

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

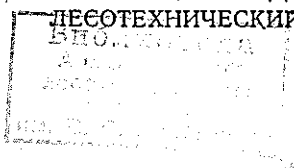
---

*Лесной журнал*

4

1987

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



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), д-р экон. наук Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), проф. Н. М. Белая, доц. Е. М. Боровиков, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. И. И. Гусев, проф. Ю. Я. Дмитриев, доц. Г. Л. Дранишников, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Э. Д. Левин, проф. П. Н. Львов, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Р. Родин, проф. П. С. Серговский, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь А. И. Кольцова.

«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. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов. Журнал издается с 1957 года. Выходит 6 раз в год.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Э. Н. Власова.

Сдано в набор 13.5.87. Подписано в печать 23.07.87. Ст. 01602.  
Форм. бум. 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 12,95. Уч.-изд. л. 15,38. Тираж 1670 экз. Заказ 4604. Цена 1 р. 40 к.  
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт  
им. В. В. Куйбышева.

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

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

## РАДИКАЛЬНАЯ РЕФОРМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ

25—26 июня 1987 г. в Москве состоялся Пленум Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза, рассмотревший вопрос «О задачах партии по коренной перестройке управления экономикой». С докладом на Пленуме выступил Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев. Пленум утвердил представленные Политбюро ЦК КПСС «Основные положения коренной перестройки управления экономикой», одобрил доработанный с учетом итогов всенародного обсуждения проект Закона СССР о государственном предприятии (объединении) и поручил Совету Министров СССР внести его на рассмотрение Верховного Совета СССР.

29—30 июня 1987 г. Верховный Совет СССР заслушал и обсудил доклад Председателя Совета Министров СССР Н. И. Рыжкова «О перестройке управления народным хозяйством на современном этапе экономического развития страны», принял Постановление по этому докладу и Закон СССР о государственном предприятии (объединении).

Документы и решения Пленума и сессии получили единодушную поддержку всего советского народа, вызвали большой резонанс в братских странах социализма, во всем мире. Огромная планомерная работа партии и народа по совершенствованию нашей экономической системы, начало которой положил апрельский (1985 г.) Пленум ЦК КПСС, вступила в решающую фазу.

«Радикальная реформа экономического управления — важнейшее звено перестройки», — так сформулировал задачу Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев в докладе на Пленуме. «Главный вопрос в теории и практике социализма, — сказал он, — как на социалистической основе создать более мощные, чем при капитализме, стимулы экономического, научно-технического и социального прогресса, как наиболее эффективно соединить плановое руководство с интересами личности и коллектива. Это самый сложный вопрос, ответ на который искала и ищет социалистическая мысль и общественная практика. На нынешнем этапе социализма значение этого вопроса неизмеримо возрастает». И далее: «Теоретически и практически бесспорно, что интерес трудящихся как хозяев производства — самый сильный интерес, самая мощная движущая сила ускорения социально-экономического и научно-технического прогресса. Но что значит на деле превратить труженика в реального и активного хозяина общественной собственности?» Ответом на этот вопрос и является разработанная Пленумом концепция коренной перестройки управления экономикой.

В докладе М. С. Горбачева и докладе, представленном Советским правительством Верховному Совету СССР, показано, что для реализации экономической стратегии партии нужна целостная система управления, включающая гармонию интересов каждого труженика — предприятия — общества; требование того, чтобы средства для производственного, социального развития и материального стимулирования были заработаны коллективом; тесное взаимодействие элементов хозяйственного механизма — планирования, экономического стимулирования, организационных структур, отраслевого и территориального управления; ориентацию на интенсивный тип воспроизводства. Эта система пользуется преимущественно экономическими методами (в отличие от преобладавших ранее командно-административных) на всех уровнях — от предприятий до министерств, центральных органов управления, правительства.

Принципиально новое в нынешней реформе управления — решение начать ее с основного звена — предприятия, объединения. Как отметил М. С. Горбачев на совещании в ЦК КПСС 8—9 июля 1987 г., главное требование заключается в том, чтобы деятельность центра по управлению экономикой, все, что должно быть в нем решено, не противоречили Закону о предприятии.

Теперь Закон о государственном предприятии (объединении) утвержден Верховным Советом СССР и с нового года вступит в силу. Он открывает широкий простор для демократизации управления, развития инициативы, социалистической предприимчивости. Это, однако, не произойдет автоматически. Как отмечал М. С. Горбачев на совещании в ЦК КПСС, разработаны документы о Госплане, банках, Минфине, Комитете по ценам, Комитете по труду и другим ведомствам (всего 12 документов). Предстоит доработать их, ввести в действие, улучшить управление на уровне центра. Только тогда Закон о предприятии сможет действовать. Но и это лишь предпосылки. Необходимо на каждом предприятии создать такие условия, чтобы с полной отдачей работал каждый человек, резко улучшить экономическую работу.

Здесь очень многое должны и могут сделать вузы. Первоочередная задача — улучшить экономическую подготовку специалистов, обеспечить повышение квалификации инженерных и особенно руководящих кадров. Преподавателям-экономистам в период летних отпусков придется выполнить «домашнее задание» — глубоко проработать материалы Пленума ЦК КПСС и сессии Верховного Совета СССР, Закон о предприятии.

Новая ситуация в управлении предъявляет высокие требования к преподаванию. Необходимо донести до каждого студента диалектику развития форм и методов управления, вскрыть причины, снижавшие до сих пор его эффективность, показать неотвратимость крутых перемен, их связь с развитием всего социалистического общества. И особенно нужен акцент на практику.

В преподавании общественных наук, включая экономические, одним из наиболее часто встречающихся стало слово «проблема». Иные преподаватели на своих лекциях излишне много говорят о проблемах. Проблем действительно накопилось немало. Но создается впечатление, что они вытесняют то реальное, что достигнуто, успешно действует, служит делу. В преподавании надо четко отделять то, чем будущий специалист обязан владеть, причем в совершенстве, от того, что еще ждет улучшения. Позитивное знание, навыки, умение — все, что для специалиста является перво-степенным, главным, обязательным, должен дать преподаватель. Конечно, важно и другое — показать неудачное, нерешенное, т. е. проблему. Но разглядеть и понять, а главное, пытаться решить ее можно только на основе прочного конкретного знания того, что существует. Взять к примеру ценообразование. Оно нуждается в коренном совершенствовании; без этого невозможно будет осуществить настоящий полный хозрасчет, самоокупаемость, самофинансирование. Но это — задача науки, высших органов управления. Специалист же, выпускаемый вузом, должен, прежде всего, владеть существующей системой цен, глубоко понимать ее, уметь «выжать» из нее все для государства, для коллектива. Это поможет ему самому увидеть изъяны цен, а может быть, и пути их улучшения. Хозяйственная практика последних лет, широкомасштабные экономические эксперименты дали много полезного, поучительного. Необходимо быстрее осмыслить все это, внести в преподавание, коренным образом переработать учебники.

С удовлетворением следует отметить, что с работой Пленума ЦК КПСС и сессии Верховного Совета совпало по времени завершение обсуждения разработанной Минвузом СССР Концепции перестройки высшего и среднего специального экономического образования, повышения квалификации и переподготовки кадров по экономико-управленческой тематике.

В Концепции ставится задача — превратить экономическое образование в передовое звено высшей школы. Реализовать Концепцию в полном объеме, на высоком уровне и возможно скорее — значит делом ответить на решения XXVII съезда КПСС и июньского (1987 г.) Пленума ЦК КПСС!

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*181.65

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ  
29-ЛЕТНЕГО ЦИКЛА ПРИРОСТА ДРЕВОСТОЕВ  
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ***Е. В. ДМИТРИЕВА*

ВНИИЛМ

Юго-восточная лесостепь находится в зоне недостаточного увлажнения, и лесные массивы играют здесь огромную почвозащитную и полезную роль. Часто повторяющиеся засухи, суховеи, падение уровня грунтовых вод вызывают резкое понижение прироста древостоев, ухудшают приживаемость, а в ряде случаев гибель лесных культур. Все эти явления привели к необходимости изучения влияния метеорологических факторов на рост и развитие лесных культур, прирост древостоев ([2, 4, 9, 10] и др.).

В ряде наших работ [3, 4] показано наличие 29-летней цикличности прироста сосновых древостоев юго-восточной лесостепи. Выявлена зависимость прироста от солнечной активности. На основании вскрытых тесных корреляционных связей динамики прироста с солнечной активностью в вершинном в вековом ходе цикла и закономерностей хода самого прироста разработан прогноз динамики прироста на несколько десятилетий вперед (до  $2020 \pm 2$  года). Следует отметить, что «29-летний цикл» — обобщенное название серии циклов со средним периодом развития 29 лет. Вершинным в вековом ходе является цикл этой серии, максимум которого совпадает с максимумом векового цикла.

Солнечная активность является интегральным показателем, обуславливающим развитие всего ряда гелио-геофизических процессов, в том числе и метеорологических элементов [1, 4, 6—12].

Цель настоящей работы — вскрытие закономерностей влияния основных метеорологических факторов (осадков и температуры) на прирост древостоев и их роли в формировании основной 29-летней цикличности прироста, восстановление по связям с приростом хода этих метеорологических элементов в период, когда наблюдения не производились, прогноз метеорологической обстановки прироста древостоев на несколько десятилетий вперед.

