможности для графического представления результатов расчетов и визуального контроля за ходом проектирования. Задача раскроя — определить наименьшее возможное число исходных листов $S_r(a_i, b_i)$, необходимых для выпуска данной партии деталей вида $r(\alpha_r, \beta_r)$, в данном количестве по каждому виду n_r . Эффективный вы-

числительный процесс базируется на методе сеток. Отправным в предложенном алгоритме является описание как исходных листов, так и деталей в виде конечных множеств, состоящих из одинаковых ячеек с параметром α_j , кратным, с учетом допусков на точность изготовления и ширину реза лазера, параметрам $a_i, b_i, \alpha_r, \beta_r$, т. е.:

$$\alpha_r = m_r \alpha_j; \quad \beta_r = p_r \alpha_j; \quad a_i = q_i \alpha_j; \quad b_i = g_i \alpha_j,$$

где m_r, p_r, q_i, g_i — целые числа;

$$r = \overline{1, R} \quad (R — \text{общее число деталей}).$$

Такое представление исходного множества листов и деталей позволяет перейти к формированию информации для ЭВМ в виде двумерного массива, где каждой ячейке сетки ставится в соответствие нуль, если она не принадлежит ни одной детали, и число r , если принадлежит r -й детали.

При осуществлении вычислительного процесса после очередного изменения в массиве, соответствующем раскраиваемым листам, происходит пересчет параметров, а лист в целом описывается двумя матрицами текущего состояния, в каждой из которых любой ячейке сетки поставлена в соответствие величина, показывающая число незанятых подряд ячеек соответственно вправо и вниз. Ячейка исходного листа ν_{ij} , которой поставлено в соответствие число r с наименьшими координатами, называется установочной точкой r -й заготовки. В плане раскроя положение каждой детали определяется координатами этой точки, а также расположением детали (горизонтальное, вертикальное). Представление исходных данных в виде матриц текущего состояния позволяет хранить их в микроЭВМ и фиксировать положение заготовок в виде целых чисел. Это исключает возникновение погрешности вычислений и предельно упрощает печать карт раскроя, так как используют только операции сложения, вычитания и сравнения.

Процесс построения собственно раскроя состоит из последовательно выполняемых процедур, в каждой из которых осуществляется альтернативное принятие решений по выбору детали, включаемой в раскрой на данном шаге, определению установочной точки и способа укладки данной детали. Представим процесс принятия решений в виде ориентированного графа раскроев. По существу на данном шаге процесса происходит фиксация одного из путей в графе. При реализации на ИВМ РС предложенного алгоритма в начальной вершине графа осуществляется выбор пути до конечной вершины с учетом случайной последовательности и упорядочения деталей по площади и линейному параметру. Каждой из указанных альтернатив ставится в соответствие вариант рационального раскроя.

Выбор установочной точки выполняется на основе просмотра матриц текущего состояния. В качестве установочной назначается ячейка (ξ_{ij}, η_{ij}) исходного листа, для которой выполняются соотношения

$$[(\xi_{ij} \geq \alpha_r) \wedge (\eta_{ij} \geq \beta_r)] \vee [(\xi_{ij} \geq \beta_r) \wedge (\eta_{ij} \geq \alpha_r)]. \quad (1)$$

При раскрое на произвольном шаге t может оказаться, что в матрице текущего состояния для k ячеек не выполняются условия (1) ни для одной из деталей партии r ; $r = \overline{t, R}$. При этом площадь отхода составляет $S_{30} = k\alpha_j^2$. Очевидно, при выборе установочной точки для детали r необходимо обеспечить минимум S_{30} , что достигается укладкой детали r в установочную опорную точку ν_{ij} с параметрами ξ_{ij}^t, η_{ij}^t , удовлетворяющими условиям

$$\xi_{ij}^t = \max_{ij} \{\xi_{ij}\}; \quad \eta_{ij}^t \geq \beta_r; \quad \eta_{ij}^t = \max_{ij} \{\eta_{ij}\}; \quad \xi_{ij}^t \geq \alpha_r. \quad (2)$$

В самом деле, если для произвольной ячейки с координатами ξ_{ij} , η_{ij} хотя бы одно из условий (2) не выполняется, то, сдвигая деталь r влево (вверх) до точки с параметрами, соответствующими условиям (2), получаем новую установочную точку с координатами $\xi'_{ij} \geq \xi_{ij}$, $\eta'_{ij} \geq \eta_{ij}$. Следовательно, прекращается появление новых ячеек, не удовлетворяющих соотношению (1), а значит и $k'_{ij} \leq k_{ij}$ (k'_{ij} — число ячеек в области отхода при укладке детали r в точку с координатами i, j). Таким образом, в качестве установочной точки r -й детали выбираем по условиям (1) и (2), определяющим одновременно и способ укладки, ячейку с параметрами ξ'_{ij} , η'_{ij} . После укладки r -й детали пересчитываются параметры матриц текущего состояния, указанная процедура повторяется для детали $r+1$. Программная реализация данной части автоматизированного комплекса выполняется на языке ФОРТРАН, а графическая визуализация — в режиме Турбо-Паскаль. Эффективность получаемых раскроев оценивали прежде всего по проценту отхода материала в реальных практических задачах, а также осуществляли сравнение на произвольных задачах с программой гильотинного раскроя [3].

Эффективность комплекса иллюстрируется следующей таблицей.

Размеры листа, м	Число загото- вок, шт.	Число листов, шт.	Процент отхода
6 × 5	4	1/1	6,0/16,0
10 × 6	5	1/1	16,0/31,0
12 × 5	4	2/2	49,2/49,2
10 × 4	12	3/4	7,5/30,5
12 × 4	15	8/8	26,0/26,0

Примечание. В числителе — характеристики раскроя в предлагаемом комплексе; в знаменателе — полученные по программе гильотинного раскроя.

2. Определение траектории резания. В соответствии с технологическими требованиями, включающими необходимость обеспечения наивысшей производительности установки, находят длину траектории резания, которая должна быть минимальной. Для этого необходимо минимизировать число повторных резов и острых углов на траектории, что в конечном итоге приводит к значительному повышению производительности. Алгоритм определения на микроЭВМ IBM PC траектории резания, отвечающей указанным требованиям, базируется на представлении карты раскроя неориентированным графом и определении кратчайшей траектории холостого хода лазера на основе модифицированной вычислительной схемы метода ветвей и границ, содержащей процедуры принудительного стягивания, условного ветвления расстояний специального вида на матрице, отражающей альтернативность в возможном выборе направлений как реза, так и холостого хода.

3. Преобразование траектории резания в коды УЧПУ. Полученная на предыдущем этапе траектория резания, представленная множеством угловых точек, преобразуется в коды УЧПУ, для чего используется программа, реализующая постпроцессор. МикроЭВМ обеспечивает возможность подключения внешних устройств с различным быстродействием и IBM PC в контур управления технологическим процессом лазерной резки. В имеющейся лазерной установке

ЛУРМ-1600 управление лазерным резаком и раскройным столом осуществляется при помощи УЧПУ типа H22-1M. Носитель информации—восьмидорожечная перфолента, содержащая коды ISO управляющих символов входного языка УЧПУ. Таким образом, вычислительный комплекс на базе IBM PC используется как для нахождения рационального раскроя и эффективной траектории, так и как система подготовки данных для УЧПУ. Для подготовки перфоленты вычислительный комплекс расширен путем подключения перфоленты ленточного типа ПЛ-150M. Все указанные программы функционируют в среде MS-DOS.

Анализ работы комплекса показал его эффективность для оперативного управления технологическим процессом раскроя при небольших партиях деталей и частой смене их номенклатуры в условиях опытного и мелкосерийного производства. Опытная промышленная выработка проведена на Заволжском КФО с годовым экономическим эффектом 55 тыс. р.

Разработанный автоматизированный комплекс использовали для управления технологическим процессом лазерного раскроя деталей механики пианино. Переход на лазерную технологию позволяет существенно упростить получение деталей и достичь экономии древесины граба. Экономический эффект составил 21 тыс. р. в год.

Элементы разработанного комплекса можно успешно применять для диалогового проектирования раскроев в мебельной и фанерной промышленности, позволяющего в реальных практических задачах получать коэффициенты раскроя не ниже 93 %, а также для проектирования траекторий резания при лазерной, газовой, эль-дуговой резках материалов, обеспечивающего наиболее производительный режим работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Канторович Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.—Новосибирск: Наука, 1971.—320 с. [2]. Математическое обеспечение расчетов линейного и прямоугольного раскроя: Тез. докл.—Уфа: Изд-во УАИ, 1980.—129 с. [3]. Мухачева Э. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.—М.: Машиностроение, 1984.—176 с.

Поступила 20 февраля 1991 г.

УДК 624.011.14 : 624.042.1/3

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕСТНОМУ СМЯТИЮ ПОД УГЛОМ К ВОЛОКНАМ

Б. В. ЛАБУДИН, Р. Б. ОРЛОВИЧ, Т. Н. БАЗЕНКОВ

Ленинградский инженерно-строительный институт
Брестский политехнический институт

Современное строительство предъявляет повышенные требования к строительным материалам, конструкциям и изделиям из древесины.

Конструкции из клееной древесины, по сравнению с металлическими и железобетонными, имеют меньшую монтажную массу, большую прочность и жесткость при высокой надежности и долговечности, ниже энергозатраты на их производство. В то же время зависимость свойств древесины от ее строения и пороков, значительный расход качественных пиломатериалов, ползучесть при длительном нагружении и др. ограничивают область применения деревянных клееных конструкций (ДКК).

Большое разнообразие конструкций из клееной древесины определяется анизотропией ее упругих и прочностных свойств. В последнее время наблюдается повышенный интерес к разработке новых методов расчета и испытаниям пиломатериалов и ДКК в нашей стране [2, 5, 8, 10] и за рубежом [11].

Несущая способность многих деревянных конструкций определяется прочностью узловых соединений элементов, зависящей от местных напряжений, характера их распределения, наличия концентраторов. Сопряжение элементов в узлах может осуществляться примыканием элементов друг к другу и к металлическим частям не всей торцевой поверхностью, а только ее частью. Влияние концентрации напряжений, возникающих в местах соединений при передаче усилия от одного элемента к другому в форме местного смятия (сжатия) под углом к волокнам, недостаточно изучено.

Попытка выявить действие концентраторов была сделана в работе [1]. Однако в этой работе не было учтено влияние угла наклона волокон древесины к направлению усилия. Этот вопрос не решает также и СНиП II-25—80 [9], который принимает во внимание местное смятие только для приложения нагрузки перпендикулярно волокнам древесины, а под углом — косвенно.

Для определения влияния местных нагрузок на напряженное состояние элементов необходимо выяснить характер распределения контактных напряжений. Эта задача весьма сложна и поддается решению лишь методами теории упругости [6].

Установлено [1], что вблизи торцевой поверхности, загруженной местной нагрузкой, под кромками штампа возникает значительная концентрация нормальных и касательных напряжений, оказывающая решающее влияние на несущую способность узла, что при инженерных расчетах не учитывается.

Исследование проводили с использованием метода конечных элементов по программе, разработанной в Брестском политехническом институте совместно с ЦНИИПромзданий применительно к ЭВМ ЕС-1022 [7].

Расчетные схемы деревянных элементов при местном смятии под углом к волокнам представлены на рис. 1: отношение ширины образца к ширине штампа $a/c = 3$ ($c/a = 0,33$); угол между направлением си-

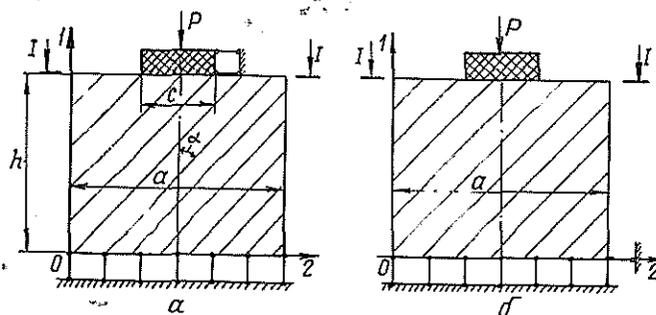


Рис. 1. Расчетные схемы приложения к образцам штамповой нагрузки по первой (а) и второй (б) схемам нагружения

лы и направлением волокон $\alpha = 45^\circ$; упругие постоянные для древесины $E_0 = 10\,000$ МПа, $E_{90} = 400$ МПа, $G = 500$ МПа, $\mu_1 = 0,50$, $\mu_2 = 0,02$; для металла $E = 210\,000$ МПа, $G = 81\,000$ МПа, $\mu = 0,30$ в предположении упругой работы древесины с учетом жесткого соедине-

ния штампа с ней. Согласно данным расчета строили эпюры напряжений по сечению I—I (рис. 2).

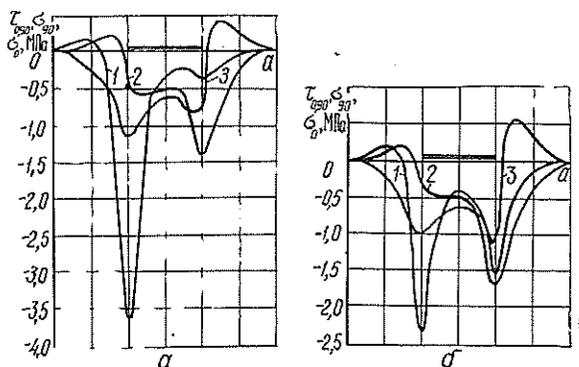
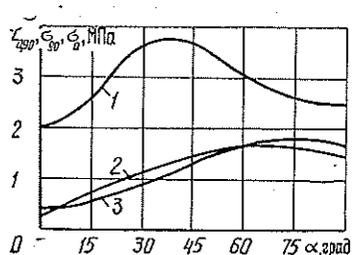


Рис. 2. Эпюры напряжений в сечении I—I по первой (а) и второй (б) схемам нагружения: 1 — σ ; 2 — σ_{90} ; 3 — $\tau_{0,90}$

Анализ эпюр показывает, что характер распределения напряжений почти одинаков. Аналогичные эпюры были получены для углов 0, 15, 30, 60, 75 и 90°, по которым определяли максимальные значения нормальных напряжений вдоль σ_0 и поперек σ_{90} волокон древесины, а также скалывающих напряжений $\tau_{0,90}$. На основании этих данных строили графики зависимости максимальных значений напряжений от α (рис. 3).

Рис. 3. Зависимость максимальных значений напряжений от угла α : 1 — σ_0 ; 2 — σ_{90} ; 3 — $\tau_{0,90}$



Из приведенных зависимостей видно, что они имеют максимальные значения при $\alpha = 30 \dots 60^\circ$. Значения σ_{90} (кривая 2) медленно увеличиваются до $\alpha = 45^\circ$, затем их рост ускоряется, достигая максимума при $\alpha = 60^\circ$, и далее они медленно уменьшаются. Величина σ_0 возрастает, достигая максимума при $\alpha = 45^\circ$, далее рост прекращается и начинается их спад до $\alpha = 90^\circ$. Значения $\tau_{0,90}$ наиболее быстро растут при изменении α от 0 до 45°. Затем рост напряжений затухает, достигая максимума при $\alpha = 75^\circ$. Исходя из такой зависимости, следует ожидать резкого уменьшения прочности древесины при увеличении угла α до 45° и постепенного — до 90°.

При смятии древесины под углом к волокнам должна существовать граница, на которой наблюдается переход от одного вида разрушения к другому. Учитывая, что в этом случае происходит прижим одних волокон к другим, за счет увеличения σ_{90} (рис. 3), и возрастание прочности древесины на сдвиг, можно сказать, что такой границей является угол от 40 до 50°.

Разрушение древесины при смятии (сжатии) под углом к волокнам происходит в результате пластического разрушения или скалывания [4].

Поэтому можно считать, что угол $40 \dots 50^\circ$ — граница между хрупким и пластическим разрушениями. По данным работы [12], древесина при сжатии вдоль волокон в основном разрушается от сдвига, а при смятии поперек волокон ведет себя как упругопластический материал. Значит, смятию под углом от 0 до 45° свойственно разрушение хрупкое, а под углом от 45 до 90° — пластическое.

Этот вывод сделан с учетом упругой работы древесины в обоих направлениях — вдоль и поперек волокон. Так как предел прочности поперек волокон значительно ниже предела прочности вдоль волокон, а древесина при сжатии поперек волокон ведет себя как пластичный материал, дальнейшие расчеты проводили с учетом работы древесины за пределом упругости, которую описывали идеализированной диаграммой Белянкина — Прагера.

Решение упругопластической задачи осуществляли шаговым методом загрузки с помощью специальной программы на ЭВМ ЕС-1022 [7]. По расчетным данным строили график зависимости $N = f(\Delta\delta)$, где $\Delta\delta$ — приращение вертикального перемещения штампа, вызванное приращением нагрузки на ΔN .

Используя методику стандартных испытаний древесины, изложенную в ГОСТ 21554.7—78 [3], и «Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций» [8], определяли по графику $N = f(\Delta\delta)$ нагрузку N_{I-II} , при которой резко возрастают деформации, т. е. начинается явное отклонение от линейного характера. Эту нагрузку принимали за разрушающую.

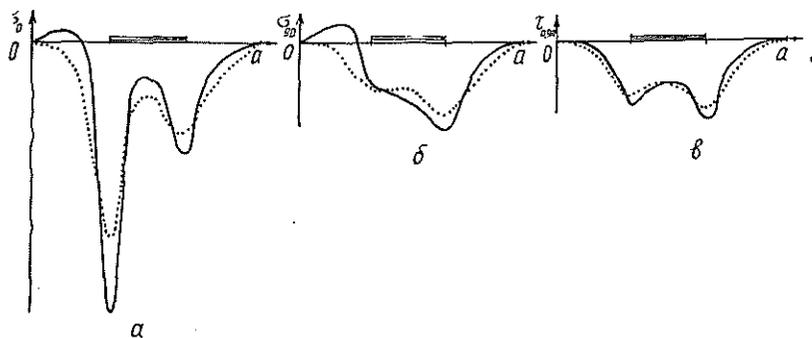


Рис. 4. Изменение нормальных напряжений вдоль (а) и поперек (б) волокон и касательных напряжений (в) при $c/a = 0,33$, $\alpha = 45^\circ$ (сплошные линии — с учетом упругой, а пунктирные линии — с учетом упругопластической работы древесины)

Характер приведенных на рис. 4 эпюры напряжений, действующих в сечении I—I при нагрузке N_{I-II} , указывает на то, что учет пластической работы древесины вызывает снижение концентрации напряжений, особенно для σ_{90} . Переход древесины в пластическое состояние начинается под кромкой штампа, где концентрация напряжений σ_{90} больше.

Однако локальное проявление пластичности не влияет на линейный характер функции $N = f(\Delta\delta)$. Предельное состояние наступает тогда, когда часть рассматриваемого сечения древесины переходит в пластическое (неупругодеформируемое) состояние, а напряжения под штампом распределяются почти равномерно. Это характерно для $\alpha > 45^\circ$, а для $\alpha < 45^\circ$ наблюдается хрупкое разрушение от скалывания или разрыва поперек волокон. Следовательно, диапазон $40 \dots 50^\circ$ является границей, характеризующей переход одного вида разрушения в другой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Агагин В. И. Исследование скалывающих напряжений в узлах деревянных конструкций при приложении усилий на части торца сопрягаемых элементов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—М., 1976.—21 с. [2]. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине. / Под ред. Б. Н. Уголева.—М.: Лесн. пром-сть, 1989.—296 с. [3]. ГОСТ 21554.7—78 (СТ СЭВ 2022—79). Пиломатериалы и заготовки. Метод определения предела прочности при смятии поперек волокон.—Введ. 01.01.80.—М., 1978.—5 с. [4]. Иванов Ю. М. О деформациях и напряжениях в древесине как неоднородном материале: Тр. Ин-та леса.—М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949.—Т. IV.—С. 195—218. [5]. Иванов Ю. М. Основные принципы испытания клееных деревянных конструкций // Деревообработ. пром-сть.—1974.—№ 2.—С. 10—12. [6]. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Основные уравнения. Плоская теория упругости. Кручение и изгиб.—М.: Изд-во АН СССР, 1954.—647 с. [7]. Орлович Р. Б. Решение плоской контактной задачи для анизотропного тела МКЭ // Конструкции из дерева и пластмасс.—Л.: ЛИСИ, 1983.—С. 91—96. [8]. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК.—М.: Стройиздат, 1981.—40 с. [9]. СНиП II-25—80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.—М.: Стройиздат, 1982.—65 с. [10]. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—246 с. [11]. Справочное руководство по древесине. Лаборатория лесных продуктов США / Пер. с англ. Я. П. Горелика, Т. В. Михайловой. Под ред. С. Н. Горшина.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—544 с. [12]. Хухрянский П. Н. Прочность древесины.—М.; Л.: Гослесбуиздат, 1955.—151 с.

Поступила 1 июня 1990 г.

УДК 674.053

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ РАМНЫХ ПИЛ

В. В. СОЛОВЬЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Существующие методы оценки работоспособности дереворежущих пил, основанные на детерминистических подходах по классическим теориям прочности или с учетом процесса разрушения, дают осредненные значения показателей надежности, которые не позволяют учитывать во всей полноте обширный комплекс факторов, имеющих в основном случайный характер. В связи с этим представляется необходимым решить задачу оценки надежности пил в вероятностном аспекте.

Опыт эксплуатации рамных, ленточных и круглых пил показывает [6], что возникновение аварийного состояния происходит из-за развития трещин. При этом процесс разрушения — длительный, что определяет необходимость оценки работоспособности инструмента с позиций механики разрушения. В детерминистической постановке такой подход развивался в работах [4, 6].

Условие безопасной работы пилы выглядит следующим образом:

$$l \leq \delta, \quad (1)$$

где l — длина трещины к концу периода стойкости;
 δ — толщина снимаемого при заточке слоя.

Суть соотношения (1) состоит в том, что работоспособность пилы будет обеспечена во время эксплуатации до полного ее износа с определенной вероятностью в случае, когда в любой из периодов стойкости не возникает трещины, опережающей нормальный расход пилы.

Полагая, что во все периоды стойкости создаются одинаковые условия эксплуатации с равными характеристиками рассеяния факторов, вызывающих процесс разрушения, и пренебрегая эффектом старения материала, надежность работы пилы N на всем периоде ее эксплуатации представляем в виде:

$$H = v(\delta > l). \quad (2)$$

Здесь $v(\delta > l)$ — вероятность того, что l не превысит толщину снимаемого при заточке слоя δ (вероятность безотказной работы) в любой период стойкости.

Таким образом, задача оценки надежности пилы сводится к рассмотрению одного периода стойкости и заключается либо в определении вероятностных характеристик момента времени t , при котором длина трещины в процессе роста первый раз превзойдет опасный уровень δ , либо в нахождении вероятности того, что в течение времени t процесс $l = l(t)$ ни разу не перейдет за опасный уровень. В дальнейшем δ будем рассматривать как случайную величину, а $l(t)$ — случайную функцию, определяемую комплексом случайных параметров.

Следуя работе [3], вводим понятие резерва прочности $R(t)$:

$$R(t) = \delta - l(t). \quad (3)$$

При этом под отказом понимаем переход функции $R(t)$ через нуль в область отрицательных значений. Находим характеристики распределения случайной функции $R(t)$ при отсутствии корреляционной связи между δ и $l(t)$:

$$\begin{aligned} \bar{R}(t) &= \bar{\delta} - \bar{l}(t); \\ S_R &= S_\delta + S_l. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь S_R , S_δ , S_l — дисперсии случайных величин. (Символом с черточкой обозначены математические ожидания соответствующих случайных величин).

Учитывая, что пересечения $R(t)$ допустимого уровня представляют собой редкие события, для определения их вероятности можно применить теорию выбросов. Плотность распределения выбросов в область отрицательных значений представляем следующим выражением:

$$u(0) = - \int_{-\infty}^0 p(0, \omega) \omega d\omega, \quad (5)$$

где $p(0, \omega)$ — совместное распределение плотности резерва прочности и его первой производной;

ω — среднее значение скорости изменения резерва прочности.

Так как изменение резерва прочности во времени происходит медленно, по сравнению со скоростью выбросов, то можно полагать, что функции $R(t)$ и $\omega = \omega(t)$ взаимно независимы. При этом $p(0, \omega) = p_R(0) p_\omega(\omega)$.

Функцию $\omega(t)$ определим по условию

$$\omega(t) = \frac{dR(t)}{dt} = - \frac{dl(t)}{dt}. \quad (6)$$

Следовательно, выражение (5) принимает вид

$$u(0) = p_R(0) \bar{\omega}, \quad (7)$$

где $p_R(0)$ — интегральная функция распределения резерва прочности при $t = 0$.

Находим надежность пилы с учетом вероятности в начальный момент времени:

$$H = [1 - p_R(0)] \exp \left[- \int_0^T u(0) dt \right]. \quad (8)$$

Рост трещины происходит под воздействием напряжений, обусловленных рядом факторов, основными из которых являются силы резания P_K , отжима P_H и натяжения полотна E . Первые два фактора переменные, действующие с регулярной частотой. Их можно рассматривать как поток дискретных независимых случайных воздействий. Именно эти факторы создают переменную составляющую напряженного состояния пилы и определяют рост трещины в усталостном режиме. Величину напряжений в опасной точке σ с учетом реальной геометрии зубчатой кромки можно найти методом конечных элементов [5]. Исходя из принципа независимости действия сил, имеем

$$\sigma = f_1 P_H + f_2 P_K + f_3 F, \quad (9)$$

где f_i — детерминированные коэффициенты, определенные методом конечных элементов и соответствующие конкретно взятым геометрическим параметрам зуба.

Полагая случайные величины P_H , P_K , F нормально распределенными, для σ также получаем нормальный закон распределения. Для случайной величины σ и ее дисперсии имеем

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= f_1 \bar{P}_H + f_2 \bar{P}_K + f_3 \bar{F}; \\ S_\sigma &= f_1^2 S_{P_H} + f_2^2 S_{P_K} + f_3^2 S_F. \end{aligned} \quad (10)$$

Расчетную длину трещины в момент времени t принимаем по закону скорости разрушения [2]. В исследованиях [4] показано, что для дорезающих пил в широком диапазоне длин трещин скорость их распространения наиболее полно описывается уравнением, предложенным в работе [7]. В рассматриваемом случае при малых длинах трещин возникает возможность использования более простой зависимости

$$\frac{dl}{dN} = CK^n, \quad (11)$$

где N — число циклов нагружения, в данном случае $N = t/\bar{t}$;
 \bar{t} — время цикла нагружения;
 C, n — характеристики трещиностойкости материала, определяемые по результатам лабораторных исследований ($n = 3$ для сталей 9ХФ и 9ХФМ);
 K — максимальный за цикл коэффициент интенсивности напряжений.

При малых длинах трещин коэффициент интенсивности напряжений может быть вычислен по уравнению

$$K = 1,12\sigma \sqrt{\pi l}. \quad (12)$$

Подставляя (12) в (11) и выполняя интегрирование, находим длину трещины в произвольный момент времени:

$$l(t) = \frac{l_0}{[1 - \sqrt{l_0} C (m\sigma)^{3n} t / (2t)]^2}, \quad (13)$$

где l_0 — начальная длина трещины;
 $m = 1, 12 \sqrt{\pi}$.

Дисперсию случайной величины вычисляем методом статистической линеаризации:

$$S_l = \left(\frac{\partial l(t)}{\partial \sigma} \right)^2 S_\sigma, \quad (14)$$

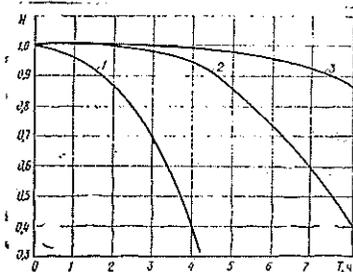
где $\frac{\partial l(t)}{\partial \sigma} = 3 \sqrt{l(t)^3} C m^3 \sigma^2 t / \bar{t}$. (15)

Математическое ожидание $l(t)$ рассчитываем по формуле (13) при средних значениях параметров. Предполагая, что δ и $l(t)$ распределены по нормальному закону, имеем для резерва прочности также нормальный закон распределения. При этом временную плотность выбросов определяем по уравнению

$$u(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi S_R}} \sqrt{l(t)^3} C (m\sigma)^3 \frac{1}{t} e^{-\bar{R}^2/(2S_R)}. \quad (16)$$

Рассмотрим пример расчета при следующих исходных данных. Параметры зуба пилы: шаг 26 мм, высота 18 мм, задний угол 15°, угол заострения 47°. Следовательно, $f_1 = 0,096$; $f_2 = 0,235$; $f_3 = 1,620$. Начальная длина трещины принимается равной глубине риски, получаемой в процессе заточки инструмента. По нормативным данным $l_0 = 0,06$ мм, а при наблюдаемом в практике качестве подготовки пил $l_0 = 0,1$ мм. Толщина снимаемого при заточке слоя 0,2; 0,3; 0,5 мм с коэффициентом вариации на каждом уровне 10%. Значения сил резания и отжима для различных посылок Δ взяты по данным работы [1], P_H и P_K , отнесенные к ширине полотна, и их дисперсии приведены в таблице. Номинальное натяжение полотна $F = 266$ МПа и $S_F = 707$ МПа получены экспериментально путем измерения сил натяжения полотен оборудования предприятий ассоциации «Северолесозэкспорт». Характеристика трещиностойкости материала пил $C = 2,4 \cdot 10^{-11}$.

Показатели	Численные значения показателей при Δ/H				
	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10
P_H , кН/м	24,2	42,4	60,5	83,3	111,5
P_K , кН/м	65,8	125,6	187,4	250,9	356,8
S_{P_H} , (кН/м) ²	5,9	4,4	235	367	1189
S_{P_K} , (кН/м) ²	49	423	529	784	1273



Зависимость надежности рамных пил H от продолжительности работы T при различных значениях параметров: 1 — $l_0 = 0,1$ мм, $\delta = 0,3$ мм (мерзлая древесина); 2 — $l_0 = 0,1$ мм, $\delta = 0,5$ мм; 3 — $l_0 = 0,06$ мм, $\delta = 0,5$ мм

Результаты расчета представлены на рисунке. Они свидетельствуют о том, что при нормативных значениях шероховатости затачиваемых поверхностей надежность пилы составляет не менее 95% в течение 7 ч эксплуатации ($\delta = 0,5$ мм), а при некачественной обработке поверхностей ($l_0 = 0,1$ мм) и прочих равных условиях лишь в течение 4 ч. Уменьшение толщины снимаемого слоя при заточке во всех случаях приводит к снижению надежности работы пилы. Работоспособность пилы с надежностью 95% ($\delta = 0,3$ мм) сохраняется только 2,5 ч. По мере увеличения посылки Δ в 1,6 раза и прочих равных условиях через 3 ч работы вероятность отказов возрастает на 6%, а через 4 ч — на 13% (см. таблицу). При пилении древесины в зимний период возрастают усилия резания и надежность пил резко снижается. Так, при $l_0 = 0,1$ мм и $\delta = 0,3$ мм через 2 ч работы вероятность отказов составляет 14%, а через 3 ч — 42%. Это подтверждено практикой эксплуатации пил.

Итак, работоспособность пилы с обеспеченностью 95% в зимний период в течение 1/3 смены может быть достигнута либо увеличением толщины слоя стачивания до 0,5 мм, либо повышением качества заточки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Боровиков Е. М. Влияние величины подачи на силы фрезания при распиловке древесины на лесопильных рамах // Лесн. журн.—1970.—№ 4.—С. 65—71.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Панасюк В. В., Андрейкив А. Е., Ковчик С. Е. Методы оценки трещиностойкости конструкционных материалов.— Киев: Наук. думка, 1977.—279 с. [3]. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность.— М.: Стройиздат, 1987.—240 с. [4]. Соловьев В. В., Михайлова А. Р. Расчет на прочность дереворежущих пильных инструментов по стадии разрушения // Лесн. журн.—1983.—№ 6.—С. 62—67.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Соловьев В. В., Михайлова А. Р., Семенова Л. П. К вопросу исследования напряженного состояния зубьев пильных инструментов методом конечных элементов // Лесн. журн.—1977.—№ 6.—С. 87—91.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Соловьев В. В., Моргачев А. М., Михайлова А. Р. Сравнение работоспособности рамных пил из сталей 9ХФ и 9ХФМ // Деревообаб. промьсть.—1983.—№ 6.—С. 5—6. [7]. Черпанов Г. П. Механика хрупкого разрушения.— М.: Наука, 1974.—640 с.

Поступила 13 апреля 1990 г.

УДК 674.055 : 621.922.024

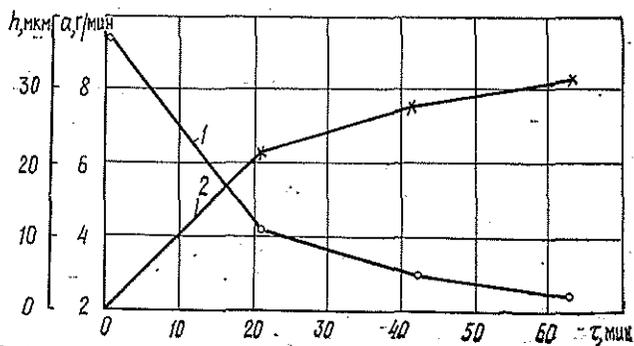
К ВОПРОСУ О ЗАТУПЛЕНИИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ ЛЕНТ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ

А. А. КОРОБОВСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Затупление шлифовальных лент при обработке древесины — результат истирания и осыпания абразивных зерен, а также засаливания рабочей поверхности шкурки. Анализ предыдущих работ и проведенные исследования позволяют установить, что первые две причины оказывают незначительное влияние на стойкость шлифовальных лент. Основную роль в снижении производительности шлифования играет засаливание. При ленточном шлифовании древесины на первом этапе работы происходит осыпание слабо закрепленных зерен с поверхности шкурки, наблюдаются максимальные производительность шлифования и температура в зоне обработки. Именно в этот период наиболее интенсивно забивается стружкой межзерновое пространство шкурки, что приводит к вытеснению абразивных зерен из обрабатываемого материала и довольно резкому снижению производительности. Затем поступление стружки в межзерновое пространство уменьшается, снижаются скорость вытеснения зерен из древесины, производительность шлифования и скорость засаливания (см. рисунок). В дальнейшем при неизменном давлении прижима процесс стабилизируется и, в связи с самоочисткой шкурки, высота засаливания устанавливается на определенном для данного режима уровне.

Зависимость производительности шлифования a (кривая 1) и высоты засаливания h (кривая 2) от времени шлифования τ



Засаливание, или заполнение межзернового пространства шлифовальной пылью (стружкой), носит сложный характер и является результатом действия различных физико-механических и химических процессов. При обработке древесины шлифовальными лентами средняя температура в зоне контакта составляет 50...70 °С, в то время как в зоне микрорезания единичным абразивным зерном — 160...200 °С [4]. Этим обусловлено различие механизмов засаливания на разных участках шлифовальной шкурки. Так, в зоне резания активными зернами вследствие развивающихся высоких температур происходит спекание частиц шлифовальной пыли и связки с образованием наростов (следов), которые имеют длину 5...10 размеров зерна. На остальной поверхности шкурки, где температура не очень высока, но достаточна для расплавления связки и смолистых веществ древесины, частицы шлифовальной пыли удерживаются в основном за счет молекулярных сил сцепления и механического защемления их в межзерновом пространстве [2]. Одним из действующих при этом физических факторов является электростатический заряд, накапливающийся на шлифовальной ленте во время работы, который способствует притяжению и удерживанию частиц древесины на инструменте. Однако действие его значительно слабее механического защемления и адгезии шлифовальной пыли к абразивной поверхности шкурки. Частицы, удерживаемые только благодаря электростатическому заряду, в процессе работы отрываются от поверхности шкурки из-за больших прилагаемых усилий при взаимодействии шкурки с древесиной (явление самоочистки). В дальнейшем эти частицы могут вновь попадать в межзерновое пространство шкурки или могут быть выброшены.

Анализ процессов, протекающих при шлифовании, показывает, что на засаливание шлифовальных лент при обработке древесины, кроме режимных факторов, влияют вид обрабатываемого материала и связующего, а также объем межзернового пространства, определяемый зернистостью инструмента и способом нанесения абразивных зерен на основу. Первые два фактора обуславливают адгезионные процессы и прилипание шлифовальной пыли к абразивной поверхности шкурки, а третий — способность механического защемления частиц древесины и размещение их в межзерновом пространстве. Объем межзернового пространства определяет, главным образом, износостойкость шлифовальных лент. Чем он меньше, т. е. чем плотнее структура абразивного слоя, тем легче частицы шлифовальной пыли застревают между зернами, тем выше степень засаливания. Для решения проблемы повышения износостойкости шлифовальных лент предлагаются следующие пути: увеличение объема межзернового пространства и создание условий для меньшего застревания шлифовальной стружки.

При работе шлифовальной шкурки в образовании стружки участвуют до 12 % от общего количества абразивных зерен [5], в основном это зерна предельной и крупной фракций. Остальные зерна только способствуют застреванию отходов шлифования в межзерновом пространстве. Поэтому удаление этой части зерен снижает засаливание инструмента. Кроме функции своеобразного сборника шлифовальной пыли, эти зерна удаляют стружку [3], т. е. играют роль «абразивной щетки», которая сама стружки не образует, но обеспечивает вынос из зоны шлифования срезанной активными зернами стружки, что способствует нормальному течению шлифовального процесса. Хаотическое нанесение на основу 12 % абразивных зерен от прежнего количества ухудшает условия стружкообразования в связи с увеличением расстояния между смежными траекториями зерен [3], нарушает ход процесса шлифования. Проблема может быть решена, если зерна располагать рядами в 1-2 зерна перпендикулярно направлению движения ленты, чтобы обеспечи-

вать нормальные условия образования и удаления стружки, предотвращать появление наростов большой длины вследствие спекания шлифовальной пыли и связки. Расстояние между рядами зерен должно составлять 10...20 размеров зерна, чтобы наросты спекшейся пыли не могли достичь следующего ряда. В этом случае увеличивается межзерновое пространство и уменьшается застревание частиц шлифовальной пыли между зернами. Шкурка с указанным расположением зерен отличается от шкурки с рельефным рабочим слоем [1] тем, что имеет участки абразива большей ширины, с большим количеством зерен. Это создает условия для прилипания и механического защемления стружки. Спекание шлифовальной пыли вокруг активных зерен и наличие зерен за ними может способствовать образованию наростов. Шкурки с предлагаемым расположением зерен таких недостатков лишены и обладают большей режущей способностью, так как их абразивные зерна глубже внедряются в древесину и работают в условиях, близких к условиям работы лезвийных инструментов.

Согласно приведенным выше параметрам, были изготовлены шлифовальные ленты и проведены испытания, которые показали высокую работоспособность таких лент. При этом признаков прилипания шлифовальной стружки и ее механического защемления в межзерновом пространстве не обнаружено. У некоторых активных зерен отмечено появление наростов спекшейся пыли и связки, но длина их не достигает соседнего ряда зерен и наличие наростов не сказывается на работоспособности шкурки. Производительность и стойкость данных шлифовальных лент повышается в среднем на 25 %. Затупление шкурки обусловлено, главным образом, осыпанием и истиранием абразивных зерен.

Выводы

1. Основная причина затупления шлифовальных лент при обработке древесины и снижения их работоспособности — засаливание.
2. Механизм засаливания по поверхности шлифовальной шкурки различен из-за особенностей тепловых процессов в зоне шлифования.
3. В связи со сложным характером засаливания, а также для уменьшения затупления шлифовальных лент и повышения их режущей способности следует увеличивать объем межзернового пространства и создавать условия для уменьшения застревания стружки. Для этого предлагается наносить абразивные зерна рядами шириной 1-2 зерна перпендикулярно направлению движения ленты, расстояние между рядами 10...20 размеров зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 6456—82. Шкурка шлифовальная бумажная.— Взамен ГОСТ 6456—75; Введ. 01.07.82 до 01.07.93. М.: Изд-во стандартов, 1990.— 12 с. [2]. Коробовский А. А. Адгезия шлифовальной пыли к абразивной поверхности шкурки // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств.— Л.: ЛТА, 1986.— С. 83—85. [3]. Кравчук В. И. Исследование и разработка методов повышения эффективности ленточного шлифования древесины путем улучшения рельефа абразивного слоя: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Львов, 1983.— 16 с. [4]. Петрова Т. И. Исследование затупления абразивных шкурок для древесины и методов их восстановления: Дис. ... канд. техн. наук.— Киев, 1972.— 262 с. [5]. Якимов А. В. Оптимизация процесса шлифования.— М.: Машиностроение, 1975.— 176 с.

Поступила 19 ноября 1990 г.

УДК 674.053 : 621.934

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПИЛЕНИЯ НА КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

В. В. ШОСТАК

Львовский лесотехнический институт

Режимы пиления круглыми пилами, разработанные ЦНИИМОДом [1], не учитывают износ режущего инструмента. Износ зубьев круглых пил исследован проф. С. М. Тимоненом [2, 3]. После обработки по методу наименьших квадратов данных, представленных в этих работах, получена эмпирическая зависимость

$$F = \frac{5,45 \cdot 10^{-5} S_z^{0,48} L_p^{1,06}}{104 - v}, \quad (1)$$

где F — площадь изношенности зуба пилы, мм²;
 S_z — подача на зуб, мм;
 L_p — путь резания, совершаемый одним зубом, м;
 v — скорость резания, м/с.

Уравнение (1) адекватно (проверено по критерию Фишера) отражает характер влияния режимов пиления на площадь изношенности зуба пилы в пределах условий выполненных опытов: $v = 25 \dots 85$ м/с, $S_z = 0,15 \dots 0,65$ мм, $L_p = 2 \dots 20$ км.

Если площадь изношенности достигает допустимой величины F_d , тогда практически отсутствует задний угол резания, наступает нагрев инструмента, что резко снижает качество обработки. С учетом этого из формулы (1) определяем допустимый путь резания для одного зуба:

$$L_{p.d} = \left[\frac{F_d (104 - v)}{5,45 \cdot 10^{-5} S_z^{0,48}} \right]^{1/1,06}. \quad (2)$$

Оптимальным следует считать такой режим резания, при котором будет получена минимальная себестоимость обработки единицы продукции:

$$C_o = E_o + E_n + E_a \rightarrow \min, \quad (3)$$

где E_o , E_a , E_n — затраты на выполнение основной и вспомогательных операций и на содержание инструмента.

Значения E_o и E_n можно определить по формулам

$$E_o = [r_p n_p + 150K_o + 0,015C_m/(2m) + 0,5S_m + 1,1N_p c_3 K_n] / Q_\Phi;$$

$$E_n = [t_n (\lambda g_o + r_p/60 + 0,015C_m/(120m)) + t_n r_n/60 + c_n i b_n/a_n + c_{3,\tau} i] / Q_L,$$

где r_p — оплата труда станочника, к./ч;
 n_p — число рабочих, обслуживающих станок;
 K_o — коэффициент, учитывающий число вспомогательных работников, приходящихся на один станок;

- C_M — стоимость станка, р.;
 m — сменность работы станка;
 S_M — площадь, занимаемая станком;
 N_p — мощность резания, кВт;
 c_3 — стоимость электроэнергии, к./ (кВт · ч);
 K_n — коэффициент использования станка;
 Q_Φ — часовая фактическая производительность станка;
 t_n — время, затраченное на смену комплекта инструмента, мин;
 λ — коэффициент, учитывающий долю холостого хода станка при смене инструмента;
 g_0 — стоимость электроэнергии при холостом ходе станка, к./ (кВт · ч);
 t_n — время, затраченное на наладку станка при смене инструмента, мин;
 r_n — оплата труда наладчика, к./ч;
 c_n — стоимость одной пилы, к.;
 i — число пил в комплекте;
 b_n — стачивание зуба пилы за одну переточку, мм;
 a_n — допускаемое стачивание пилы за срок службы, мм;
 $c_{з.т}$ — затраты на переточку одной пилы с учетом накладных расходов, к.;
 Q_L — производительность станка за период стойкости инструмента.

Мощность резания N_p , удельная работа резания k_T , скорость подачи v_S , часовая производительность Q_Φ и производительность за период стойкости инструмента Q_L находим из выражений

$$N_p = \frac{k_T a_{п.п} a_p b h v_S}{6 \cdot 10^4 \eta_{м.р}}; \quad k_T = C / (S_z^x h^y b^q);$$

$$v_S = 10^{-3} S_z n z; \quad Q_\Phi = 60 v_S K_n K_p; \quad Q_L = L_{р.л} S_z z / l,$$

где $a_{п.п}$, a_p — поправочные коэффициенты на породу и затупление соответственно;
 b , h — ширина и высота пропила, мм;
 $\eta_{м.р}$ — КПД механизма резания;
 x , y , q — показатели степени;
 C — постоянная, учитывающая условия пиления;
 n — частота вращения пилы, мин⁻¹;
 z — число зубьев пилы;
 l — длина дуги резания за один проход зуба пилы в заготовке, м;
 K_p — коэффициент производительности станка.

Поправочный коэффициент на затупление для продольного пиления круглой пилой находим в зависимости от радиуса закругления лезвия зуба ρ , мм:

$$a_p = 0,85 + 28\rho + 320\rho^2.$$

Учитывая связь между площадью изношенности и радиусом закругления лезвия зуба, получаем

$$\rho = \sqrt{\frac{5,45 \cdot 10^{-5} S_z^{0,48} L_p^{1,06}}{4,5 (104 - v) (\operatorname{ctg} \beta/2 - \pi/2 - \beta/2)}},$$

где β — угол заострения зубьев пилы, рад.

Затраты на вспомогательные операции E_b не зависят от режимных факторов процесса пиления, поэтому при дальнейшем анализе их в расчет не принимаем.

Подставляя в выражение (3) приведенные выше зависимости и преобразуя их, получаем целевую функцию оптимизации

$$C_o = \frac{A_o}{S_z h K_n} + \frac{B_o h^{1-y}}{S_z^x} + \frac{I_o t}{L_{p.д} z S_z} \rightarrow \min, \quad (4)$$

где $A_o = [100(r_p n_p + 150K_o + 0,015C_m/(2m) + 0,5S_m)]/(6zK_n)$;

$$K_n = \frac{1000L_{p.д}}{1000L_{p.д} + t_{п}/n};$$

$$B_o = \frac{1,1c_3 a_{п.п} a_p i C b}{3,6 \cdot 10^9 \eta_{м.р}};$$

$$I_o = t_n [\lambda g_o + r_p/60 + 0,015C_m/(120m)] + t_{п} r_{п}/60 + c_{п} i b_{п}/a_{п} + c_{з.т} i.$$

Анализ зависимости (4) показывает, что с увеличением подачи на зуб себестоимость обработки падает, а кривая не имеет минимума (рис. 1, а). С повышением частоты вращения пилы себестоимость вначале снижается, а затем возрастает в связи с ростом затрат на инструмент (рис. 1, б).

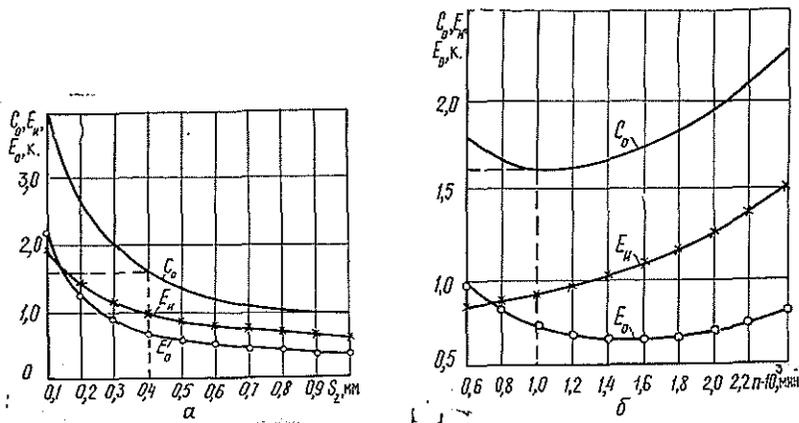


Рис. 1. Зависимости C_o , E_n , E_o от S_z (а) при $n = 995 \text{ мин}^{-1}$ и от n (б) при $S_z = 0,397 \text{ мм}$

Установлены ограничения режима пиления: мощность двигателя механизма резания, объем впадин зубьев пил, шероховатость (качество) поверхности пропила.

Определяем возможную подачу на зуб (мм) для продольного пиления круглой пилой:

по мощности двигателя механизма резания

$$S_z(N) = \left(\frac{6 \cdot 10^7 N_p \eta_{м.р}}{C a_{п.п} a_p b i n z h^{1-y}} \right)^{1/(1-x)}; \quad (5)$$

по объему впадин зубьев

$$S_z(W) = W_b/(h\sigma), \quad (6)$$

где W_b — площадь впадины зуба, мм^2 ;

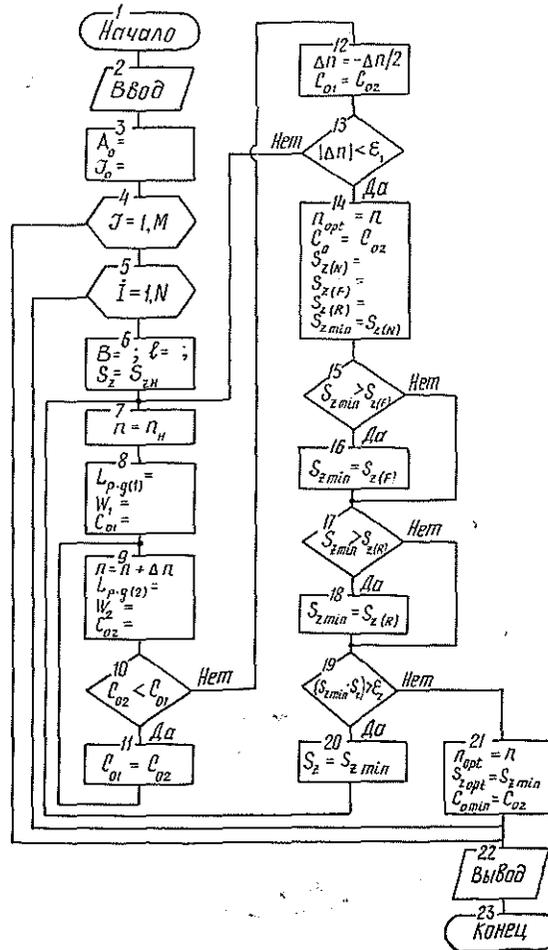
σ — коэффициент заполнения впадины зуба.

Возможную подачу на зуб по шероховатости поверхности пропила находим опытным путем в зависимости от требуемой по ГОСТ 7016—82 высоты неровностей R_m :

$$S_{z(R_m)} = [S_z]. \quad (7)$$

Алгоритм разработки оптимальных режимов продольного пиления круглыми пилами с использованием целевой функции (4) и ограничений (5)—(7) представлен на рис. 2.

Рис. 2. Алгоритм разработки оптимальных режимов продольного пиления круглыми пилами



В полученном алгоритме модуль 3 находит постоянные, вынесенные за циклы вычислений. Модули 4, 5 содержат циклы расчетов для разных толщин пил S_j и высот пропилов h_i . Оптимальное значение подачи на зуб $S_{z(opt)}$ и частоты вращения пилы $n_{(opt)}$ находим методом последовательного приближения. В первую очередь при начальном значении подачи на зуб $S_{z(n)}$ определяют по зависимости (4) минимальное значение себестоимости обработки и соответствующую ей частоту вращения пилы (модули с 6 по 13). Затем для этих значений $S_{z(n)}$ и n находят возможную подачу на зуб (модуль 14) с учетом ограничений (5)—(7). Из полученных величин выбирают минимальное значение $S_{z(min)}$ (модули с 15 по 18), которое используют для новой серии аналогичных расчетов, переходя к модулю 7. Их продолжают до тех пор, пока не будет выполнено условие (модуль 19)

$$S_{z(\min)} - S_z < \varepsilon_2,$$

где ε_2 — малое число.

При выполнении этого условия осуществляется переход к модулю 21, где найденные значения подачи на зуб и частоты вращения принимают за оптимальные. По этим режимам пиления рассчитывают все выходные показатели. Модуль 22 организует вывод полученных результатов.

С применением приведенных алгоритмов составлена программа для ЭВМ ЕС-1022. Программа позволяет выполнять расчеты оптимальных режимов пиления с учетом конкретных условий эксплуатации станков по критерию минимальной себестоимости обработки.

В таблице приведены рекомендуемые режимы пиления на многопильном станке для распиловки брусьев СБ8М-2 при следующих исходных данных: $N_p = 90$ кВт; $C_m = 14810$ р.; $S_m = 72$ м²; $n_p = 1$; $K_o = 1,3$; $\eta_{м.р} = 0,9$; $m = 2$; $t_{п} = 20$ мин; $t_{н} = 20$ мин; $r_p = 83,5$ к./ч; $r_{н} = 74,2$ к./ч; $c_s = 2$ к./кВт·ч; $D_{п} = 500$ мм ($D_{п}$ — диаметр пилы); $z = 48$; $a_{п} = 30$ мм; $b_{п} = 0,8$ мм; $F_{л} = 0,003$ мм²; $R_{m\max} = 750$ мкм; $S_0 = 0,7$ мм (S_0 — развод пилы на сторону); материал — сосна; $\beta = 40^\circ$; $\alpha_p = 1,9$.

Толщина пилы, мм	Высота пропила, мм	Число пил, шт.	Частота вращения, мин ⁻¹	Подача на резец, мм	Скорость подачи, м/мин	Допустимый путь резания, м	Ограничение
2,0	75	5	1004	1,200	157,84	2454	Качество
	100	6	932	0,972	43,48	2761	Мощность
	125	7	973	0,453	21,15	3853	»
	150	7	992	0,307	14,63	4564	»
2,2	75	5	1004	1,200	57,84	2454	Качество
	100	6	954	0,851	38,94	2913	Мощность
	125	7	995	0,397	18,95	4062	»
	150	7	1013	0,270	13,12	4802	»
2,5	75	5	1004	1,200	57,84	2454	Качество
	100	6	985	0,705	33,34	3141	Мощность
	125	7	1030	0,328	16,20	4380	»
	150	7	1045	0,224	11,24	5177	»

Выводы

Выбирая режимы пиления на круглопильных станках, необходимо учитывать износ зубьев пил, который зависит от скорости резания, подачи на зуб и пути резания. Критерий оптимальности режима пиления — себестоимость обработки с ограничениями по мощности, объему впадин зубьев и качеству пропила.

Для достижения оптимальных режимов резания привод механизма должен обеспечивать плавное регулирование частоты вращения пильного вала, что особенно важно для многопильных станков. В процессе работы инструмента назначенную оптимальную скорость подачи не следует изменять, так как увеличение скорости подачи для острых пил приводит к их повышенному износу и снижению периода стойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Стахнев Ю. М., Пашков В. К. Режимы пиления круглыми пилами для круглопильных станков, применяемых в лесопилении. — Архангельск: ЦНИИМОД, 1987. — 23 с. [2]. Тимонен С. М. Износ и затупляемость зубьев пил как функция пути резания // Лесн. журн. — 1969. — № 3. — С. 67—72. — (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Тимонен С. М. О влиянии скорости резания на износ и затупляемость

зубьев пил в работе // Лесн. журн.—1970.—№ 3.—С. 85—88.—(Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 7 декабря 1990 г.

УДК 674.023 (075.8)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

А. И. СОПОТУН, М. Т. БЕЦЬ

Львовский лесотехнический институт

Сложность полей напряжений и деформаций, вызываемых в древесине резцом, не позволяет с достаточной полнотой представлять механику возникновения и аналитическое описание сил на режущем органе и, соответственно, решать ряд прикладных задач. Тем не менее свойства сред в пространстве в теории упругости и механике сплошных производных в виде задач Дирихле, Ляме, Неймана, Римана и др.

В общем случае решение задачи Дирихле, когда на границе некоторой области определена непрерывная функция [6], сводится к отысканию метода, позволяющего непрерывно продолжать определение функции от границы на всю замкнутую область. При этом исследуемая функция должна быть непрерывно дифференцируема в ней и иметь регулярное решение, например [2]:

$$\iint_F \left[\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right)^2 \right] dx dy = 0, \quad (1)$$

где φ — силовая функция Эри.

Компоненты тензора напряжений, выраженные через φ , имеют вид

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}; \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}; \quad \tau_{xy} = - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}, \quad (2)$$

значит функционал (1) можно исследовать с позиций баланса моментов сил по всей напряженной области F . При выражении условия баланса моментов сил, приложенных к контуру напряженной области S , как

$$\int_S \varphi dS = 0 \quad (3)$$

получаем краевые условия на границе исследуемого напряженного тела:

$$\varphi_l = \int_0^l dy X dS - \int_0^l dx Y dS = \int_0^l (R_x dy - R_y dx), \quad (4)$$

где X, Y — составляющие единичных поверхностных сил;
 dS — элемент поверхности (контур) области S ;
 R_x, R_y — проекции сил на оси x, y соответственно.

Переход к внутренней задаче осуществляем, используя условие баланса сил, отнесенных к единице длины контура S и площади F (плоская задача) замкнутой области, по интегральной формуле Грина

$$\iint_F \left(\frac{\partial R_x}{\partial x} + \frac{\partial R_y}{\partial y} \right) dx dy = \int_S (R_x dy - R_y dx) = 0. \quad (5)$$

Приведенные уравнения требуют дискретного представления в виде набора многих элементов континуума. Однородность древесины

следует изучать на уровне дифференциально малых размеров, включающих достаточное количество элементов микроструктуры строения материала (квазиоднородность), на основании теоремы о среднем, т. е.:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial x} &= \lim_{F \rightarrow 0} \frac{\int_S \varphi dy}{F}; \\ \frac{\partial \varphi}{\partial y} &= \lim_{F \rightarrow 0} \frac{\int_S \varphi dx}{F}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

При этом естественные и технологические дефекты (трещины усушки, повреждения, сучья и др.) пока должны быть исключены из начальных (граничных) условий. Кроме того, сколь угодно малый размер напряженной области древесины, в которой можно обнаружить силы близкого действия или эффекты локальной микроструктуры, нельзя изучить без включения дополнительных условий в уравнения (1)–(6).

Функция Эри безотносительна к деформациям (распределение напряжений не зависит от свойств материала), а решение бигармонического уравнения

$$\nabla^2 \nabla^2 \varphi = \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0 \quad (7)$$

справедливо для консервативных систем [7]. Отсюда следует, что по третьему закону Ньютона систему внешних нагрузок можно приравнять к сумме внутренних сил, распределенных по некоторому (еще неизвестному) закону в фиксированном числе точек данного напряженного тела.

Заменим континуум исследуемого тела сеточной областью (рис. 1) с распределением внутренних сил в узлах сетки. Толщину стружки примем за независимую переменную. Центральные конечные разности для уравнения (7) представим по квадратной сетке

$$\nabla^2 \nabla^2 \varphi = \begin{array}{c} | 1 | \\ | 2 | -8 | 2 | \\ | 1 | -8 | 20 | -8 | 1 | \\ | 2 | -8 | 2 | \\ | 1 | \end{array} \varphi = 0, \quad (8)$$

а шаг дифференцирования dy — по толщине стружки через $h\beta$ (h — шаг сетки) с дискретными значениями β , которые также содержатся в начальных условиях [6]. Например, для точки 20 (рис. 1) имеем

$$\begin{aligned} & 2 \frac{9,5(1+\beta) + 1}{1+\beta} \varphi_{20} - 8(\varphi_{11} + \varphi_{19} + \varphi_{21} + \varphi_{29}) + \\ & + 2(\varphi_{19} + \varphi_{28} + \varphi_{30}) + \varphi_{18} + \varphi_{22} + \varphi_{38} + 2 \frac{1}{\beta(1+\beta)} \varphi_2 - 2\varphi_{10} = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Это позволяет при установлении условия равновесия (8) не составлять для каждого исследуемого значения $h\beta$ отдельную систему из 25 тринадцатичленных линейных уравнений вида (9). При решении системы линейных уравнений $\varphi = AC$ [3] достаточно в матрицу A и формулы начальных условий C внести соответствующее значение β и определить значения функции напряжений во всех узловых точках напряженной области.

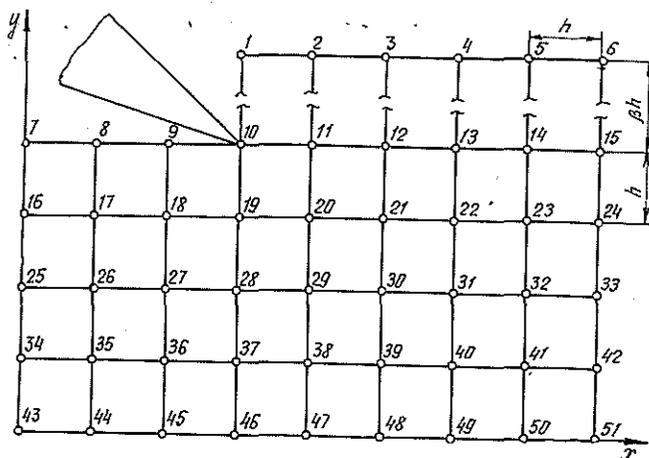


Рис. 1. Аппроксимация континуума напряженной области сеточной

Начальные условия [6] зависят от функционального изменения внешней нагрузки. Отметим, что векторы сил со стороны реза P_v и P взаимосвязаны. Их можно найти по формулам

$$P_v = N (\cos \delta - f \sin \delta); \tag{10}$$

$$P = N (f \cos \delta + \sin \delta), \tag{11}$$

где N — нормальная составляющая усилий со стороны реза на древесину;

δ — угол резания;

f — коэффициент трения между резцом и древесиной.

Нельзя принять вектор (10) или (11) в качестве постоянной величины, например $P = 1$, так как в этом случае второй вектор P_v будет неправомочно и односторонне определять «будущее» напряженное состояние тела.

Не ограничивая векторы P и P_v , принимаем независимую переменную N за весовую функцию $N = 1$, а квадратично интегрируемой функции в уравнении (1) даем стационарное значение. Это позволяет выражать в дальнейшем ортонормированную последовательность компонентов тензора напряжений в функции переменных уравнения (10) в виде

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{\psi(f, \delta, N)}.$$

Для определения численных значений компонентов тензора напряжений при вышеизложенных условиях уравнения (2) надо заменить их конечно-разностными аналогами

$$\sigma_x = \frac{1}{h^2} \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{bmatrix} \varphi; \quad \sigma_y = \frac{1}{h^2} \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \varphi; \tag{12}$$

$$\tau_{xy} = \frac{1}{4h^2} \begin{bmatrix} 1 & & -1 \\ & & \\ -1 & & 1 \end{bmatrix} \varphi.$$

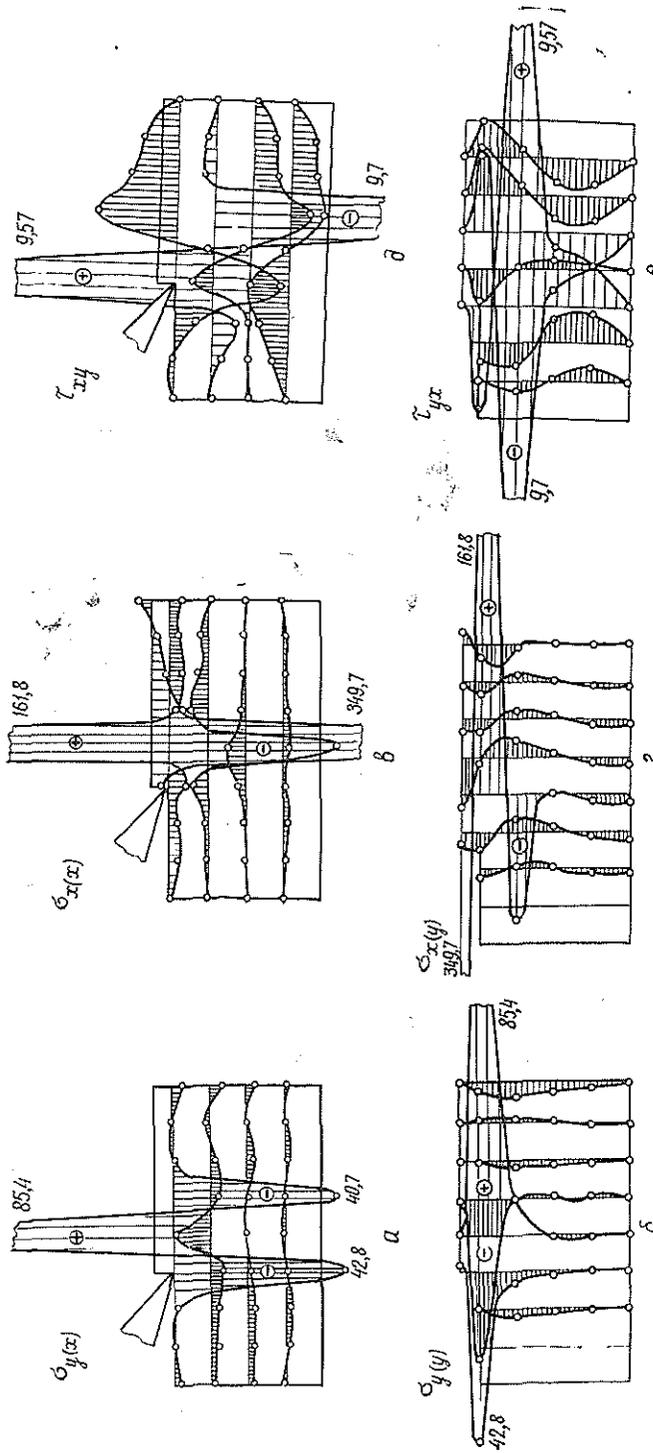


Рис. 2. Эпюры компонентов напряжений при $N = 1$; $\delta = 45^\circ$; $h\beta = 0,5$; $l = 0,2$; $f = 0,2$: а — $\sigma_y(x)$; б — $\sigma_x(x)$; в — $\sigma_x(x)$; г — $\sigma_x(y)$; д — τ_{xy} ; е — τ_{yx}

В качестве примера на рис. 2 представлены эпюры напряжений по горизонтальным и вертикальным сечениям напряженной области. Полученные эпюры напряжений показывают, что в точках твердого тела, достаточно удаленных от резца, напряжения зависят от глав-

ного вектора и главного момента заданных сил и концентрируются около лезвия реза. Это соответствует принципу Сен-Венана.

Графики на рис. 2 иллюстрируют периодическое изменение компонентов поля напряжений сравнительно больших амплитуд. Оно особенно заметно перед внедряемым в древесину резцом по плоскости резания и по вертикальным сечениям напряженного тела.

Влияние толщины стружки $h\beta$ на компоненты напряжений у лезвия реза показано на рис. 3. Для $\delta = 45^\circ$ компоненты нормальных напряжений в точке соприкосновения лезвия с древесиной сжимаемы. Разрушение древесины происходит в результате контактного воздействия режущей кромки.

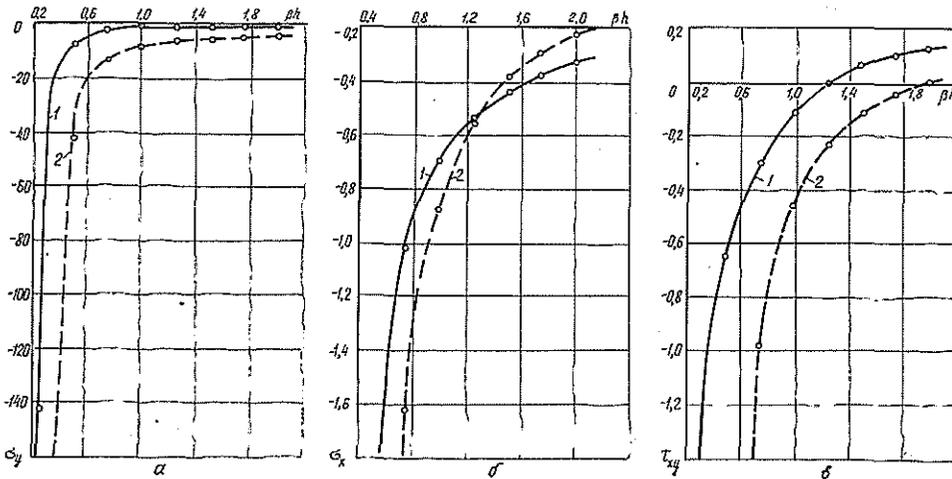


Рис. 3. Зависимость компонентов напряжений в точке соприкосновения лезвия реза с древесиной от толщины стружки при $N = 1$; $\delta = 45^\circ$; $l = 0,2$: а — σ_y ; б — σ_x ; в — τ_{xy} ; 1 — $f = 0,2$; 2 — $f = 0,6$

Наличие сравнительно больших значений амплитуд напряжений растяжения δ_y и δ_x (см. рис. 2) на некотором незначительном расстоянии от лезвия реза (непосредственно у лезвия имеем напряжения сжатия) можно объяснить по гипотезе [4], согласно которой всякая пластическая деформация (по передней грани реза) сопровождается увеличением объема и «разрыхлением» материала. Следовательно, контактному разрушению древесины предшествуют возникновение и концентрация отрицательных (растягивающих материал) нормальных напряжений в плоскости резания, особенно касательных у режущей кромки.

Характерно, что при сравнительно больших толщинах срезаемого слоя ($h\beta > 1,5$) «скорость» изменения компонентов тензора напряжений стабилизируется, а при $h\beta = 0,8$ наблюдается их резкое изменение.

Реальные значения компонентов напряжений в зависимости от толщины срезаемого слоя необходимо исследовать, принимая во внимание, что $N = 1$, т. е. полученные значения являются обратными величинами реального процесса или геометрической инверсией функционального представления напряжений с позиций преобразований Лапласа. Однако при дальнейшем отыскании аналитической зависимости изменения внешних сил вряд ли следует отдавать предпочтение оригиналу $\sigma_{l(zh)}$ над его изображением $\psi(\sigma_{l(zh)}^{-1})$ (рис. 3).

Влияние угла резания δ на напряженное состояние древесины у лезвия реза показано на рис. 4. Можно сделать вывод, что напряже-

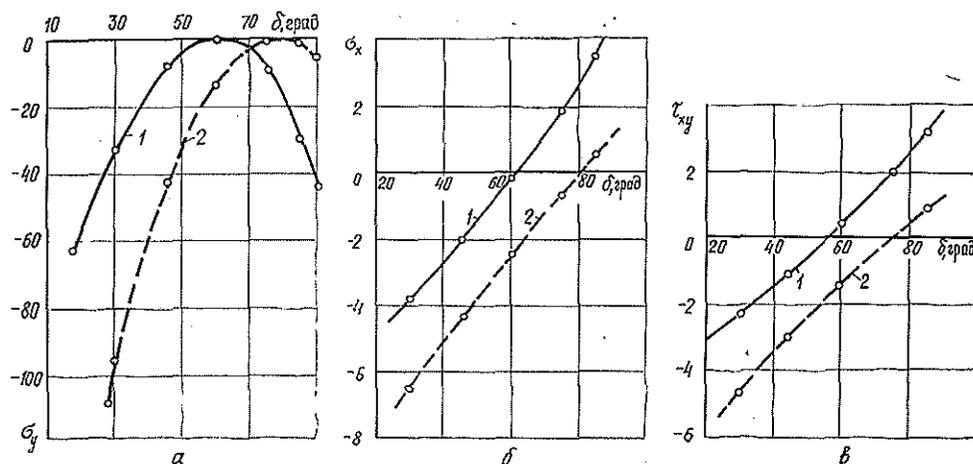


Рис. 4. Зависимость компонентов напряжений в точке соприкосновения лезвия реза с древесиной от угла резания при $N = 1$; $h\beta = 0,5$; $l = 0,2$: а — σ_y ; б — σ_x ; в — τ_{xy} ; 1 — $f = 0,2$; 2 — $f = 0,6$.

ния σ_y имеют положительное значение — растяжение (при $\delta \approx 60^\circ$ и $f = 0,6$, а также при $\delta \approx 80^\circ$ и $f = 0,2$), а компоненты σ_x , изменив знак, продолжают возрастать с повышением δ . При увеличении коэффициента трения контактирующей пары резец — древесина смена направления вектора внешней нагрузки P_v и компоненты σ_x происходит при меньших углах резания (передняя грань снимает концентрацию напряжений сжатия σ_x у лезвия и перераспределяет их вверх по толщине стружки).

Выводы

1. Результаты исследований по определению поля напряжений при резании древесины подтверждают необходимость обоснования корректных краевых условий [6] и возможность реализации задачи по вычислению тензоров поля напряжений и раскрытию физической сущности разрушения древесины при механическом воздействии клинообразного тела.