В основу исследования положены материалы изучения хода прироста около 200 модельных деревьев, взятых на пробных площадях в юго-восточной лесостепи. Пробные площади заложены во всех основных группах типов леса и классах бонитета сосновых древостоев и охватывают все классы возраста.

Приводим краткую характеристику групп типов леса, в целях дальнейшей математической обработки им присвоены числовые обозначения: 1) сосняки лишайниковые IV класса бонитета, расположены на вершинах дюн, уровень грунтовых вод более 15... 25 м; 2) сосняки вейниковые III класса бонитета, расположены на световых экспозициях склонов высоких дюн; 3) сосняки мшистые II класса бонитета, преобладают на всхолмленных участках второй надпойменной террасы, уровень грунтовых вод более 6 м; 4) сосняки мшисто-травяные I класса бонитета, на равнинных участках второй надпойменной террасы, уровень грунтовых

вод от 3 до 6 м; 5) сосняки сложные Iа класса бонитета, расположены на первой надпойменной террасе, уровень грунтовых вод до 3 м; 6) обобщенные данные по приросту для всех сосняков в целом.

Для изучения хода прироста использовали спил на высоте 1,3 м. Годичные кольца измеряли с точностью 0,01 мм. При обработке использовали данные о температуре и осадках метеорологической станции Боровая (1905—1986 гг.), в качестве ориентировочных — данные метеорологической станции Чкалов (1844—1904 гг.). Вся дальнейшая обработка прироста и метеорологических элементов произведена в индексах — отношениях действительных значений к норме, выраженной в процентах.

Выбор из многочисленных метеорологических элементов основных — осадков и температуры — и стремление выявить наиболее простые формы регрессии парной связи диктовались их прогностической значимостью. Прогностическая ценность многомерных уравнений со значительным количеством метеорологических элементов невелика [12].

И в приросте, и в метеорологических элементах наблюдается цикличность, включающая ряд периодов. Наибольшее значение для целей ведения лесного хозяйства имеют цикличности со средним периодом 11 и 29 лет. Ограниченный объем статьи позволяет остановиться лишь на краткой характеристике основной 29-летней цикличности. Цикличность выделена при осреднении данных 11-летними скользящими, все дальнейшее изложение основано на использовании этих данных.

Вслед за нашими ранними работами [3] в основу исследований положен вегетационный год и его периоды. Продолжительность вегетационного года — от октября предыдущего календарного года (начало периода покоя) по сентябрь года текущего (окончание вегетации). Кроме того, использованы расширенные временные границы вегетационного года продолжительностью с июня предыдущего года (периода формирования почек побегов текущего года, от развития которых зависит степень охвоенности, а следовательно, и производительность древостоев) по июль (период наиболее интенсивной вегетации) и сентябрь последующего. Исследована зависимость прироста групп типов леса и всех сосняков в целом от хода метеорологических элементов различных месяцев и периодов вегетационного года. Объем статьи позволяет остановиться на характеристике лишь основных периодов вегетационного года. Оценка значимости периодов для роста и развития древесных пород основана на корреляционном анализе и теоретических положениях Л. А. Иванова [5].

1. Период закалывания, перевода крахмала в сахар и подготовки к перезимовыванию — октябрь.

2. Период перезимовывания: а) полный — ноябрь — март; б) наибольшего влияния на последующую вегетацию — январь.

3. Вегетационный период: а) полный — апрель — сентябрь; б) усиленной вегетации — май — август; в) наиболее интенсивной вегетации — июль (на сухих местообитаниях период интенсивной вегетации приходится на более ранние месяцы).

Математическая обработка материалов произведена на ЭВМ ЕС-1030 по стандартным программам и программам, специально составленным О. Н. Шульгиным\*.

Корреляционно-регрессионный анализ связи прироста сосновых лесов с метеорологическими факторами позволил выявить основные закономерности этой связи (табл. 1, 2).

В целом по всем местообитаниям характерна положительная корреляция с осадками всех месяцев и периодов вегетации за исключением октября (корреляция отрицательна). Характерна отрицательная корреляция с температурами вегетационного периода, за исключением сен-

\* Автор приносит О. Н. Шульгину глубокую благодарность.

Таблица 1

Корреляционные отношения связей прироста древостоев с осадками и температурой (среднемесячные значения)

Группа типов леса	Осадки						Температура					
	I	IV	V	VI	VII	X	I	IV	V	VI	VII	X
6	0,754	0,388	0,627	0,336	0,679	0,382	0,645	0,647	0,513	0,232	0,654	0,814
1	0,711	0,422	0,614	0,300	0,562	0,494	0,729	0,686	0,604	0,410	0,396	0,839
2	0,507	0,458	0,647	0,346	0,524	0,443	0,687	0,765	0,503	0,337	0,503	0,743
3	0,823	0,333	0,470	0,408	0,736	0,304	0,678	0,585	0,449	0,242	0,705	0,823
4	0,837	0,335	0,350	0,441	0,835	0,428	0,416	0,386	0,274	0,268	0,835	0,857
5	0,868	0,381	0,360	0,448	0,758	0,446	0,443	0,489	0,276	0,244	0,745	0,861

Таблица 2

Корреляционные отношения связей прироста древостоев с осадками и температурой (среднее по периодам)

Группа типов леса	Осадки							Температура					
	$X(n-1) - III(n)$	IV, V	VII, VIII	IV-IX	$X(n-1) - IX(n)$	$VI(n-1) - VII(n)$	$VI(n-1) - IX(n)$	$X(n-1) - III(n)$	V, VI	VI, VII	VII, VIII	V- VIII	$X(n-1) - IX(n)$
6	0,554	0,599	0,548	0,696	0,667	0,602	0,529	0,496	0,481	0,496	0,687	0,768	0,381
1	0,454	0,583	0,426	0,620	0,555	0,397	0,372	0,539	0,679	0,437	0,498	0,732	0,353
2	0,428	0,623	0,367	0,614	0,648	0,460	0,384	0,500	0,583	0,492	0,572	0,690	0,487
3	0,663	0,488	0,622	0,745	0,784	0,740	0,680	0,560	0,376	0,472	0,788	0,726	0,342
4	0,745	0,437	0,750	0,792	0,788	0,830	0,786	0,485	0,266	0,606	0,899	0,728	0,366
5	0,710	0,407	0,665	0,749	0,759	0,787	0,739	0,464	0,263	0,543	0,812	0,687	0,363

тября, когда температуры невысоки и при достаточном количестве осадков вегетация продолжается. Корреляция с температурами октября отрицательна — для успешного закалывания необходима сухая холодная погода. В целом наиболее высокие корреляционные связи с осадками и температурой отмечаются в сосняках мшисто-травяных. Положение в рельефе позволяет здесь задерживаться влаге.

По отдельным группам типов леса в зависимости от увлаженности местообитаний и прогреваемости склонов связи прироста с одними и теми же метеорологическими факторами (осадками и температурой) колеблются от слабых ( $\eta = 0,3$ ) до значительных ( $\eta = 0,7$ ) и от умеренных ( $\eta = 0,4$ ) до тесных ( $\eta = 0,8$ ). Наиболее высокие корреляционные связи с метеорологическими факторами переходят от сухих местообитаний (в апреле и мае) к более увлажненным (июль). Это связано с более ранним началом вегетации в лишайниковых и вейниковых сосняках, расположенных на дюнах, и недостаточной обеспеченностью их влагой в середине лета. Запасы влаги зимних месяцев имеют наиболее высокую корреляцию с приростом древостоев местообитаний, расположенных на ровных и пониженных участках, где влага задерживается.

Кроме этого, определены наиболее тесные корреляционные связи прироста древостоев по группам типов леса с метеорологическими факторами отдельных месяцев и периодов, имеющих четко выраженное физиологическое значение в развитии древесных пород. В пределах отдельных месяцев такими факторами оказались: температуры октября (для успешного закалывания необходима сухая холодная погода), связь с приростом всех местообитаний очень тесная, отрицательная; температуры и осадки января, имеющие особенно важное значение для сухих местообитаний — связь высокая, положительная; температуры (связь отрицательная) и осадки (связь положительная) июля — месяца наиболее интенсивной вегетации. Связь возрастает от умеренной до высокой при переходе от сухих местообитаний к влажным. Графики хода осад-

Таблица 3

Уравнения связи прироста древостоев с осадками и температурой

<i>y</i>	<i>x</i>	Уравнения связи	Ошибка уравнения, %	<i>R</i>
6	<i>t</i> X	$y = 134,852 - 0,33514x$	$\pm 5,8$	0,753
1	<i>t</i> X	$y = 12,08 + 4,2549x - 0,05221x^2 + 0,00019x^3$	$\pm 6,4$	0,801
5	<i>t</i> X	$y = 12,87 + 2,985x + 0,02836x^2 + 0,00008x^3$	$\pm 4,3$	0,848
6	<i>t</i> I	$y = -21780,75 + 661,600x - 6,6363x^2 + 0,02208x^3$	$\pm 5,6$	0,775
4	Ос VII	$y = 433,24 - 11,44626x + 0,1219x^2 - 0,00041x^3$	$\pm 5,4$	0,802
6	<i>t</i> VII	$y = 3123,26 - 58,381x + 0,28134x^2$	$\pm 7,1$	0,596
4	<i>t</i> VII	$y = 3276,24 - 0,55597x - 0,54392x^2$	$\pm 6,0$	0,739
4	Ос X( <i>n</i> - 1) — III ( <i>n</i> )	$y = -256,48 + 6,847x - 0,0324x^2$	$\pm 5,0$	0,694
4	Ос IV—IX	$y = -279,63 + 7,1325x - 0,033x^2$	$\pm 6,2$	0,716
4	Ос X( <i>n</i> - 1) — IX ( <i>n</i> )	$y = -359,87 + 8,854x - 0,04215x^2$	$\pm 6,0$	0,746
4	<i>t</i> V—VIII	$y = 5974,71 - 113,863x + 0,551x^2$	$\pm 6,0$	0,735
1	<i>t</i> V—VIII	$y = 7642,77 - 146,677x + 0,7126x^2$	$\pm 7,5$	0,698
4	Ос VI( <i>n</i> - 1) — VII ( <i>n</i> )	$y = 736,00 - 25,185x + 0,305x^2 - 0,00117x^3$	$\pm 5,1$	0,825
4	VII, VIII	$y = 426,64 - 3,252x$	$\pm 4,6$	0,856

Примечание. В графе *y* приведены группы типов леса; в графе *x*: ос — осадки, *t* — температура, I—XII — месяцы, *n* — текущий календарный год; *R* — коэффициент множественной корреляции.



ков и температуры июля зеркально противоположны. В пределах выделенных периодов наибольшее значение для роста и развития древостоев имеют: осадки холодного периода (октябрь — март); осадки полного вегетационного периода (апрель — сентябрь); осадки всего вегетационного года (октябрь — сентябрь) — корреляционная связь этих периодов с приростом возрастает от сухих местообитаний к более влажным, где имеется возможность накапливания влаги; температура периода наиболее усиленной вегетации (май — август) — корреляция отрицательна.

Произведен регрессионный анализ связи прироста по группам типов леса с осадками и температурой отдельных месяцев и периодов, имеющих наиболее тесные корреляционные отношения (табл. 3). Связь наиболее четко аппроксимируется уравнениями параболы второй и третьей степени, реже — уравнением прямой. Ошибки уравнения обычно не превышают 4...6 %.

Высокая корреляционно-регрессионная связь прироста и основных метеорологических факторов, наличие разработанного нами прогноза прироста древостоев до  $2020 \pm 2$  года [4], графический анализ хода метеорологических факторов и расчет по приведенным уравнениям позволили разработать прогноз осадков и температуры по ряду месяцев и периодов вегетационного года и восстановить ход осадков и температуры за период, когда метеорологические наблюдения не проводились (рис. 1—3).

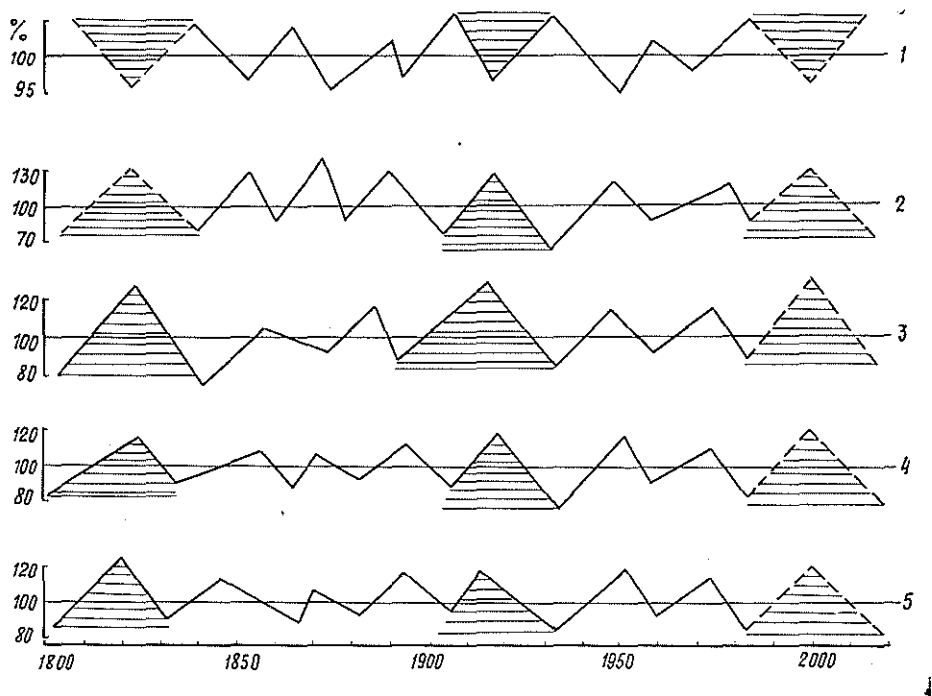


Рис. 1. Схема 29-летних циклов прироста и хода температуры и осадков июля: 1 — температура июля; 2 — осадки июля; 3 — все сосняки; 4 — сосняки мшисто-травянистые; 5 — сосняки сложные. Заштрихованы вершинные в вековом ходе циклы. Пунктир — прогноз и ход метеорологических элементов, восстановленный по уравнениям связи

Выявлено, что наиболее четкую связь с приростом имеют осадки и температура июля. Цикличность хода осадков июля, по существу, идентична цикличности хода прироста, цикличность хода температуры является его зеркальным отражением. Как по значениям прироста может быть восстановлен и спрогнозирован ход метеорологических элементов

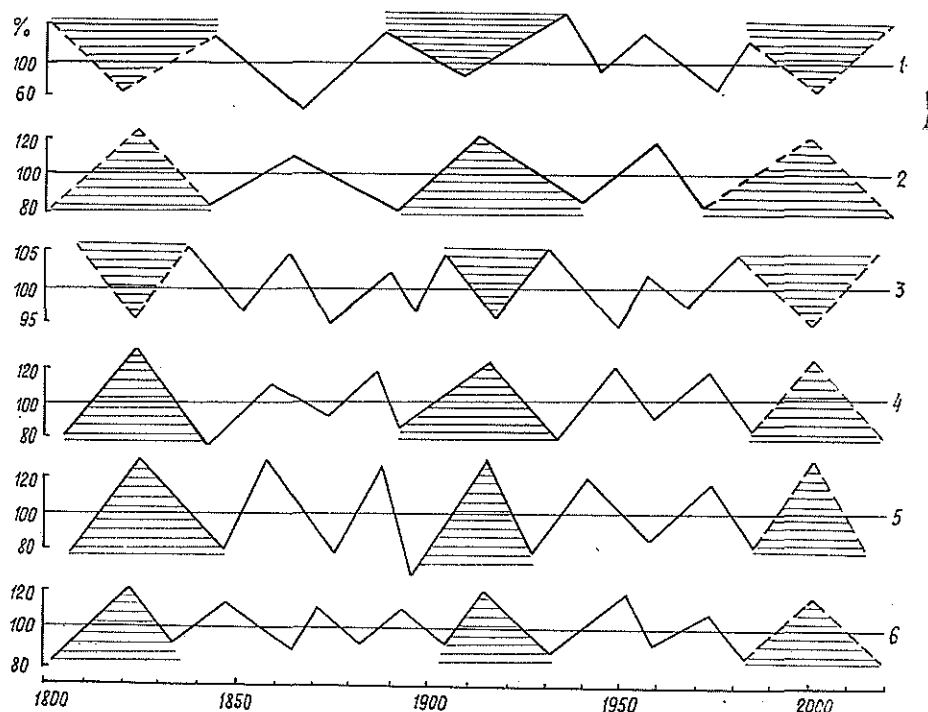


Рис. 2. Схема 29-летних циклов прироста и хода температуры октября, января, июля: 1 — температура октября ( $n-1$ ); 2 — температура января; 3 — температура июля; 4 — все сосняки; 5 — сосняки лишайниковые; 6 — сосняки сложные. Остальные обозначения см. на рис. 1

на всем протяжении циклической кривой, так и по ходу осадков и температуры июля может быть восстановлено значение прироста.

Цикличность хода температуры октября, января, осадков октября — марта, апреля — сентября, октября — сентября в целом характеризуется большим периодом циклов, чем цикличность хода прироста — в среднем 40 лет вместо 29. Полностью или почти полностью совпадают, в основном, только периоды вершинных в вековом ходе циклов. Поэтому для указания месяцев и периодов корреляционные отношения, будучи в целом высокими в циклах, промежуточных между вершинными, на протяжении ряда лет меняют свой знак на противоположный (рис. 1—3). Для этих месяцев и периодов прогноз основан на высокой равнонаправленной корреляционной связи в вершинных циклах.

Вершинные в вековом ходе циклы прироста и метеорологических элементов синхронны. Цикл имеет период около 40 лет. Его максимум наступит в  $2000 \pm 2$  году. В пределах выделенных нами месяцев и периодов вегетации (при 11-летнем осреднении) будет наблюдаться повышенное количество осадков, повышение зимних температур, понижение температуры в октябре, июле и в течение вегетационного периода.