2. Решение внутренней задачи позволяет выявить характер распределения сил по передней грани реза и получить аналитическую зависимость сил резания в функции технологических переменных и свойств материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности / Пер. с англ.—М.: Мир, 1987.— 542 с. [2]. Караманский Т. Д. Численные методы строительной механики / Пер. с болг.—М.: Стройиздат, 1981.— 436 с. [3]. Марчук Т. И. Методы вычислительной математики.—М.: Наука, 1980.— 536 с. [4]. Ножовилов В. В. О пластическом разрыхлении // Прикладная математика и механика.— 1965.— Т. XXIX, вып. 4.— С. 681—689. [5]. Пространственные задачи теории упругости и пластичности / Под общей ред. акад. АН УССР А. Н. Гузя.— К.: Наук. думка.— Т. 3.— 1985.— 280 с.; Т. 6.— 1986.— 272 с. [6]. Сопотун А. И., Бець М. Т. О корректности краевых условий при решении задачи Дирихле для случая резания древесины // Лесн. журн.— 1990.— № 4.— С. 62—66.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Эриксен Дж. Исследования по механике сплошных сред / Пер. с англ.—М.: Мир, 1977.— 246 с.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.023.1

ВЛИЯНИЕ ХЕЛАТНОГО СОЕДИНЕНИЯ
НА ПРОЦЕСС ОТБЕЛКИ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ
РАСТВОРАМИ ДИТИОНИТА НАТРИЯТ. А. ТУМАНОВА, А. Р. ГАБРИЕЛЯН, В. А. ЧАСОВЕННАЯ,
Ю. И. ДЬЯЧЕНКО, С. С. ПУЗЫРЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Проблема отбелики древесной массы является весьма важной в современных условиях в связи с возрастающим дефицитом белых волокнистых полуфабрикатов. Поиск новых эффективных отбеливающих реагентов и их изучение представляют большой интерес. Отбелике дитионитом натрия (ДН) посвящено немного работ, а изложенные в них данные о режимах и влиянии хелатных соединений на протекание процессов в растворах ДН весьма противоречивы [2, 3, 6—10, 12, 13, 15].

В настоящей работе приведены результаты изучения влияния предварительной обработки небеленого полуфабриката раствором ЭДТА (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) на процесс разложения ДН и свойства беленой волокнистой массы.

В качестве полуфабриката использовали рафинерную древесную массу (РДМ) Сыктывкарского ЛПК из древесины ели со степенью помола 65 °ШР, массовой долей лигнина 30, смол и жиров — 4,2, зольных веществ — 0,8 %. Препарат ДН содержал 82,4 % дитионита, 10,0 % сульфита, 6,0 % сульфата и 1,5 % тиосульфата.

Отбелику образцов РДМ раствором ДН производили при температуре 20, 35, 55 и 70 °С. Во время опытов величина рН растворов не менялась и была равной 5; 6, 7. Продолжительность отбелики τ составляла от 15 до 120 мин, концентрация отбелного раствора по ДН — 20,6 ммоль/л, концентрация массы — 3 %.

Образцы небеленой РДМ предварительно обрабатывали раствором ЭДТА (из расчета 0,25 % к массе абс. сухого вещества). В нагретую реакционную массу после установления рН вносили при перемешивании навеску ДН. Параллельно проводили опыты по отбелике в тех же условиях, но без обработки ЭДТА. После отбелики массу промывали водой до нейтральной реакции.

В отработанном отбелном растворе определяли содержание С дитионита натрия, гидросульфита, тиосульфата, сульфата [1], рН (рис. 1), а также наличие катионов железа и марганца. В образцах массы после промывки фиксировали содержание золь, а затем — железо и марганец в ней с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра ААС-1N (ГДР). Белизну отливок (Б) определяли на лейкометре.

Для изучения реверсии белизны РС рафинерной древесной массы использовали УФ-излучение с длиной волны 340 нм, 390 нм. Продолжительность освещения 15 ч.

Полученные кинетические кривые разложения ДН и образования гидросульфита аппроксимировали уравнениями кубической параболы. Сравнение результатов расчета показало, что коэффициенты кинетических уравнений b_1 , отвечающие начальной скорости разложения, возрастают по модулю при снижении рН и в целом — с увеличением температуры. В присутствии РДМ процесс разложения ДН сначала ускоряется, затем резко замедляется [1].

По температурной зависимости находили эффективную энергию активации E_a^\ddagger разложения ДН. Выявлена связь между E_a^\ddagger и рН: при величине рН, равной 7 и 6, эффективная энергия активации соответственно составляет 18 ± 4 и 8 ± 1 кДж/моль, а при рН 5 — около 0 кДж/моль. Это говорит о том, что на механизм реакций (или соотношение долей их участия в общей сумме реакций) активно влияет рН.

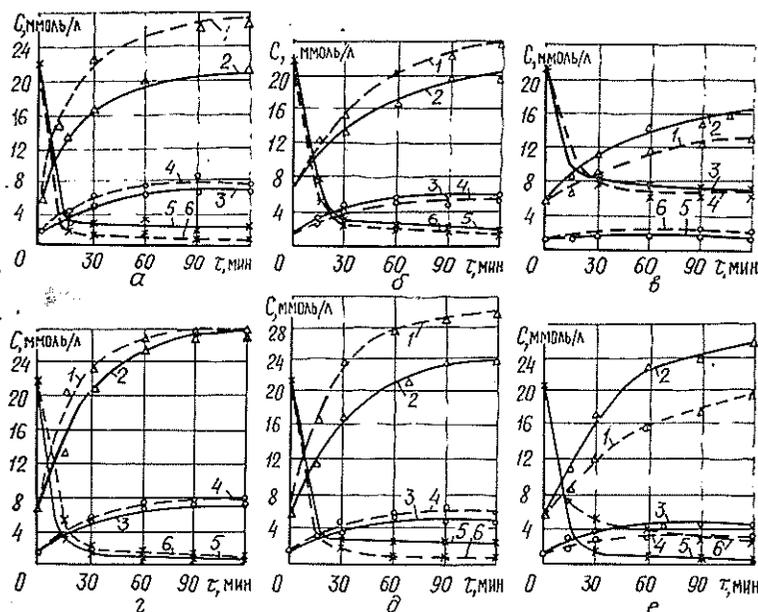


Рис. 1. Изменение состава водных растворов ДН в процессе отбеливания РДМ при температуре и рН: а—35 и 5; б—35 и 6; в—35 и 7; г—70 и 5; д—70 и 6; е—70 °С и рН 7; 1, 2—концентрация ионов HSO_3^- ; 3, 4— $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$; 5, 6— $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$; 1, 4, 6—РДМ, не обработанная раствором ЭДТА

На основании результатов анализа был рассчитан баланс по соединениям серы при разложении ДН для продолжительности отбеливания 60 мин (табл. 1).

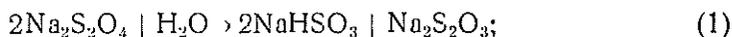
Таблица 1

Температура отбеливания, °С	рН отбельного раствора	Расход $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, %				
		общий	на образование соединений серы			
			HSO_3^-	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	SO_4^{2-}	неидентифицированных и S ⁰
35	5	96,1	54,0	29,4	10,6	2,1
		89,6	38,3	27,0	8,3	16,0
	6	90,2	43,4	18,1	15,2	13,5
		89,6	33,3	23,5	7,8	25,0
	7	65,9	31,4	6,9	27,1	0,5
		60,7	29,2	5,1	13,2	13,2
70	5	97,5	55,8	25,5	16,0	0,2
		94,7	55,6	29,7	7,8	1,6
	6	97,5	57,0	22,5	22,0	—
		93,5	46,3	24,1	12,0	10,9
	7	80,1	33,8	12,9	30,5	2,9
		94,4	49,3	20,3	10,1	14,7

Примечание. Здесь и далее в числителе—данные для РДМ без обработки раствором ЭДТА, в знаменателе—с обработкой.

Установлено, что введение волокнистой массы в растворы ДН вызывает перераспределение в расходе его по соединениям серы. Характер перераспределения в балансе зависит главным образом от рН растворов. Обработка РДМ хелатным соединением мало влияет на протекание химических реакций при отбелке.

Данные табл. 1 были использованы в общем процессе разложения ДН для оценки относительной доли следующих реакций:



Доля реакции (1) определяется из отношения $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}/\Delta\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, а реакции (2) — $\text{HSO}_3^-/\Delta\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. При рН, равном 5 и 6, доля этих реакций составляет около 60 %, т. е. они являются основными в образовании HSO_3^- . Соотношение этих реакций, их доля в общем отбельном процессе в большей степени зависят от рН и температуры, чем от присутствия хелатного соединения (табл. 2).

Таблица 2

рН отбельного раствора	Температура отбелки, °С	Доля реакций		рН отбельного раствора	Температура отбелки, °С	Доля реакций	
		1	2			1	2
5	20	0,57	0,05	6	55	0,51	0,02
		0,50	0,06			0,44	0,12
	35	0,60	0,05		70	0,52	0,06
		0,61	0,06			0,46	0,11
	55	0,65	0,02		20	0,16	0,11
		0,53	0,08			0,18	0,19
70	0,63	0,04	35	0,17	0,04		
	0,52	0,08		0,21	0,21		
6	20	0,65	0,07	55	0,31	0,07	
		0,46	0,16		0,16	0,13	
	35	0,52	0,04		70	0,43	0,05
		0,53	0,08			0,32	0,19

Без добавок древесной массы при величине рН, равной 6 и 7, доля реакции (1) составляет 0,04, реакции (2) — 0,4...0,5, а при рН 5 — 0,34 и 0,04 соответственно.

Зависимость прироста белизны $\Delta\text{Б}$ от условий отбелки представлена на рис. 2. Наибольший прирост приходится на первые 30...60 мин, в дальнейшем он может даже снижаться, особенно в опытах без обработки волокна хелатным реагентом. Обработка хелатным реагентом способствует значительному приращению белизны, а также снижению реверсии белизны РДМ, прежде всего при максимальной продолжительности отбелки (табл. 3).

Сравнение рис. 1 и 2 показывает, что максимальной скорости изменения белизны соответствует максимальная скорость образования ионов HSO_3^- и $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, т. е. максимальная скорость реакции (1).

Сделана попытка оценить эффективность энергии активации отбельного процесса. Для этого от графически сглаженных значений белизны перешли к отношениям коэффициентов светопоглощения и светорассеяния K/S [14]. Оказалось, что энергия активации отбельного процесса (в пределах ошибки) не зависит от обработки РДМ раствором ЭДТА и

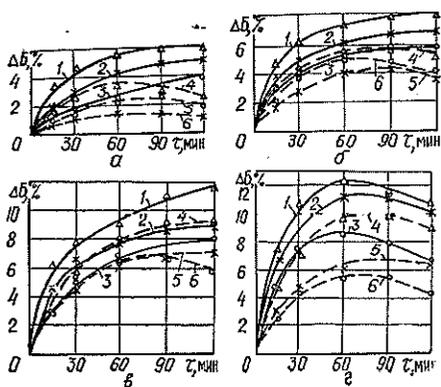


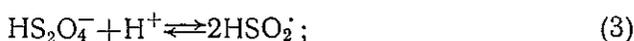
Рис. 2. Влияние обработки РДМ раствором хелатного соединения на повышение белизны в процессе отбеливания растворами ДН при температуре: а — 20; б — 35; в — 55, г — 70 °С; 1, 4 — рН 7; 2, 5 — 6; 3, 6 — 5; 4, 5, 6 — РДМ, не обработанная раствором ЭДТА

Таблица 3

рН отбелного раствора	Температура отбеливания, °С	Снижение белизны (— ΔБ), %, при продолжительности отбеливания, мин		Реверсия белизны, %, при продолжительности отбеливания, мин		рН отбелного раствора	Температура отбеливания, °С	Снижение белизны (— ΔБ), %, при продолжительности отбеливания, мин		Реверсия белизны, %, при продолжительности отбеливания, мин	
		60	120	60	120			60	120	60	120
5	20	3,3	7,4	3,3	3,5	6	55	4,2	4,4	3,6	3,3
		3,8	2,9	2,5	2,2			6,7	3,7	4,9	1,8
	35	3,8	3,8	3,4	3,6		70	6,7	9,0	6,5	9,5
		3,5	2,6	3,1	1,9			5,8	5,6	3,8	2,4
	55	6,0	9,8	5,3	8,0		20	6,1	7,4	6,0	7,7
		5,4	4,3	4,8	3,3			6,8	4,6	6,0	4,6
70	5,9	8,0	5,5	6,8	35	4,5	4,8	4,4	4,8		
	4,4	3,6	3,3	3,1		5,4	4,7	4,8	3,2		
6	20	3,0	2,1	3,0	3,9	55	4,2	5,0	3,7	4,6	
		4,2	3,4	1,7	2,8		4,0	3,4	4,8	2,0	
	35	4,8	3,0	4,5	4,4		70	6,0	6,2	10,0	6,0
2,7		3,3	2,1	2,3	6,7	4,7		5,0	3,8		

величины рН (в пределах условий опыта) и в среднем составляет 15 кДж/моль.

Из приведенных результатов следует, что лимитирующей стадией процесса отбеливания является внутренняя диффузия, в этом случае энергия активации кинетической стадии примерно вдвое превосходит полученную нами величину [5]. Низкие значения энергии активации указывают на возможность участия в процессе отбеливания таких активных частиц, как свободные радикалы HSO_2^- или ион-радикалы $\text{SO}_2^{\cdot-}$, образующиеся в качестве интермедиатов при разложении ионов по следующему механизму [11]:



Для построения математических моделей процессов отбеливания проведены опыты по плану Бокса В₃ [4]. В качестве функций отклика выбраны изменение белизны, степень реверсии белизны, доля ионов $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, израсходованных и пошедших на образование HSO_3^- и $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. По

уравнениям регрессии определены оптимальные условия отбелки (максимальные значения ΔB). Расчет оптимумов (минимумов) значений РС, проведенный по уравнениям

$$Y_1 = 3,505 - 0,140X_1 + 3,170X_2 + 0,108X_3 + 0,395X_1^2 - \\ - 1,655X_2^2 + 1,255X_3^2 - 0,008X_1X_2 - 0,125X_1X_3 - 0,300X_2X_3; \\ Y_2 = 2,962 + 0,350X_1 + 1,540X_2 + 0,210X_3 + 1,387X_1^2 - \\ - 2,362X_2^2 - 0,212X_3^2 + 0,325X_1X_2 - 0,200X_1X_3,$$

показал, что минимум РС отвечает условиям, в которых отбелка практически не протекает (Y_1 , Y_2 — значения РС в опытах с обработкой и без обработки хелатным соединением; X_1 — рН среды, пределы варьирования 5...7; X_2 — продолжительность отбелки, 15...120 мин; X_3 — температура раствора, 20...70 °C).

Для уточнения технологических рекомендаций, принимая во внимание как ΔB , так и РС, проводили расчет ожидаемых значений белизны после старения РДМ для данной исходной белизны и выбирали условия максимума. Кроме того, рассчитаны отвечающие концу отбелки составы отбельных растворов по основным компонентам.

При сопоставлении результатов оптимизации видно, что в присутствии ЭДТА растет ΔB оптимума и снижается РС. Значения ΔB для оптимума с учетом старения значительно меньше отличаются от ΔB до старения. В этом случае более полно расходуется ДН, повышается количество образовавшихся в растворе ионов HSO_3^- и $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

Представим уравнение регрессии в безразмерных координатах

$$Y_3 = 7,787 + 0,960X_1 + 3,500X_2 + 1,310X_3 - 0,487X_1^2 - \\ - 3,787X_2^2 - 0,137X_3^2 + 0,900X_1X_2 + 0,350X_1X_3 + 0,775X_2X_3,$$

где Y_3 — прирост белизны;

X_1 , X_2 , X_3 — то же, что в уравнениях для Y_1 и Y_2 .

Остаток ДН составил 0 %, HSO_3^- образовалось 56,1 %, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ — 22,0 %.

Наиболее вероятным механизмом влияния ЭДТА на процессы разложения ДН и отбелки РДМ является связывание в прочные комплексы каталитически активных ионов d -элементов. Результаты анализов показывают, что предварительная обработка РДМ раствором ЭДТА, не снижая зольности, приводит к уменьшению среднего суммарного содержания в массе волокна ионов железа примерно на 30 %, а марганца — примерно на 80 %. Очевидно, уменьшение их содержания приходится на комплексы, сорбированные массой и десорбированные в процессе ее промывания. Таким образом, ЭДТА частично связывает ионы железа и более полно — ионы марганца, что способствует повышению белизны и стабильности РДМ при отбелке.

Выводы

1. Обработка волокнистой массы хелатным соединением (ЭДТА) способствует повышению белизны и снижению степени старения. При этом снижение реверсии белизны может быть достигнуто увеличением продолжительности отбелки до 120 мин.

2. Обработка РДМ ЭДТА приводит к возрастанию скорости отбелки без изменения эффективной энергии активации, что указывает на единый механизм реакций. Выявлена одна из реакций, протекающих в растворе при отбелке.

3. Применение предварительной обработки РДМ хелатным соединением способствует более полному использованию отбелного реагента.

4. Предложен оптимальный режим отбелки (температура 70 °С, время 120 мин, рН 6,4 при начальной концентрации ДН 20,6 ммоль/л и концентрации массы 3 %), позволяющий повышать белизну на 10,5 % при РС, равном 2,6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние различных факторов на состав водного раствора дитнонита натрия / Т. А. Туманова, Ю. И. Дьяченко, А. Р. Габриелян, С. С. Пузырев // Химия и химич. технология.—1990.—№ 11.—С. 28—34.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Заявка 3 308 298 (ФРГ), МКИ D21 C 9/10. Verfahren zur reduktiven Bleiche von Holzstoff / Melzer T.—Опубл. 13.09.84. // Изобрет. стран мира: Реф. информ.—1985.—№ 3.—С. 8. [3]. Заявка № 56-76798 (Япония), МКИ D21 C 9/10, D21 C 3/22. Способ отбелки целлюлозы высокого выхода / Йоцуя М., Танака И., Косидзука Т.—Опубл. 12.01.82. [4]. Пен Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства.—Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1982.—192 с. [5]. Физическая химия / Под ред. акад. Б. П. Никольского.—Л.: Химия. 1987.—880 с. [6]. Fluett A. Formation de thiosulfate dans les systemes de blanchiment des pates mecaniques: Conf. technol. estivale, Pointe-au-Pic, 28—29 Mai, 1987.—S. 1.—P. 43—52. [7]. Ganguli K. K. Sodium hydrosulfite bleaching of TMP improved with metal chelants // Pulp and Pap.—1980.—Vol. 54, N 10.—P. 108—112. [8]. Gellerstedt G., Petterson B. Autoxidation of lignin // Svensk Papperstidn.—1980.—Vol. 83, N 11.—P. 314—318. [9]. Hart T. R. Chelating agents in the Pulp and paper industry // Tappi.—1981.—Vol. 64, N 3.—P. 43—44. [10]. Hart T. R. Mechanical pulp bleaching costs cut with proper use of chelating agents // Pulp and Pap.—1981.—Vol. 55, N 6.—P. 138—140. [11]. Kinetics and mechanism of the thermal decomposition of sodium dithionite in aqueous solution / R. G. Rinker, S. Lynn, D. M. Mason, W. H. Corcoran // Ind. Eng. Chem. Fund.—1965.—Vol. 4, N 3.—P. 282—288. [12]. Melzer T. Kinetics of bleaching mechanical pulps by sodium dithionite: Int. Pulp Bleach. Conf., Quebec City, 18—21 June, 1985.—Montreal.—P. 69—73. [13]. Melzer T., Tibbling P., Tokio P. Hydrosulfite-Bleiche von holzhaltigen Faserstoffen im Bereich mittlerer Stoffdichten // Wochenbl. Papierfabr.—1985.—113, N 18.—S. 684—688. [14]. Polcin T., Rapson W. N. Spectrophotometric study of wood chromophores in situ. I. The method of differential $(K/S)_\lambda$ curves related to bleaching and color reversion // Tappi.—1969.—Vol. 52, N 10.—P. 1960—1965. [15]. Whiting P., Pitcher T. M., Manchester D. F. Factors affecting the use of chelating agents to aid the brightening of mechanical pulps // T. Pulp Pap. Sci.—1984.—Vol. 10, N 5.—P. 119—126.

Поступила 9 июля 1990 г.

УДК 541.18.025 : 676.017

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БУМАГЕ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Т. Н. ГРУЗДЕВА, Б. П. ЕРЫХОВ, А. Н. НАУМОВ,
А. П. ПЛОТНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Нами обнаружено и экспериментально доказано наличие тиксотропии в воздушно-сухих целлюлозно-бумажных материалах [2, 3, 5, 6]. После появления установок УРОМС [1, 7] работа по изучению эффекта упрочнения бумаги при динамическом воздействии была продолжена не только с утилитарной точки зрения, но и с позиций их влияния на результаты измерения вязкоупругих характеристик высокочастотным крутильным маятником [1, 4]. В данной работе измерение их в резонансном режиме нагружения представляет собой динамическое воздействие на структуру целлюлозно-бумажного материала. Таким образом, данная статья преследует две цели: познавательную и методологическую.

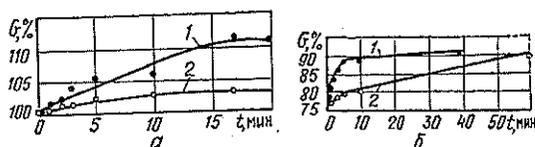
Частичное разрушение структуры волокнистых материалов может быть вызвано микропластическими деформациями (при протягивании образца под углом или через валик печатной машинки), а также динамическим воздействием в установке УРОМС [2, 3, 5, 6]. Одновременно с частичным нарушением связей, благодаря явлению тиксотропии, происходит самопроизвольное восстановление структуры. Так как оба процесса в какой-то мере инерционны, то временной фактор при интерпретации результатов экспериментов является решающим, поэтому эксперимент проводили в такой последовательности: вначале исследовали влияние динамического воздействия на образцы, не подвергаемые и подвергаемые предварительным микропластическим деформациям, а затем изучали самопроизвольное восстановление структуры образцов, подвергаемых только микропластическим деформациям.

В качестве объектов исследования использовали продукцию Сыктывкарского ЛПК: типографскую бумагу № 1 (ТБ-1) и книжно-журнальную бумагу (К-Ж), содержащую 75 % термомеханической массы (ТММ).

На рис. 1, а представлен средний по трем образцам характер изменения относительного модуля сдвига G от времени t для испытанной в установке УРОМС бумаги ТБ-1, не подвергнутой предварительным микропластическим деформациям: свежизготовленной (кривая 1) и после 10 месяцев хранения (кривая 2). Динамическое воздействие на резонансной частоте в установке УРОМС приводит к ускорению процесса перестройки структурных элементов всего лишь за первые 10...15 мин. Для «свежей» бумаги увеличение сдвиговой жесткости составляет 17 % против 6 % для бумаги, пролежавшей с момента изготовления до испытаний 10 месяцев.

На рис. 1, б показано относительное изменение модуля сдвига во времени в установке УРОМС для параллельных образцов бумаги ТБ-1, предварительно подвергнутых микропластической деформации, которую осуществляли путем протяжки образца с изгибом под углом 90° по два раза в продольном и поперечном направлениях (первое протягивание лицевой стороной, второе — сеточной). Такая деформация влечет за собой существенное нарушение структуры образцов, что приводит к снижению модуля сдвига до 75 % от исходного значения. Образцы, предварительно подвергнутые значительной пластической деформации, более интенсивно упрочняются в установке УРОМС: 5 мин вместо 15...20 мин в первом образце. Затем происходит постепенное упрочнение, и через час непрерывного динамического воздействия модуль сдвига возрастает до 90 % от исходного значения.

Рис. 1.



С учетом явления тиксотропии эти результаты можно объяснить следующим образом. При динамическом воздействии на образцы в установке УРОМС одновременно с упрочнением идет частичное разрушение структуры. Так как во втором случае нарушение структуры произведено до динамического воздействия, то последующее менее интенсивное воздействие лишь помогает тиксотропному упрочнению, происходящему быстрее, чем в первом случае.

Данный вывод подтверждается тем, что только приращение свободного объема за счет микропластических деформаций может вызывать существенную перестройку структурных элементов с соответствующей

миграцией и перераспределением коагуляционных контактов, обуславливающих тиксотропные явления и в воздушно-сухих волокнистых материалах [8].

Меньшее конечное значение модуля сдвига для предварительно деформированных образцов объясняется либо тем, что пластические деформации нарушают прочные и невосстанавливаемые связи, либо недостаточной выдержкой образцов во времени. Действительно, образцы ТБ-1 после пластических деформаций восстанавливают модуль сдвига до 95 % от первоначального через 6...7 недель, а образцы К-Ж — практически через неделю. Таким образом, долговременная стадия восстановления структуры образца обусловлена как характером и интенсивностью пластических деформаций, так и структурными особенностями волокнистого материала.

Следовательно, при измерениях на УРОМС и для фиксации структуры статус-кво материала необходимо работать при достаточно слабом динамическом воздействии, т. е. в области синусоидальных моментов, для которых резонансная частота крутильных колебаний принимает платовое значение [7]. В ином случае сам процесс измерения может вызывать перестройку структуры целлюлозно-бумажного материала и существенно повышать измеряемый модуль сдвига. Опыт использования установки показывает, что если динамическое воздействие в УРОМС может приводить к переупаковке структурных элементов, то следует ожидать изменения вязкоупругих характеристик в процессе одиночного измерения. При такой ситуации эксперимент во времени протекает следующим образом. Через несколько секунд (иногда минут) после подачи избыточного напряжения на катушку возбуждения и настройки системы в резонанс амплитуда колебаний начинает падать, т. е. нужна подстройка частоты, как правило, в сторону повышения. После подстройки резонансная амплитуда может отличаться от первоначальной, но после ряда подстроек резонансная амплитуда и частота стабилизируются. Это происходит в первые 10...15 мин.

Проанализируем динамику изменения резонансной амплитуды A (рис. 2, а) и модуля сдвига G (рис. 2, б) для трех образцов бумаги: К-Ж (кривая 1); ТБ-1, подвергнутого предварительной протяжке под углом (кривая 2) и без нее (кривая 3).

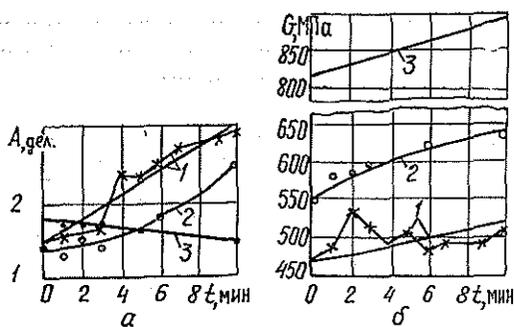


Рис. 2.

Оказалось, что с ростом модуля сдвига резонансная амплитуда для бумаги К-Ж возрастает, а для образца ТБ-1 падает. Тот же образец ТБ-1, но подвергнутый микропластической деформации, существенно уменьшает сдвиговую жесткость (с 900 до 600 МПа), а его резонансная амплитуда, как и для образца К-Ж, возрастает с увеличением времени t .

Полученные данные можно объяснить тем, что более сомкнутая и плотная структура образца ТБ-1 при динамическом воздействии в установке УРОМС за 10 мин становится на 10 % жестче (кривая 3), а

амплитуда уменьшается на 15 %. Менее плотная структура бумаги К-Ж при тех же условиях (кривая 1) несколько увеличивает жесткость (примерно до 8 %), но за счет большего свободного объема амплитуда за 10 мин возрастает почти в два раза. Того же эффекта можно достигнуть и с образцами ТБ-1, если предварительно резко увеличить свободный объем протяжкой образца под углом (кривая 2).

Хотя дополнительная информация, связанная с фиксацией в короткие промежутки времени вибро смещений, добротности и касательных напряжений на границе активного захвата в установке УРОМС необходима, но и приведенные данные позволяют сформулировать практический вывод: для характеристики структуры статус-кво по вязкоупругим характеристикам целлюлозно-бумажных материалов и исключения тиксотропных эффектов при длительных испытаниях измерения следует производить при минимальных синусоидальных моментах. Именно с этой целью в настоящее время разрабатывается режим автовозбуждения, позволяющий измерять модуль сдвига материала в доли секунды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ерыхов Б. П., Наумов А. Н., Раппопорт Р. Н. Резонансный метод определения модуля сдвига целлюлозно-бумажных материалов // Лесн. журн.—1981.— № 2.— С. 94—98.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование явлений тиксотропии и релаксации напряжений в целлюлозно-бумажных материалах // Лесн. журн.—1982.— № 6.— С. 84—89.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. Дополнительные доказательства наличия тиксотропии у бумаги // Лесн. журн.—1985.— № 6.— С. 93—99.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. Об эффекте упрочнения бумаги при динамическом воздействии // Лесн. журн.—1987.— № 4.— С. 89—92.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. О некоторых проявлениях тиксотропии у бумаги // Лесн. журн.—1978.— № 1.— С. 117—123.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Ерыхов Б. П., Фляте Д. М. Исследование тиксотропии в целлюлозно-бумажных материалах высокочастотным крутильным маятником. // Лесн. журн.—1984.— № 1.— С. 64—68.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. ОСТ 13-163—83. Полуфабрикаты целлюлозно-бумажного производства. Бумага. Картон. Резонансный метод определения модуля сдвига и добротности.—М.: Изд-во стандартов, 1983.— 15 с. [8]. Романов В. А. Оценка добротности бумаги для перфолент в напряженно-деформированном состоянии: Дис. ... канд. техн. наук.—Л.: ЛТИ ЦБП, 1986.— 246 с.

УДК 546.992.3 : 543.253

О ДЕЛИГНИФИКАЦИИ С АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ

О. Ф. ГОРБУНОВА, Г. М. БОГОЛИЦЫНА, Г. Г. КОЧЕРГИНА

Архангельский лесотехнический институт

При действии азотной кислоты на древесину происходит нитрование лигнина, в результате чего он приобретает способность растворяться в щелочных средах [1, 6, 8, 10, 11]. Направления реакций при нитровании лигнина и делигнификации древесины с использованием различных реагентов подробно рассмотрены в работах [4, 7, 13]. В последние годы ряд работ [14] посвящен применению окислов азота и кислорода вместо хлора в процессе отбеливания целлюлозной массы. Некоторые авторы отмечают [15] замедление деполимеризации целлюлозы после обработки ее двуокисью азота и кислородом.

Преимущество азотнокислого способа делигнификации по сравнению с существующими промышленными заключается в возможности проведения процесса при атмосферном давлении и температуре ниже 100 °С. Однако, несмотря на многочисленные проработки, он изучен

недостаточно. Это касается в первую очередь лигнина, а также других продуктов, образующихся при регенерации отработанных щелоков. Упрощение процесса регенерации и рациональное использование щелоков способствовали бы повышению экономичности азотнокислого способа получения целлюлозы.

Цель работы — исследовать делигнификацию древесины березы и ели при постадийной обработке водными растворами азотной кислоты и аммиака, а также образующиеся азотнокислые и аммиачные экстракты. Использование на второй стадии водного аммиачного раствора вместо гидроксида натрия обусловлено стремлением снизить или исключить зольные остатки при регенерации отработанных варочных растворов.

Следует отметить, что получаемая древесная масса была очень светлая, выход составил 45,5...54,4 %, остаточный лигнин — 0,5...3,6 %, α -целлюлоза — 76,5...81,2 %. Условия обработки древесины

Таблица 1

Но- мер об- раз- ца	Условия обработки древесины						Целлюлозная масса, %			Выход экстракта, % от древесины	
	азотной кислоты			аммиаком			Выход	Оста- тон- ный лиг- нин	α -цел- люло- за*	кислот- ного	аммиач- ного
	Кон- цент- рация кисло- ты, г/л	Гид- ромо- дуть	Продолжи- тельность, ч	Кон- цент- рация, %	Гид- ро- мо- дуть	Гид- ро- мо- дуть					
1	50,0	6,1	—	2,3	8,0	7,5	51,8	0,4	77,1	15,1	2,5***
2	76,0	6,0	2,5	1,5	6,3	5,0	45,5	0,5	79,4	19,0**	3,3***
3	76,0	6,6	1,0	3,0	12,5	5,2	54,4	2,2	79,1	19,0**	11,1
4	76,0	7,7	—	2,1	5,0	8,0	46,7	0,3	79,0
Березовые опилки											
5	74,0	5,0	2,4	1,0	10,0	5,0	48,3	1,6	...	25,6	11,6
6	76,0	5,0	—	2,5	6,3	5,0	49,4	0,5	81,2	19,0**	8,9
Березовая щепка											
Еловые опилки											
7	76,0	6,1	—	2,5	8,0	7,5	48,0	3,4	79,5	...	10,0
8	76,0	9,1	0,4	3,1	8,3	6,8	...	2,3	...	20,9	15,1
9	90,0	7,1	1,0	3,5	12,5	7,0	45,7	0,6	76,5

* Данные для неотбеленной целлюлозной массы.

** Средний результат трех обработок.

*** Результаты получены после частичного упаривания и обработки экстракта катионитом для час-
тинного осаждения лигнина.

и характеристика полученной целлюлозной массы представлены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что содержание остаточного лигнина зависело от вида древесины и концентрации азотной кислоты. В процессе кислотной обработки и промывки горячей водой примерно 50 % от находящегося в древесине лигнина переходило в раствор азотной кислоты, остальная часть его растворялась при обработке древесного остатка разбавленным аммиаком. При охлаждении маточного кислого раствора нитролигнина частично осаждался в виде желто-оранжевого осадка. Упаренный кислотный экстракт состоял из смеси нитролигнина и продуктов деструкции полисахаридов, аммиачный — в основном из лигнина. Полученный из аммиачного экстракта лигнин был темно-коричневого цвета.

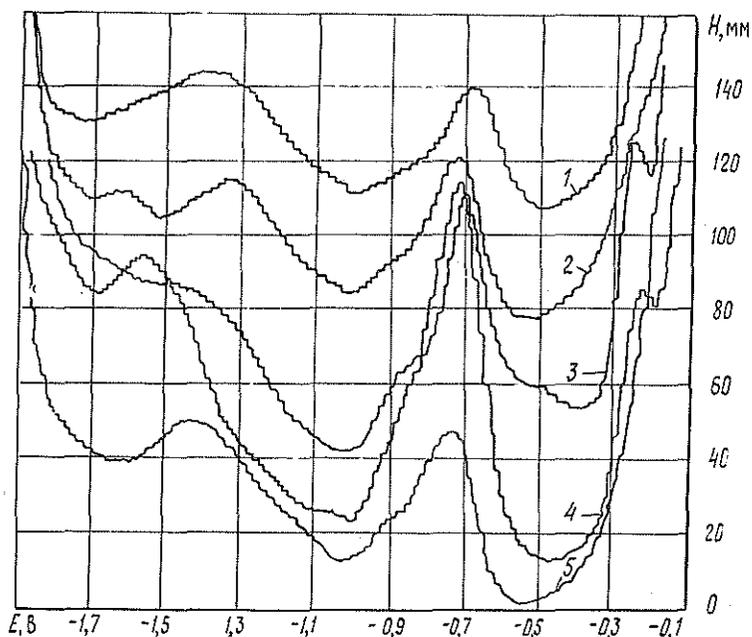


Рис. 1. Полярограммы препаратов, выделенных из растворов после обработки азотной кислотой: 1 — упаренный в вакууме азотно-кислый экстракт; 2 — лигнин из аммиачного экстракта; 3 — нитролигнин, полученный обработкой сульфатного лигнина лиственной древесины азотной кислотой; 4 — осадок из азотнокислотного раствора; 5 — упаренный в вакууме аммиачный экстракт

Все препараты как из кислого, так и из аммиачного экстрактов (рис. 1) давали при потенциале $-0,70 \dots -0,75$ В полярографические волны (пики), характерные для нитрогрупп [3, 16]. Однако величины пиков для препаратов из аммиачного экстракта значительно меньше, чем из кислотного, хотя содержание азота в них больше. Это свидетельствовало о принадлежности части азота к менее активным, чем нитрогруппы, типам групп. Кроме того, препараты из кислотного раствора, как и препараты, полученные обработкой технических лигнинов азотной кислотой, имели пики при $-0,25$ В.

Функциональный состав препаратов из аммиачного и кислотного экстрактов приведен в табл. 2.