Первопричина указанных явлений — понижение солнечной активности в ее вековом ходе и увеличение в связи с этим западной циркуляции атмосферы.

Таким образом, определены корреляционные связи прироста древостоев с основными метеорологическими факторами по группам типов леса и для всех сосняков в целом. Это позволило выявить месяцы и периоды вегетационного года, оказывающие наибольшее влияние на рост и развитие древостоев.

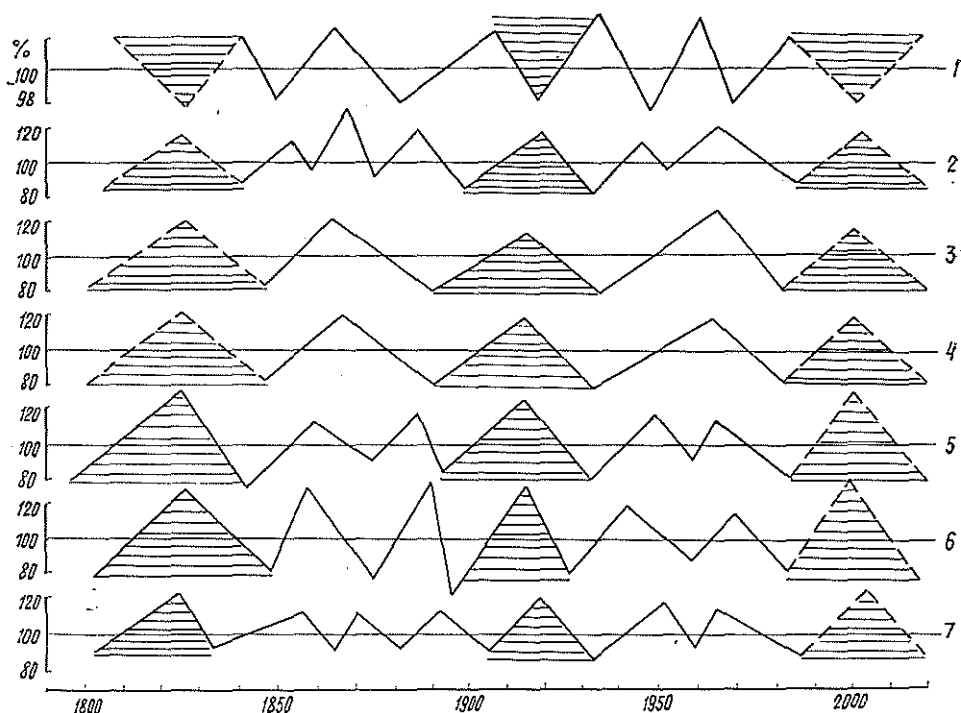


Рис. 3. Схема 29-летних циклов прироста и хода метеорологических элементов вегетационного года и его периодов: 1 — температура мая—августа; 2 — осадки апреля—сентября; 3 — осадки октября (n —) — марта (n); 4 — осадки октября (n — 1) — сентября (n); 5 — все сосняки; 6 — сосняки лишайниковые; 7 — сосняки мшисто-травяные. Остальные обозначения см. на рис. 1.

Выявлена цикличность хода метеорологических элементов, определены периоды и амплитуды циклов. Методом графического и регрессионного анализа вскрыты связи с цикличностью прироста. На основе полученных связей произведен прогноз хода метеорологических элементов вплоть до  $2020 \pm 2$  года и восстановлен их ход за период, когда метеорологических наблюдений не было.

Прогноз метеорологической обстановки на несколько десятилетий вперед позволяет подвести теоретическую основу для прогноза хода прироста, нацелить лесное хозяйство на необходимость учета длительного изменения элементов климата при проведении лесохозяйственных работ — посадке культур, учете их приживаемости, проведении лесомелиорации, оценке эффективности рубок ухода и т. д.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. — Л.: Гидрометеоздат, 1974. [2]. Бузулукский бор. Т. 1. — Л.: Гослесбумиздат, 1950. [3]. Дмитриева Е. В. Опыт анализа влияния климата на прирост деревьев различных местообитаний на Карельском перешейке // Бот. журн. — 1959. — № 2. [4]. Дмитриева Е. В., Шульгин О. Н. Динамика прироста древостоев сосновых лесов лесостепи европейской части СССР // Лесоустройство и лесная таксация. — М.: ВНИИЛМ, 1981. [5]. Иванов Л. А. Физиология растений. — Л.: Гослесбумиздат, 1931. [6]. Комин Г. Е. Цикличность в динамике лесов Зауралья: Автореф. дис... докт. биол. наук. — Свердловск, 1978. [7]. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. — Л.: Наука, 1979. [8]. Рудаков В. Е. Годичный прирост деревьев как показатель гидрометеорологических условий: Автореф. дис... канд. геогр. наук. — М., 1970. [9]. Тольский А. П. К вопросу о влиянии метеорологических условий на развитие сосны в

Бузулукском бору // Тр. по лесн. опытному делу в России.— Спб., 1913. [10]. Шиятов С. Г. Климатогенные смены лесной растительности на верхнем и полярном пределах ее произрастания: Автореф. дис... докт. биол. наук.— Свердловск, 1981. [11]. Douglass A. E. Climatic cycles and tree growth.— Washington, Carnegie Inst., 1919, 1928, 1936.— Vol. 1—3. [12]. Fritts H. C. Free rings and climate.— London etc, Acad. Press, 1976.

Поступила 24 октября 1986 г.

УДК 631.331

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЩЕТОЧНОГО ВЫТАЛКИВАТЕЛЯ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА БАРАБАНОГО ТИПА

Ф. В. ПОШАРНИКОВ, В. П. ИВАНОВСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Во многих узлах сельскохозяйственных машин используют щеточные элементы. Имеются сведения о применении щеточных элементов в питающих устройствах обескряпителей, машин для очистки семян и др. [7]. Есть данные об использовании щеток в высевальных устройствах, где они служат очистителями высевных отверстий от семян [1].

В конструкции порционного высевального аппарата барабанного типа щетка использована для запитывания семян в отверстие высева и их последующего выталкивания [2]. В момент совпадения высевных отверстий 3 и 4 (рис. 1) сопряженных барабанов 1 и 2 выталкиватель 5 активно воздействует на семена 6, находящиеся в ячейке 4 неподвижного барабана 2 и выбрасывает их в семянаправитель. Основное влияние на точность дозировки в этом случае оказывает щеточный элемент 5, поэтому так важен правильный выбор его параметров. В литературных источниках нами не обнаружено сведений, касающихся параметров щеточных элементов, используемых в качестве выталкивателей семян.

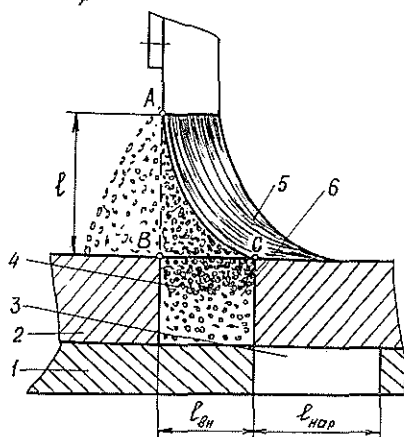


Рис. 1. Схема работы высевального аппарата

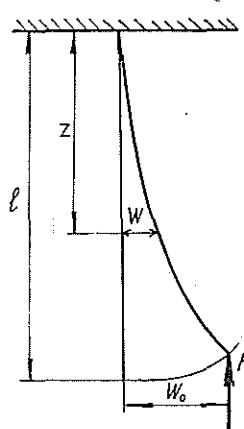


Рис. 2. Расчетная схема волоска щеточного элемента

Рассматриваем каждый волосок щеточного питателя-выталкивателя как гибкий стержень с заделанным верхним концом и нагруженный сжимающей силой  $F$  (рис. 2), приложенной к свободному нижнему концу;  $l$  — длина стержня (волоска щетки);  $W$  — прогиб в точке, удаленной от заделки на расстоянии  $Z$ ;  $W_0$  — некоторое начальное отклонение свободного конца. Тогда уравнение упругой линии  $AC$  (рис. 1) имеет вид

$$W = W_0 (1 - \cos pZ), \quad (1)$$

где

$$p = \sqrt{\frac{F}{EI}} [4];$$

$E$  — модуль упругости материала щетки;

$I$  — осевой момент инерции сечения стержня (волоска щетки).

На порцию семян, самопроизвольно, под собственным весом, заполнивших ячейку высева, оказывают влияние (доуплотняют семена в ячейке) семена, находящиеся над высевной ячейкой, объем которых в вертикальной плоскости ограничен площадью фигуры  $ABC$  (рис. 1) в момент подхода волосков щетки к высевной ячейке. Площадь образующей фигуры определяем методом интегрирования

$$S_{ABC} = \int_0^l (W_0 - W_0 \cos pZ) dZ = W_0 \left( l - \frac{1}{p} \right). \quad (2)$$

Тогда объем семян, воздействующих на семена в ячейке:

$$V_2 = W_0 l d - \frac{W_0}{p} d = W_0 d \left( l - \frac{1}{p} \right), \quad (3)$$

где  $d$  — диаметр ячейки высева.