Как видно, препараты из аммиачного экстракта заметно деметилированы (6,2...7,5 % групп $-\text{OCH}_3$) и имеют меньше кислых и карбонильных групп по сравнению с препаратами из кислотного эк-

Таблица 2

Номер образца в табл. 1	Функциональный состав препаратов из аммиачного (числитель) и кислотного (знаменатель) экстрактов				Содержание азота, %
	—ОСН ₂ , %	—СО, мг·экв/г	—СООН, мг·экв/г	—ОН (фенольная), мг·экв/г	
3	6,55	0,42	1,29	—	6,30
	2,41	2,24	5,37	1,55	1,74
6	6,19	0,83	1,38	—	6,38
	2,41	2,24	5,37	1,55	1,74
2	6,31*	1,01	2,81	0,62	5,85
	2,41	2,24	5,37	1,55	1,74
1	7,21**	1,16	1,88	0,52	5,30
	2,33	2,47	4,27	1,89	1,80
7	6,62**	1,24**	1,96**	0,59**	6,11**

8	7,38	0,37	1,42	0,22	6,60
	1,97	2,00	9,47	0,80	1,30
5	6,52	0,36	1,59	—	...
	1,49	2,26	5,70	1,23	...
10***	9,47	3,28	3,80	1,73	3,30

* Для выделения лигнина полуупаренный экстракт обработан катионитом КУ-2-8.

** Для выделения лигнина аммиачный экстракт обработан катионитом КРС-2пТ40 (Н-форма).

*** Препарат нитролигнина ели из спирто-азотной смеси.

стракта. Снижение содержания кислых групп происходит за счет их реакции с аммиаком, чем, по-видимому, и объясняется увеличение содержания азота как в лигнинах, выделенных катионитом, так и в упаренных аммиачных экстрактах. Это не наблюдается в препаратах из кислотных экстрактов. Близкое содержание функциональных групп как в выделенных с помощью катионита лигнинах, так и в полученных из упаренного аммиачного экстракта свидетельствует о том, что на второй стадии делигнификации (при продолжительности первой стадии не менее двух часов) в аммиаке растворяется в основном лигнин. Более низкое содержание метоксильных групп в кислотном экстракте можно объяснить присутствием продуктов деструкции полисахаридов. Учитывая, что на первой стадии обработки и промывки лигнина и углеводы переходят в раствор примерно в отношении 1 : 2, можно понять, что содержание метоксильных групп в лигнине кислотного и аммиачного экстрактов будет одинаково. Эти результаты до некоторой степени согласуются с данными, полученными при исследовании нитролигнинов, выделенных фракционной обработкой пронитрованной древесины с использованием диоксана, бикарбоната и гидроксида натрия [5].

Сравнение УФ-спектров (рис. 2, а) осадка, выделенного из кислого маточного раствора, и препаратов из аммиачного раствора показывает, что первый имеет более высокое поглощение в области 250...350 нм и близок к спектру нитролигнина, полученного из древесины действием спирто-азотной смеси. Кривые дифференциального поглощения (рис. 2, б) препаратов, выделенных из экстрактов после нитрования древесины, в области 300...360 нм указывают на низкое содержание конъюгированных карбонильных и фенольных структур. Данные функционального состава (см. табл. 2) также подтверждают этот вывод. Хотя препараты частично деметилированы, содержание пирокатехино-

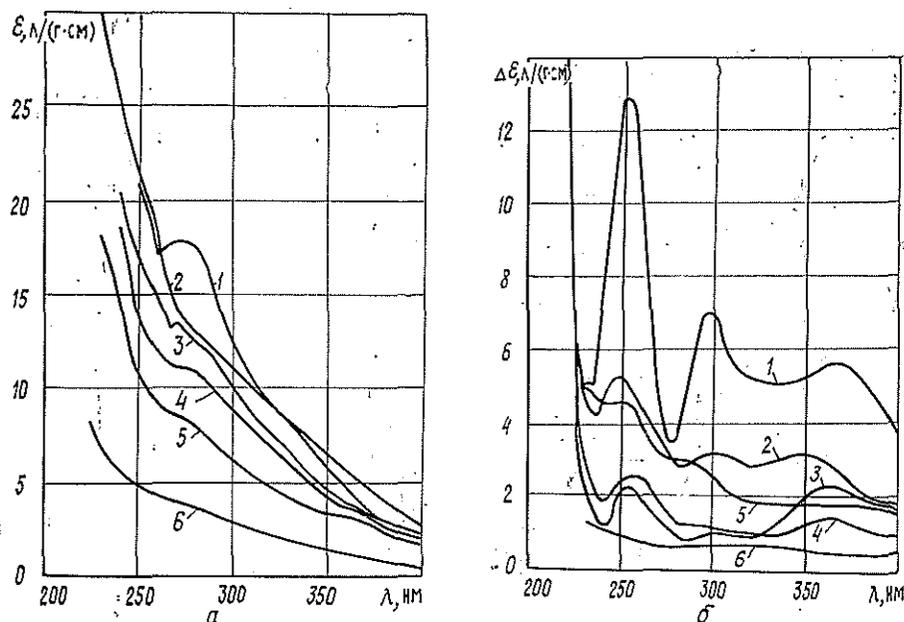


Рис. 2. УФ-спектры препаратов в фосфатном буферном растворе с рН 6 (а) и дифференциальные УФ-спектры препаратов в 0,2 н. NaOH относительно фосфатного буферного раствора с рН 6 (б): 1 — сульфатный лигнин из упаренного черного щелока от варки лиственной древесины; 2 — нитролигнин, выделенный из спирто-азотной смеси; 3 — осадок из азотнокислотного раствора; 4 — лигнин, выделенный катионитом из частично упаренного аммиачного экстракта; 5, 6 — аммиачный и азотнокислотный упаренные экстракты

вых гидроксидов и хиноидных карбониллов в них не превышает 0,11... 0,13 мг·экв/г. Это доказывается отсутствием волны при $-0,20... -0,25$ В на их полярограммах (см. рис. 1).

Гель-хроматографические исследования показывают, что препараты из аммиачного экстракта более высокомолекулярны в отличие от препаратов сульфатного лигнина и нитролигнина, выделенного из древесины действием спирто-азотной смеси (табл. 3). Это объясняется, по-видимому, удалением низкомолекулярных фрагментов на первой кислотной стадии обработки. Рассчитанные по гель-хроматограммам среднемассовые молекулярные массы (\bar{M}_w) для елового нитролигнина из аммиачного экстракта составляют 13 900, для березового — 18 900 и 9 400. Пре-

Таблица 3

Лигнин	Содержание фракций, %, с K_d		
	менее 0,3	от 0,3 до 0,7	более 0,7
Сульфатный из полуупаренного черного щелока лиственной древесины	10,0	30,7	59,3
После обработки древесины ели спирто-азотной смесью	25,6	26,1	48,3
Из аммиачного экстракта после обработки древесины:			
ели (7)	63,7	15,5	20,8
березы (2)	42,4	25,2	32,4
березы (6)	60,3	21,9	17,8

Примечание. Цифры у пород древесины соответствуют номеру образца в табл. 1.

парат с более низкой молекулярной массой (9400), представляющий собой упаренную досуха массу аммиачного экстракта, получен из березовой щепы, два других — после обработки катионитом.

В процессе отгонки и упаривания отработанных кислотных растворов выделяли конденсаты, содержащие азотную кислоту и летучие продукты деструкции древесины. Состав конденсатов не исследовали, однако в отходящих газах, поглощаемых раствором гидроксида натрия, полярнографическим методом [3] определяли содержание цианид-ионов, которое в пересчете на HCN составляло от 0,24 до 0,80 % от исходной древесины.

Методика эксперимента

Для получения из древесины целлюлозной массы и лигнина к 20...40 г древесины (щепы или опилки) в трехгорлой круглодонной колбе вместимостью 500 мл, снабженной обратным холодильником, термометром и капиллярной трубкой, добавляли азотную кислоту концентрацией 50...90 г/л. Верх холодильника соединяли с водоструйным насосом. После выдержки (пронитки) при комнатной температуре колбу нагревали на водяной бане до температуры 80...85 °С и выдерживали в течение необходимого времени, раствор сливали, древесную массу заливали горячей водой и далее осуществляли вакуум-промывку. Отмытую от кислоты массу обрабатывали разбавленным аммиаком с концентрацией 5...12 % при нагревании в течение 30...60 мин на водяной бане (80...85 °С). Полученную массу отфильтровывали, промывали горячей водой под вакуумом и сушили на воздухе. Лигнинсодержащие препараты получали вакуум-отгонкой экстрактов и промывных вод с последующим выпариванием досуха. Некоторые образцы выделяли обработкой частично упаренного аммиачного экстракта катионитами КУ-2-8 или КРС-2пТ40. Таким образом получали целлюлозную массу с содержанием остаточного лигнина 0,5...3,5 % и α -целлюлозы 76,5...81,2 %, кислый экстракт, в состав которого входили продукты деструкции полисахаридов и лигнина, и аммиачный экстракт, представляющий собой частично деметилированный нитролигнин.

Содержание лигнина в целлюлозе определяли сернокислотным способом [9], функциональные группы лигнинсодержащих препаратов — по методике, предложенной в работе [2].

Полярнографические исследования выполняли на полярографе ПУ-1 по нашей методике, изложенной в «Лесном журнале» № 6 за 1990 г. (с. 99—103). Массовая концентрация препаратов лигнина в ячейке 250...500 мг/л.

Уф-спектры записывали на спектрофотометре СФ-46 в кварцевой кювете (толщина 1 см) при массовой концентрации препаратов 40 мг/л [2].

Полимолекулярный состав препаратов определяли методом гель-хроматографии на сефадексе G-75 с использованием в качестве элюента диметилсульфоксида [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Варка целлюлозы из смеси березовой и основной древесины азотнокислотным способом / В. С. Громов, Ю. С. Хрол, О. Я. Витолс и др. // Химия древесины.—1984.—№ 2.—С. 46—51. [2]. Закис Г. Ф., Можейко Л. Н., Телышева Г. М. Методы определения функциональных групп лигнина.—Рига: Зинатне, 1975.—173 с. [3]. Крюкова Т. А., Синякова С. И., Арефьева Т. В. Полярнографический анализ.—М.: Госхимиздат, 1959.—772 с. [4]. Лигнины (структура, свойства и реакции) / Под ред. К. В. Сарканена, К. Х. Людвиг; Пер. с англ.—М., 1975.—629 с. [5]. Мелкис А. А. Состав и свойства нитролигнина — побочного продукта азотнокислого способа получения целлюлозы из березовой древесины: Автореф. дис. ... канд. хим. наук.—Рига, 1983.—24 с. [6]. Никитин В. М., Оболенская А. В., Шеголев В. П. Химия древесины и целлюлозы.—М.: Лесн. пром-сть, 1978.—367 с. [7]. Никитин В. М. Теоретические основы делигнификации.—М.: Лесн. пром-сть, 1981.—294 с. [8]. Никитин В. М. Химия древесины и целлюлозы.—М., Л.: Гослесбумиздат, 1960.—460 с. [9]. Практические работы по химии древесины и целлюлозы / А. В. Оболенская, В. П. Шеголев, Г. Л. Аким и др.—М.: Лесн. пром-сть, 1965.—441 с. [10]. Применение циклического прессования для ускорения пронижки щепы при варке азотнокислым методом / О. Я. Витолс, Ю. С. Хрол, В. Л. Эгле и др. // Химия древесины.—1984.—№ 2.—С. 57—61. [11]. Роль промежуточной промывки при азотнокислотно-щелочной делигнификации древесины / О. Я. Витолс, В. В. Приусаков и др. // Химия древесины.—1984.—№ 2.—С. 52—56. [12]. Соколов О. М. Определение молекулярных масс лигнинов на ультрацентрифуге и методом гель-фильтрации: Учеб. пособие.—Л.: ЛТА, 1978.—С. 76. [13]. Шорыгина Н. Н., Резников В. М., Елкин В. В. Реакционная способность лигнина.—М.: Наука, 1976.—367 с. [14]. Anderssen L., Samuelson O. Treatment of Kraft lignin with nitrogen dioxide and oxygen // Svensk papperstidning.—1984.—N 9.—P. 59—60.

[15]. Rozmarin Gh., Cazacu G., Macoveanu M. Caracterizarea fizico-chimicala unor celolignine modificate // Rev. padur. Ind lemn. Celul. si hirtie.—1983.—32, N 4.—P. 172—175. [16]. Schwabe K. Polarographie und chemische Konstitution organischer Verbindungen.—Academie-Verlage-Berlin, 1957.—447 S.

Поступила 16 ноября 1990 г.

УДК 676.164.8.022.6

ВЛИЯНИЕ pH НА КИНЕТИКУ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ И РАСТВОРЕНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ ПРИ КИСЛОРОДНО-ЩЕЛОЧНОЙ ВАРКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Э. И. ГЕРМЕР

ВНПОбумпром

В отличие от традиционных щелочных варок (сульфатная, натронная и др.), на всем протяжении которых сохраняются высокие значения pH (11...14), кислородно-щелочная (КЩ) варка может быть успешно проведена с варочными растворами при более низких pH, изменяющихся в довольно широких пределах, от щелочной области до нейтральной [9, 11, 13, 15]. При значениях pH, близких к нейтральным, идет и большая часть варки с понижающейся щелочностью [1]. От pH среды, в которой проходит КЩ варка, в значительной степени зависят развитие и пути окислительной фрагментации лигнина и полисахаридов. Это, в свою очередь, обуславливает скорость и селективность варочного процесса, а также качество и выход получаемого полуфабриката.

Данные о влиянии pH на ход КЩ варки, встречающиеся в литературе, недостаточны и зачастую трудно сопоставимы, что и явилось основанием для выполнения настоящего исследования.

Варки* проводили в батарее из трех качающихся стальных автоклавов вместимостью 860 мл; материал — осиновая стружка толщиной 0,4...0,6 мм; температура варок 150 и 160 °С; степень заполнения автоклава 60 %; подача кислорода — однократная (перед варкой) до давления 1,96 МПа. Для достижения требуемых значений pH в качестве варочных растворов использовали буферные системы на основе тетрабората натрия при сохранении одинаковой концентрации (10 г/л) активного NaOH. В процессе варки отклонение значений pH составляло $\pm 0,1 \dots 0,2$ от заданной (7,0; 8,5; 10,0), что обуславливалось высоким гидромодулем, равным 100.

Кинетические кривые снимали по окончании начального периода варки, соответствующего при выбранном режиме конечной температуре. Это связано с тем, что значительная окислительная фрагментация лигнина, происходящая в твердой фазе уже в начале варки, почти не влияет на скорость делигнификации в данный период. Реализацию этих глубоких превращений лигнина можно наблюдать в основном по окончании начальной стадии [10]. В начальный период варки фактически отсутствует растворение труднодоступных длинноцепных молекул полисахаридов, в то время как легко гидролизуемая часть гемицеллюлоз достаточно активно растворяется с самого начала варки.

Полулогарифмические анаморфозы кинетических кривых делигнификации и растворения полисахаридов достаточно точно могут быть изображены в виде прямых (в ряде случаев со вторым линейным участком на конечной стадии варки). Это позволяет рассчитывать эффективную энергию активации (E_A) и другие кинетические характеристики, используя кинетическое уравнение для реакций первого порядка по субстрату [15].

Как видно из графиков (рис. 1), построенных в координатах «содержание лигнина в древесном остатке L — продолжительность варки

* В выполнении экспериментальной части работы участвовала В. А. Иванова.

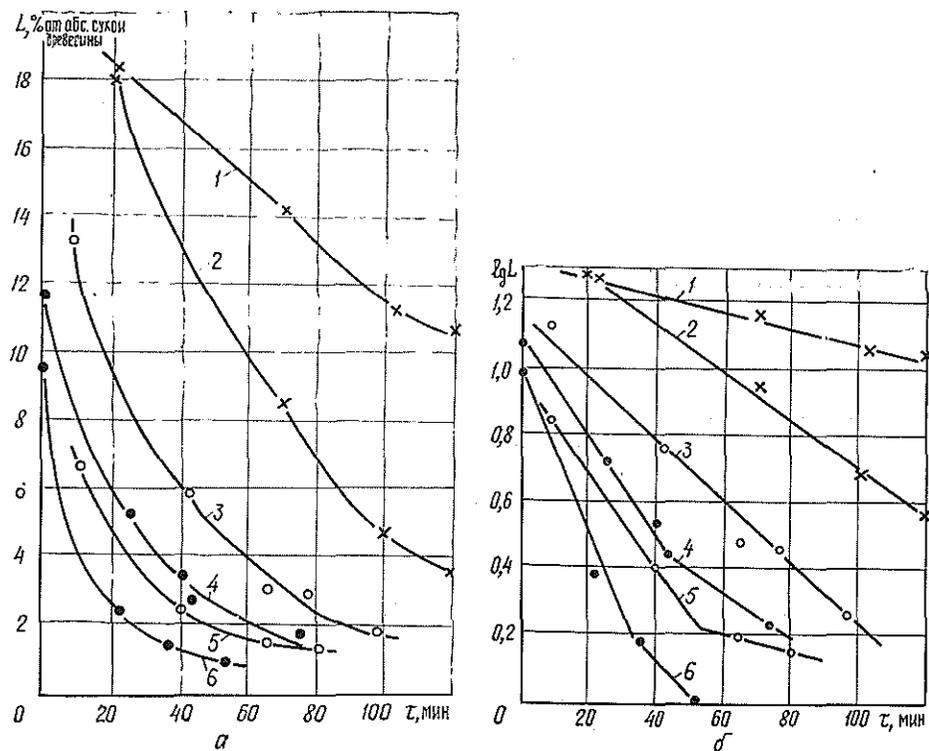


Рис. 1. Кинетические кривые кислородной делигнификации (а) и их полулогарифмические анаморфозы (б) при различных значениях рН: 1, 2 — рН 7,0; 3, 5 — рН 8,5; 4, 6 — рН 10,0 и температуре варок: 1, 3, 4 — 150 °С; 2, 5, 6 — 160 °С

на конечной температуре «», даже при рН 7, когда фактически не реализуется гидролитическое расщепление доминирующих в лигнине простых эфирных связей, а его фенольные группы практически не ионизированы [8], делигнификация идет, хотя и относительно медленно (константа скорости k_d при температуре варки 150 °С равна $5,8 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$), при высоком значении эффективной энергии активации ($163 \text{ кДж/моль}^{-1}$) и аномально высоком значении предэкспоненциального множителя k_0 ($8 \cdot 10^{17} \text{ мин}^{-1}$).

Значительное влияние на ускорение делигнификации при рН 7,0 оказывает температура варки. Температурный коэффициент $k_{160^\circ}/k_{150^\circ}$ при этом составляет 2,9, что выше температурного коэффициента традиционных способов делигнификации, равного $\sim 2,0$, и в 1,8 раза больше, чем при рН 8,5 и 10,0. Необходимо также отметить, что увеличение рН (рис. 2) вызывает пропорциональный рост k . Прямые, характеризующие эти зависимости, можно описать следующими простыми уравнениями:

$$k_{160^\circ}^I = (12,65 \text{ рН} - 73,05) \cdot 10^{-3};$$

$$k_{150^\circ}^I = (9,67 \text{ рН} - 61,87) \cdot 10^{-3};$$

$$k_{160^\circ}^{II} = (11,73 \text{ рН} - 91,63) \cdot 10^{-3}.$$

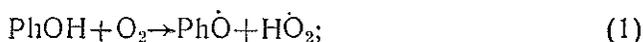
Кинетические характеристики, полученные при кислородных варках с различными значениями рН, приведены в таблице.

рН	$k_d \cdot 10^3, \text{ мин}^{-1}, \text{ при температуре варки, } ^\circ\text{C}$				$k_{160^\circ}/k_{150^\circ}$	$E_d, \text{ кДж/моль}$	$k_0, \text{ мин}^{-1}$
	150		160				
	k_1	k_2	k_1	k_2			
7,0	5,8	—	16,7	—	2,9	163	$8 \cdot 10^{17}$
8,5	21,0	—	33,4	8,1	1,6	71	$12 \cdot 10^6$
10,0	34,3	15,3	54,8	25,7	1,6(1,7)	73(80)	$36 \cdot 10^6$ ($115 \cdot 10^6$)

Примечание. 1. k_2 — значение константы скорости для конечного участка варки там, где он есть (см. рис. 1, б); k_1 — для остальных.
2. В скобках — показатель для участка замедленной делигнификации

Из таблицы видно, что особенно велика роль рН при варке с низкой щелочностью (рН 7,0...8,5) и при температуре 150 °С и ниже. Повышение рН от 7,0 до 8,5 приводит не только к значительному увеличению k_d (ускорению процесса делигнификации), но и к более существенному, чем для традиционных способов делигнификации [4], снижению E_d , от 163 до 71...75 кДж/моль. Это позволяет предположить, что в данном диапазоне значений рН произошло изменение механизма процесса КЩ делигнификации. Дальнейший рост рН (от 8,5 до 10,0) практически не изменяет E_d . Близость значений k_d для варок при 160 °С, рН 7,0 и 150 °С, рН 8,5, а также при 160 °С, рН 8,5 и 150 °С, рН 10,0 показывает, что для КЩ делигнификации, по крайней мере в условиях данного исследования, выполняется принцип суперпозиции для рН и температуры.

Химия окисгенирования фенолов, основные положения которой справедливы и для окисгенирования лигнина [2, 12], допускает две неравнозначные реакции начальной стадии процесса [3, 6]:



Они реализуются с последующим образованием пероксидных (а затем и диоксетановых, эпоксидных, хинолидных) интермедиатов при превращении фенольных структур макромолекулы лигнина [2, 12] и дальнейшей их фрагментацией в более низкомолекулярные окисленные продукты. Энергии активации реакций (1) и (2) заметно различаются. Если реакция (1) для фенолов имеет $E = 146$ кДж/моль [6], то энергия активации реакции (2) заметно ниже, так как отсутствуют затраты энергии на поляризацию ОН-связи. Применительно к лигнину эта разница будет еще больше из-за участия фенольных групп в образовании водородных связей.

В процессе варки при рН 7,0 весьма невелико число структур с ионизированными фенольными гидроксилами, поскольку ионизация последних достаточно активно происходит только в щелочной среде, а при рН 5,0...6,0 уже практически полностью отсутствует, следовательно, делигнификация, вероятнее всего, лимитируется реакцией (1), что подтверждается значением E_d , полученным нами для варок при рН 7,0.

При рН от 7,0 до 8,5 и выше существенно увеличивается в лигнине содержание фенольных структур с ионизированным фенольным гидроксидом, а начальной реакцией, определяющей окислительную фрагментацию лигнина в древесном матриксе, вероятнее всего, становится реакция (2). Косвенным подтверждением правильности этого предположения может служить сохранение фактически неизменной величины эффективной энергии активации (около 70 кДж/моль) с ростом рН от 8,5 до 10,0.

Увеличение константы скорости делигнификации пропорционально рН (рис. 2) подтверждает точку зрения, основанную на данных о строении лигнина и ряде его свойств. Фенольные группы различных структурных элементов макромолекулы лигнина ионизируются в широком диапазоне значений рН, в зависимости от вида и числа заместителей в ароматическом ядре; строения боковой цепи, характера связи фенольных групп с функциональными группами соседних структур и т. д.

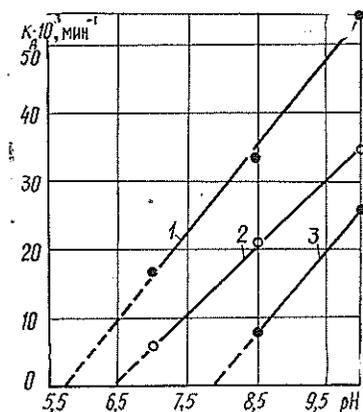


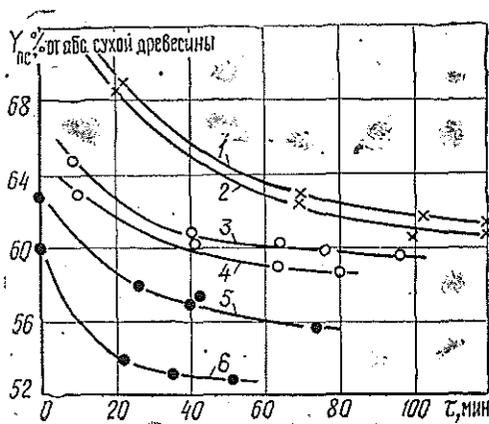
Рис. 2. Изменение константы скорости кислородной делигнификации в зависимости от рН варочного процесса при температурах 160 (кривые 1, 3) и 150 °C (кривая 2) на интенсивной (кривые 1, 2) и замедленной (кривая 3) стадиях

Доказательством того, что реакциями, лимитирующими КЩ делигнификацию, являются именно реакции (1) и (2) или только (2), иллюстрирующие инициирование процесса радикально-цепного окисления лигнина, являются значения энергии активации реакций продолжения цепи при окислении различных субстратов (17... 50 кДж/моль) и рекомбинации радикалов (0... 8,5 кДж/моль) [7], составляющих остальную часть схемы цепных радикальных превращений лигнина [2]. Полученные нами результаты (см. таблицу) выше, чем приведенные в литературных источниках.

Нельзя исключать вероятность лимитирования делигнификации при КЩ варке диффузией ввиду сложности морфологической структуры древесины, а также плохой растворимости кислорода в водных растворах и высокого градиента его концентрации по толщине делигнифицируемого материала, возможности сорбции различных продуктов на поверхности матрикса и лигнина, препятствующей контакту с кислородом и т. д. Однако из видов диффузии, имеющих место в варочных процессах, только энергия активации межглобулярной диффузии лигнина (71... 92 кДж/моль) [14] близка по величине к полученной нами при варках с рН 8,5 и 10,0. Согласно [7] гетерогенное окисление лигнина в щелочной среде имеет $E = 54$ кДж/моль. Это вызывает сомнение в лимитирующей роли диффузии данного вида, но то, что она осложняет диффузионные процессы при окислении лигнина в составе древесного матрикса, несколько повышая E_d , по-видимому, необходимо учитывать.

На рис. 3 приведены кинетические кривые растворения полисахаридной части древесины в процессе тех же варок, для которых изучалась кинетика делигнификации (см. рис. 1, а). Полулогарифмические анаморфозы этих кривых, в отличие от анаморфоз кинетических кривых делигнификации (см. рис. 1, б), почти во всех случаях показали наличие двух линейных участков. Вероятно, это связано с удалением низкомолекулярных гемицеллюлоз преимущественно в первой половине варок, после чего деструкция и растворение полисахаридов древесного остатка заметно замедляется. Причем, в отличие от традиционных

Рис. 3. Кинетические кривые растворения полисахаридов в процессе кислородной варки при различных значениях pH: 1, 2 — pH 7,0; 3, 4 — pH 8,5; 5, 6 — pH 10,0 и температуре варок: 1, 3, 4 — 150 °C; 2, 5, 6 — 160 °C



варок, значительного усиления деструкции полисахаридов не наблюдается даже на заключительной стадии, соответствующей получению целлюлозы с числом Каппа 9...12.

Ввиду того, что количество растворенных полисахаридов в древесном остатке $Y_{пс}$ оценивали приближенно — по разности между растворенным древесинным веществом и лигнином, то и полученные кинетические характеристики (применительно к полисахаридам) и селективности варок носят приближенный характер, но их анализ представляет заметный интерес.

При pH 7 на сопоставляемых участках варок при температуре 150 и 160 °C (число Каппа соответственно 106...88 и 101...58) константы скорости растворения полисахаридов $k_{пс}$, несмотря на существенную разницу в температуре варок, составляют около $2 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$, а эффективная энергия активации этого процесса — примерно 230 кДж/моль, что указывает на стабильность полисахаридов.

Однако, если при 150 °C низкая скорость растворения полисахаридов сочетается с низкой скоростью делигнификации ($k_d/k_{пс} = 3,1$), то при 160 °C это соотношение уже составляет 8,8. С увеличением pH при обеих исследованных температурах для основной части варок $k_{пс}$ растет до $(3...7) \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$, а для другой части — от $(0,4...0,7) \times 10^{-3}$ до $(0,6...1,0) \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$. При этом соотношение $k_d/k_{пс}$ для варок с pH 8,5 и 10,0 равно 7...10.

С повышением pH варки до 8,5 и 10,0 эффективная энергия активации процесса растворения полисахаридов ($E_{пс}$) снижается соответственно до 180 и 130 кДж/моль.

Анализ энергий активации процессов делигнификации и растворения полисахаридов КЩ варки показывает, что $E_{пс}$ превосходит E_d в 1,4—2,6 раза (высшая граница интервала достигается при pH 8,5), тогда как для сульфатной и натронной варок они близки [5]. Это обусловлено значительно более легкой окисляемостью лигнина, по сравнению с полисахаридами, тогда как для гидролитических реакций, доминирующих при традиционных варках, различия существенны. По нашему мнению, отмеченное является одной из основных причин значительно более высокой селективности КЩ варок.

Только во второй половине варки при pH 10 $E_{пс}$ уменьшается до 80 кДж/моль, становясь фактически равной E_d , что согласуется с наибольшей деструкцией полисахаридов в данном случае. Более высоким значениям $E_{пс}$ соответствуют более высокие температурные коэффициенты растворения полисахаридов, снижающиеся от 4,4 и 3,3 при pH 7,0 и 8,5 до 1,6 при pH 10,0.

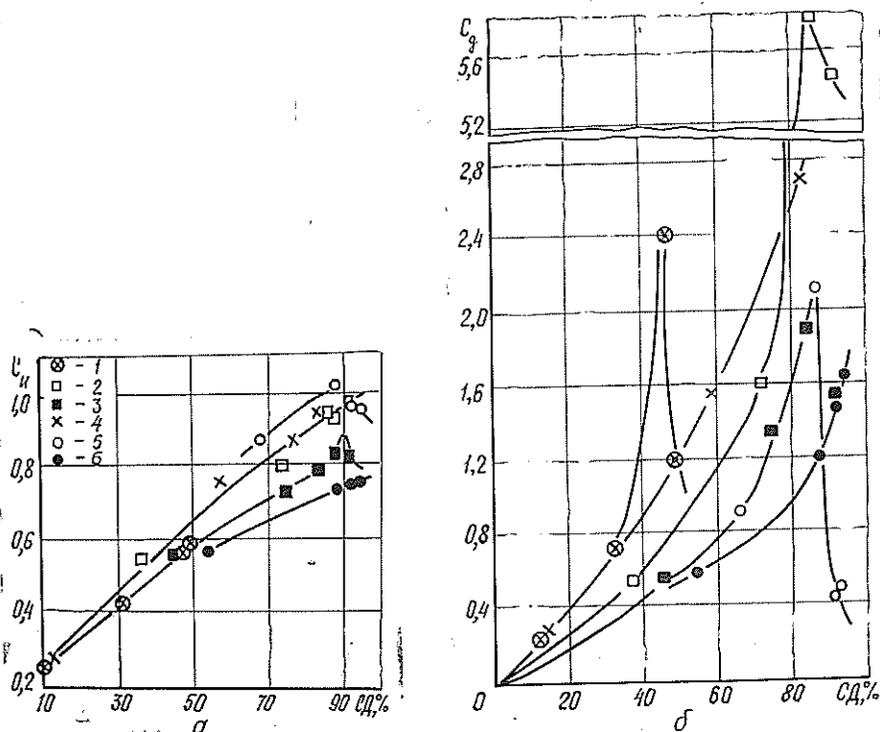


Рис. 4. Интегральная C_n (а) и дифференциальная C_d (б) селективности в процессе кислородных варок при различных значениях рН и температурах: 1 — рН 7,0 и 150 °С; 2 — рН 8,5 и 150 °С; 3 — рН 10,0 и 150 °С; 4 — рН 7,0 и 160 °С; 5 — рН 8,5 и 160 °С; 6 — рН 10,0 и 160 °С

На рис. 4, а представлено изменение интегральной (общей) селективности C_n варки по мере углубления делигнификации, характеризуемой массой растворенного лигнина, приходящейся на единицу массы растворенных полисахаридов к данному моменту варки ($L_0 - L_i / C_0 - C_i$). Из рис. 4, а видно, что при достижении степени делигнификации (СД) 80...90 % наибольшую интегральную селективность обеспечивает варка при рН 8,5 и температуре 160 °С. Это, вероятно, связано с благоприятным сочетанием ее небольшой продолжительности (см. рис. 1, а) с относительно невысоким рН. Незначительно меньшую или практически одинаковую интегральную селективность имеют варки при рН 8,5 и 150 °С, а также при рН 7,0 и 160 °С, что указывает на соблюдение принципа суперпозиции для рН и температуры.

Интегральная селективность не позволяет, однако, наблюдать изменение избирательности на отдельных участках варки. Этот важный показатель можно охарактеризовать с помощью дифференциальной селективности C_d , представляющей собой массу растворившегося лигнина на единицу массы растворенных углеводов на конкретном участке варки ($L_i - L_{i+1} / C_i - C_{i+1}$, где L_i , C_i и L_{i+1} , C_{i+1} — содержание лигнина и углеводов в древесном остатке соответственно в начале и конце рассматриваемого участка варки).

Из рис. 4, б видно, что на ранней стадии варки (до степени делигнификации 30...40 %) наибольшая дифференциальная селективность достигается при рН 7,0 и 150 °С, после этого происходит падение селективности, тогда как для остальных варок сохраняется тенденция

к повышению C_d по мере углубления варки. Это говорит о том, что при варках, выполняемых в среде, близкой к нейтральной, и относительно низких температурах, по-видимому, нецелесообразно получать глубоко проваренную целлюлозу.

Для варок при рН 8,5 наиболее высокая селективность наблюдается на стадии, соответствующей степени делигнификации около 85 %. Причем для меньшей из использованных температур она заметно выше. Дальнейший процесс для варок с рН 8,5 и 10,0 приводит к снижению селективности. Это согласуется с многочисленными данными, по которым получение лиственной КЩ целлюлозы с числом Каппа ниже 20...25 (степень делигнификации около 85 %) обычно сопровождается снижением выхода и прочностных показателей целлюлозы.

Выводы

1. Делигнификация и растворение полисахаридов на стадии развитой КЩ варки подчиняются кинетическим закономерностям реакций первого порядка по субстрату.

2. Лимитирующими делигнификацию при КЩ варке, вероятнее всего, являются преимущественно реакции, приводящие к образованию фенокси-радикалов в составе макромолекулы лигнина.

3. При возрастании рН КЩ варок от 7,0 до 8,5 происходит смена реакции, лимитирующей делигнификацию; при дальнейшем повышении рН до 10,0 этого не наблюдается.

4. Для КЩ варок, проводимых при постоянном рН 7...10, наблюдается прямая зависимость изменения константы скорости делигнификации от рН, а для делигнификации выполняется принцип суперпозиции между рН и температурой варочного процесса.

5. Кислородная варка целлюлозы успешно реализуется даже в нейтральной среде, поддерживаемой на протяжении всей варки.

6. Высокая селективность КЩ варок (в отличие от традиционных) обусловлена заметным превышением эффективной энергии активации растворения полисахаридов над этим же кинетическим показателем процесса делигнификации. Отношение значений констант скорости делигнификации и растворения полисахаридов для исследованных значений рН и температуры варки составляет 7...10. Исключением является варка при рН 7,0 и 150 °С, где этот показатель около трех.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гермер Э. И., Бутко Ю. Г. Исследование технологических особенностей одноступенчатой кислородно-содовой варки осины // Межвуз. сб. науч. тр.—Л.: ЛТА, 1981.—Вып. 7.—С. 78—86. [2]. Дейнеко И. П. Химические превращения лигнина при делигнификации древесины кислородом: Дис. ... докт. хим. наук.—Л., 1990.—438 с. [3]. Исследование реакции окисления фенола кислородом в водно-щелочной среде / А. В. Рагимов и др. // Кинетика и катализ.—1985.—Т. 26, вып. 1.—С. 37—41. [4]. Лендъел П., Морван Ш. Химия и технология целлюлозного производства // Пер. с нем.—М.: Лесн. пром-сть, 1978.—544 с. [5]. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. Производство сульфатной целлюлозы.—2-е изд., перераб.—М.: Гослесбумиздат, 1990.—Т. 2.—600 с. [6]. Рогинский В. А. Фенольные антиоксиданты. Реакционная способность и эффективность.—М.: Наука, 1988.—247 с. [7]. Шадынская О. В. Кинетика и механизм начальных стадий окисления лигнина в щелочных растворах: Дис. ... канд. хим. наук.—Братск, 1986.—192 с. [8]. Шорыгина Н. Н., Резников В. М., Елкин В. В. Реакционная способность лигнина.—М.: Наука, 1976.—368 с. [9]. Abrahamsson K., Samuelson O. Oxygen-alkali cooking of carbon dioxide at different concentrations of active alkali // Svensk papperstidning.—1975.—Vol. 78, N 11.—P. 417—421. [10]. Germer E. I. Shagayev O. V. Conversion of lignin in a process of real oxygen-alkali pulping // In: 5-th Intern. Symp. of Wood and Pulping Chemistry.—Raleigh, NC, USA. Poster sessions, 1989.—P. 71—82. [11]. Germer E. I. The effect of pH on oxygen-alkaline delignification catalysis by 1,10-phenanthroline // Тез. докл. 5-й междунар. конф. «Cellucon'90».—Bratislava, 1990.—P. 118—119. [12]. Gierer I. Mechanisms of

bleaching with oxygen containing species. Keynot adress // In: 4-th Intern. Symp. on Wood and Pulping Chemistry.—Paris, 1987.—Vol. 1—P. 279—288. [13]. Landucci L., Sanyer N. Influence of metal and iodide ions in oxygen pulping of loblolly pine // Tappi.—1974.—Vol. 57, N 10.—P. 97—100. [14]. Molecular dynamics and polychronic kinetics of wood delignification / A. I. Michaylov, L. P. Belkova, V. S. Gromov, V. I. Goldanskii // In 2-th Intern. Symp. on Wood and Pulping Chemistry.—1987.—P. 518. [15]. Sarkanen K. V., Johnson L. N. Use of oxygen in pulping // Chemical Engineer in Pulp and Paper Technology. AIChE Symposium Series.—1976.—Vol. 72, N 157.—P. 50—55.