Отсюда масса семян в ячейке

$$m_1 = \frac{P' V_2}{V'}, \quad (4)$$

где  $P'$  — масса 1 л семян (натура семян), г;

$V'$  — объем взвешенных семян (1 л).

Итак,

$$m_1 = \frac{P' W_0 d \left( l - \frac{1}{p} \right)}{V'}. \quad (5)$$

Кроме того, на порцию семян, заполнивших высевающую ячейку, будут оказывать прямое или косвенное влияние (посредством промежуточных семян) и сами волоски щеточного питателя, обладающие определенной упругостью (рис. 2).

Из классической формулы, связывающей прогиб с жесткостью поперечного сечения элемента на изгиб, приложенной силой и длиной стержня (волоска щетки), легко определить силу  $F$  по формуле:

$$F = \frac{3EI_y W_0}{l^3}, \quad (6)$$

где  $F$  — сила воздействия щетки на семена, находящиеся в высевающей ячейке;

$l$  — длина щеточного элемента;

$E$  — модуль упругости ( $E = 1,5 \cdot 10^3$  МПа) [3];

$I_y$  — осевой момент инерции пучка щеточного элемента, который с небольшой погрешностью равен сумме моментов инерции всех отдельно взятых волосков в пучке:

$$I_y = \sum_{i=1}^n I_{yi} n. \quad (7)$$

Здесь  $I_{yi}$  — момент инерции отдельного волоска, определяемый по формуле:  $I_{yi} = \frac{\pi d^2}{64}$ ;

$n$  — число волосков в щеточном элементе, воздействующих на порцию семян;

$W_0$  — прогиб щеточного элемента под действием сжимающей силы  $F$ .

Если принять семена абсолютно твердыми телами, уплотняющая сила  $F_1$ , действующая на семена в ячейке высева, будет складываться из силы тяжести семян  $P_1$  и упругой силы  $F$  воздействия щетки на семена в ячейке:

$$F_1 = P_1 + F. \quad (8)$$

Уплотняющая сила  $F_2$  при самопроизвольном заполнении высевной ячейки, согласно учению М. М. Протоdjаконова [6], определяется массой семян, заполнивших объем параболоида динамического разгрузки свода (рис. 3).

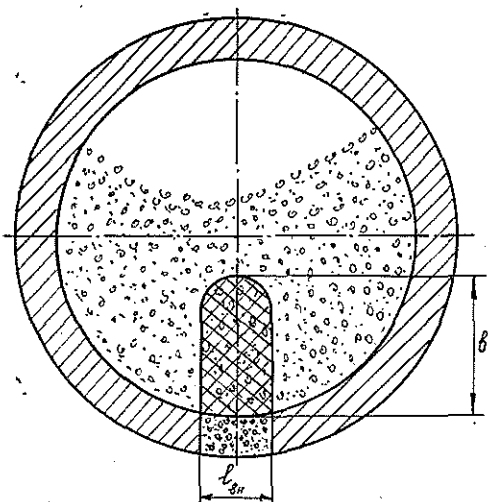


Рис. 3. Расчетная схема к определению массы семян, заполнивших объем параболоида динамического разгрузки свода

массы семян параболоида динамического разгрузки свода, в этом случае будет зависеть от коэффициента наполнения  $\mu$ :

$$n_2 = \mu \frac{V_{\pi}}{V_c}, \quad (12)$$

где  $n_2$  — количество семян, заполнивших ячейку высева под действием веса параболоида динамического разгрузки свода;

$V_{\pi}$  — объем высевной ячейки;

$V_c$  — объем одного семени.

Коэффициент  $\mu$  учитывает объем пустот между семенами. Для семян хвойных пород  $\mu = 0,3 \dots 0,5$  [7].

Чем плотнее располагаются семена в ячейке высевяющего устройства, тем выше точность дозирования семян в одной порции. Нами установлено, что семена хвойных пород (сосна, ель, лиственница) начинают интенсивно уплотняться в ячейке при удельном давлении на них более 0,16 МПа, в то время как допускаемое давление на семена составляет не менее 0,75 МПа.

Коэффициент плотности укладки

$$K = \frac{n^1}{n_1} = \frac{F_1}{F_2}, \quad (13)$$

где  $n_1$  — количество семян, заполнивших ячейку высева под действием щеточного питателя-выталкивателя;

$F_1$  — уплотняющая сила щеточного элемента;

Высота параболоида

$$b = \frac{d}{2f}, \quad (9)$$

где  $d$  — диаметр отверстия;

$f$  — коэффициент трения семян о семена.

Объем такого параболоида можно считать равным половине объема эллипсоида вращения [5]:

$$V_3 = \frac{2}{3} \pi d b^2. \quad (10)$$

Поэтому масса семян, заполнивших объем параболоида динамического разгрузки свода:

$$m_2 = \frac{P'}{6} \pi \frac{d^3}{f^2} / V'. \quad (11)$$

Количество семян, заполнивших ячейку под действием

$$F_1 = \frac{3EI_y W_0}{l^3} + m_1 g; \quad (14)$$

$F_2$  — уплотняющая сила, определяемая массой семян, заполнивших объем параболоида динамического разгрузки свода;

$$F_2 = m_2 g. \quad (15)$$

Подставив значения  $F_1$  и  $F_2$  в формулу (13), получим коэффициент плотности укладки:

$$K = \frac{3EI_y W_0}{l^3 m_2 g} + \frac{m_1}{m_2}, \quad (16)$$

или, обозначив константу  $c = \frac{m_1}{m_2}$  (для семян хвойных пород значение  $c$  близко к 1):

$$K = \frac{3EI_y W_0}{l^3 m_2 g} + c. \quad (17)$$

Имеется вполне определенное значение коэффициента плотности укладки  $K_{кр}$ , при которой семена в высевной ячейке заклиниваются и высев не происходит, и есть его оптимальное значение (для семян хвойных пород оно составляет 1,05...1,15), при котором стабилизируется точность дозирования семян в порции.

Из формулы (17) можно найти необходимые параметры щеточного элемента. Например, расстояние  $l$  установки щеточного питателя-выталкивателя относительно ячейки высева должно быть следующим, исходя из оптимального значения коэффициента плотности укладки:

$$l = \sqrt[3]{\frac{3EI_y W_0}{m_2 g (K - c)}}. \quad (18)$$

Рассчитаем его значение для капроновой щетки (пучок 140 нитей), выпускаемой отечественной промышленностью и имеющей следующие параметры: диаметр сечения нитей  $d = 0,04$  см; длина нитей 2,5 см; жесткость  $5,068 \cdot 10^{-1}$  Н/см. Прогиб  $W_0$  нитей примем равным 1 см, диаметр высевного отверстия 1,1 см, а коэффициент трения семян о семена  $f = 1,3$  [7].

Полученный результат представлен в виде графика (рис. 4), из которого видно, что для получения оптимальной плотности укладки семян

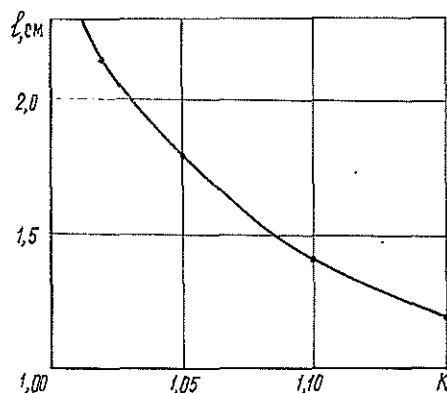


Рис. 4. Зависимость расстояния установки капронового щеточного элемента  $l$  относительно высевной ячейки от коэффициента плотности укладки семян хвойных пород в ячейку  $K$ .

хвойных пород в ячейке и, следовательно, повышения точности дозирования семян в порции высевной ячейкой, данный щеточный элемент должен быть установлен на расстоянии  $l$  относительно ячейки (рис. 1), равном 1,2...1,8 см.

Используя выражение (17), можно определить требуемую жесткость щеточного элемента или значение диаметра высевного отверстия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 375046 СССР, МКИ А 01 С 7/16. Высевающий аппарат / П. Я. Лобачевский, П. М. Бондаренко (СССР).— № 1380525/30-15; Заявлено 28.11.69, Бюл. № 16 // Открытия. Изобретения.— 1973.— № 16.— С. 4. [2]. А. с. 1053770 СССР, МКИ А 01 С5/00; А 01 С7/00. Сеялка / П. С. Нартов, Ф. В. Пошарников, В. П. Ивановский (СССР).— № 3476418/30-15; Заявлено 28.07.82, Бюл. № 42 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 42.— С. 4. [3]. Дарков А. В., Шпиро Г. С. Сопротивление материалов.— М.: Высш. школа, 1969.— 734 с. [4]. Ковалев Н. А. Прикладная механика.— М.: Высш. школа, 1982.— 399 с. [5]. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров.— М.: Физматгиз, 1973.— 831 с. [6]. Протодьяконов М. М. Давление горных пород на рудничную крепь // Горный журн.— 1909.— Кн. 9.

Поступила 26 июня 1985 г.