Поступила 14 февраля 1991 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.155:630*378.3

АРЕНДА НА ЛЕСОСПЛАВНОМ РЕЙДЕ

Е. С. РОМАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Привлекательность арендных отношений для трудовых коллективов заключается в обретении большей самостоятельности в вопросах номенклатуры и объемов производства, оплаты труда, развития социальной сферы и т. д. Управленческие структуры (министерства, объединения, предприятия), освобождаясь от некоторых функций, в то же время видят в аренде угрозу своему существованию, особенно если трудовой коллектив сразу нацеливается на выкуп арендованного имущества. С этими противоречиями надо считаться. Передача в аренду должна быть выгодна и арендатору, и арендодателю.

Одним из требований арендодателя должно быть условие договора, что арендатор не уменьшит годовых объемов выпуска продукции по сравнению с теми, которые были до перехода на аренду. Это нужно для государства, для народа. Одновременно это условие не позволяет арендатору повышать среднюю оплату труда за счет простого сокращения численности работников, при котором объем производства снижается, но в меньшей степени, чем численность. Снижение объемов по объективным причинам должно быть четко зафиксировано в договоре аренды, что требует от арендодателя (и арендатора тоже) умения надежно прогнозировать ситуацию.

Из таких предпосылок исходили сотрудники кафедры экономики отраслей АЛТИ при изучении особенностей аренды на лесосплаве. Объектами исследований были Бобровский рейд и Маймаксанский лесной порт ПО Двиносплав. В данной статье мы рассматриваем только первое предприятие.

Основная деятельность Бобровского рейда состоит в переформировании плотов, поступающих сверху по Северной Двине для доставки древесины конкретным потребителям Архангельского промузла. Кроме того, как и все сплавные предприятия, зимой рейд занимается лесозаготовками; есть небольшие цеха по производству пиломатериалов, технологической щепы, тары и др. Объемы лесосплава снижаются: в 1985 г.—925, в 1989 г.—671, в 1990 г.—591 тыс. м³. Тем не менее в выручке от реализации лесосплавные работы и ныне занимают более 90 %.

Наша основная рекомендация коллективу — переход на аренду всем предприятием — сложилась, можно сказать, априори, т. е. до начала исследования (оно проводилось в 1989 г.— начале 1990 г.). К тому времени весь опыт свидетельствовал, что арендный подряд, как его осуществляют на практике, мера несерьезная, не приносящая ни эффекта государству, ни выгоды работникам. Научно-производственные обобщения [1] не опровергают этого вывода. Аренда всего предприятия, сразу ориентированная на выкуп, — вот что, по нашему мнению, действительно может заинтересовать трудовой коллектив и руководителей.

Однако вся обстановка в административной системе управления (в производственном и территориально-производственном объединениях)

не располагала к этому. Опасения вызывало и отсутствие примеров аренды на лесосплаве. Так, многочисленные публикации об аренде в объединении Енисейлесосплав показывают, что аренда там есть в разных производствах, но только не на сплаве. В. А. Прегер в статье «Аренда и лесосплав» [3] рассматривает документацию, но не углубляется в специфику самих арендных отношений на сплаве.

Мы, напротив, исходим из того, что специфика сплава располагает к широкому применению арендных отношений (а также и подрядных, но в широком их смысле, без ущемлений). На сплаве множество весьма своеобразных, неповторимых профессий и специальностей [4]. Рабочими, которые в совершенстве владеют ими и обладают большим опытом, надо особенно дорожить. Желательно, чтобы все они были заняты только в сплавном процессе, кроме, конечно, зимнего периода. Для рейдовых рабочих надо создавать условия, чтобы они и зимой работали вместе. Их коллектив надо рассматривать как большую дружную артель в лучшем смысле этого слова.

На наш взгляд, исходными принципами аренды являются добровольность и взаимная выгода сторон.

Добровольность означает, что переход на аренду возможен при согласии не менее 2/3 числа работников предприятия, связанных со сплавом, в том числе не менее 80 % постоянных, занятых на рейдовых работах. Добровольность достигается деятельностью руководителей администрации, СТК, партийного и профсоюзного комитетов, а также экономическим всеобучем.

Взаимную выгоду от перехода на аренду должны иметь три стороны: рабочие сплава, работники аппарата управления предприятия, вышестоящей организации. Выгода рабочих состоит в существенном повышении заработной платы и решении социальных вопросов (их перечень фиксируется в договоре). Выгода работников аппарата (связанных со сплавыми работами), та же, что и для рабочих, но при меньшем повышении оплаты труда. Выгода вышестоящей организации заключается в выполнении в срок и без нарушений всех плановых показателей: объема и сортиментной структуры поставок, выручки от реализации, себестоимости, материальных затрат и др. Иными словами, должны быть достигнуты все плановые показатели, предусмотренные договором аренды, включая платежи в бюджет (налоги) в части, формируемой на сплавных работах.

По нашему мнению, для рейдовых работ в системе Бобровского рейда наиболее подходящей формой является создание арендного предприятия на основе имущества подразделения государственного предприятия согласно ст. 22 «Основ законодательства об аренде» [2]. При этом в качестве арендодателя выступает государственное предприятие — Бобровский рейд (сокращенно ГПБР), в качестве арендатора — Арендное предприятие Сортировочно-сплоточный рейд Боброво. Между ними заключается договор аренды.

Арендные отношения типа «Арендное предприятие (АП) внутри госпредприятия (ГП)» существенно отличаются от внутрихозяйственного подряда. Главная цель — сплотить (в человеческом смысле) коллектив рабочих рейда. Поэтому договор целесообразно заключать на 3...5 лет. Коллектив АП образует совет арендного предприятия, который решает все вопросы приема, увольнения и подбора рабочих. После заключения договора аренды с ГПБР совет рейда набирает рабочих как бы заново; при этом можно освободиться от «балласта». Совет АП имеет решающее слово при подборе сезонных рабочих (в этот вопрос ГПБР не должно вмешиваться).

Образование АП позволяет повысить требовательность к специалистам (ИТР). В договоре должны быть отражены «управленческие

услуги» (планирование, внедрение новой техники и др.) со стороны аппарата ГПБР. Есть возможность более решительно, чем при подряде, отказаться от излишнего нормирования, действующих систем премирования (укрупнить нормы, вообще обойтись без них и т. д.). Оплата труда должна идти не «снизу» — от норм, расценок, а «сверху» — от выручки и хозрасчетного дохода рейда. Потребуется коэффициенты трудового вклада (КТВ), чтобы разделить зарплату между участками сортировки, сплотки, формирования и др., а потом коэффициенты трудового участия (КТУ) рабочих каждого участка. Именно в КТВ и КТУ рабочие сами должны учитывать изменения скоростей течения и другие подобные факторы.

В первый год лучше организовать работу АП по I модели, установив ему норматив образования фонда оплаты труда на 1 р. выручки от сдачи плотов на гак. На следующий сезон коллектив АП сам выбирает модель. Эти особенности надо отразить в договоре аренды. Договор ежегодно перед навигацией (в феврале — марте) может корректироваться, если существенно изменяются объемы поступления сплавной древесины сверху, требования получателей плотов, пароходства и т. п. Коррективы вносятся только с обоюдного согласия сторон.

Арендодателю следует сохранить за собой все функции планирования производства, затрат и результатов по кругу работ арендатора в соответствии с договором, расчеты по арендной плате и платежам в бюджет (налогам), отчислениям на социальное и иное страхование, бухгалтерские и другие экономические функции, кроме начисления зарплаты работникам АП, учета объемов их работ и прямых материальных затрат. Целесообразно выделить две штатные единицы АП: экономиста-нормировщика и бухгалтера.

При всей условности статистики численность рабочих сплава на Бобровском рейде меняется по кварталам примерно так (в процентах к среднегодовой): I — 60, II — 100, III — 150, IV — 80. Еще больше колебания по месяцам; пик численности приходится на июль. В связи с этим рабочих переводят со сплава на промышленные производства и обратно, привлекают сезонных рабочих. Но все это не препятствия для арендных форм. Объем рейдовых работ в Боброво лимитирован поступлением леса от верхних сплавконтор. Поэтому можно наперед установить, сколько потребуется рабочей силы и других ресурсов для выполнения всех работ в соответствии с установленными требованиями.

Рейдовым работам предшествует постановка запани и других наплавных сооружений, которые убирают по окончании навигации. Оба эти цикла работ также располагают к подряду. Поэтому наиболее опытных рабочих сплава, выполняющих постановку — уборку запани, целесообразно объединить в отдельный «малый» коллектив, работающий в начале и конце навигации по особому подряду, или перевести на субаренду (в соответствии со ст. 7, 18 Основ [2]). Субарендный коллектив, несомненно, окажется более сплоченным, будет бережнее относиться к имуществу, сможет выполнять работы экономичнее, что обеспечит повышение оплаты труда. Подготовительные работы надо оплачивать аккордно за весь объем из хозрасчетного дохода, которым этот коллектив распоряжается сам. Конечно, в договоре субаренды сложно наперед учесть гидрологические и другие сезонные особенности каждой весны и лета. Однако надо идти на субаренду, оставляя в договоре возможность вносить коррективы по согласию сторон.

В связи с арендой рейда возникает вопрос об использовании кадров в межнавигационный период. Но если коллектив рейда будет юридическим лицом, ему легче договориться с арендодателем — директором предприятия об условиях перевода работников на промышленные работы. Формами этих отношений могут быть подряд или субаренда.

В первом случае рабочие и ИТР рейда заключают с дирекцией госпредприятия договор подряда. Во втором арендное предприятие — рейд берет в аренду у госпредприятия не только рейдовые работы, но и лесозаготовки, становясь предприятием круглогодичного действия, а лесозаготовки сдает в субаренду своим работникам так же, как постановку — уборку запани.

Варианты	Предприя-тие в целом	Рейд	Цеха				Лесоза-готов-ки	Под-соб-ное хо-зяй-ство
			тех-ноло-гиче-ской ще-пы	лесо-пил-ный	тар-ный	меха-ни-че-ский		
Возможные	1. Госу-дарст-венное 2. Аренд-ное	1. Арендный подряд 2. Самостя-тельное арендное предприя-тие внутри-государст-венного предприя-тия	1. Арендный подряд 2. Субаренда 3. Кооператив					
Альтернативы:								
А	1	1	1	1	1	1	1	1
Б	1	1	1	1	3	1	1	1
В	1	2	1	1	1	1	1	1
Г	1	2	1	1	3	1	1	3
Д	2	1	1	1	1	1	1	1
Е	2	2	1	1	3	1	2	3

В таблице показаны различные варианты экономических отношений на Бобровском рейде. Ближе всего к существующему положению вариант А. Были попытки создать кооператив на базе тарного цеха (Б). Описанный нами путь выражен вариантами В и Г, причем вариант Г, конечно, предпочтительнее как более активный, радикальный. Наконец, возможны и варианты Д, Е с переходом на аренду всем предприятием. В этом случае, пока сплавные работы явно преобладают, можно довольствоваться вариантом Д, со снижением же сплава и ростом промышленных производств сделать следующий шаг — к варианту Е.

Наш опыт показал также, что администрацию и особенно специалистов предприятий (не только Бобровского рейда), по-видимому, устраивают существующие формы организации. Надо, чтобы идеями аренды овладели рабочие. На лесосплавных предприятиях условия для этого особенно благоприятны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Арендный подряд на лесозаготовительных предприятиях / М. И. Брик, С. М. Жуков, В. Е. Леванов, Р. В. Юркин.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 216 с. [2]. Основы законодательства Союза ССР и союзных республик об аренде: Приняты 23.11.89 // Эконом. газ.— 1989.— № 49.— С. 14—15. [3]. Прегер В. А. Аренда и лесосплав // Лесн. журн.— 1990.— № 3.— С. 123—126.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Романов Е. С. Экономические особенности лесосплавного производства: объемные показатели, производственные фонды, труд: Учеб. пособие.— Архангельск: РИО АЛТИ, 1990.— 76 с.

Поступила 13 марта 1991 г.

УДК 658.155 : 630*9

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРЕНДНОЙ ПЛАТЫ ПРИ МНОГОЦЕЛЕВОМ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ

В. Н. ЛОГАЦКИИ

ЦНИИМЭ

Применительно к лесным ресурсам арендная плата, по нашему мнению, основана на следующих принципах. Она должна быть частью дохода арендатора от пользования лесами (если нет пользования, нет и арендной платы) в зависимости от нормативов пользования и качества сдаваемых в аренду ресурсов. Ее не следует определять в процентах к доходу арендатора, т. е. возлагать на нее функции налога на доход.

Базой для определения арендной платы являются таксовая стоимость лесных ресурсов и сумма затрат на управление лесами (содержание республиканских, областных, районных органов управления лесного хозяйства).

Размер арендной платы устанавливаются при заключении договора аренды. При переходе к регулируемым рыночным отношениям и развитию конкуренции за получение права пользования лесными ресурсами нижней границей арендной платы станет таксовая стоимость лесных ресурсов с добавлением расходов на управление; верхней — возможный доход арендатора.

Для большинства арендаторов наиболее притягательным видом лесопользования является пользование древесиной. При этом основную часть арендной платы составляет попенная плата, методы определения которой становятся объектом особого внимания.

В условиях централизованной системы экономических отношений в лесном хозяйстве попенная плата представляет собой директивные платежи лесозаготовителей за отводимый в рубку лесосечный фонд в бюджет в целях аккумуляции финансовых средств на воспроизводство лесных ресурсов.

Попенная плата в отечественном лесном хозяйстве применяется уже более 100 лет. В дореволюционной России древесину на корню в государственных (казенных) лесах продавали на лесных торгах. Ориентиром цены реализации служили лесные таксы, установленные исходя из рыночной цены древесины по формуле Э. И. Шенрока

$$t = \frac{V}{1 + 0,01p} - (e + d), \quad (1)$$

где V — рыночная цена лесопродукции;
 e — расходы на заготовку древесины;
 d — транспортные издержки;
 p — процент предпринимательской прибыли.

Действительную цену реализации древесины на корню устанавливали согласно спросу с повышением против такс или с понижением.

До 30-х гг. попенная плата в СССР строилась на рыночных принципах и определялась спросом и предложением на отдельных рынках. В 1930 г. ее взимание было отменено. В 1949 г. попенная плата введена вновь, но в очень малых размерах. Так, в 1965 г. она составила 0,49 р. за 1 м³ древесины, что эквивалентно 6,3 % себестоимости и 5,8 %

оптовой цены. С 1 июня 1967 г. лесные таксы возросли в 2,3 раза, т. е. до 1,20 р. за 1 м³. В 1982 г. произошло очередное повышение попенной платы в 2 раза, и в 1988 г. средний размер лесной таксы составил 2,17 р. за 1 м³, или около 12 % себестоимости круглых лесоматериалов.

Лесные таксы дифференцированы по районам лесозаготовок, породам (группам пород) древесины, товарности хлыста и расстоянию вывозки. При прежнем среднем уровне попенной платы около 2 р. за 1 м³ возможности ее дифференциации по этим факторам ограничены, что препятствует установлению такс на действительно рентной основе.

Механизм построения попенной платы на затратных принципах исключительно прост, но пагубен для развития лесного хозяйства. В основе ее исчисления лежат затраты на лесное хозяйство, принятые за определенный период и рассчитанные по неполной номенклатуре расходов (без амортизации, отчислений в социальные фонды и т. п.) вне всякой связи со спросом и предложением на лесопroduкцию на внутреннем и внешнем рынках.

Более того, текущие затраты на лесохозяйственную деятельность устанавливают на объемы работ, не обеспечивающие интенсивного развития лесного хозяйства. Так, в ряде районов искусственное лесовосстановление проводится лишь на 40...60 % площадей, где оно требуется по лесоводственным соображениям; рубки ухода в молодняках охватывают 10 % площади, запланированной государством; мелиоративный фонд осваивается на 5 %.

При этом образовался порочный круг: по затратам определяли попенную плату, а по ней, в свою очередь,— плановые затраты на лесовыращивание. Он разрывался только в результате директивного повышения попенной платы при пересмотрах оптовых цен на лесопroduкцию.

В СССР по состоянию на 1990 г. уровень попенной платы в 6—8 раз ниже, чем в странах с рыночной экономикой, где доля попенной платы в цене круглых материалов колеблется от 30 до 60 % в зависимости от вида лесопroduкции. Следствиями занижения цен на древесину, отводимую в рубку, являются:

нерациональное использование лесосечного фонда, поскольку попенная плата, являясь плановыми издержками в составе себестоимости лесопroduкции, слабо реагирует на полноту освоения лесных ресурсов;

незначительная дифференциация в уровне попенной платы по породам и размерно-качественным характеристикам древесины, не соответствующая реальному соотношению потребительной стоимости сортиментов на внутреннем и внешнем рынках и приводящая к построению оптовых цен на лесопroduкцию без учета ее потребления;

формирование оптовых цен на лесопroduкцию также значительно ниже уровня мировых цен на соответствующие сортименты;

большие финансовые потери при эксплуатации лесных ресурсов зарубежными фирмами (организациями), строительстве совместных предприятий и экспортно-импортных операциях;

появление у пользователей иждивенческой психологии, заключающейся в стремлении «освоить» как можно больше ресурсов при их дешевизне и бесконтрольности в пользовании;

неадекватность в большинстве многолесных районов объемов лесозаготовок и лесовосстановления, вызванная острой нехваткой бюджетных средств на ведение лесного хозяйства.

Необходимо срочно осознать эти последствия и реализовать новый рыночный подход к установлению попенной платы, широко используемый в зарубежных странах*. Сущность подхода состоит в том, что

* Петров А. П. Методы экономических исследований в лесной промышленности зарубежных стран.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1973.— 67 с.

попенная плата представляет собой цену на лес на корню, продаваемый лесовладельцами (государством, частными фирмами) промышленным компаниям или сдаваемый в аренду на период эксплуатации. Она определяет цену древесины без учета других полезностей леса.

Уровень попенной платы определяется:

таксационной оценкой древостоев с точки зрения получения отдельных сортиментов;

ценами на конечные продукты на внутреннем и внешнем рынках;

техникой, технологией, капиталоемкостью и текущими прямыми затратами лесозаготовительного и деревообрабатывающего производств;

нормой прибыли на капитал с учетом степени риска;

коммерческим опытом продажи леса на корню и сдачи его в аренду.

В основе расчета лежат рыночные цены на конечные продукты из древесины (пиломатериалы, фанера, бумага и т. д.) и затраты на заготовку и переработку. Общая схема определения попенной платы S имеет вид

$$S = R - C - M, \quad (2)$$

где R — рыночная цена на конечный продукт;

C — затраты на заготовку и переработку лесоматериалов;

M — сумма, приходящаяся на норму прибыли (маржин) с учетом риска (минимальный уровень прибыли лесовладельцев или промышленных компаний на стадиях заготовки и переработки древесины).

Согласно общепринятой методологии разность $R - C$ представляет собой доход на переработку, который состоит из прибыли на капитал и риск, поступающей лесовладельцам и промышленным компаниям, и собственно попенной платы.

Вложения капитала анализируют с учетом его структуры, сроков службы отдельных видов оборудования, сооружений и зданий, остаточной стоимости основных средств после завершения лесозаготовки. Годовую амортизацию определяют исходя из срока службы. При установлении попенной платы амортизацию рассчитывают на основе постоянных, а не регрессивных норм, как принято в обычной хозяйственной практике фирм.

Вложения в оборотный капитал представлены стоимостью лесоматериалов в пути, в лесу или в водных бассейнах, на складах, а также денежными средствами в расчетах. При определении попенной платы используют следующие исходные данные:

K — постоянные вложения (основной капитал);

W — оборотный капитал;

A — амортизация на заготовках и в деревопереработке;

Z, Q — эксплуатационные затраты соответственно на лесозаготовках и в деревопереработке (без амортизации);

q — маржин прибыли с учетом риска, %;

V — годовой объем рубки леса.

Тогда

$$S = R - \left[Z + Q + A + \frac{q(K + W)}{V} \right]. \quad (3)$$

Особого внимания заслуживает обоснование маржина прибыли (q). Обычно его принимают в размере 15...20% в зависимости от степени риска. В тех районах, где условия эксплуатации известны, степень риска наименьшая, поэтому $q = 10...15\%$; если условия эксплуатации не определены, $q = 20\%$.

Поскольку товарность конечной продукции резко различается по породам древесины, ее качественным характеристикам и затраты на эксплуатацию неодинаковы по районам, ставки попенной платы имеют большую дифференциацию (табл. 1, данные для Финляндии, 1985 г.).

Таблица 1

Сортимент, порода	Продажная цена	Попенная плата	Доля попенной платы, %
	марки на 1 м ³		
Пиловочник:			
сосновый	239	209	87
еловый	199	162	81
лиственный	231	202	87
Балансы:			
сосновые	155	86	55
еловые	166	89	53
лиственные	130	62	48

Установленная таким образом попенная плата дополнительно регламентируется соглашениями между ассоциацией лесовладельцев и ассоциациями лесопромышленных фирм и предприятий. Соглашения, как правило, действуют на короткие сроки (на сезон лесозаготовок или текущий финансовый год); их условия принимаются к исполнению обеими сторонами в обязательном порядке.

Предварительные расчеты показывают, что если цены на конечную продукцию принять на уровне мировых, попенная плата в СССР должна быть увеличена в 5—8 раз в зависимости от района лесозаготовки.

Практически же вход лесного хозяйства в рыночные экономические отношения намечено обеспечить повышением средней попенной платы с 01.01.91 г. только в 2,8 раза, что в условиях роста цен на все сырьевые ресурсы, энергию, топливо, продукцию машиностроительного комплекса не создаст стабильной финансовой базы для развития лесного хозяйства. Поэтому в условиях действия централизованно устанавливаемых прецедентов цен на лесопромышленную и древесину на корню в переходный к регулируемым рыночным экономическим отношениям период предлагается определять арендную плату как сумму таксовой стоимости древесины на корню и затрат на управление лесным хозяйством. Тогда

$$\sum_{i, j, k}^{m, n, p} AP_{ijk} = \sum_{i, f, k}^{m, n, p} PP_{ijk} + \frac{\sum_{k, t}^{p, q} ZY_{kt}}{Q}, \quad (4)$$

где

i — древесная порода, $i = \overline{1, m}$;

j — размерно-качественная характеристика, $j = \overline{1, n}$;

k — структурное подразделение управления лесным хозяйством (республиканское, областное, районное), $k = \overline{1, p}$;

t — направление затрат на управление лесным хозяйством, $t = \overline{1, q}$;

AP_{ijk} , PP_{ijk} — соответственно арендная плата за пользование единицы ресурса и таксовая стоимость 1 м³ ликвидной древесины i -й породы, j -й размерно-качественной характеристики в пределах арендуемого лесного фонда k -го структурного подразделения;

ZY_{kt} — затраты на управление лесным хозяйством арендуемого лесного фонда по k -му структурному подразделению, t -го направления затрат;
 Q — объем ликвидной древесины в пределах расчетной годичной лесосеки арендуемого лесного фонда.

Затраты на управление лесным хозяйством рассчитывают по формуле

$$\sum_{k,t}^{p,q} ZY_{kt} = \sum_{k,t}^{p,q} ZY_{kt}^6 K_{kt}^1 K_{kt}^2, \quad (5)$$

где ZY_{kt}^6 — базовые (фактически сложившиеся) затраты на управление лесным хозяйством в k -м структурном подразделении по t -му направлению затрат;
 K_{kt}^1 — коэффициент, учитывающий изменение этих затрат при переходе на новую структуру управления в k -м подразделении по t -му направлению затрат;
 K_{kt}^2 — коэффициент, учитывающий изменение цен на товары и услуги при переходе на рыночные отношения в k -м структурном управлении по t -му направлению затрат.

Суммарные затраты на управление лесным хозяйством пропорциональны доле лесной (покрытой лесом) площади арендуемого лесного фонда в общей лесной, находящейся в ведении соответствующего структурного подразделения на республиканском, областном, районном уровнях. При наличии нескольких видов пользования затраты на управление, приходящиеся на лесничество, район, область, республику, распределяются пропорционально таксовой стоимости или обоснованной ставке за получение права пользования соответствующим видом лесного ресурса или полезности леса в зависимости от возможного дохода арендатора.

Арендная плата (без затрат на управление лесным хозяйством) за ресурсы побочного пользования лесом (грибы, ягоды и т. п.) устанавливается в размере ставок за пользование с учетом возможного дохода арендатора. Размер ставок зависит от цен в кооперативной торговле и на колхозных рынках регионов. Цены формируют доход арендатора при реализации продукции переработки этих ресурсов. Следовательно, арендная плата за ресурсы побочного пользования лесом может быть вычислена по формуле

$$\sum_{V=1}^I AP_V = \sum_{V=1}^I \left(\frac{CP_V}{1 + P_V/100} - Z_V \right) K_V, \quad (6)$$

где V — вид ресурса побочного пользования лесом, $V = \overline{1, I}$;

AP_V — арендная плата за единицу V -го вида ресурса;
 CP_V, P_V, Z_V — соответственно средняя цена реализации, средний уровень рентабельности производства и затрат на заготовку, транспортировку, переработку, хранение и реализацию продукции переработки V -го вида ресурса, сложившиеся в регионе;
 K_V — коэффициент выхода продукции из V -го вида ресурса побочного пользования лесом.

Арендная плата за рекреационное пользование может быть установлена на уровне упущенных возможностей лесовладельца в случае полного или частичного изъятия лесосечного фонда, используемого в целях рекреации, из хозяйственного оборота. При этом целесообразно

применить формулу (4), скорректированную на группу коэффициентов K_{ijk} ($i = 1, m; j = 1, n; k = 1, p$), которые учитывают снижение объема заготовки древесины i -й породы, j -й размерно-качественной характеристики в связи с отчуждением лесных земель под рекреационное пользование в k -м структурном подразделении.

Альтернативным является расчет, основанный на разности транспортных расходов на доставку отдыхающих от центра урбанизации (ЦУ) — места компактного проживания (населенный пункт, туристическая база и т. п.) в различные зоны рекреации (см. рисунок). За нулевую принимают ставку арендной платы в наиболее отдаленной зоне рекреации $ЗР$ с максимальными транспортными издержками. Условные обозначения и порядок расчета арендной платы приведены в табл. 2.

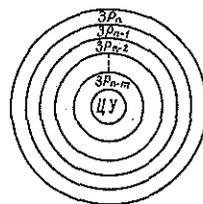


Таблица 2

Зона рекреации	Расстояние от центра урбанизации до зоны рекреации, км	Транспортные расходы на доставку отдыхающих, р./чел.	Число посещений за год, чел.	Арендная плата, р.
$ЗР_{n-m}$	L_{n-m}	T_{n-m}	N_{n-m}	$(T_n - T_{n-m}) N_{n-m}$
...
$ЗР_{n-2}$	L_{n-2}	T_{n-2}	N_{n-2}	$(T_n - T_{n-2}) N_{n-2}$
$ЗР_{n-1}$	L_{n-1}	T_{n-1}	N_{n-1}	$(T_n - T_{n-1}) N_{n-1}$
$ЗР_n$	L_n	T_n	N_n	0

Таким образом, общая сумма арендной платы за рекреационное пользование лесами

$$\begin{aligned}
 АП = & (T_n - T_{n-1}) N_{n-1} + (T_n - T_{n-2}) N_{n-2} + \dots + \\
 & + (T_n - T_{n-m}) N_{n-m}.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Данный метод расчета требует особого внимания к определению числа, размеров и конфигурации зон рекреации. Эти факторы зависят от характеристики центра урбанизации и степени рекреационного воздействия. Число посещений различных зон устанавливают на основе экспертных оценок и данных анкетирования.

При многоцелевом лесопользовании арендную плату рассчитывают по каждому виду пользования на единицу эксплуатируемого ресурса. Если за объект аренды принимают лесной фонд, плата может быть установлена на единицу лесной (покрытой лесом) площади. В этом случае суммарную арендную плату за пользование всеми ресурсами на данной лесной территории делят на лесную (покрытую лесом) площадь арендуемого участка.

Поступила 4 марта 1991 г.

УДК 630*611(471.11)

РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРА НЕИСТОЩИТЕЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОМ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. П. ЧУПРОВ, Е. Д. АНТУФЬЕВА, Т. П. ЯРУНОВА,
В. Б. ШУНИНА

Архангельский институт леса и лесохимии

Лесопромышленный комплекс Архангельской области — один из крупнейших в стране — может нормально функционировать лишь при наличии постоянной лесосырьевой базы. Практика последних десятилетий показывает, что эта база быстро истощается. Чтобы сохранить лесопромышленный комплекс, необходимо очень осторожно решать вопросы лесопользования. В противном случае можно ожидать непоправимых экономических и социальных последствий. Исключительно важна средозащитная роль северных лесов как заслона европейской части страны от холодных арктических масс воздуха. К сожалению, этот фактор до сих пор не учитывается.

Область имеет большие площади лесов. Основная их часть (82 %) относится к III группе и заметная (18 %) — к I. Общий запас древесины равен 2 млрд м³, в том числе ликвидный запас спелых лесов, возможных для эксплуатации, 1,4 млрд м³. Большая часть запасов (92 %) сосредоточена в лесах III группы. Небольшие запасы (8 %) имеются в I группе, из них треть (34 %) в притундровых лесах и более половины (54 %) в запретных полосах вдоль рек. Почти все леса I группы, включая притундровые, официально считаются эксплуатационными.

По классам возраста насаждения распределены очень неравномерно. Спелые древостои занимают 66 % площади, молодняки 20 %. Очень слабо представлены средневозрастные (11 %) и приспевающие (3 %) насаждения. Производительность лесов низкая: средний запас на 1 га спелых насаждений равен 139 м³, средний прирост на 1 га — 1 м³. Общий средний прирост древесины в эксплуатационных лесах III и I групп равен 18,6 млн м³, в том числе ликвидной 16,7 млн м³.

Главное пользование лесом в области составляет 98 % отпуска древесины. Заготовку древесины по главному пользованию осуществляют предприятия 20 министерств и ведомств. Предприятия Минлеспрома заготавливают 78 % древесины. Основной объем лесозаготовок (95 %) приходится на хвойное хозяйство.

До 1981 г. для области была утверждена расчетная лесосека в размере 24,4 млн м³. Затем она была необоснованно повышена до 28,8 млн м³ за счет лесов III (на 1,0 млн м³) и I (на 3,4 млн м³) групп, в том числе на 0,7 млн м³ по притундровым лесам.

В лесах I группы заготавливается только 1,4 % всей древесины. Лесосека по ним реализуется на 5 %. Эксплуатируются в основном леса III группы. Расчетная лесосека по ним в последние годы (1989 г.) использовалась на 92 %, по хвойному хозяйству на 96 %, по лиственничному на 54 %.

Исходя из приведенных данных, можно прийти к выводу, что интенсивность лесопользования в целом по области нормальная, так как утвержденная расчетная лесосека не перерубается. В действительности

положение иное. Так, при современном объеме рубок срок использования спелых хвойных лесов III группы области равен 50 годам, а эксплуатационных запасов лесосырьевых баз концерна Северолес (бывш. ТПО Архангельсклеспром) — 38 годам при очень малой представленности приспевающих и средневозрастных насаждений (3 и 11 %) и сроке выращивания технически спелой древесины 100...150 лет. Кроме того, часть учитываемых запасов неэксплуатационна. Это старые мелкие недорубы в освоенных базах с низким запасом на 1 га, оставленный при рубке тонкомер, островки леса среди болот и др. Велики ежегодные потери древесины в виде недорубов и нестрелеванной древесины.

Фактически неэксплуатационными являются насаждения, имеющие запас на 1 га 40...70 м³. Это широко распространенные на Севере заболоченные участки мелкого леса Va—Vб классов бонитета. На устройство волоков и лесовозных усов (настилов) при освоении таких лесов требуется древесины больше, чем имеется на корню. При лесоустройстве их следует выделять в неэксплуатационные и исключать из лесопользования.

Если объем рубки довести до размера утвержденной расчетной лесосеки, то срок использования эксплуатационных лесов области не превысит 40 лет, после чего начнется резкий спад возможного объема рубки. Положение усугубляется и тем, что лесопользование по территории распределяется неравномерно. В 12 из 26 лесхозов области утвержденная лесосека в лесах III группы перерубается в целом на 13...96 %, в 13 — по хвойному хозяйству на 5...106 %. Почти полностью истощены лесосырьевые базы, расположенные вдоль железных дорог Архангельск — Коноша и Коноша — Котлас, р. Северной Двины и ее притоков, занимающие половину площади области. Постоянно прекращают свою деятельность лесопункты и леспромхозы. В дальнейшем этот процесс будет нарастать. Таким образом, современная лесозаготовка ведет к истощению лесосырьевых ресурсов, что недопустимо в условиях Архангельской области, основу экономики которой составляет лесопромышленный комплекс.

Форсированную рубку лесов Севера принято обосновывать лишь лесоводственными условиями, большой долей спелых лесов и низким приростом. Вопросы нормирования лесопользования для области центральными органами решаются без учета местных экономических условий и перспективы, а применяемые методы расчета лесопользования требуют совершенствования.

В последние годы все производства Архангельской области потребляют 23 млн м³ круглого леса и около 5 млн м³ отходов лесопиления, деревообработки и лесозаготовок. При этом наблюдается большой недостаток пиловочного сырья, мощности лесопиления загружены менее чем на 70 %. В перспективе положение еще ухудшится, если не принять срочных мер к упорядочению лесопользования и не перейти на неистощительное пользование лесом.

В практике лесоустройства на Севере размер расчетных лесосек устанавливаются, как правило, на уровне известных «стандартных» 1-й и 2-й возрастных лесосек и, как исключение, на уровне лесосеки по обороту рубки (равномерного пользования). Использование возрастных лесосек для разных условий дает различные результаты, зависящие от характера распределения лесов по классам возраста. В центральных и южных областях, где распределение лесов по возрастам более равномерно и процент спелых лесов невелик, возрастные лесосеки близки к лесосекам по обороту рубки, а также неистощительного пользования и пригодны для установления размера последнего. В условиях Севера, где высок процент спелых древостоев, заметный — молодняков и почти отсутствуют приспевающие и средневозрастные древостои, возрастные

лесосеки оказываются очень высокими. При этом в расчет включают большую часть лесопокрытой площади, а использование ее рассчитывают только на 40...60 лет. В результате не обеспечивается неистощительное пользование лесом.

Для обоснования размера лесопользования важно знать, чего следует ожидать в будущем. Поэтому мы считаем, что необходимы долгосрочные прогнозные расчеты на весь оборот рубки. Расчеты лесопользования на ближайший период и на перспективу должны быть взаимосвязаны.

Очень важно учесть смену пород, которая, по данным лесоустройства, после рубки ельников без сохранения подроста происходит на 95 %, а после рубки сосняков — на 20 % площади лесов Архангельской области. Постоянно уменьшается площадь хвойного хозяйства и увеличивается — лиственного. Из-за несовершенства лесоустроительной инструкции смену пород фактически не учитывают, к хвойным относят все лиственные молодняки и средневозрастные древостои, в которых имеется хотя бы 30 % хвойных. Поэтому уже сейчас площадь хвойного хозяйства и расчетная лесосека по нему завышены, а лиственного — занижены. В то же время в лиственных лесах, возникших в результате смены пород, до 100—120-летнего их возраста преобладают береза и осина [2].

Расчетные лесосеки следует оценивать не только по их общему размеру, но и по породному составу. Поскольку народное хозяйство нуждается главным образом в хвойной древесине, надо прогнозировать, прежде всего, размер лесопользования в хвойном хозяйстве. Одним из важнейших условий объективного установления размера лесопользования является также учет уровня лесного хозяйства, т. е. применяемой системы мероприятий по повышению продуктивности лесов, их качества. Игнорирование этого фактора приводит к занижению расчетной лесосеки, в первую очередь по хвойному хозяйству.

Расчетные лесосеки принято устанавливать по лесхозам. Однако основной, фактически неизменяющейся производственной единицей является лесничество. Поэтому расчетные лесосеки следует устанавливать по лесничествам, а затем и по лесхозам.

Нами выполнены многовариантные расчеты для лесхозов и сырьевых баз ЛЗП с использованием динамической модели-программы, разработанной на языке Фортран (для АРМ. 2.01.03, ЭВМ СМ-4 и др.) [3]. Модель позволяет рассчитать различные виды лесосек (возрастные, по обороту рубки и неубывающего пользования лесом) во временной динамике на оборот рубки по десятилетиям с учетом влияния мероприятий по повышению продуктивности лесов, их качества, смены пород, возрастов рубок, периодов возобновления.

Мы предлагаем устанавливать расчетную лесосеку неубывающего (по хвойному хозяйству) пользования лесом, размер которого сохранился бы в течение всего оборота рубки в хвойном хозяйстве без снижения при наличии смены пород. Лесосека же по обороту рубки (равномерного пользования) в условиях смены пород в течение оборота рубки не является неизменной, по хвойному хозяйству она также постепенно снижается.

Были приняты следующие варианты расчета лесосек:

1) без учета мероприятий по повышению продуктивности лесов, с учетом смены пород, при рубке в объеме расчетной лесосеки: А — 1-я возрастная; Б — 2-я возрастная; В — по обороту рубки; Г — неубывающего (по хвойному хозяйству) пользования лесом;

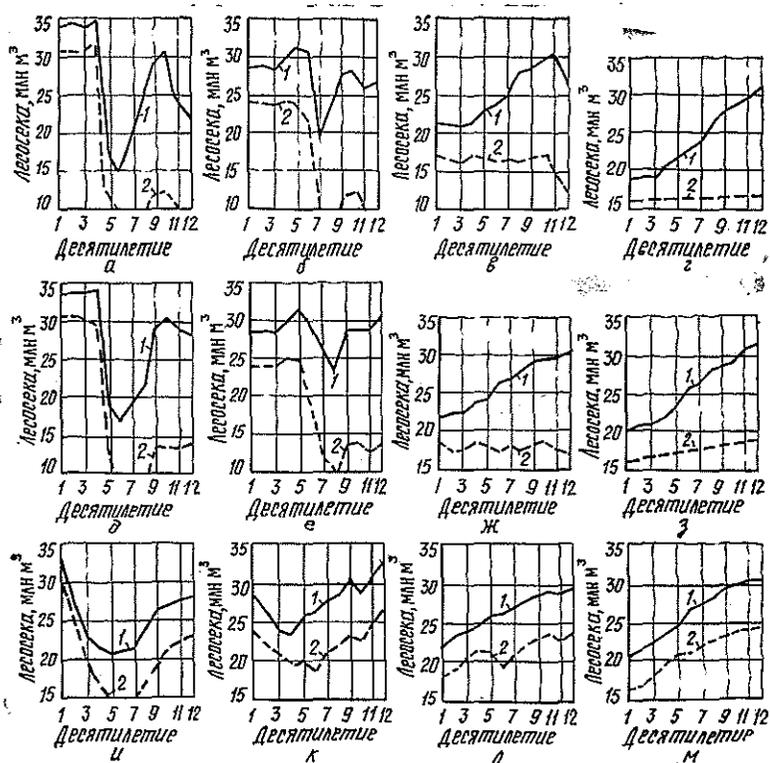
2) с учетом мероприятий по повышению продуктивности лесов в современном и реально ожидаемом объеме по прогнозам, смены пород, при рубке в размере расчетной лесосеки, по тем же подвариантам;

Ва- риант	Группа лесов	Расчетная лесосека, млн м ³ , по 10-летиям						
		1	3	5	7	9	11	12
1А	I + III	<u>33,9</u>	<u>33,8</u>	<u>17,4</u>	<u>18,3</u>	<u>29,0</u>	<u>24,9</u>	<u>22,3</u>
		<u>30,7</u>	<u>30,2</u>	<u>11,4</u>	<u>8,7</u>	<u>12,0</u>	<u>8,1</u>	<u>8,8</u>
	III	<u>31,0</u>	<u>31,6</u>	<u>14,8</u>	<u>15,6</u>	<u>26,3</u>	<u>22,0</u>	<u>19,4</u>
		<u>28,2</u>	<u>28,5</u>	<u>9,2</u>	<u>6,4</u>	<u>10,0</u>	<u>5,9</u>	<u>6,6</u>
1Б	I + III	<u>28,3</u>	<u>27,9</u>	<u>31,4</u>	<u>19,0</u>	<u>28,2</u>	<u>25,1</u>	<u>26,1</u>
		<u>24,2</u>	<u>23,8</u>	<u>24,4</u>	<u>8,5</u>	<u>11,7</u>	<u>7,9</u>	<u>8,3</u>
	III	<u>25,4</u>	<u>25,7</u>	<u>28,8</u>	<u>16,3</u>	<u>25,6</u>	<u>22,2</u>	<u>23,2</u>
		<u>21,7</u>	<u>22,1</u>	<u>22,2</u>	<u>6,2</u>	<u>9,7</u>	<u>5,7</u>	<u>6,1</u>
1В	I + III	<u>21,0</u>	<u>20,3</u>	<u>22,8</u>	<u>25,0</u>	<u>28,8</u>	<u>30,2</u>	<u>27,0</u>
		<u>16,8</u>	<u>16,1</u>	<u>16,6</u>	<u>16,3</u>	<u>16,5</u>	<u>16,6</u>	<u>12,1</u>
	III	<u>18,1</u>	<u>18,1</u>	<u>20,2</u>	<u>21,3</u>	<u>26,1</u>	<u>27,3</u>	<u>24,1</u>
		<u>14,3</u>	<u>14,4</u>	<u>14,4</u>	<u>14,0</u>	<u>14,5</u>	<u>14,4</u>	<u>9,9</u>
1Г	I + III	<u>19,6</u>	<u>19,7</u>	<u>21,9</u>	<u>24,5</u>	<u>28,1</u>	<u>29,7</u>	<u>30,9</u>
		<u>15,4</u>	<u>15,7</u>	<u>15,9</u>	<u>16,1</u>	<u>16,3</u>	<u>16,4</u>	<u>16,4</u>
	III	<u>17,3</u>	<u>17,4</u>	<u>19,5</u>	<u>22,0</u>	<u>25,3</u>	<u>26,7</u>	<u>28,0</u>
		<u>13,5</u>	<u>13,8</u>	<u>13,8</u>	<u>13,9</u>	<u>14,1</u>	<u>14,1</u>	<u>14,1</u>
2А	I + III	<u>33,6</u>	<u>33,6</u>	<u>18,5</u>	<u>18,7</u>	<u>29,4</u>	<u>29,8</u>	<u>27,7</u>
		<u>30,5</u>	<u>30,0</u>	<u>12,3</u>	<u>9,3</u>	<u>14,4</u>	<u>14,5</u>	<u>14,6</u>
	III	<u>30,7</u>	<u>31,4</u>	<u>15,9</u>	<u>16,0</u>	<u>26,7</u>	<u>26,9</u>	<u>24,8</u>
		<u>28,0</u>	<u>28,3</u>	<u>10,1</u>	<u>7,0</u>	<u>12,4</u>	<u>12,3</u>	<u>12,4</u>
2Б	I + III	<u>28,4</u>	<u>28,2</u>	<u>32,0</u>	<u>21,5</u>	<u>28,9</u>	<u>29,7</u>	<u>30,7</u>
		<u>24,3</u>	<u>24,0</u>	<u>24,8</u>	<u>11,1</u>	<u>14,1</u>	<u>13,5</u>	<u>13,6</u>
	III	<u>25,5</u>	<u>26,0</u>	<u>29,4</u>	<u>18,8</u>	<u>26,2</u>	<u>26,8</u>	<u>27,8</u>
		<u>21,8</u>	<u>22,3</u>	<u>22,6</u>	<u>8,8</u>	<u>12,1</u>	<u>11,3</u>	<u>11,4</u>
2В	I + III	<u>21,9</u>	<u>21,6</u>	<u>24,2</u>	<u>26,6</u>	<u>29,3</u>	<u>29,7</u>	<u>30,2</u>
		<u>17,8</u>	<u>17,4</u>	<u>17,8</u>	<u>17,6</u>	<u>18,0</u>	<u>17,1</u>	<u>16,1</u>
	III	<u>19,0</u>	<u>19,4</u>	<u>21,6</u>	<u>23,9</u>	<u>26,6</u>	<u>26,8</u>	<u>27,3</u>
		<u>15,3</u>	<u>15,7</u>	<u>15,6</u>	<u>15,3</u>	<u>16,0</u>	<u>14,9</u>	<u>13,9</u>
2Г	I + III	<u>20,0</u>	<u>20,5</u>	<u>23,0</u>	<u>26,1</u>	<u>28,8</u>	<u>30,4</u>	<u>32,0</u>
		<u>15,9</u>	<u>16,4</u>	<u>16,8</u>	<u>17,4</u>	<u>18,0</u>	<u>18,3</u>	<u>18,3</u>
	III	<u>17,7</u>	<u>18,2</u>	<u>20,6</u>	<u>23,6</u>	<u>26,0</u>	<u>27,5</u>	<u>29,1</u>
		<u>14,0</u>	<u>14,5</u>	<u>14,7</u>	<u>15,2</u>	<u>15,8</u>	<u>16,0</u>	<u>16,1</u>
3А	I + III	<u>33,6</u>	<u>22,7</u>	<u>20,1</u>	<u>21,2</u>	<u>26,4</u>	<u>27,8</u>	<u>28,2</u>
		<u>30,5</u>	<u>19,5</u>	<u>14,9</u>	<u>14,4</u>	<u>19,7</u>	<u>22,3</u>	<u>23,0</u>
	III	<u>30,7</u>	<u>20,5</u>	<u>17,5</u>	<u>18,5</u>	<u>23,7</u>	<u>24,9</u>	<u>25,3</u>
		<u>28,0</u>	<u>17,8</u>	<u>12,7</u>	<u>12,1</u>	<u>17,7</u>	<u>20,1</u>	<u>20,8</u>
3Б	I + III	<u>28,5</u>	<u>24,1</u>	<u>26,0</u>	<u>28,1</u>	<u>30,7</u>	<u>30,9</u>	<u>32,9</u>
		<u>24,3</u>	<u>20,4</u>	<u>20,1</u>	<u>20,9</u>	<u>23,5</u>	<u>24,6</u>	<u>26,4</u>
	III	<u>25,6</u>	<u>21,9</u>	<u>23,4</u>	<u>25,4</u>	<u>28,0</u>	<u>28,0</u>	<u>30,0</u>
		<u>21,8</u>	<u>18,7</u>	<u>17,9</u>	<u>18,6</u>	<u>21,5</u>	<u>22,4</u>	<u>24,2</u>
3В	I + III	<u>22,2</u>	<u>24,4</u>	<u>25,4</u>	<u>27,4</u>	<u>29,5</u>	<u>29,2</u>	<u>29,7</u>
		<u>18,0</u>	<u>20,9</u>	<u>20,6</u>	<u>21,4</u>	<u>23,3</u>	<u>23,3</u>	<u>23,9</u>
	III	<u>19,3</u>	<u>22,2</u>	<u>22,8</u>	<u>24,7</u>	<u>26,8</u>	<u>26,3</u>	<u>26,8</u>
		<u>15,5</u>	<u>19,2</u>	<u>18,4</u>	<u>19,1</u>	<u>21,3</u>	<u>21,1</u>	<u>21,7</u>
3Г	I + III	<u>20,1</u>	<u>22,3</u>	<u>24,7</u>	<u>27,3</u>	<u>29,6</u>	<u>30,1</u>	<u>30,2</u>
		<u>15,9</u>	<u>18,9</u>	<u>20,2</u>	<u>21,7</u>	<u>23,9</u>	<u>24,5</u>	<u>24,8</u>
	III	<u>17,8</u>	<u>20,0</u>	<u>22,3</u>	<u>24,8</u>	<u>26,8</u>	<u>27,2</u>	<u>27,3</u>
		<u>14,0</u>	<u>17,0</u>	<u>18,1</u>	<u>19,5</u>	<u>21,7</u>	<u>22,2</u>	<u>22,5</u>

3) с применением системы мероприятий высокого качества в требуемом по лесоводственным условиям объеме, при рубке в размере расчетной лесосеки, по аналогичным подвариантам.

В расчетах использованы материалы учета лесного фонда на 01.01.1988 г., официально действующие возрасты рубок. Учтены все леса, находящиеся в ведении Госкомлеса СССР и лесной промышленности, пригодные для эксплуатации, кроме притундровых.

Размеры и динамика расчетных лесосек главного пользования по Архангельской области на оборот рубки по десятилетиям, установленные вначале по лесхозам, приведены на рисунке и с сокращением в таблице (в числителе — для лесосеки в целом, в знаменателе — для хвойного хозяйства).



Динамика расчетных лесосек по вариантам: а — 1А; б — 1Б; в — 1В; г — 1Г; д — 2А; е — 2Б; ж — 2В; з — 2Г; и — 3А; к — 3Б; л — 3В; м — 3Г; 1 — лесосека в целом; 2 — по хвойному хозяйству

Расчеты показали, что в начальные десятилетия 1-я и 2-я возрастные лесосеки очень высоки при всех уровнях ведения лесного хозяйства (33,9...28,3 млн м³). Однако в дальнейшем, в связи с быстрым истощением запасов спелых хвойных лесов и сменой пород, расчетные лесосеки по хвойному хозяйству резко уменьшаются. В 6—10-м десятилетиях в вариантах 1А и 1Б они уменьшаются в 3—4 раза. Лесосека в целом, в связи с увеличением лиственного хозяйства, снижается в меньшей степени (провал в 4—9-м десятилетиях), но тоже значительно. При этом 50...65 % лесосеки будет составлять лиственная древесина. В целом такой режим лесопользования в перспективе приведет к свертыванию всего лесопромышленного комплекса и к крайне тяжелым последствиям для экономики области в целом.

Расчетные лесосеки по обороту рубки и неумещающегося лесопользования (22,2...19,6 млн м³) вначале значительно ниже возрастных при всех уровнях ведения лесного хозяйства. В дальнейшем лесосека по обороту рубки в хвойном хозяйстве также несколько снижается в связи со сменой пород. С учетом лиственного хозяйства она повышается (вариант 1В). Лесосека неумещающегося пользования (вариант 1Г) остается на одном уровне или возрастает в результате проведения мероприятий по повышению продуктивности лесов, обеспечивающих неистощительность ресурсов хвойных лесов в течение всего оборота рубки.

При современном уровне ведения хозяйства во всех четырех рассматриваемых вариантах лесосек (2А—2Г) суммарный объем лесопользования по хвойному хозяйству за оборот рубки примерно одинаков. Лесосеки же по лиственному хозяйству различаются. В вариантах 1-й и 2-й возрастных лесосек, где в начальные периоды лесосеки по хвойному хозяйству чрезвычайно высоки, на значительной площади происходит смена пород. При этом в связи с увеличением прироста в 1,5—2 раза и снижением оборота рубки в лиственном хозяйстве по сравнению с хвойным лесосека в первом повышается больше, чем в вариантах по обороту рубки и неумещающегося пользования лесом. Это сказывается и на размере общей лесосеки. В расчетах по вариантам хорошо прослеживается влияние мероприятий по повышению продуктивности лесов при разном их объеме и качестве. Оно нарастает постепенно.

Нередко считают возможным увеличение лесосеки в ближайшее время, надеясь в будущем компенсировать переруб мероприятийами по повышению продуктивности лесов. Многовариантные расчеты показали, что отдача от этих мероприятий, как правило, наступает лишь через несколько десятилетий, а иногда и через оборот рубки. Поэтому перерубы или установление чрезмерно высокой лесосеки всегда приводят к ее падению в последующем, что видно в подвариантах А и В.

Современному уровню ведения лесного хозяйства и лесозаготовки в области соответствует расчетная лесосека неумещающегося пользования лесом в размере 17,7 млн м³ по лесам III группы, в которых ведутся лесозаготовки, и 20,0 млн м³ в целом. В настоящее время она перерубается на 3-4, а по хвойному хозяйству на 6 млн м³. Действующая расчетная лесосека (28,8 млн м³) выше ее на 8,8 млн м³. В случае снижения расчетной лесосеки до 20,0 млн м³, в том числе по хвойному хозяйству до 15,9 млн м³ (вариант 2Г) дефицит в круглом лесе лесопотребляющих производств области (при существующем объеме 23 млн м³) составит не менее 3 млн м³. Использование имеющегося резерва отходов не восполнит этого дефицита.

В связи с этим в качестве вынужденной меры на ближайший период целесообразно принять вариант лесосеки 3В (по обороту рубки), которая в начальный период составляет в целом 22,2 млн м³ и по хвойному хозяйству 18,0 млн м³, т. е. на 2 млн м³ больше рассмотренной выше. При снижении объема рубки до рекомендуемой расчетной лесосеки дефицит в древесине (2 млн м³) может быть возмещен в результате полного использования имеющихся потерь древесины на разных этапах лесопромышленного производства, увеличения промежуточного пользования лесом и частично — ввоза круглого леса из Коми ССР и Вологодской области. В дальнейшем целесообразен полный переход на лесосеку неумещающегося пользования (вариант 2Г). В связи с повышенным лесосеки по лиственному хозяйству необходимо резкое увеличение использования лиственной древесины по всем направлениям.

В 1990 г. Госкомлес СССР принял решение снизить расчетную лесосеку по Архангельской области на 1991—1995 гг. до 23,9 млн м³ (на

4,9 млн м³), что следует считать важным шагом на пути к реализации неистощительного пользования лесом.

Приведенные расчетные лесосеки по всем вариантам установлены на основе учета всех эксплуатационных лесов, включая заболоченные насаждения Va—Vб классов бонитета. Последние занимают в области большие площади и фактически не являются эксплуатационными. При исключении их из лесопользования расчетные лесосеки по всем вариантам заметно понизятся. Эти уточнения следует внести в расчеты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Тюрин Е. Г. Воспроизводство хвойных лесов Европейского Севера // Лесн. хоз-во.—1987.—№ 9.—С. 42—45. [2]. Чупров Н. П. Березовые леса.—М.: Агропромиздат, 1986.—104 с. [3]. Чупров Н. П., Антуфьева Е. Д. Методическое пособие для многовариантных прогнозных расчетов неистощительного пользования лесом.—Архангельск: АИЛиЛХ, 1990.—20 с.

Поступила 8 февраля 1991 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*561 : 630*116.6

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ
НА ТРАССАХ ТРУБОПРОВОДОВ УКРАИНСКИХ КАРПАТ

Б. М. ПУНЬКО

Львовский лесотехнический институт

Основным фактором нарушения земель в регионе Украинских Карпат стало строительство трасс мощных трубопроводов для транспортировки нефти и газа. Площадь земель, отведенных под трассы магистральных газопроводов и отводов от них в ПО Прикарпаттрансгаз, по состоянию на 1 января 1988 г. составила 17,8 тыс. га, а протяженность трасс (в одну нить) равна 5,4 тыс. км. В дальнейшем эти площади будут увеличиваться.

На отведенных под трассы полосах производят сплошную вырубку древесной и кустарниковой растительности. Снимают и укладывают вдоль стены растущего леса травяное покрытие и плодородный слой почвы. На заключительных стадиях строители, кроме планировки полотна трассы, никаких рекультивационных или лесовосстановительных мероприятий не проводят. Как следствие, на трассах создаются предпосылки для развития эрозионных процессов. Наблюдаются интенсивные процессы плоскостной и линейной эрозии, оползни, осыпи и другие отрицательные явления.

Большая часть трасс пролегает через лесные массивы, поэтому особое значение приобретает изучение растительности на нарушенных лесных землях. Одно из главных направлений, на наш взгляд, — исследование процесса образования нового поколения леса на площадях, ранее занятых им.

Для определения производительности лесных фитоценозов, образовавшихся естественным путем, мы подбирали участки и закладывали пробные площади. Наблюдения показали, что восстановление травяного покрова, кустарниковой и древесной растительности на трассах начиналось через 5...10 лет после завершения строительства. Исключение составляли участки трасс, проходивших по долинам горных рек и ручьев. Они относительно быстро, через 3-4 года после прокладки трассы, зарастали ольхой серой и черной, ивой козьей, осиной и другими быстрорастущими второстепенными породами. Выше в горах возобновлялись в основном древостой коренного леса: пихты белой, бука лесного, ели обыкновенной. При обследовании предгорной части трасс нами выявлены насаждения естественного происхождения с участием осины, березы пушистой, липы мелколистной, ивы козьей, ольхи черной, режы — граба обыкновенного. Главные породы встречались сравнительно меньше. Естественное возобновление древесных пород на трассах размещено неравномерно, в основном сосредоточено возле валика (насыпь почвенных слоев над трубой). На полке трассы (спланированная поверхность трассы с обеих сторон трубы), на откосах, у стены леса, а также на крутых склонах и в микропонижениях возобновление было очень слабым или вообще отсутствовало.

Таксационные показатели лесных фитоценозов, образовавшихся на трассах Украинских Карпат, приведены в таблице. Как видно, видовой состав древостоев очень разнообразен. В предгорной части преобладают второстепенные породы, главные породы представлены 1—3 единицами, что указывает на бесперспективность таких насаждений с точки зрения выхода деловой древесины. Эти насаждения можно ориентировать на выращивание низкосортной тонкомерной древесины или других видов технологического сырья.

В горной части трасс отмечается естественное возобновление чистых еловых насаждений, которые размещаются куртинами вдоль валика трубопроводов. По длине трассы молодняк размещен неравномерно. Участки, на которых возобновляется ель и сопутствующие ей породы, могут служить резервом для формирования плантационных насаждений по целевому назначению, например на новогодние елки. Кроме этого, травяная и кустарниковая растительность на трассах трубопроводов, в первую очередь, предохраняет почву от эрозии.

Как в предгорной, так и в горной части прослеживается тесная зависимость возобновления древостоев от состава насаждений, прилегающих к трассам трубопроводов. Эта зависимость подлежит дальнейшему исследованию.

Естественное возобновление на нарушенных землях Украинских Карпат затруднено по двум причинам: 1) разрушение и потеря плодородного слоя почвы; 2) ограничение лесохозяйственной деятельности из-за определенных технических требований к

Тип леса	Высота над уровнем моря, м	Экспозиция и крутизна склона, град	Средние			Число лов на 1 га, шт.	Сумма площадей сечения на 1 га, м ²	Относительная полнота	Общий запас древесины в коре на 1 га, м ³	Состав древостоя
			высота, м	диаметр, см	возраст, лет					
Предгорная часть										
Влажная грабовая судубрава (С ₃ ГД)	320	СЗ—2	5,9	4,9	10	5 344	10,1	0,73	38	1Д.чш3Г1Лп2Б2Ос1Ив Подлесок 10Лпч
Влажная грабовая дубрава (D ₂ ГД)	350	ЮВ—2	6,2	6,1	11	7 138	20,7	1,37	81	2Д.чш2Лп3Г2Ос1Ив+Б, Ол. ч Подлесок 10Лпч+Бз. ч
То же	360	СЗ—3	5,3	4,8	10	11 878	21,5	1,71	77	6Ос2Ол.ч1Б1Ив+П, Г, Д. чш, Б, Е
Сырой ольс (D ₄ Ол. ч)	330	СЗ—2	6,4	6,1	10	4 793	13,9	1,17	56	10Ол.ч+Ив, ед.Кл.яв, Г, Д. чш
Свежая грабовая судубрава (С ₂ ГД)	310	ЮЗ—9	6,9	7,8	18	3 250	15,6	0,96	65	3Д.чш4Г3Ос, ед.Е, Б, Бк
Горная часть										
Влажная буково-пихтовая сурамень (С ₃ БкПЕ)	650	В—16	1,0	1,5	5	13 333	2,4	—	2	10Е
Свежая буковая судубрава (С ₂ БкД)	450	З—10	4,1	3,9	13	2 833	3,4	0,30	10	4С2Кл.яв2Ол.ч1Е1Б + Д.чш, Ос, ед.Яс, Е
Влажная буково-пихтовая сурамень (С ₃ БкПЕ)	730	В—14	2,5	3,0	8	8 592	6,1	1,44	12	10Е

эксплуатации трубопроводов. Мы считаем, что в будущем основу облесения нарушенных земель должны составлять мероприятия, направленные на содействие естественному возобновлению, плантационное, а в зеленых зонах — защитно-декоративное лесоразведение. Но самое главное сейчас — это предотвращение эрозийных процессов и озеленение деградированных земель всеми доступными средствами.

УДК 630*53 : 630*2

ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ

Н. Н. ЧЕРНОВ

Уральский лесотехнический институт

Пихта сибирская в южно-таежном районе Среднего Урала является одним из основных лесообразователей. Запасы ее древесины здесь составляют 17 млн м³. Пихта сибирская — единственный источник получения пихтового масла — сырья для производства натуральной камфары. Цель наших исследований — разработать лесоводственные способы повышения продуктивности пихтовых насаждений с последующим использованием древесной зелени в лесохимическом производстве.

Были поставлены задачи: дать лесоводственную оценку типов пихтовых лесов, опделить запасы пихтовой древесной зелени, изучить селекционную структуру пихтовых древостоев, установить целесообразность плантационного размножения пихты.

В 11 наиболее распространенных типах леса с преобладанием или участием пихты в составе древостоя 3 единицы и более установлена производительность и селекционная структура пихтовых древостоев.

В группах разнотравных и зеленомошниковых ельников и пихтачей преобладают насаждения II,5—III,5 классов бонитета, при полноте 0,8...1,1 запас древесины на 1 га колеблется в пределах 262...407 м³. Производительность и продуктивность ельников и пихтачей сложных в условиях северо-западной части Уфимского плато ниже. Здесь распространены насаждения III,5—IV классов бонитета с запасом на 1 га 200...354 м³. Не установлено определенной зависимости производительности и продуктивности насаждений от соотношения ели и пихты в составе древостоя.

Изучение варьирования массы древесной зелени позволило установить ее тесную связь с диаметром ствола (коэффициент корреляции равен 0,84 в одноярусном и 0,88 в многоярусном древостое). Эта зависимость наиболее полно аппроксимируется уравнением четвертой степени. Для одноярусного древостоя

$$y = -19 + 2,8x - 5,1 \cdot 10^{-2}x^2 + 3,0 \cdot 10^{-3}x^3 - 0,4 \cdot 10^{-4}x^4; \quad (1)$$

для многоярусного

$$y = -90 + 22x - 1,74x^2 + 60,9 \cdot 10^{-3}x^3 - 7,1 \cdot 10^{-4}x^4, \quad (2)$$

где x — диаметр ствола на высоте груди в коре, см;

y — масса древесной зелени, кг.

В соответствии с этими уравнениями рассчитан выход древесной зелени с 1 дерева (см. таблицу).

Зависимость массы кроны от диаметра ствола в одноярусном древостое выражается уравнением вида

D, см	Одноярусный древостой			Многоярусный древостой		
	Масса кроны, кг	Масса древесной зелени, кг		Масса кроны, кг	Масса древесной зелени, кг	
		по формуле (1)	по формулам (3), (5)		по формуле (2)	по формулам (4), (5)
12	12,9	11,2	9,4	11,6	7,7	8,5
16	22,8	21,4	17,1	23,0	16,8	17,1
20	40,8	33,6	28,6	40,5	31,8	28,4
24	61,8	47,1	38,3	61,2	50,1	37,9
28	83,0	61,4	50,6	83,4	69,1	50,9
32	104,2	76,2	65,6	106,8	86,1	67,3
36	127,6	90,9	86,8	132,3	98,5	90,0
40	157,9	105,0	107,4	162,5	103,7	110,5

$$y = 120,3 - 23,5x + 1,66x^2 - 42,2 \cdot 10^{-3}x^3 + 4,0 \cdot 10^{-4}x^4; \quad (3)$$

в многоярусном

$$y = 65,4 - 13,4x + 0,99x^2 - 23,8 \cdot 10^{-3}x^3 + 2,2 \cdot 10^{-4}x^4, \quad (4)$$

где x — диаметр дерева на высоте груди в коре, см;

y — масса кроны, кг.

Связь массы древесной зелени и массы кроны прямолинейная, близка к функциональной и выражается уравнением

$$y = 0,623x, \quad (5)$$

где x — масса кроны, кг;

y — масса древесной зелени, кг.

Формулы (3), (5) и (4), (5) в связи с более высокой репрезентативностью материала дают более точные результаты, чем (1) и (2), и рекомендуются к использованию.

В производственных условиях запасы древесной зелени удобнее определять по ее выходу в расчете на 1 м³ стволовой древесины (он составил 70 кг).

Во втором ярусе древостоя находится 42 % деревьев и лишь 19 % массы древесной зелени. Своевременные рубки ухода низовым методом позволяют повысить выход древесной зелени с 1 дерева и снизить затраты на ее заготовку при рубках главного пользования. Получаемая при рубках ухода древесная зелень также может быть использована для целей пихтоварения.

Трудности заготовки пихтовой древесной зелени предопределяют поиски путей повышения ее маслячности. В связи с тем, что эфирное масло является конечным продуктом метаболизма растений, воздействие на фенотип представляется малоперспективным. Здесь, видимо, более приемлемы способы лесной селекции.

Нашими исследованиями установлено, что маслячность свежей древесной зелени составляет в среднем 1,02 % при колебаниях от 0,5 до 1,7 % (коэффициент вариации индивидуальной изменчивости маслячности 32 %). Такая изменчивость позволяет вести целенаправленный отбор высокомасличных деревьев пихты как при заготовке пихтоваренного сырья, так и при клоновом размножении.

В целях диагностики нами была изучена зависимость маслячности древесной зелени от строения поверхности коры деревьев пихты как хорошо выраженного и легко распознаваемого морфологического признака. Выявлено, что маслячность древесной зелени деревьев с продольно-шероховатой корой составляет 1,29 %, шероховатой — 1,00 %, поперечно-шероховатой — 0,88 % и продольно-трещиноватой — 0,96 %. Деревья с продольно-шероховатой корой характеризуются также более быстрым ростом и накоплением массы древесной зелени (выход ее с 1 дерева на 50 % больше, чем у других форм пихты). Эти деревья представляют наибольшую ценность для пихтоваренного производства. Поскольку участие деревьев этой формы в структуре древостоя незначительно (12 %), рекомендуется использовать также деревья с шероховатой корой, занимающие второе место по продуктивности, их встречаемость составляет 39 %. Эти рекомендации относятся к выборочной заготовке пихтоваренного сырья.

Одним из путей выращивания сырья является создание плантаций, на которых возможна одно- или многократная заготовка древесной зелени в молодых древостоях, где ее маслячность в 2—3 раза выше, чем в спелых. Основная трудность выращивания плантаций пихты — медленный рост всходов и молодняков. Повышение эффективности плантационного выращивания может быть достигнуто разными способами. Мы изучали следующие из них.

1. Клоновое размножение плюсовых по росту и маслячности деревьев. Их выделение затрудняется разновозрастностью пихтовых древостоев, а также наличием напленной гнили у трети деревьев и невозможностью в связи с этим определить их возраст. Рекомендуется клоновое размножение деревьев пихты с маслячностью древесной зелени свыше 1,5 %.

2. Использование для закладки плантации крупномерного посадочного материала высотой 50...60 см. В этом случае стадию медленного роста саженцы проходят в питомнике и срок выращивания плантации сокращается на 5-6 лет.

3. Выращивание посадочного материала пихты в теплице. Это способствует ускорению роста в 1,5—2 раза и значительному увеличению густоты кроны, что сказывается положительно на получении древесной зелени.

4. Изучение индивидуальной изменчивости фенологических процессов пихты. Установлено, что показатели роста саженцев распускающейся формы в среднем на 15...20 % выше, чем у позднораспускающейся.

Положительных результатов следует ожидать также от выбора участков под плантации с оптимальными условиями для роста пихты, от известкования почв и внесения удобрений, применения гербицидов. Вопрос об экономической эффективности создания плантаций пихты требует специального изучения.

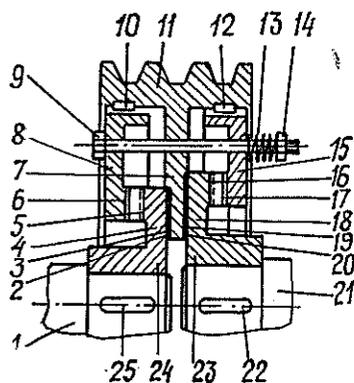
УДК 621.825 : 630*65.011.54

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТА КОМБИНИРОВАННОЙ ДВУХПОТОЧНОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В. Р. КАРАМЫШЕВ, М. С. МЕТАЛЬНИКОВ, Ф. И. АЛЪБЬЕВ

Воронежский лесотехнический институт
ЦОКБлесхозмаш

Для защиты от перегрузок лесохозяйственных машин, имеющих разветвленный привод, целесообразно использовать многопоточные предохранительные муфты [3]. Двухпоточные фрикционные предохранительные муфты [1, 3] позволяют защищать от перегрузок одновременно два рабочих объекта лесохозяйственной машины и передавать на них различные по величине вращающие моменты. Однако нагрузочная способность таких муфт недостаточна.



Принципиальная конструктивная
схема муфты

В Воронежском лесотехническом институте и ЦОКБлесхозмаш (г. Пушкино Московской обл.) создана комбинированная двухпоточная предохранительная муфта, в конструкции которой этот недостаток устранен. Муфта состоит (см. рисунок) из ведущей полумуфты в виде шкива 11 с нажимными элементами 8 и 15, установленными на шпонках 10 и 12. По центру шкива 11 расположен диск 7 с кольцевыми фрикционными элементами с внутренней стороны — кулачки 6 и 17. Ведомые полумуфты 24 и 23 с фланцами 4 и 18 установлены на валах 1 и 21 с помощью шпонки 25 и 22 (или шлицев). На фланцах 4 и 18 ведомых полумуфт 24 и 23 со сторон, обращенных к центру муфты, выполнены плоские поверхности трения 2 и 20, а с обратных сторон — кулачки 5 и 16. Эти кулачки входят в зацепление с кулачками 6 и 17 нажимных элементов 8 и 15 ведущей полумуфты, а кольцевые фрикционные накладки 3 и 19 диска 7 контактируют с плоскими поверхностями трения 2 и 20 ведомых полумуфт 24 и 23. Через сквозные отверстия в нажимных элементах 8 и 15 и диске 7 ведущей полумуфты проходят болты 9. Нажимные пружины 13 на болтах создают усилия на кулачках и поверхностях трения. Деформацию пружин регулируют гайками 14. Кулачки 5 и кольцевые фрикционные накладки 3 могут быть расположены как на одинаковых, так и на разных диаметрах с кулачками 16 и кольцевыми фрикционными накладками 19. В первом случае передаваемые вращающие моменты на валы 1 и 21 одинаковы, во втором — различны.

При нормальной нагрузке вращающий момент от ведущей полумуфты-шкива через кулачки 6 и 5, 17 и 16 и поверхности трения 3 и 2, 19 и 20 передается на ведомые полумуфты 24 и 23, а затем на валы 1 и 21 защищаемых объектов. В случае перегрузки одного из объектов, установленного, например, на валу 1, ведомая полумуфта 24 с фланцем 4 останавливается, а кулачки 6 нажимного элемента 8 ведущей полумуфты, преодолев усиленные пружины 13, выходят из зацепления с кулачками 5 фланца 4 ведомой полумуфты 24 и пробуксовывают. В то же время нарушается контакт фрикционных поверхностей накладки 3 диска 7 ведущей полумуфты и плоскости 2 фланца 4 ведомой полумуфты 24 и начинается их скольжение. При этом кулачки 16 и плоскости трения 20 фланца 18 ведомой полумуфты замкнуты с кулачками 17 нажимного элемента 15 и с накладками 19 диска 7 ведущей полумуфты и продолжают передавать рабочий вращающий момент на вал 21. Если перегружается

объект, смонтированный на валу 21, то рабочие поверхности 16 и 17, 20 и 19 пробуксовывают, а поверхности 5 и 6, 2 и 3 замкнуты и передают вращение на вал 1.

По сравнению с другими типами двухпоточных предохранительных муфт комбинированная практически при тех же размерах обладает значительно большей нагрузочной способностью, поскольку вращающий момент передается одновременно через кулачки и плоские фрикционные поверхности. Надежность работы такой муфты повышается благодаря устранению резонанса, так как вместе с ударной пробуксовкой кулачков происходит скольжение фрикционных поверхностей, выполняющих роль гасителя колебаний. Кроме того, в этом случае отпадает надобность в разгружающих шариках.