УДК 630\*24 : 632.3/5

### К ОЦЕНКЕ РОСТА И ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДУБА ПОСЛЕ ИЗРЕЖИВАНИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС РУБКАМИ УХОДА

А. А. ЛЕПЕХИН, П. Г. ПЕТРОВ

НИИ сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы

Рубки ухода, призванные улучшать санитарное состояние лесонасаждений, могут вызывать не только положительные изменения [1, 3, 4], но в отдельных случаях создавать условия для развития вредной энтомофауны и микрофлоры. В лесных полосах особую опасность может представлять физиологическое ослабление деревьев после интенсивных рубок ухода при формировании конструкции лесной полосы и разбрасывание порубочных остатков.

В данной статье предпринята попытка выявить влияние рубок ухода на рост и повреждаемость вредителями и болезнями дуба черешчатого.

Лесопатологические учеты и обследования проводили в 1982—1983 гг. на пяти стационарных опытных участках (табл. 1), заложенных в полезащитных лесных полосах Каменной Степи [4]. Лесонасаждения этих лесных полос созданы по типу коридорных посадок со следующими схемами смешения пород: лесная полоса № 252 — (Т, Ко)—Д—Д—Д—(Т, Ко), направление СВ—ЮЗ; № 240 — (Б, Ко)—Д—Д—Д—(Б, Ко), СВ—ЮЗ; № 239 — (Т, Яо, Б)—Д—Ко—Д (Т, Яо, Б), З—В; № 225 — Б—Д—Д—Б, СВ—ЮВ и № 209 — Т—Ко—Д—Т—Ко—Д—Т—Ко—Д—Т—Ко, направление З—В. В лесных полосах 252, 240 и 239 деревья размещены рядами через 2,5 м друг от друга, с расстоянием между растениями в ряду 0,75 м. Диагонально-групповое размещение деревьев по схеме  $7,0 \times 3, 2 \times 1,6$  м применено в лесных полосах 225 и 209.

В лесной полосе 225 (вариант 3) в 1980 г. при повторной рубке был полностью вырублен один ряд березы; в полосе 209 (вариант 2) в 1972 г. удален 4-й ряд, а на соседнем участке (вариант 3) — 4-й и 7-й ряды тополя.

Во всех вариантах опытов проводили сплошной перебор деревьев по 2-сантиметровым ступеням толщины с обмером высот и оценкой общего лесопатологического состояния каждого дерева. При камеральной обработке выделяли четыре категории деревьев по санитарному состоянию: а) здоровые — деревья хорошего и умеренного роста, с нормально развитой кроной, без признаков повреждений; б) угнетенные — деревья ослабленного роста, имеющие признаки механических повреждений (снеголом,



Таблица 1

Таксационная характеристика объектов исследований (учет 1982 г.)

Номер лесной полосы (возраст, лет)	Год проведения		Вариант опытов	Способ очистки мест рубок	Интенсивность рубки по запасу, %		Состав по запасу (после рубки)	Число деревьев, шт./га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Средние	
	посадки	рубок ухода			первой	второй				диаметр, см	высота, м
252 (8)	1974	—	1	—	0	0	10Т, ед. Д, Ко	4245	143,1	6,0	6,1
240 (13)	1969	1981	2	Разбрасывание	38	—	9Т1Д + Ко	3753	82,1	4,7	5,4
		—	1	—	0	0	7Б2Д1Ко	3150	69,4	5,9	6,5
		1976,	2	Удаление	33	46	4Б4Д2Ко	2356	41,4	5,8	5,5
		1979	4	Разбрасывание	22	16	4Б4Д2Ко	2849	57,7	6,4	6,2
239 (15)	1967	—	1	—	0	0	3Т2Ю2Ко2Б1Д	2710	90,3	7,2	7,5
		1976,	2	Разбрасывание	15	42	4Ю3Ко2Д1Б	2354	62,2	7,2	6,7
		1979	3	Удаление	28	71	3Ю3Д3Ко1Б	1668	39,9	6,9	6,4
225 (19)	1963	—	1	—	0	0	9Б1Д	4390	170,8	6,1	6,4
		1977,	2	Удаление	39	20	8Б2Д	1550	77,0	8,0	7,6
		1980	3	Разбрасывание	43	59	8Б2Д	1350	70,5	8,2	7,1
209 (22)	1960	1972	2	Удаление	10	—	8Т2Ко, ед. Д, В	3530	206,6	8,6	9,3
		—	3	»	20	—	7Т2Ко1Д	3227	237,8	9,6	9,7

Примечание. Вариант 1 — контроль, без рубок. Б — береза бородавчатая; В — вяз обыкновенный; Д — дуб черешчатый; Ко — клен остролистный; Т — тополь бальзамический; Ю — ясень обыкновенный.

морозобойны, ошмыги и т. д.); в) большие — деревья суховершинные, с изреженной кроной, имеющие плодовые тела стволовых гнилей и другие следы поражений болезнями и повреждений вредителями; г) сухостойные — деревья отмершие, преимущественно в результате затенения и угнетения [2, 6].

Для определения степени повреждения деревьев листогрызущими вредителями (зимняя пяденица, дубовая листовертка, непарный и кольчатый шелкопряд и др.) в конце вегетационного периода 1983 г. проводили специальный пересчет. При этом использовали принципы установления энтомодобротности по В. Н. Старку [5]. Оценку производили по двум разрядам: I — повреждений листьев нет или они носят единичный характер; II — деревья с разной степенью пораженности вредителями: 1...25 %; 26...50 %; 51...75 %; 76...100 %. Степень повреждения определяли глазомерно для каждого дерева. При камеральной обработке для каждой категории стволов находили процент поврежденности дуба (табл. 2), как средневзвешенную через число деревьев величину.

Таблица 2  
Рост, состояние и поврежденность вредителями деревьев дуба (учет 1982—1983 гг.)

Номер			Средний		Число деревьев								
лесной полосы	вари- анта опы- та	ряда по схе- ме посад- ки	диа- метр, см	высо- та, м	Всего, шт./га	% от общего числа				поврежденных листогрызущими вредителями, %			
						здо- ровых	угне- тен- ных	боль- ных	сухо- стой- ных	здоро- вых	угнетен- ных	больных	всех живых
252	1	3	3,0	3,9	800	73	21	6	—	4,6	2,3	4,1	4,1
	2	*	2,5	3,6	2400	54	34	12	—	3,5	3,6	6,0	4,4
	3	3	3,7	4,4	784	78	20	2	—	5,6	13,8	12,5	7,4
240	1	*	3,1	3,7	2399	62	33	5	—	5,9	10,4	10,0	7,4
		2	4,7	4,9	574	42	32	20	6	4,6	7,3	7,1	6,1
		3	5,6	5,5	539	70	13	15	2	3,2	11,6	13,2	5,8
		4	5,2	5,9	598	71	11	13	5	4,1	8,2	11,0	5,6
		*	5,4	5,4	1711	61	19	16	4	4,0	8,7	10,4	5,8
2	2	2	6,8	5,4	486	73	19	7	1	4,5	10,4	17,1	6,6
		3	7,1	5,2	466	75	9	13	3	3,4	15,2	20,2	6,8
		4	6,1	5,1	539	73	12	15	—	7,7	7,3	18,0	9,2
		*	6,6	5,2	1491	74	13	12	8	5,3	10,8	18,4	7,6
		4	2	7,0	6,1	583	76	14	8	2	4,6	4,5	10,9
239	1	3	7,7	6,0	458	80	8	11	1	4,4	8,3	9,7	5,3
		4	6,6	5,7	482	76	10	13	1	4,0	9,4	7,9	5,1
		*	7,1	5,9	1523	77	11	11	1	4,3	7,2	9,6	5,2
		*	5,1	5,5	812	32	9	27	32	4,8	13,6	18,5	11,4
		*	5,5	5,5	928	60	24	14	2	7,1	10,3	13,9	8,7
225	3	*	5,6	5,1	893	65	23	10	2	3,4	10,4	13,8	6,2
	1	*	3,2	3,7	2190	12	14	51	23	4,9	11,5	8,8	8,8
	2	*	6,1	5,7	780	49	26	24	1	1,4	3,9	4,3	2,8
3	*	7,1	5,9	710	50	26	24	—	4,2	8,6	9,6	6,6	

\* Итоговые показатели по всем рядам дуба в лесной полосе (см. схемы смешения дренесных пород).

Данные табл. 1 и 2 показывают, что рубки ухода по всем вариантам опытов улучшают рост дуба. Чем больше период времени после проведения первых и повторных рубок, тем сильнее проявляется положительное влияние их на рост дуба.

С увеличением интенсивности рубки быстрорастущих пород рост дуба улучшается, а средние показатели роста всего лесонасаждения (табл. 1) возрастают лишь до интенсивности рубок 30 %, дальнейшее повышение которой снижает, по сравнению с контролем, среднюю высоту и диаметр лесонасаждения. Общее состояние деревьев дуба после проведения рубок ухода по сравнению с контролем несущественно различается (табл. 2), хотя четко прослеживается тенденция увеличения числа здоровых деревьев и снижения угнетенных, больных и отмерших на участках, пройденных уходом.

Разбрасывание измельченных порубочных остатков как в рядовых, так и в диагонально-групповых посадках не ухудшает санитарного состояния лесонасаждений и не снижает показателей их роста по высоте и диаметру. Однако в лесной полосе 239 после разбрасывания порубочных остатков (вариант 2) состояние и рост дуба оказались несколько ниже, чем после удаления их из лесонасаждения (вариант 3). Это объясняется тем, что ряды дуба здесь размещены по соседству с рядами его основных конкурентов Ко, Т и Б, которые интенсивно вырубали. Очевидно, что незначительная разница в показателях роста объясняется не применяемыми способами очистки, а интенсивностью рубки Т, Б и Ко.

Следовательно, в первые 6 лет после проведения рубок ухода разбрасывание порубочных остатков не оказывает отрицательного влияния на рост и лесопатологическое состояние дуба и лесонасаждения в целом, что дает основание для более широкого применения этого способа очистки мест рубок.

Определенный интерес представляют данные табл. 2, убедительно показывающие значительное улучшение состояния и роста дуба в центральных рядах лесных полос, проявляющееся более четко в случаях, когда с обеих сторон расположены ряды дуба. Сравнивая данные табл. 2 по диагонально-групповой лесной полосе 209, в которой 10 лет назад было вырублено один и два ряда тополя, нетрудно заметить, что дуб стал расти и развиваться после рубки двух рядов тополевых биогрупп.

Поврежденность дуба листогрызущими вредителями на всех объектах исследования (табл. 2) оказалась низкой (от 3 до 11 %), что не вызывает опасности появления очагов их массового размножения. Не выявлено четкого влияния рубок ухода на поврежденность деревьев листогрызущими вредителями. В одном случае (лесная полоса 252) процент поврежденности оказался выше на участках, пройденных рубками ухода (4,4 и 7,2 %), в другом (лесные полосы 225, 239) — на контроле. Самая высокая средняя поврежденность деревьев дуба оказалась в рядовой лесной полосе 239 и в диагонально-групповой полосе 225. Чаше поврежденность деревьев насекомыми снижается с повышением интенсивности рубок ухода. Так, в лесной полосе 240 (вариант 2) интенсивность рубки была 33 и 46 %, поврежденность 7,6 %, а в варианте 3 с интенсивностью 22 и 16 % — 5,2 %, или на 2,4 % ниже.

Здоровые деревья, как правило, повреждаются вредителями меньше, чем угнетенные и больные, причем в большинстве случаев здоровые экземпляры сильнее повреждаются на участках, пройденных рубками, чем на контрольных. Чаше страдают мелкие деревья, находившиеся в угнетении. Очевидно, после разреживания лесонасаждения, особенно чрезмерно интенсивными рубками ухода, оставшиеся деревья, приспособившись к изменившимся условиям, в первые годы адаптации ослабевают физиологически больше, чем на контроле, и поэтому становятся более уязвимыми для лесных вредителей. Наиболее распространенными гнилями оказались сухие гнили ветвей из группы некротических грибов.

Таким образом, рубки ухода в полезащитных лесных полосах способствуют улучшению роста дуба и лесонасаждения в целом, повышают санитарное состояние древостоя, не вызывая опасности массового размножения вредителей и развития болезней. В целях повышения лесоздоровительной роли рубок не следует допускать повышения их интенсивности свыше 30 % от общего запаса древостоя.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дворников В. В. Рубки ухода в полевых защитных лесных полосах гнездового посева // Рубки ухода и реконструкция защитных насаждений.— Куйбышев: Кн. изд-во, 1970.— С. 55—64. [2]. Колесниченко М. В. Теоретические основы выращивания полевых защитных лесонасаждений // Зап. Воронеж. СХИ.— 1958.— Т. 28, вып. 1.— С. 189—194. [3]. Нестребенко В. Г. Влияние рубок ухода на продуктивность защитных лесных насаждений из дуба // Лесн. хоз-во.— 1982.— № 8.— С. 40—42. [4]. Петров П. Г., Скачков Б. И. Формирование эффективной конструкции лесных полос рубками ухода // Агролесомелиоративные исследования в Каменной Степи: Науч. тр. / НИИСХ ЦЧП им. Докучаева.— Каменная Степь, 1981.— С. 24—29. [5]. Старк В. Н. Руководство к учету повреждений леса с определением.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1931.— С.: 90—91. [6]. Токин Б. П. Целебные яды растений.— Л.: ЛГУ, 1980.— С. 143—148.

Поступила 5 марта 1985 г.

УДК 630\*164.3 : 630\*232.322.4

### О ВЛИЯНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

М. И. КАЛИНИН, О. З. ЯЦЮК

Львовский лесотехнический институт

Изучению минерального питания сеянцев дуба уделяется большое внимание [1, 3]. Особый интерес представляет исследование влияния различных доз удобрений на развитие корневых систем сеянцев [2]. В этой связи определенное значение в развитии теории минерального питания растений и для лесохозяйственной практики имеет изучение особенностей влияния отдельных питательных элементов при различной их концентрации на рост и развитие надземной части и корневых систем сеянцев в ювенильном периоде.

Исследования проводили методом водных культур. Влияние отдельных элементов питания на рост и развитие растений изучали путем исключения их из раствора.

Общая схема эксперимента включала 10 вариантов опыта: 1 — раствор полной смеси Кнопа 100 %-ной концентрации (контроль); 2, 3, 4 — растворы, соответственно, без калия, фосфора, азота со 100 %-ной концентрацией двух других компонентов смеси Кнопа; 5, 6, 7 — растворы без калия, фосфора, азота со 150 %-ной концентрацией двух других компонентов смеси; 8, 9, 10 — растворы без калия, фосфора и азота с 30 %-ной концентрацией двух других компонентов смеси Кнопа. В каждом варианте выращивали по 5 растений, для сравнения выводили средние показатели. Продолжительность эксперимента — 45 дн. Средняя масса желудей составила 3,4 г, варьирование ее по вариантам несущественно. Ежедневно растения освещали люминесцентными лампами в течение 9 ч. Интенсивность светового потока 750 лм/м<sup>2</sup>.

Результаты опыта приведены в таблице.

При 100 %-ной концентрации компонентов питательной смеси Кнопа отсутствие калия (в растворе азот и фосфор) и фосфора (в растворе азот и калий) не вызвало снижения сухой массы растений. Однако существенно изменилось соотношение массы надземной части и корней в сторону увеличения долевого участия последних. Кроме того, отсутствие фосфора заметно снизило интенсивность процесса листообразования; число листьев здесь в 2 раза меньше, чем в контроле, и почти в 1,5 раза меньше по сравнению с вариантом без калия. В растворе без калия, и особенно без фосфора, наблюдается усиление интенсивности роста и ветвления корней.

Отсутствие азота при 100 %-ном содержании в растворе калия и фосфора сказалось на снижении сухой массы растений до 93,2 % от контроля. Здесь наиболее существенно проявилось перераспределение сухого вещества с увеличением его долевого участия в корнях. Относительно сильное развитие получила в этом варианте корневая систе-

## Влияние отдельных питательных веществ на рост сеянцев дуба черешчатого

Показатели роста к концу эксперимента	Концентрация и состав питательного раствора									
	100 %				150 %			30 %		
	Пол- ная смесь Кюппа (конт- роль)	Без ка- лия	Без фос- фора	Без азота	Без ка- лия	Без фос- фора	Без азота	Без ка- лия	Без фос- фора	Без азота
Сухая масса расте- ния, г	0,311	0,310	0,310	0,290	0,470	0,120	0,373	0,333	0,357	0,397
Распределение су- хой массы по частям растения  (стволик) корни), %	$\frac{48}{52}$	$\frac{41}{59}$	$\frac{43}{57}$	$\frac{37}{63}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{33}{67}$	$\frac{33}{67}$	$\frac{34}{66}$	$\frac{44}{56}$	$\frac{40}{60}$
Высота стволика, см	11,7	8,4	8,0	10,2	14,0	5,4	9,2	11,6	11,0	11,5
Число листьев, шт.	4,5	3,2	2,2	3,7	4,5	1,0	2,0	4,7	3,5	4,0
Длина корней, см: стержневого первого поряд- ка ветвления второго порядка	19,2 15,3 2,0	20,7 26,5 2,0	18,9 32,8 4,1	23,8 37,6 5,3	26,8 28,5 6,6	12,8 11,6 —	24,8 37,5 3,4	25,7 19,9 2,2	21,4 24,1 —	23,4 34,2 2,2

ма, общая протяженность корней здесь составила 190,9 %, длина стержневого корня — 139,6 % к контролю. Высота стволика на 12,8 %, а число листьев — на 18,0 % меньше, чем в контроле.

При изменении концентрации питательных элементов в растворе характер влияния каждого из них несколько меняется.