Покажем, как определяются основные силовые характеристики комбинированной двухпоточной предохранительной муфты, к которым относятся усилие нажимной пружины и расчетный передаваемый вращающий момент. Эти характеристики необходимы для расчета остальных ее параметров.

Расчетный вращающий момент T_{Π} , передаваемый одной частью муфты (правой или левой), складывается из моментов на кулачках T_K и на плоских фрикционных поверхностях T_{Φ} :

$$T_{\Pi} = T_K + T_{\Phi}. \quad (1)$$

Для нахождения первого слагаемого может быть использована зависимость для передачи момента обычной кулачковой предохранительной муфтой [4]. В нашем случае

$$T_K = \frac{F_{\text{пр}} D_K}{4 [\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - f_{\text{шп}} D_K / d_{\text{шп}}]}, \quad (2)$$

где $F_{\text{пр}}$ — усилие нажимной пружины (пружин);

D_K — средний диаметр расположения кулачков;

α — угол профиля кулачка;

φ — угол трения;

$d_{\text{шп}}$ — диаметр, на котором расположена шпонка;

$f_{\text{шп}}$ — коэффициент трения в шпоночном соединении.

Момент T_{Φ} определим по известному уравнению [4]. Для нашей конструкции

$$T_{\Phi} = F_{\text{н1}} D_{\text{ср}} f / 4, \quad (3)$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр контакта фрикционных поверхностей;

f — коэффициент трения на фрикционных поверхностях.

Тогда

$$T_{\Pi} = \frac{F_{\text{пр}} D_K}{4 [\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - f_{\text{шп}} D_K / d_{\text{шп}}]} + \frac{F_{\text{н1}} D_{\text{ср}} f}{4},$$

или

$$T_{\Pi} = \left[\frac{D_K}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - f_{\text{шп}} D_K / d_{\text{шп}}} + D_{\text{ср}} f \right] \frac{F_{\text{н1}}}{4}. \quad (4)$$

При $D_K = D_{\text{ср}} = D$

$$T_{\Pi} = \frac{F_{\text{пр}} D}{4} \left[\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - f_{\text{шп}} D / d_{\text{шп}}} + f \right]. \quad (5)$$

Усилие пружины (пружин), необходимое для передачи вращающего момента одной частью муфты, при разных диаметрах D_K и $D_{\text{ср}}$ найдем из выражения (4):

$$F_{\text{пр}} = \frac{4 T_{\Pi}}{\frac{D_K}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - f_{\text{шп}} D_K / d_{\text{шп}}} + D_{\text{ср}} f}; \quad (6)$$

при одинаковых диаметрах — из уравнения (5):

$$F_{\text{пр}} = \frac{4 T_{\Pi}}{D \left[\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - f_{\text{шп}} D / d_{\text{шп}}} + f \right]}. \quad (7)$$

Полное усилие складывается из усилий для первой и второй частей муфты. Зазор между рабочими витками пружин следует принимать несколько большим суммарной высоты контактирующих кулачков двух частей муфты.

Экспериментальные исследования, проведенные на специальном стенде [2], подтвердили работоспособность комбинированной двухпоточной предохранительной муфты и ее преимущества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1016586 СССР, МКИ³ F 16 D 7/02. Фрикционная предохранительная муфта / В. Р. Карамышев (СССР).— № 23293621/25—27; Заявлено 01.06.81; Опубл. 07.05.83 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 17.— С. 139. [2]. Карамышев В. Р., Нартов П. С. Повышение надежности работы предохранительных муфт лесохозяйственных машин.— Воронеж: ВГУ, 1983.— 140 с. [3]. Карамышев В. Р., Нартов П. С. К расчету предохранительной муфты разветвленных систем приводов лесохозяйственных машин // Лесн. журн.— 1984.— № 1.— С. 25—27.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Поляков В. С., Барбаш И. Д., Ряховский О. Л. Справочник по муфтам.— Л.: Машиностроение, 1979.— 344 с.

УДК 625.731.9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ СЛОЕМ

Н. П. ВЫРКО, А. П. ЛАЩЕНКО, Г. И. КАСПЕРОВ

Белорусский технологический институт

В БССР 47 % территории занимают участки с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями (наличие лучинистых грунтов, высокое расположение грунтовых вод или необеспеченный водоотвод). При строительстве дорог на таких участках требуется выполнить большой объем земляных работ, что влечет за собой увеличение стоимости строительства земляного полотна. Нужны такие инженерные решения, которые позволили бы создать варианты равнопрочных дорожных одежд, снизить объем земляных работ из привозных грунтов за счет применения местных материалов и отходов промышленности.

Характеристики материалов теплоизоляционных прослоек

Материал	Объемная масса, кг/м ³	Модуль упругости, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Стоимость 1 м ³ , р.
Пенопласт:				
ПС-1	70...100	35...55	0,042	119...170
ПС-4	40...60	13...33,5	0,045	58...87
ПХВ-1	70...100	80	0,045	84...120
ПХВ-2	100...130	85	0,045	110...143
ППУ-304Н	45...60	—	0,040	124...165
Шлак мартеновский:				
малоактивный	750	200...300	0,46	0,75
активный	1100	350...400	0,70	1,80
Песок среднезернистый	1500	100	1,91...2,32	1,35
Древесные опилки	80...120	6,5...16,0	0,087...0,211	3,00
Гидролизный лигнин	200...600	5,5...12,5	0,086...0,168	1,20
Гравий фракций, мм:				
5...20	1800	180	1,86	3,80
20...40	1800	200	1,85	3,25
Нетканый синтетический материал	80...100	—	—	1,90*
Картон обыкновенный	700	—	0,15	0,866**
Рубероид гидроизоляционный	600	—	0,15	0,41*
Плиты древесноволокнистые толщиной, мм:				
4	430	—	0,14	0,77*
6	640	—	0,14	1,31*
Снег свежавываший	250	12...18	0,90	—
» уплотненный	350...500	20...28	0,30	—

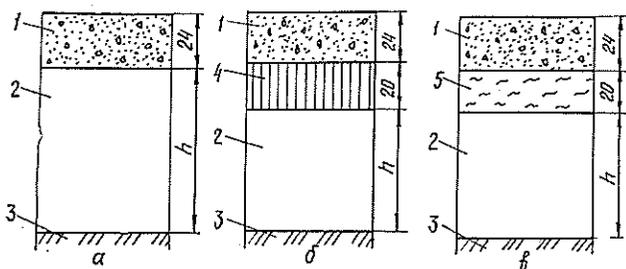
* Стоимость 1 м².

** Стоимость 1 кг.

Одним из экономически целесообразных решений следует считать регулирование водно-теплового режима земляного полотна с помощью теплоизоляционных прослоек (см. таблицу). Наиболее эффективным материалом для уменьшения глубины промерзания грунтов земляного полотна являются пенопласты, однако их применение ограничено высокой по сравнению с другими материалами стоимостью. В соответствии с Инструкцией ВСН 46—83 они могут быть использованы лишь в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях.

В БТИ ведутся исследования по использованию отходов Бобруйского гидролизного завода — гидролизного лигнина (ГЛ) в качестве материала для теплоизоляционного слоя. В настоящее время на предприятии скопилось более 3 млн т гидролизного лигнина, что создает опасность загрязнения окружающей среды. Применение его в дорожном строительстве является одним из путей снижения стоимости строительства, защиты окружающей среды и утилизации отходов. По сравнению с традиционными дорожно-строительными материалами для ГЛ характерно сочетание высоких теплофизических и низких прочностных показателей.

В производственных условиях было построено девять опытных участков автомобильных дорог VI категории с теплоизоляционными слоями из гидролизного лигнина и опилок. Конструкции дорожных одежд на участках показаны на рисунке. Характер распределения температурного поля по глубине земляного полотна фиксировали при помощи терморезисторов ММТ-4А и специального прибора, созданного на кафедре транспорта леса.



Конструкции дорожных одежд опытных участков: а — участок № 1 (контрольный); б — участок № 2; в — участок № 3; 1 — дорожная одежда; 2 — земляное полотно; 3 — основание земляного полотна; 4 — гидролизный лигнин; 5 — древесные опилки; h — высота земляного полотна

Изменение температуры в значительной мере определялось теплофизическими характеристиками материала прослоек и природно-климатическими условиями (температура воздуха, скорость ветра, высота снежного покрова и т. д.). В частности, за период с октября по декабрь 1985 г. температура воздуха была относительно высокой и близкой к средней многолетней. В ноябре образовался снежный покров толщиной 6...10 см, что способствовало замедлению промерзания земляного полотна. Средняя температура воздуха в ноябре $-2,4^{\circ}\text{C}$. В первой неделе декабря температура воздуха составила $+4...+8^{\circ}\text{C}$. Произошло очищение поверхности дороги от снежного покрова. В середине декабря установилась стабильная отрицательная температура ниже -2°C .

В начальный период промерзания (октябрь) на всех участках температура верхних слоев составляла $-1...-2^{\circ}\text{C}$, нижних $+8^{\circ}\text{C}$. К концу ноября температура грунта на глубине теплоизоляционных прослоек повысилась по сравнению с контролем, особенно на участке № 2. В дальнейшем температуры снижались, однако на участках № 2 и 3 они распределялись равномерно и скорость промерзания мала.

Температурные градиенты составили от 2 до 7°C на 1 м глубины. В период промерзания земляного полотна (декабрь — март) скорость промерзания снижалась по глубине и колебалась от 1,5 до $0,7\text{ см/сут}$ на глубине 20...30 см до $0,5\text{ см/сут}$ на глубине 130 см.

Зима 1986/87 гг. была крайне суровой. Переход температуры через -3°C произошел в ноябре. В конце января и начале февраля температура ниже -30°C сохранялась в течение трех недель. За этот период температура дорожной одежды снизилась до $-11...-12^{\circ}\text{C}$. На глубине расположения теплоизоляционной прослойки она составила $-6...-8^{\circ}\text{C}$ на участке № 3 и $-8...-9^{\circ}\text{C}$ на участке № 2. На глубине 1 м она равна $-2...-4^{\circ}\text{C}$ (участок № 1), $-1...-2^{\circ}\text{C}$ (участок № 2) и $-2,5...-3,0^{\circ}\text{C}$ (участок № 3).

Наблюдения за тепловым режимом конструкций дорожных одежд с теплоизоляционными прослойками показали следующее:

скорость промерзания ГЛ, заложенного под дорожной одеждой, в 2,5—3,0 раза меньше, чем традиционных дорожно-строительных материалов на контрольном участке;

продолжительность и глубина промерзания грунтов земляного полотна при толщине теплоизоляционной прослойки 0,16...0,20 м в зиму 1986/87 гг. уменьшилась соответственно до 18 дн. и 66 см;

лучение на участках с теплоизоляционной прослойкой (за которым также велось наблюдение) снизилось в 1,1—1,25 раза по сравнению с типовыми конструкциями;

скорость промерзания грунта земляного полотна под теплоизоляционной прослойкой в 1,2—1,3 раза меньше, чем на эталонном участке.

Итак, анализ качественного состояния опытных участков автомобильных дорог свидетельствует о надежности применения конструктивных слоев гидролизного лигнина в период осенне-весенней распутицы.

УДК 630*812

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ГЛОГОВИНЫ (*Sorbus torminalis* L.) И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Э. Д. ЛОБЖАНИДЗЕ, Н. И. КАРТВЕЛИШВИЛИ, Л. Н. СИНАУРИДЗЕ,
М. Ш. РУХАДЗЕ

ТбилНИИгорлес

Увеличение потребностей деревообрабатывающей промышленности в ценных породах древесины ставит задачу выявления новых ресурсов, пригодных в мебельном, музыкальном и сувенирном производствах. Эту древесину завозят в Закавказские республики из других регионов страны или из-за рубежа, тогда как малонизученные аборигенные породы, в частности глоговина, оставлены без внимания.

В специальной древесиноведческой литературе данных о строении и технических свойствах древесины глоговины недостаточно. Поэтому нами проведены исследования ее анатомической структуры и физико-механических свойств. Полученные результаты послужат основой разработки мероприятий рационального лесопользования и воспроизводства ресурсов древесины глоговины.

Глоговина или берека лечебная *Sorbus torminalis* L. принадлежит к семейству *Rosaceae*. Высокое, стройное дерево до 25 м высоты и 40...60 см в диаметре отличается большой декоративностью. Распространена по всему Кавказу от прибрежной зоны до 1600...1800 м над уровнем моря. Единичные экземпляры в древостоях разного флористического состава и строения часто расположены во втором ярусе дубовых, грабовых, каштановых и буковых лесов. Порода зимостойкая, требовательная к почвенным условиям. Корневая система глубокая. Теневынослива в молодости, но с возрастом потребность в свете увеличивается. Обильно плодоносит в открытых местах.

Общий ареал распространения глоговины — Кавказ, Алтай, Средняя Европа, Скандинавия, Балканы, Малая Азия [2]. По данным Н. С. Заклинского [5], глоговина в Абхазии растет группами или единичными деревьями в нижней и средней растительных зонах. Древесина ее отличается весьма ценными свойствами: твердостью, мелкоплойностью, плотностью (около 780 кг/м³ в воздушно-сухом состоянии), способностью хорошо полироваться. Она может заменить самшит в производстве ткацких челноков.

Материал для исследования брали в Гурджаанском лесхозе ГССР. Исследуемый участок — буково-грабовый древостой с примесью клена, ясеня и глоговины. Средняя высота 16...18 м, класс возраста IV, класс бонитета III, склон северо-восточной экспозиции с уклоном 15...20°, полнота древостоя 0,6, сомкнутость полога 0,7. Ажурный полог древостоя хорошо проводит световые лучи к нижним его горизонтам.

Средняя высота модельных экземпляров глоговины 18...20 м, диаметр 40 см. Стволы, примерно с середины высоты, расходятся на несколько стволиков, образуя довольно раскидистую крону.

Анатомическое изучение древесины глоговины проводили, согласно методике А. А. Яценко-Хмельевского [8], с применением биологического микроскопа МБИ-6. Физико-механические свойства определяли по ГОСТ [4], применяя пятитонную универсальную испытательную машину типа «ЗДМ-5/91».

Исследования показали, что древесина глоговины ядровая, с широкой красновато-белой заболонью (занимает 8...10 годичных слоев) и красновато-коричневым ядром. Порода рассеянно-сосудистая, сосуды мелкие, годичные слои выражены слабо. Сердцевинные лучи плохо заметны невооруженным глазом. Средняя ширина годичных колец 1,3 мм, максимальная — 1,7...2,3 мм (наблюдается в возрасте 30...50 лет).

Физико-механические свойства древесины глоговины при влажности 12%

Показатели вариацционной статистики	Коэффициенты, %				Предел прочности, МПа				Твердость, Н/мм ²				
	усушки		разбухания		при ска- тывании волокон	при стати- ческом изгибе в направлении	при ска- лывании волокон	при стати- ческом изгибе в направлении	ради- аль- ная	танген- таль- ная	ради- аль- ная	танген- таль- ная	
	ради- альной	танген- тальной	объем- ной	ради- альной									танген- тального
Число наблюдений <i>n</i>	30	30	30	30	40	30	40	30	32	32	34	25	25
Среднее арифметиче- ское значение <i>M</i>	0,20	0,30	0,49	0,21	43,0	103,0	43,0	103,0	12,4	105,0	15,6	39,3	40,9
Ошибка среднего $\pm m$	0,006	0,009	0,007	0,007	3,5	19,4	3,5	19,4	3,2	23,1	2,7	8,7	8,7
Среднее квадратичное отклонение σ	0,037	0,052	0,038	0,04	22,3	106,0	22,3	106,0	17,9	130,8	15,8	44,0	44,0
Коэффициент вари- ации <i>V</i>	19	17	8	19	5	10	5	10	14	12	10	11	11
Точность опыта <i>P</i>	3,5	3,2	1,5	3,5	0,8	1,9	0,8	1,9	2,5	2,2	1,7	2,2	2,1
Достоверность выво- да <i>t</i>	33	33	70	30	121	53	121	53	39	45	57	45	47

Примечание. Достоверность вывода во всех случаях больше 3.

Содержание поздней древесины составляет 20 % и с возрастом дерева мало изменяется. Переход от ранней древесины к поздней — постепенный. Сосуды со спиральными утолщениями и простыми перфорациями. Средний диаметр сосудов в ранней древесине достигает 40 мкм, в поздней — 25 мкм, притом с возрастом дерева варьируется неравномерно. Толщина стенок сосудов в ранней и поздней древесине одинакова (3...4 мкм). Основная масса древесины состоит из волокнистых элементов. Толщина стенок волокон либриформа равна 6...8 мкм и с возрастом дерева почти не изменяется. Средняя длина волокон либриформа в центральной части ствола составляет 160, в средней — 190, а в периферийной — 184 мкм.

Радиальные лучи гетерогенные одно-, двух- и трехрядные. Средняя высота низких лучей — 130 мкм, высоких — 300 мкм, а с возрастом дерева наблюдается увеличение высоты радиальных лучей.

Древесная паренхима — диффузная и метатрахеальная, чаще встречается в поздней древесине. Диаметр диффузных клеток в среднем равен 16 мкм и заметно увеличивается с 80-летнего возраста дерева.

Результаты исследования физико-механических свойств древесины глоговины, обработанные методом вариационной статистики на ЭВМ «Наири-2» и приведенные в таблице, показывают, что плотность древесины (при влажности 12 %) составляет 670 кг/м³, а по некоторым литературным источникам [2, 3, 7] — 800 кг/м³. Поэтому по классификации Б. Н. Уголева [6] ее, наряду с древесиной бука, вяза, клена, ореха, платана, ясеня и др., следует отнести ко второй группе (средняя плотность).

По значениям коэффициентов усушки и разбухания древесина глоговины близка к буку и ясеню [6]. Она имеет сильноусыхающую структуру, так как коэффициент ее объемной усушки равен 0,49 % [1].

По показателям пределов прочности при сжатии и скалывании вдоль волокон, при статическом изгибе древесина глоговины очень близка к ясеню, клену и буку [6].

Ее следует отнести к твердым древесным породам, таким как бук и вяз, так как твердость ее торцовой поверхности находится в пределах 401...800 кгс/см² [6].

Таким образом, твердую, прочную, плотную древесину глоговины, обладающую характерным блеском, наряду с древесиной самшита, бука и ясеня, успешно можно применять в производстве строганого шпона для декоративной облицовочной фанеры, в мебельной и деревообрабатывающей промышленности.

Учитывая высокие физико-механические свойства древесины глоговины, ее широкую экологическую приспособляемость, а также недостаточность естественных запасов, считаем целесообразным ее разведение в лесокультуре южных регионов страны для создания сырьевой базы и широкого использования в производстве по целевому назначению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ванин С. И. Древесиноведение.—Л.: Гослестехиздат, 1940.—459 с. [2]. Дендрофлора Кавказа. Т. IV.—Тбилиси: Изд-во Мецниереба, 1965.—398 с. [3]. Деревья и кустарники СССР. Т. III.—М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1954.—С. 482—483. [4]. Древесина: [Сб.]: ГОСТ 16483.0—78. ГОСТ 16483.7—71. ГОСТ 16483.9—73. ГОСТ 16483.39—81.—М.: Изд-во стандартов, 1986.—216 с. [5]. Заклинский Н. С. Леса Абхазии.—Л.; М.: Лесн. пром-сть, 1931.—210 с. [6]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—334 с. [7]. Холявко В. С., Глоба Михайленко Д. А., Холявко Е. С. Атлас древесных пород Кавказа.—М.: Лесн. пром-сть, 1978.—214 с. [8]. Яценко-Хмельевский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины.—М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954.—337 с. [9]. Яценко-Хмельевский А. А. Направление научно-технического прогресса в промышленном использовании древесины (Лес и древесина в будущем).—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—С. 133—134.

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*902

ДМИТРИЙ НИКИФОРОВИЧ КАЙГОРОДОВ

(к 145-летию со дня рождения)

Специалистам лесного хозяйства хорошо известно имя профессора Ленинградского лесного института Дмитрия Никифоровича Кайгородова. Он был фенологом, ботаником, орнитологом, лесоводом, технологом, педагогом, талантливым популяризатором биологических знаний, «художником» естествознания, незаурядным музыкантом и даже композитором, способным организатором.

Дмитрий Никифорович родился 31 августа 1846 г. в Полоцке в семье преподавателя Полоцкого кадетского корпуса. После окончания в 1863 г. Полоцкого кадетского корпуса он продолжил учебу сначала в Константиновском (1863—1864 гг.), а затем и в Санкт-Петербургском (1864—1865 гг.) артиллерийских училищах. Начало его военной карьеры было многообещающим. Он отслужил неполные два года в г. Радзани Люблинской губернии Царства Польского, в 1867 г. был переведен с повышением под Петербург — на Охтенский пороховой завод и имел отличные перспективы продвижения по службе.

Но военная карьера не прельщала молодого поручика. Еще в Польше он увлекся исследованиями живой природы, продолжил свои занятия под Петербургом.

Пороховые работы на заводе начинались 15 апреля и заканчивались 15 сентября. В остальное время служба носила, как писал ученый в автобиографии, «каникулярный характер». Это давало молодому офицеру возможность заниматься своим образованием. С увлечением отдавался он чтению, экскурсиям по глухим окрестностям Охтенского завода, наблюдая мельчайшие проявления жизни природы, собирая коллекции птиц, бабочек, растений. Немало способствовала этому и страсть к охоте. Именно в эти годы Дмитрий Никифорович начал вести систематические фенологические записи.

Но самостоятельных занятий было недостаточно, чтобы удовлетворить «жажду знаний». Осенью 1868 г. Д. Н. Кайгородов поступил вольнослушателем в Земледельческий (впоследствии Лесной) институт, где посещал лекции известных русских ботаников профессоров Котельщикова и Бородина, химиков — Энгельгардта и Лачинова, академика Кокшарова, читавшего минералогию, Дм. Лачинова, преподававшего физику и метеорологию.

В 1871 г. Д. Н. Кайгородов успешно сдал выпускные экзамены, а в 1872 г. получил звание кандидата сельского хозяйства и лесоводства за работу «Добывание древесно-уксуснокислой извести, как предмета мелкой заводской промышленности в Ярославской губернии», ставшую его первой публикацией. Она появилась во втором выпуске «Лесного журнала» за 1872 г. в отделе «Известия о деятельности Лесного общества». Впоследствии на протяжении многих лет Дмитрий Никифорович постоянно сотрудничал с «Лесным журналом».

Научные успехи молодого военного обратили на себя внимание: в 1873 г. Министерство земледелия предложило ему отправиться за границу для пополнения образования и подготовки к руководству новой в Земледельческом институте кафедрой лесной технологии.

Штабс-капитан Д. Н. Кайгородов навсегда покинул военную службу, получил чин по корпусу лесничих и на два года уехал из России. Он посетил Германию, Австрию, Францию и Швецию, где изучал лесную технологию, местную природу, занимался в Тарандской лесной академии и на лесном факультете Цюрихского политехникума. По возвращении Д. Н. Кайгородов получил кафедру (которую он возглавлял в течение 30 лет) и читал лекции по курсу лесной технологии, а затем и лесного инженерного искусства, создал специальный кабинет по технологии древесины.

В 1882 г. Д. Н. Кайгородов был избран профессором кафедры лесной технологии и лесного инженерного дела. Эту должность он занимал в течение 24 лет. С 16 ноября 1906 г. Дмитрий Никифорович начал заведовать фенологической сетью при Сельскохозяйственном ученом комитете. В самые последние годы жизни ученый занимался обработкой своих данных в лесном отделе Государственного института опытной агрономии.

Научно-исследовательская работа на кафедре была посвящена изучению технических свойств древесины, сухой перегонке дерева и вопросам лесного товароведения. В 1885—1886 гг. Д. Н. Кайгородов написал курс «Лесопотребление», разработал новый метод и сконструировал оригинальный прибор для определения твердости древесины. В 1900 г. он доказал, что технические качества древесины зависят не от ши-

рины годичного слоя, а, главным образом, от содержания в ней «поздней» древесины. В 1891 г. были опубликованы его таблицы для определения древесины лиственных пород по микроскопическим признакам. Д. Н. Кайгородов впервые в России составил «Лесотоварный словарь», который удостоился премии Лесного комитета. Очень интересна предшествующая словарю работа «Лесоводственная экскурсия в «Толковый словарь» Даля», напечатанная в «Лесном журнале» в 1882 г.

Результатом практической деятельности Дмитрия Никифоровича в области технологии древесины стало строительство в Лисино учебно-показательных заводов по сухой перегонке дерева.

Но имя Д. Н. Кайгородова стало широко известным на всю Россию благодаря его огромной популяризаторской работе. Первую лекцию «О цветке как источнике наслаждения» Дмитрий Никифорович прочел рабочим Охтенского завода — членам кружка «Любителей просвещения» еще в 1872 г. С 1874 г. такие лекции приобрели постоянный и систематический характер.

Одновременно с лекционной работой, начиная с 1879 г., ученый начал писать и публиковать популярные очерки о природе. Первыми его работами были «Беседы о русском лесе (Краснолесье)», затем «Чернолесье», выдержавшие около десяти изданий. Затем последовали книги «Из зеленого царства», «Собиратель грибов», «Из царства пернатых» и др. Эти ставшие классическими работы принесли автору заслуженную славу талантливейшего популяризатора знаний о природе, прекрасно владевшего языком, могущего о сложных вещах говорить доходчиво и просто, и, несомненно, оказали большое влияние на приобщение тысяч российских читателей к природе.

С 1883 г. Д. Н. Кайгородов опубликовал в газете «Новое время» результаты своих наблюдений в природе. Начал он их еще в 1871 г. и вел до конца жизни — более 50 лет. Вначале эти газетные обзоры посвящались только весенним фенологическим явлениям, а потом осенним и зимним. На эти обзоры (бюллетени) последовали многочисленные отклики любителей природы, делившихся с профессором своими наблюдениями и достижениями в изучении природы. Это и натолкнуло Дмитрия Никифоровича на мысль расширить район своих наблюдений с помощью добровольных корреспондентов.

В 1895 г. в газетах «Новое время», «Русь», «Родина», «Нива» ученый напечатал объявления с просьбой присылать ему сообщения о весенних фенологических явлениях и поместил подробную программу подобных наблюдений. Корреспондентами ученого стали тысячи людей. К 1918 г. Д. Н. Кайгородов получил более 23 тыс. писем. И на каждое ответил!

Получаемый от корреспондентов и статистически обрабатываемый материал позволял ученому делать интереснейшие выводы, проникать в суть природных явлений. Впервые, например, Д. Н. Кайгородовым было введено понятие «фронт прилета», которым орнитологи всего мира пользуются до сих пор. Основанный им институт корреспондентов по сбору фенологических наблюдений проработал 29 лет, до конца его жизни.

Д. Н. Кайгородов опубликовал два ценнейших «Дневника петербургской природы», два обзора по изменению популяции птиц парка Лесного института, стенной календарь весны в Петербурге (выдержавший 16 изданий) и множество статей и популярных очерков, всего более 200 книг, брошюр, статей, заметок по многим вопросам и отраслям знаний.

Много внимания уделял Дмитрий Никифорович школьному образованию и выступил как реформатор преподавания естественных наук в школе.

В конце 1890-х гг. Д. Н. Кайгородов начал проводить экскурсии в живую природу, привлекая сначала лишь учителей петербургских городских школ и преподавателей естествознания средних школ, а затем и учеников, красноармейцев, рабочих и студентов. И в годы революции, гражданской войны, несмотря на голод и холод, ученый не прекращал начатого дела, руководил подготовкой педагогов, проводил комплексные экскурсии, продолжал фенологические наблюдения. Как истинный ученый и патриот профессор учил любить и уважать родную природу, беречь ее ценности.

«Нет надобности плакать при виде того, как рубят лес, рошу, дерево, потому — слезами не поставишь срубленного ствола на корень, но любить и беречь лес — в этом есть большая, очень большая надобность. Если мы будем и дальше так же легкомысленно относиться к разорению наших лесов, как относились к этому до сих пор, то недолго заставит себя ждать то время, когда наша родина почувствует всю тяжесть лесной бедности, — тяжесть, которую, впрочем, уже и теперь начинают чувствовать многие местности в России, неразумно растратившие свои лесные богатства», — писал ученый.

Еще актуальнее эти слова стали сейчас, при современных средствах лесозаготовки. Д. Н. Кайгородов был одним из первых ученых-лесоводов, обративших внимание широкой общественности на срочную необходимость принятия радикальных мер по спасению русского леса от истребления. В 1882 г. он прочитал вводный доклад на съезде лесохозяев и лесничих: «Какие можно было бы рекомендовать правительству меры, немедленное принятие которых, хотя отчасти, могло бы задержать быстрый ход лесостребления и отвратить те бедственные последствия, которыми оно угрожает благосостоянию России».

Скончался Д. Н. Кайгородов 11 февраля 1924 г. По просьбе его жены он похоронен в парке Лесного института, около того места, где постоянно отдыхал во время экскурсий, а весной слушал соловья. Сейчас на этом месте памятник. Он установлен в годовщину смерти ученого. Сохранилась фотография открытия памятника: преподаватели института, студенты, красноармейцы и пионеры, отдающие честь...

«Хотелось бы запечатлеть образ Дмитрия Никифоровича, как любителя и охранителя природы. Руссо сказал: «Леса предшествуют человеку — пустыню он оставляет после себя». На борьбу с этим человеческим свойством отдал всю свою жизнь Дмитрий Никифорович, оживлявший и согревавший все окружающее пламенем любви к природе», — писали в одном из некрологов. Мы присоединяемся к этим словам.

А. Ф. Игнатьев, А. Н. Мартынов

ЛенНИИЛХ

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 599.735.3 : 630* : 061.3

ТРЕТИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО ЛОСЮ

С 27 августа по 5 сентября 1990 г. в столице Коми ССР г. Сыктывкаре проходил III Международный симпозиум по лосю (II состоялся в 1984 г. в г. Упсала, Швеция).

Задача симпозиума — очередное подведение итогов фундаментальных и прикладных исследований, определение перспективных путей дальнейшей работы, уточнение научно-практических возможностей одомашнивания вида.

В программу симпозиума были включены доклады 237 ученых из двенадцати стран мира (СССР, США, Канада, Швеция, Германия, Финляндия, Норвегия и др.) по следующим основным направлениям: лось в культуре народов; общие вопросы биологии лося; лось и лес; динамика и управление популяциями; физиология лося; вопросы domestикации лося; математическое моделирование. В представленных материалах отражены результаты изучения биологии лося, его современного географического распространения, динамики численности, питания, этологии и особенности экологии. Рассмотрено влияние лося на лесные экосистемы, приведены оригинальные данные физиолого-биохимических исследований. Особенно актуальными следует считать работы по моделированию, прогнозированию численности, структуре популяций и одомашниванию лося. Впервые были представлены итоги изучения роли лося в формировании мировоззрения человека в традиционных культурах народов Севера. Мифологическому «семиноному лосю» лесных ненцев в контексте универсальных космологических представлений уделил внимание В. А. Семенов (Сыктывкар). Охоту на лося в Финляндии как культурный феномен рассмотрел Ю. Панайнен; образ лося в финно-угорской мифологии — В. А. Ляшев, В. И. Пантелеев; в этносе народов севера — Д. Г. Коровшкин; в искусстве — А. И. Петров, Н. Н. Чесноков, В. Б. Ямин; в языке, религии и вероисповеданиях русских — Н. Д. Конаков, В. В. Ремлер; в системе хозяйствования и питания северных народов — В. В. Дрягин, А. Л. Чередников.

На секции «Биология лося — общие вопросы» рассмотрены проблемы эволюции ареала лося в четвертичный период Голарктики (Н. К. Верещагин); истории и систематики вида (А. Н. Тихонов, И. А. Вислобокова); морфологии и патоморфологии (О. А. Макарова, В. Л. Кувшинов); питания (В. В. Ларин); поведения (И. А. Филлос, В. В. Пажетнов, Н. М. Гординок); взаимоотношений с хищниками (Д. Л. Бибяков, В. П. Бологов); заболеваний (Е. А. Поляков, Е. И. Прядко, Л. П. Маклакова). Установлено, что причиной смерти около 20 % животных являются различные заболевания. М. Стен, К. Йохансон (Швеция) обнаружили ряд новых возбудителей тяжелых заболеваний у лосей. Рекомендовано в процессе устройства охотничьих угодий давать им гельминтологическую оценку и учитывать ее при установлении максимально допустимой плотности лосей. Доклады З. Ячевского, А. Криживинского, Л. Твардовского (Польша), А. Б. Бубенника, Г. А. Бубенника и Д. Ларсена (Канада) касались сезонных изменений репродукции рогов лося; Р. Т. Пало и др. (Швеция) — влияния радиоактивного и химического загрязнения на лося. Шведские ученые обнаружили изотоп Cs^{137} в мышечной ткани лося, концентрация которого доходила до 17 000 Бк/кг в расчете на сырое вещество. Потери мясопродукции в 1986 г. из-за высокого содержания Cs^{137} составили около 30 млн шведских крон.

Состояние и современную ситуацию взаимоотношений лося и леса в СССР на секции «Лес и лось» охарактеризовал Г. В. Кузнецов. Относительно большой комплекс мероприятий по уменьшению отрицательного влияния лося на лесной фитоценоз (подкормка, управление численностью, регулирование размеров площадей и густоты лесных посадок, химические репелленты, ограждение и др.) у нас не нашел широкого применения. Усовершенствование методов защиты лесных культур от лосей будет и в дальнейшем актуальной проблемой. В лесах центральных областей европейской части СССР выявлен положительный лесохозяйственный эффект деятельности этого животного при плотности 3...5 голов на 10 км², который выразился в угнетении листовых пород и содействии росту культур ели на вырубках (А. Батуров, К. А. Смирнов). Интересные материалы о влиянии лося на степные леса Украины представили ученые из Днепропетровского госуниверситета (В. Д. Булахов, О. П. Бойкачева и др.).

Использование лосем зимней кормовой емкости лесных угодий в Белоруссии хорошо отобразил в представленных материалах Б. Ф. Душин. Ч. Данелл и Р. Греф (Швеция) установили наличие достоверной обратной корреляции между концентрацией дитерпенофеноликовой кислоты в хвое и поеданием молодых побегов лосями.

По мнению их коллеги В. Фабера, обдирание коры сосны может быть обусловлено дефицитом натрия в их организме.

По сообщению сотрудника Министерства лесного хозяйства Канады Исн. Д. Томпсона в лесах Сев. Америки при плотности поголовья лося более 3 особей на 1 км² наблюдаются изменения в характере sukcesий вследствие отмирания деревьев тех пород, которым лоси отдают предпочтение. В бореальных лесах провинции Онтарио для улучшения условий обитания лосей введена специальная государственная программа, которая предполагает уменьшение средних размеров вырубок, сохранение отдельных островов и коридоров с невырубленными древостоями.

Значительный интерес вызвало сообщение П. Блуэма, Р. Балейшиса о плотности распространения лося в различных ландшафтах Литвы. На приморских равнинах выявлена наибольшая плотность — $17,6 \pm 1,9$ особей, а на глинистых равнинах, составляющих 55 % территории республики, от $4,4 \pm 0,3$ до $7,7 \pm 0,4$ особей на 1000 га угодий.

В материалах В. Я. Гаросса, Р. В. Михеева (Латвия) приведены данные о половой структуре латышской популяции лося, в которой при соотношении самцов и самок 1,0 : 1,3 на протяжении последних 20 лет ежегодный прирост стабилизировался на уровне 32 % от общего поголовья осенью. Латышская популяция лося, насчитывавшаяся в 1989 г. около 164,17 тыс. голов, несколько превышает украинскую в 13 тыс. особей. Как свидетельствуют расчеты В. Д. Бондаренко, И. В. Делеган, на Украине существуют реальные резервы для увеличения плотности лосиного стада в 2,9 раза.

Территориальную организацию и структурно-функциональный анализ динамики белорусской популяции лося представил П. Г. Козло. Рассмотрен также статус лося в Карельской ССР, Мурманской и Тульской областях, в Средней Сибири и Якутии, на Алтае и северо-востоке Азии.

Самое большое количество докладов было представлено на секции «Динамика управления популяциями» — почти 50 сообщений. А. Г. Богер (Канада) в обзоре работ подчеркнул, что плодovitость лосих связана с плотностью популяции и продуктивностью ареала, а средняя плодovitость среди взрослых особей составляет 84,2 %. Д. Х. Преттмен (США) сделал попытку оценить лосиные угодья и спрогнозировать потенциальные размеры популяции на базе биофизической информации. В Канаде считают, что для успешного осуществления программы использования и воспроизводства лося необходимо повысить уровень квалификации охотников. В связи с этим охотничьи агентства проводят специальные семинары, издадут учебные пособия, брошюры, готовят аудиовизуальные материалы, теле- и радиопередачи (Х. Р. Тиммерманн).

А. А. Воронин предложил внести кардинальные изменения в промысел лося в европейской части России, прежде всего исключить лося из списка объектов спортивной охоты. А. А. Гайдар, Н. Граков при сравнении данных охоты за 10-летний период пришли к выводу, что наилучшим сроком охоты на лося является ноябрь. М. Г. Дворников предложил добывать в горных темнохвойных лесах Урала 10 %, а в светлохвойных лесах средней и южной тайги 15 % осеннего поголовья лосей.

Динамике популяций лося в разных регионах СССР посвящены сообщения Я. Кайли, В. В. Кочеткова, И. К. Ломанова, Н. В. Ломановой, О. В. Шнидина и др. Зависимость продуктивности популяции от половой структуры и плотности поголовья проанализирована в сообщениях В. И. Падайга, Г. Д. Побединского, Н. М. Полежаева, С. Г. Моисеева.

На секции «Физиология лося» заслушаны доклады, посвященные адаптации лося к условиям среды (Ч. С. Шварц, Л. А. Ренекер, Р. Хадсон), химической иммобилизации животных (А. Ф. Францман, В. П. Тейлор, К. Клейк). Сезонные особенности питания, корма, обмен веществ, состав аминокислот в различных отделах пищеварительного тракта и другие вопросы рассмотрели Л. П. Бадло, Т. И. Кочан, А. Ф. Симаков, Н. И. Чувьюрова. Оригинальностью отличался доклад Н. А. Чермних об «ускоренном» морфофизиологическом онтогенезе (адаптации лося к зимним условиям).

Особенный интерес у участников конференции вызвала секция «Доместикация лося». В своем выступлении М. В. Кожухов отметил, что в существующей литературе о лосе имеются ошибочные утверждения, выводы и рекомендации. Только в условиях лосиных ферм удалось достоверно установить продолжительность жизни и репродуктивного периода, плодovitость и соотношение полов в приплоде. В. М. Джурович сообщил о работе Костромской лосефермы, которая функционирует более двух десятилетий. Их опыт свидетельствует о том, что на площади 1000 га при организации подкормки возле срубленных осин на лесосеке можно содержать около 15...25 голов. Лосихи хорошо поддаются ручной и механической дойке. Особенности состава, содержание жирных кислот, биологическое действие лосиного молока, его влияние на иммунную систему человека и перспективы использования этого продукта в медицине — вот актуальные проблемы, которыми занимается целая плеяда советских ученых (А. А. Алисов, Е. А. Антропова, Г. С. Козлов, М. Г. Заикина, Ю. А. Богдарин, А. Е. Вебер, В. А. Давыдов, А. В. Чальшев). Установлено, что ежегодно лосиха может дать более 500 л молока, которое напоминает коровьи сливки и долго не прокисает даже в жаркую погоду. Лосиное молоко содержит 25 % сухих веществ, 10...11 % жиров, 8,3 % белков и отличается высоким содержанием витаминов, микроэлементов, лизо-

пина (до 80 мкг/мл). Его рекомендуют для лечения при гастроэнтерологических и онкологических заболеваниях, а также для работающих в зонах повышенной радиации.

Благодаря большой подготовительной работе, проведенной оргкомитетом Симпозиума, он прошел на высоком уровне. Дискуссии, начатые во время заседаний, продолжались на полевых объектах. Организаторами была хорошо спланирована и культурная программа.

И. В. Делеган, В. Д. Бондаренко

Львовский лесотехнический институт

УДК 581.1 : 061.3

ВТОРОЙ СЪЕЗД ВСЕСОЮЗНОГО ОБЩЕСТВА ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

Всесоюзное общество физиологов растений (ВОФР) создано в феврале 1987 г. по инициативе АН СССР. Тогда же состоялся I (учредительный) съезд, на котором были определены ближайшие и стратегические задачи деятельности нового общества и избраны его руководящие органы. Позднее ВОФР вступило в Федерацию европейских обществ физиологов растений, тем самым был положен конец международной изоляции наших специалистов.

На II съезде ВОФР, который проходил 25—29 сентября 1990 г. в г. Минске, присутствовало более тысячи специалистов из научно-исследовательских институтов, университетов, ботанических садов, научно-производственных центров, вузов естественно-биологического профиля и др. Наиболее представительными были делегации РСФСР, УССР, БССР, УзССР, городов Москвы и Ленинграда.

Съезд открыл президент ВОФР, акад. А. Т. Мокроносов. Были зачитаны приветствия президента АН СССР акад. Г. И. Марчука и президента АН БССР акад. В. П. Платонова. Современному состоянию физиологии растений и ее месту среди естественных наук было посвящено выступление старейшины отечественной физиологии и биохимии растений акад. А. Л. Курсанова.

На пленарном заседании были заслушаны доклады акад. И. А. Тарчевского «Физиология и адаптация растений», чл. кор. АН БССР И. Д. Воловского «Физиология растений в Белорусской ССР», членов-корреспондентов АН СССР, академиков ВАСХНИЛ Р. Г. Бутенко «Физиология растений и биотехнология» и В. С. Шевелухи «Физиология растений и адаптивное земледелие». Далее работа съезда проходила на 18 секциях-симпозиумах по следующим направлениям: 1) экспрессия генома растений; 2) внутриклеточная регуляция и интеграция функций; 3) мембраны растительных клеток; 4) фитогормоны и регуляторы роста; 5) рост и развитие растений; 6) биология клетки «кин витро», биоинженерия растений; 7) фотосинтез; 8) донорно-акцепторные системы растений; 9) дыхание растений; 10) вторичный метаболизм; 11) ионный транспорт и минеральное питание; 12) ассимиляция азота; 13) водный режим растений; 14) адаптация и устойчивость к экологическому стрессу; 15) экологическая физиология растений; 16) прикладная и частная физиология растений; 17) физиология и биохимия взаимоотношений растений и фитопатогенов, хранение сельскохозяйственной продукции; 18) преподавание физиологии растений.

Автор этих строк принял непосредственное участие в работе 14-го и 18-го симпозиумов. Кратко остановимся на сообщениях, сделанных на этих секциях. Прежде всего необходимо выделить проблемные доклады чл. кор. АН СССР Г. А. Заварзина «Парниковый эффект и биота»; акад. АН УССР Д. М. Гродзинского «Радиационный синдром у растений Чернобыля», Г. В. Менжулина «Влияние изменения климата на сельскохозяйственные растения», Н. Ф. Еланского «О формировании озонового слоя», Н. И. Шевяковой «Проблемы Арала с точки зрения физиологии растений». В этих докладах ярко показаны результаты деятельности нашей технократии, приведшей к гибели многих крупных природных объектов и изменению состава естественных фитоценозов. В выступлениях прозвучала искренняя озабоченность относительно надвигающейся экологической катастрофы из-за загрязнения атмосферы промышленными выбросами, последствий непродуманных «проектов века», истощения лесов, неграмотного применения минеральных удобрений и несоблюдения научно обоснованной агротехники возделывания растений. Следует подчеркнуть, что в выступлениях участников съезда высоко оценены исследования по экологической физиологии и адаптации растений к внешним стрессам.

Одно из заседаний 14-го симпозиума посвящено влиянию аноксии и гипоксии на ультраструктуру и метаболизм растений. На нем было заслушано 6 докладов, половина из которых касалась исключительно древесных растений. Результаты исследования влияния гипоксии на структурно-функциональные изменения, тканевую повреж-

даемость и продуктивность плодовых растений представила М. А. Соловьева с соавторами; активности ферментов в тканях сосны обыкновенной под воздействием водного, анаэробного и низкотемпературного стрессов — Н. Е. Судачкова с соавторами; влияния косвенных факторов кислородного стресса на физиологические процессы древесных растений — А. В. Веретенников.

На 18-м симпозиуме об опыте и перспективах преподавания физиологии растений в университетах доложили В. В. Полевой (Ленинград), М. Е. Ладыгина (Москва), М. К. Мананков (Симферополь), А. А. Землянухин (Воронеж). О роли научных школ в подготовке физиологов растений сообщил В. Е. Петров (Казань), о подготовке физиологов растений по заказам научных учреждений — Х. А. Мауриня (Рига). Вопросы совершенствования преподавания физиологии растений в педагогических вузах были затронуты в сообщении Т. В. Лихолат (Москва), в сельскохозяйственных вузах — Н. Н. Третьякова (Москва), в лесных вузах — А. В. Веретенникова (Воронеж).

Дискуссии по всем упомянутым направлениям исследований были продолжены около стендовых докладов, общее число которых составило более 350.

На заключительном пленарном заседании съезда с докладом «Физиология растений: состояние и перспективы» выступил акад. А. Т. Мокроносов. Он отметил, что наряду с достижениями отечественной физиологии растений на мировом уровне, существует и, к сожалению, нарастает отставание по некоторым научным направлениям. Основные причины состоят в том, что некоторые виды современного оборудования не производятся в СССР и нет валюты для приобретения их за рубежом; ухудшилось качество подготовки кадров в ряде вузов страны и т. д. Для преодоления отставания докладчик предложил ряд мер, в том числе усиление кооперации с учеными Запада, стажировки молодых ученых в престижных международных центрах, организация различных школ всеобуча и др.

А. Т. Мокроносов перечислил проблемы, стоящие перед отечественной физиологией растений, имеющиеся резервы, остановился на задачах и проблемах ВОФР.

Затем заслушаны отчеты президиума и ревизионной комиссии ВОФР, проведена свободная дискуссия, вручены дипломы лауреатов конкурса молодых ученых и заслушаны их доклады.

Участники выражают благодарность оргкомитету, особенно сотрудникам Института фотобиологии АН БССР, за хорошую организацию форума, создание благоприятных условий для его успешной работы.

А. В. Веретенников

Воронежский лесотехнический институт

НЕКРОЛОГИ

ВАСИЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ КОЧЕГАРОВ

На 76-м году жизни скончался ведущий ученый в области лесной промышленности, старейший сотрудник Ленинградской лесотехнической академии, доктор технических наук, профессор Василий Григорьевич Кочегаров.

В 1941 г. он с отличием окончил лесинженерный факультет ЛТА и ушел добровольцем в народное ополчение. Войну закончил гвардии старшим лейтенантом танковых войск, пройдя с боями Польшу, Германию, Чехословакию, имел боевые награды.

В 1946—1948 гг. В. Г. Кочегаров возглавлял Институт повышения квалификации в Архангельске. С 1948 г. по 1950 г. он учился в аспирантуре, затем стал преподавателем кафедры механизации лесоразработок ЛТА, где работал более 40 лет до последнего дня жизни. Он выполнял также обязанности секретаря парткома, зав. аспирантурой, декана лесинженерного факультета, председателя ученого совета факультета, в течение многих лет активно сотрудничал с «Лесным журналом», являясь членом редколлегии.

В. Г. Кочегаров создал научное направление по энергетическому обоснованию параметров лесных машин, разработал теоретические основы технологических процессов лесосечных работ, написал три учебника для вузов, четыре монографии, множество научных статей.

В. Г. Кочегаров пользовался большим авторитетом как в Советском Союзе, так и за рубежом.

Он подготовил более 20 кандидатов наук. Бывшие студенты и аспиранты Василия Григорьевича трудятся во всех регионах страны, некоторые его ученики, ныне кандидаты наук, успешно работают в Юго-Восточной Азии, Африке и Латинской Америке.

Память о В. Г. Кочегарове, человеке исключительной скромности и отзывчивости, доброты и человеческой мудрости, высокой культуры и трудолюбия, замечательном воспитателе, навсегда сохранится в сердцах его учеников и товарищей по работе.

Ректорат Ленинградской лесотехнической академии

Деканат лесинженерного факультета

Коллектив кафедры технологии лесозаготовительных производств

СОДЕРЖАНИЕ
ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Н. П. Курбатский, А. Г. Цыкалов.</i> Параметры фронтальной кромки пожара в лиственничниках на вечной мерзлоте	3
<i>А. В. Веретенников.</i> Реакция древесных растений на повышение содержания углекислоты в атмосфере	7
<i>Н. М. Матвеев, Н. В. Прохорова, Л. М. Кавеленова, В. Г. Терентьев.</i> О влиянии минерального шлама металлообрабатывающего производства на развитие сеянцев древесных пород	9
<i>С. В. Кабанов.</i> Взаимосвязи запаса лесной подстилки с таксационными показателями дубовых низкоствольников	13
<i>А. В. Лебедев.</i> Патология и устойчивость деревьев ели в рекреационных древостоях	17
<i>В. М. Груманс, С. В. Стельмахович.</i> Некоторые аспекты эффективности комбинированных технологий при тушении лесных пожаров	21
<i>В. В. Сильванович, А. В. Меличко.</i> Определение смолопродуктивности сосны обыкновенной методом микроранений	24

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>В. Я. Харитонов.</i> Условия поперечного перемещения плавающих одиночных бревен	27
<i>В. И. Варава, О. М. Ведерников.</i> Моделирование хлыстов и их подвеса при трелевке в полупогруженном положении	29
<i>Б. В. Уваров.</i> Воздействие динамической нагрузки на железобетонные плиты лесовозных автодорог	35
<i>А. П. Елисейев.</i> Сравнительная оценка работоспособности шпал узкой колес	39
<i>В. А. Фролов, Н. А. Журавлев.</i> Обоснование оптимального числа хлыстов в трелеваемой пачке	43
<i>Ю. Ф. Воронцов, А. В. Кучин.</i> Коэффициенты полндревесности плотов при различных способах сортировки пиловочного сырья на лесославных рейдах	46
<i>В. С. Морозов.</i> Расчет толщины зимних лесовозных дорог на болотах	48

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>А. В. Федак, В. Ф. Качан, Л. А. Сун-Чен-Ли.</i> Влияние магнитной обработки на незавершенность релаксационных процессов при формировании полиэфирных покрытий	53
<i>Ю. Г. Павлов, А. С. Иванников, К. П. Шереметьев.</i> Автоматизация управления технологическим процессом лазерного раскроя	56
<i>Б. В. Лабудин, Р. Б. Орлович, Т. Н. Базенков.</i> Сопротивление элементов клееной древесины местному смятию под углом к волокнам	59
<i>В. В. Соловьев.</i> Оценка надежности рамных пил	63
<i>А. А. Коробовский.</i> К вопросу о затуплении шлифовальных лент при обработке древесины	67
<i>В. В. Шостак.</i> Оптимизация режимов пиления на круглопильных станках	70
<i>А. И. Сонотун, М. Т. Бець.</i> Определение компонентов поля напряжений при резании древесины	75

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Т. А. Туманова, А. Р. Габриелян, В. А. Часовенная, Ю. И. Дьяченко, С. С. Пузырев.</i> Влияние халатного соединения на процесс отбелки древесной массы растворами дитионита натрия	81
<i>Т. Н. Груздева, Б. П. Ерыхов, А. Н. Наумов, А. П. Плотников.</i> Структурные изменения в бумаге при комплексных механических воздействиях	86
<i>О. Ф. Горбунова, Г. М. Боголицына, Г. Г. Кочергина.</i> О делигнификации с азотной кислотой	89
<i>Э. И. Гермер.</i> Влияние рН на кинетику делигнификации и растворения полисахаридов при кислородно-щелочной варке древесины	95

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Е. С. Романов.</i> Аренда на лесосплавном рейде	103
<i>В. Н. Логацкий.</i> Методы определения арендной платы при многоцелевом лесопользовании	107
<i>Н. П. Чупров, Е. Д. Антуфьева, Т. П. Ярунова, В. Б. Шулгина.</i> Расчет и обоснование размера нестоимостного пользования лесом в Архангельской области	113

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>Б. М. Пунько.</i> Производительность естественных насаждений на трассах трубопроводов Украинских Карпат	120
<i>Н. Н. Чернов.</i> Лесоводственные способы повышения продуктивности пихтовых лесов	122
<i>В. Р. Карамышев, М. С. Метальников, Ф. И. Алябьев.</i> Особенности конструкции и расчета комбинированной двухпоточной предохранительной муфты лесохозяйственных машин	124
<i>Н. П. Вырко, А. П. Лащенко, Г. И. Касперов.</i> Экспериментальные исследования конструкции дорожной одежды с теплоизоляционным слоем	126
<i>Э. Ц. Лобжанидзе, Н. И. Картвелишвили, Л. Н. Синауридзе, М. Ш. Рухадзе.</i> Анатомическое строение и физико-механические свойства древесины глоговины (<i>Sorbus torminalis</i> L.) и перспективы ее использования	128

ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>А. Ф. Игнатьев, А. Н. Мартынов.</i> Дмитрий Никифорович Кайгородов (к 145-летию со дня рождения)	131
---	-----

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

<i>И. В. Делеган, В. Д. Бондаренко.</i> Третий Международный симпозиум по лосю	134
<i>А. В. Веретенников.</i> Второй съезд Всесоюзного общества физиологов растений	136

НЕКРОЛОГИ

<i>Ректорат Ленинградской лесотехнической академии, деканат лесинженерного факультета, коллектив кафедры технологии лесозаготовительных производств.</i> <u>Василий Григорьевич Кочегаров</u>	138
---	-----

Рефераты	143
--------------------	-----

CONTENTS

FORESTRY

<i>N. P. Kurbatsky, A. G. Tsykalov.</i> Fire Frontal Edge Parameters in Larch Forests on Permafrost Soils	3
<i>A. V. Veretennikov.</i> Reaction of Woody Plants to Increase of Carbon Dioxide Content in Atmosphere	7
<i>N. M. Matveev, N. V. Prokhorova, L. M. Kavelenova, V. G. Terentjev.</i> On Influence of Mineral Sludge from Metalworking Production on Seedling Species Development	9
<i>S. V. Kabanov.</i> Correlations of Ground Litter Stock with Oak Coppicewood Estimation Indices	13
<i>A. V. Lebedev.</i> Pathology and Stability of Spruce Trees in Recreation Forest Stands	17
<i>V. M. Grumans, S. V. Stel'makhovich.</i> Some Effectency Aspects of Combined Technologies at Fighting Forest Fires	21
<i>V. V. Sil'vanovich, A. V. Melichko.</i> Determination of Common Pine Pesin Productivity by Microblazing	24

WOOD EXPLOITATION

<i>V. Ya. Kharitonov.</i> Conditions of Cross Transporting of Isolated Floating Logs	27
<i>V. I. Varava, O. M. Vedernikov.</i> Modelling of Tree Length Logs and their Suspension when Skidding in Half-Loaded Condition	29
<i>B. V. Uvarov.</i> Effect of Dynamic Load on Precast Slabs of Log Truck Roads	35
<i>A. P. Eliseev.</i> Comparative Estimation of Narrow Wheel Track Sleepers' Normal Operation	39
<i>V. A. Frolov, N. A. Zhuravlev.</i> Substantiation of Optimal Tree Length Log Number in a Bunch	43
<i>Yu. F. Vorontsov, A. V. Kuchin.</i> Coefficients of Raft Section Density at Different Methods of Sawlog Sorting on Float Roads	46
<i>V. S. Morozov.</i> Calculation of Bog Winter Road Thickness	48

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>A. V. Fedak, V. F. Kachan, L. A. Sun-Chen-Li.</i> Effect of Magnet Treatment on Relaxation Incompleteness Processes in Forming of Polyester Coatings	53
<i>Yu. G. Pavlov, A. S. Ivannikov, K. P. Sheremet'ev.</i> Automatic Process Control System of Lazer Cutting	56
<i>B. V. Labudin, R. B. Orlovich, T. N. Bazanov.</i> Laminated Wood Elements' Crease Resistance at Angle with the Fibres	59
<i>V. V. Solov'ev.</i> Evaluation of Frame Saw Reliability	63
<i>A. A. Korobovskiy.</i> On Problem of Abrasive Belt Dulling when Grinding Wood	67
<i>V. V. Shostak.</i> Optimization of Circular Sawing Rates	70
<i>A. I. Sopotun, M. T. Bets'.</i> Determination of Stress Field Components in Cutting Wood	75

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>T. A. Tumanova, A. R. Gabrielyan, V. A. Chasovennaya, Yu. I. Dyachenko, S. S. Puzryev.</i> Chelate Compound Effect on Sodium Dithionite Solution Pulp Bleaching Process	81
<i>T. N. Gruzdeva, B. P. Erykhov, A. N. Naumov, A. P. Plotnikov.</i> Structural Changes in Paper under Complex Mechanical Effect	86

<i>O. F. Gorbunova, G. M. Bogolitsyna, G. G. Kochergina.</i> On Delignification of Nitric Acid	89
<i>E. I. Germer.</i> Ph Effect on Kinetics of Delignification and Polysaccharide Solution in Oxygen-Alkali Wood Pulping	95

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>E. S. Romanov.</i> Lease on Floatage Roads	103
<i>V. N. Logatsky.</i> Determination Methods of Multiple-Purpose Forestry Rental Payment	107
<i>N. P. Chuprov, E. D. Antuf'eva, T. P. Yarunova, V. B. Shunina.</i> Calculation and Substantiation of Inexhausting Size of Forest Exploitation in Archangel Region	113

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>B. M. Pun'ko.</i> Natural Stands Productivity on Pipe-lines Routes in the Ukraine Carpathians	120
<i>N. N. Chernov.</i> Silvicultural Techniques of Fir Forests' Productivity Increase	122
<i>V. R. Karamyshev, M. S. Metal'nikov, F. I. Alyab'ev.</i> Features of Design and Calculation of Combined Two-Flow Safety Clutch of Forestry Machines	124
<i>N. P. Vyrko, A. P. Lashchenko, G. I. Kasperov.</i> Experimental Studies of Heat-Insulated Outer Clothes Design	126
<i>E. D. Lobzhanidze, N. I. Kartvelishvili, L. N. Sinauridze, M. Sh. Rukhadze.</i> Anatomical Structure and Physico-Mechanical Wood Properties of <i>Sorbus torminalis</i> L. and Prospects of its Usage	128

HISTORY OF SCIENCE

<i>A. F. Ignat'ev, A. N. Martynov.</i> Dmitry N. Kaigorodov. (To 145 th Birthday)	131
--	-----

LEARNED CONFERENCES

<i>I. V. Delegan, V. D. Bondarenko.</i> Third International Symposium on Elks	134
<i>A. V. Veretennikov.</i> Second Congress of All-Union Society of Plant Physiologists	136

OBITUARIE

<i>Rec.orat Leningrad Forestry Engineering Academi, Forest Engineering Faculty, Bian's office, Staff of Logging Technologi Department.</i> V. G. Kochegarov	138
---	-----

Précis	143
------------------	-----

РЕФЕРАТЫ

УДК 630*431

Параметры фронтальной кромки пожара в лиственничниках на вечной мерзлоте. КУРБАТСКИЙ Н. П., ЦЫКАЛОВ А. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 3—7. Приведены результаты имитации пизового пожара в насаждениях. Разработаны многофакторные регрессионные модели основных параметров фронтальной кромки пожара. Указана целесообразность построения моделей по группам типов леса и их использование в практике охраны лесов. Табл. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 581.132

Реакция древесных растений на повышение содержания углекислоты в атмосфере. ВЕРЕТЕННИКОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 7—9. Даны сведения о влиянии повышенного содержания CO₂ в атмосфере на фотосинтез и рост древесных растений. Предложены программы дальнейших исследований в этом направлении. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 631.879.25:630*232.322.41

О влиянии минерального шлама металлообработывающего производства на развитие семян древесных пород. МАТВЕЕВ Н. М., ПРОХОРОВА Н. В., КАВЕЛЕНОВА Л. М., ГЕРЕНТЬЕВ В. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 9—13. Изложены материалы полевых экспериментов по изучению влияния минерального шлама металлообработывающего производства на рост, образование массы, накопление зольных элементов, хлорофилла, каротиноидов семян ясени зеленого и сосны обыкновенной в условиях малоплодородных почв степного Заволжья. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*5:630*114.351

Взаимосвязи запаса лесной подстилки с таксационными показателями дубовых низкостойльников. КАБАНОВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 13—17. Установлена значительная корреляционная связь запаса лесных подстилок с сомкнутостью полога и долей участия клена остролистного в составе древостоя. Рассчитаны уравнения связи запаса подстилки с рядом таксационных показателей насаждений. Табл. 3. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*970

Патология и устойчивость деревьев ели в рекреационных древостоях. ЛЕБЕДЕВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 17—20. Рассмотрены результаты изучения патологии и устойчивости деревьев ели в различных условиях рекреационной нагрузки. Установлены основные факторы нарушения жизнестойкости деревьев ели и дана характеристика деятельности дереворазрушающих грибов и стволовых насекомых. Табл. 3. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 630*432.31

Некоторые аспекты эффективности комбинированных технологий при тушении лесных пожаров. ГРУМАНС В. М., СТЕЛЬМАХОВИЧ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 21—24. Рассмотрены вопросы повышения эффективности тушения лесных пожаров комбинированными способами. Приведены формулы для расчета параметров предлагаемых технологических схем. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*284.2

Определение смолопродуктивности сосны обыкновенной методом микроранений. СИЛЬВАНОВИЧ В. В., МЕЛИЧКО А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 21—26. Обоснована возможность определения смолопродуктивности сосны в условиях нижнего Приангарья с помощью микроранений. Способ основан на измерении длины потока живицы из круглой насечки диаметром 20 мм. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*378.7

Условия поперечного перемещения плавающих одиночных бревен. ХАРИТОНОВ В. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 27—29. Установлены зависимости для определения осадки вертикальных стоек, перемещающих бревно в направлении, нормальном их продольной оси, и допустимой скорости перемещения из условий предотвращения подныривания бревен. Ил. 3. Библиогр. список: 1 назв.

УДК 630*375.4.001.57

Моделирование хлыстов и их подвеса при трелевке в полупогруженном положении. БАРАВА В. И., БЕДЕРНИКОВ О. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 29—35. Изложены результаты моделирования, теоретических и экспериментальных исследований подвеса полупогруженного хлыста. Предложены эквивалентные модели и оптимальные параметры подвеса. Ил. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 625.815.5

Воздействие динамической нагрузки на железобетонные плиты лесовозных автодорог. УВАРОВ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 35—39. Приведена методика расчета плит, рассматриваемых как балки на упругом основании. Динамическая нелинейная задача решена численно. Дан пример расчета на персональном компьютере. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 625.142.212.001.24

Сравнительная оценка работоспособности шпал узкой колеи. ЕЛИСЕЕВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 39—42. Изложена методика и результаты полевых опытов по определению зазоров между нижней постелью шпал и поверхностью балластного слоя в зависимости от количества груза, прошедшего через поперечное сечение дороги. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*31:33

Обоснование оптимального числа хлыстов в трелевочной пачке. ФРОЛОВ В. А., ЖУРАВЛЕВ Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 43—46. Дан теоретический анализ производственности трелевки от времени сбора пачки, зависящего от числа хлыстов в ней и времени передвижения трелевочного механизма (времени, затрачиваемого на грузовой и холостой ход). Время передвижения зависит от скорости и расстояния трелевки. Полученные зависимости подтверждают практическими хронометражными данными и могут быть использованы для разработки технологии освоения лесосеки и определения рейсовой нагрузки, подбора соответствующих скоростей передвижения и др. Ил. 3. Табл. 1.

УДК 630*378.33:627.231

Коэффициенты полнодревесности плотов при различных способах сортировки пиловочного сырья на лесосплавных рейдах. ВОРОНЦОВ Ю. Ф., КУЧИН А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 46—48. Показано уменьшение коэффициента полнодревесности плотов при сортировке пиловочного сырья по группам толщины по сравнению с сортировкой по группам длины. В результате улучшается использование лесопильного оборудования и возрастает эффективность технологии. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 625.731.001.24

Расчет толщины зимних лесовозных дорог на болотах. МОРОЗОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 48—52. Изложена методика расчета минимальной толщины мерзлого слоя торфа, обеспечивающей движение лесовозных автопоездов. Ил. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 667.613:539

Влияние магнитной обработки на незавершенность релаксационных процессов при формировании полиэфирных покрытий. ФЕДАК А. В., КАЧАН В. Ф., СУН-ЧЕН-ЛИ Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 53—56. Исследована возможность использования внешних магнитных полей для получения полиэфирных покрытий на древесных материалах с пониженными внутренними напряжениями. Изучена зависимость внутренних напряжений от продолжительности магнитной обработки формируемых покрытий и напряженности магнитного поля. Показана перспективность использования способа магнитной обработки при получении полиэфирных покрытий с улучшенными физико-механическими свойствами. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 62-529

Автоматизация управления технологическим процессом лазерного раскроя. ПАВЛОВ Ю. Г., ИВАННИКОВ А. С., ШЕРЕМЕТЬЕВ К. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 56—59. Рассмотрены вопросы автоматизации управления лазерным раскроем листового фибры с помощью микроЭВМ, изложены вычислительные процедуры рационального раскроя и определения наилучшей траектории резания. Предложен комплекс технических устройств управления лазерным резаком. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 624.011.14:624.042.1/3

Сопротивление элементов клееной древесины местному смятию под углом к волокнам. ЛАБУДИН Б. В., ОРЛОВИЧ Р. Б., БАЗЕНКОВ Т. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 59—63. Рассмотрены особенности напряженно-деформированного состояния элементов клееной древесины, нагруженных местной нагрузкой посредством жесткого штампа под различными углами (от 0 до 90°) к направлению волокон и слоев. Показано графически распределение нормальных и касательных напряжений под штампом как в упругой, так и упруго-пластической стадиях работы материала. Ил. 4. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 674.053

Оценка надежности рамных пил. СОЛОВЬЕВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 63—67. Дана количественная оценка влияния на надежность пил различных параметров, связанных с подготовкой и эксплуатацией инструмента, и рекомендовано их рациональное сочетание. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.055:621.922.024

К вопросу о затуплении шлифовальных лент при обработке древесины. КОРОБОВ СКИИ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 67—69. Изложены особенности затупления шлифовальных лент при обработке древесины. Предложен способ увеличения работоспособности шлифовального инструмента. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.053:621.934

Оптимизация режимов пиления на круглопильных станках. ШОСТАК В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 70—75. Разработана целевая функция оптимизации режима пиления по критерию себестоимости обработки с учетом затупления инструмента. Установлено, что в многопильных станках необходимо предусматривать плавное регулирование частоты вращения пильного вала. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.023(075.8)

Определение компонентов поля напряжений при резании древесины. СОПОТУН А. И., БЕЦЬ М. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 75—80. Изложены основные теоретические предпосылки к дискретному представлению континуума теоретико-числовой сеткой напряженной области древесины в результате воздействия резака. На основе решения биармонического уравнения получены компоненты тензора напряжений по полю исследуемой области. Ил. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 676.1.023.1

Влияние хелатного соединения на процесс отбелки древесной массы растворами дитионита натрия. ТУМАНОВА Т. А., ГАБРИЕЛЯН А. Р., ЧАСОВЕННАЯ В. А., ДЬЯЧЕНКО Ю. И., ПУЗЫРЕВ С. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 81—83. Исследован процесс отбелки рафинерной древесной массы раствором дитионита натрия в зависимости от температуры, pH и времени. Рассмотрен вклад отдельных протекающих при отбелке реакций в общий процесс, показано, что обработка древесной массы раствором ЭДТА приводит к возрастанию скорости отбелки, способствует повышению белизны и снижению степени старения массы. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 541.18.025:676.017

Структурные изменения в бумаге при комплексных механических воздействиях. ГРУЗДЕВА Т. Н., ЕРЬХОВ Б. П., НАУМОВ А. Н., ПЛОТНИКОВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 86—89. На примере типографской бумаги № 1 и бумаги «Школьная» Сыктывкарского ЛПК показано, к каким структурным изменениям могут привести микропластические деформации, динамическое воздействие и их комбинации. Ил. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 546.992.3:543.253

О делигнификации с азотной кислотой. ГОРБУНОВА О. Ф., БОГОЛИЦЫНА Г. М., КОЧЕРГИНА Г. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 89—95. Представлены результаты делигнификации в условиях двухстадийной обработки древесины азотной кислотой (концентрация 50... 90 г/л) на первой стадии и разбавленным водным аммиаком на второй стадии при температуре, не превышающей 90 °С. Приведены данные полярографического и спектрофотометрического исследования аммиачных азотнокислотных экстрактов, а также полимолекулярный и функциональный состав аммиачных экстрактов. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 16 назв.

УДК 676.164.8.022.6

Влияние pH на кинетику делигнификации и растворения полисахаридов при кислородно-щелочной варке древесины. ГЕРМЕР Э. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 95—102.
Определены константы скорости делигнификации и растворения полисахаридов и рассчитаны значения энергии активации этих процессов. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 658.155:630*378.3

Аренда на лесославном рейде. РОМАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 103—106.
Показано, что лесославное производство располагает к арендным отношениям. Приведены формы этих отношений для условий Бобровского рейда объединения Двиносплав. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 658.155:630*9

Методы определения арендной платы при многоцелевом лесопользовании. ЛОГАЦКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 107—112.
Изложены методические подходы к определению арендной платы за пользование древесиной, рекреационным потенциалом лесов и побочными ресурсами в условиях формирования рыночных отношений. Ил. 1. Табл. 2.

УДК 630*611(471.11)

Расчет и обоснование размера нестоимостного пользования лесом в Архангельской области. ЧУПРОВ Н. П., АНТУФЬЕВА Е. Д., ЯРУНОВА Т. П., ШУНИНА В. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 113—119.

Приведены данные о лесосырьевых ресурсах Архангельской области и их использовании. Высказаны предложения по совершенствованию определения размера лесопользования. Рекомендована лесосека наименьшего (по хвойному хозяйству) пользования лесом. Показаны результаты расчетов разных вариантов лесосек, выполнен их анализ. Предложена оптимальная лесосека на ближайшее время и на перспективу. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*561:630*116.6

Производительность естественных насаждений на трассах трубопроводов Украинских Карпат. ПУНЬКО Б. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 120—122.
Освещен вопрос о состоянии естественного лесовозобновления на нарушенных землях, дана таксационная характеристика сформировавшихся естественных насаждений. Намечены пути облесения нарушенных земель в целях создания насаждений целевого назначения. Табл. 1.

УДК 630*53:630*2

Лесоводственные способы повышения продуктивности пихтовых лесов. ЧЕРНОВ Н. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 122—123.

Приведены сведения о запасах древесной зелени пихты и ее масляности, хозяйственно-ценных формах пихты, некоторых лесоводственных способах повышения продуктивности пихтовых лесов. Табл. 1.

УДК 621.825:630*:65.011.54

Особенности конструкции и расчета комбинированной двухпоточной предохранительной муфты лесохозяйственных машин. КАРАМЫШЕВ В. Р., МЕТАЛЬНИКОВ М. С., АЛЯБЬЕВ Ф. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 124—126.
Приведены конструктивная схема и основные характеристики новой двухпоточной предохранительной муфты с рабочими элементами в виде кулачков и плоских поверхностей трения. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 625.731.9

Экспериментальные исследования конструкции дорожной одежды с теплоизоляционным слоем. ВЬРКО Н. П., ЛАЩЕНКО А. П., КАСПЕРОВ Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 126—128.

На основе наблюдений за температурным режимом опытных участков автомобильной дороги показано влияние теплоизоляционной прослойки из гидростойкого лигнина на процесс промерзания и оттаивания конструкций дорожных одежд и земляного полотна. Ил. 1. Табл. 1.

УДК 630*812

Анатомическое строение и физико-механические свойства древесины глоговины (*Sorbus torminalis* L.) и перспективы ее использования. ЛОБЖАНИДЗЕ Э. Д., КАРТВЕЛИШВИЛИ Н. И., СИНАУРИДЗЕ Л. Н., РУХАДЗЕ М. Ш. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 128—130.

Рассмотрены особенности анатомического строения древесины глоговины в зависимости от возраста дерева. Определены показатели физико-механических свойств. Рекомендовано ее разведение в лесокультуре в целях выращивания высококачественной декоративной древесины. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*902

Дмитрий Никифорович Кайгородов (к 145-летию со дня рождения). ИГНАТЬЕВ А. Ф., МАРТЫНОВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 131—133.

УДК 599.735.3:630*:061.3

Третий международный симпозиум по лосю. ДЕЛЕГАН И. В., БОНДАРЕНКО В. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 134—136.

УДК 581.1:061.3

Второй съезд Всесоюзного общества физиологов растений. ВЕРЕТЕННИКОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 136—137.

Василий Григорьевич Кочегаров.

Ректорат Ленинградской лесотехнической академии, деканат лесонженерного факультета, коллектив кафедры технологии лесозаготовительных производств. Изв. высш. учеб. заведений: Лесн. журн., 1991, № 3, с. 138.