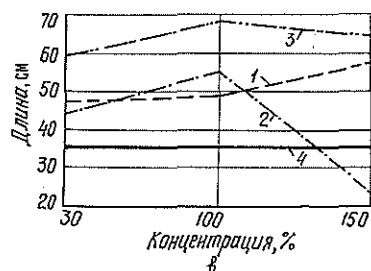
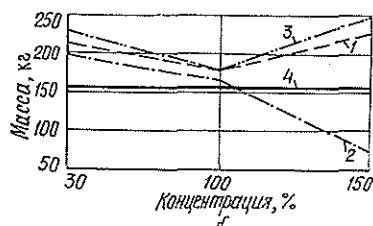
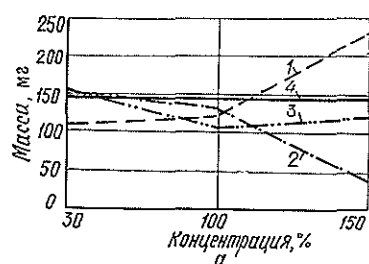
Отсутствие калия при 150 %-ной концентрации азота и фосфора вызвало заметное улучшение роста растений. Сухая масса составила 151,6 %, высота стволика — 119,6 %, длина стержневого корня — 123,9 %, общая длина корней — 161,4 % к контролю. Интересно то, что в этом варианте соотношение массы надземной части и корней составило 1 : 1.

При 150 %-ной концентрации азота и калия в отсутствие фосфора наблюдается резкое ухудшение роста сеянцев. Сухая масса уменьшилась на 62,4 %, высота стволика составила всего 46,2 %, длина стержневого корня — 66,6 %, общая длина корней — 66,8 % к контролю, а число листьев снизилось в 4,5 раза.

Несколько лучшие результаты получены в данном варианте при исключении азота. Общая масса растений здесь выше, чем в контроле, однако масса корней в два раза больше, чем надземной части. В результате надземная часть развита хуже, а корни растут значительно интенсивнее.

При 30 %-ной концентрации раствора и отсутствии калия рост сеянцев оказался лучше, чем в контроле. Данные этого варианта и вариантов 150- и 100 %-ной концентрации раствора без калия показывают, что в начальном периоде отсутствие этого элемента не вызывает у сеянцев существенного ухудшения роста надземной части, но значительно стимулирует развитие корневой системы.

В варианте без 30 %-ной концентрации раствора без фосфора увеличивается сухая масса растения и одновременно снижается рост надземной части, за счет усиления развития стержневого корня и его боковых ответвлений. В данном случае, как и в варианте со 150 %-ной концентрацией, отсутствие фосфора не вызывает роста корней второго порядка ветвления.



Влияние концентрации питательного раствора в различных сочетаниях на массу надземной части сеянцев дуба (а), массу корневой системы (б), общую длину корней (в); 1 — NP; 2 — NK; 3 — PK; 4 — NPK (контроль)

Исключение азота при 30 %-ной концентрации фосфора и калия привело к увеличению общей массы растения на 27,6 %. При этом интенсивность роста надземной части лишь незначительно уступает контролю, а рост корневой системы существенно увеличивается.

Анализ данных вариантов с 30-, 100- и 150 %-ной концентрацией растворов без азота показывает, что снижение содержания калия и фосфора в растворе вызывает улучшение роста растений. Это может быть объяснено ингибирующим влиянием этих элементов или одного из них. Ответ на этот вопрос дает сравнение данных по вариантам без каждого из этих элементов.

В растворах без калия, в присутствии фосфора и азота при 150 %-ной концентрации рост сеянцев значительно лучше, чем при 100- и 30 %-ной концентрации.

Следовательно, увеличение содержания фосфора оказывает положительное влияние. Однако в варианте без фосфора в присутствии калия в растворе 150 %-ной концентрации рост сеянцев хуже, чем при других концентрациях. Это говорит о том, что ингибирующее влияние оказывают более высокие концентрации калия.

Как видим, исключение одного из рассматриваемых питательных элементов из раствора с изменением содержания в нем других компонентов вызывает сложную реакцию растения, по которой в отдельных случаях трудно установить влияние того или иного элемента в чистом виде. Однако по ряду наиболее важных аспектов роль этих компонентов проявляется вполне определенно. В этой связи, кроме описанных закономерностей, выделяются следующие.

Общая масса растений при 30 %-ной концентрации двух участвующих компонентов несколько больше, чем в контроле. При 150 %-ной концентрации резко увеличивается масса растений при сочетании NP и уменьшается при сочетании NK. В варианте PK масса сеянцев больше, чем в контроле.

При исключении из питательного раствора одного из исследуемых компонентов масса надземной части сеянцев, как правило, уменьшается или несущественно отличается от контрольной. Лишь при сочетании NP в растворе 150 %-ной концентрации масса стволика и листьев почти в 2 раза больше, чем в контроле (рис. а). Масса корней сеянцев дуба, выращенных во всех концентрациях раствора и при любом сочетании компонентов (за исключением участия NK в растворе 150 %-ной концентрации), увеличивается (рис. б). При отсутствии одного из исследуемых компонентов в питательном растворе суммарная длина корней сеянцев увеличивается. Исключение составляет сочетание NK в растворе

150 %-ной концентрации (рис. в). Высота стволика при отсутствии одного из исследуемых компонентов уменьшается, кроме варианта NP в растворе 150 %-ной концентрации.

Приведенный анализ позволяет сделать следующие выводы.

В ювенильном периоде развития семянцы дуба требуют относительно небольшой концентрации питательных веществ.

Значение основных питательных элементов (NPK) для роста сеянцев различно. Высокие концентрации калия оказывают ингибирующее влияние на рост и развитие сеянцев дуба. Наиболее эффективное влияние фосфора и азота проявляется при наличии их в дозах около 30 % к нормам, принятым для полной питательной смеси Кнопа. При этом увеличение содержания фосфора до 150 % создает оптимальные условия для роста сеянцев. Благоприятно воздействует на рост растений наличие нитратных форм азота в пределах 30 % к полной дозе раствора Кнопа. Таким образом, сеянцы дуба в начальном периоде их роста нуждаются в высоких дозах фосфора и низких — калия и азота.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кальной П. Г. Биология роста и питание молодых древесных растений.— Киев: УСХА, 1982.— 118 с. [2]. Рий В. Ф. Влияние разных доз удобрений на корневые системы и размеры корневых окончаний однолетних сеянцев // Лесная геоботаника и биология древесных растений.— Брянск, 1974.— Вып. 2.— С. 105—109. [3]. Слухай С. И. Питание и удобрение молодых древесных растений.— Киев: Наукова думка, 1965.— 300 с.

Поступила 18 марта 1985 г.

УДК 581.526.42 : 581.524 (477)

### БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГРАБНЯКОВ В ВЕРХОВЬЯХ ДНЕСТРА

Я. П. ОДИНАК, Д. В. БОРСУК, В. Ф. ГРАНАТЫРЬ,  
И. И. КОЗИЙ, В. Е. ЛЕСНИЧИЙ

Львовское отделение Института ботаники АН УССР

В лесном покрове верховьев Днестра определенная роль принадлежит вторичным грабнякам, сменившим коренные грабово-дубовые и дубово-грабово-буковые группировки. К настоящему времени производные грабняки в гослесфонде названной территории занимают 5,9 тыс. га, или 2,9 % покрытой лесом площади. Биологическая продуктивность этих сообществ слабо изучена. Вместе с тем для оценки результатов воздействия хозяйственной деятельности человека на лесной покров и разработки мероприятий, направленных на оптимизацию его структурно-функциональной организации, необходимы данные о продуктивности как коренных, так и производных биогеоценозов.

В лесных массивах Пятничанского и Роздольского лесничеств Стрыйского лесхоза (Львовская область) в качестве объектов исследований выбраны два участка: первый — в грабняке зеленчуковом, сформировавшемся на месте влажной эвтрофной грабовой дубравы\* (состав древостоя — 10Г, возраст — 36 лет, средняя высота — 13,6 м, средний диаметр — 9,6 см, число стволов — 3412 шт./га, сомкнутость крон — 1,0, запас стволовой древесины — 158 м<sup>3</sup>/га), второй — в грабняке ясенниково, произрастающем в условиях влажной эвтрофной дубово-грабовой бучины (состав древостоя — 10Г, ед. Д, Бк, Кд. о, возраст — 50 лет, средняя высота — 17,6 м, средний диаметр — 13,5 см, число стволов — 1165 шт./га, сомкнутость крон — 0,8, запас стволовой древесины — 143 м<sup>3</sup>/га). В этих ценозах закладывали пробные площади по методике, принятой в лесной таксации [1]. Запас, фракционный состав и годичный прирост над-

\* Названия ассоциаций приняты по классификации М. А. Голубца [2].

земной фитомассы древостоя определяли на основании анализа средних (по высоте, диаметру, протяженности кроны) модельных деревьев. Модели (по три на каждой пробной площади) срезали в конце вегетационного периода (конец августа — сентябрь) и обрабатывали по методическим рекомендациям А. И. Уткина, Н. В. Дылиса [8] с некоторыми дополнениями и изменениями применительно к объекту исследований [5]. Корневую массу древесного яруса учитывали методом монолитов размером  $0,5 \times 0,5 \times 1$  м, закладываемых по шесть штук возле двух средних деревьев в каждом древостое. Прирост корней находили расчетным путем [7].

Запас надземной фитомассы травянистых растений учитывали на площадках размером  $0,5 \times 1$  м, которые закладывали в 10—15-кратной повторности в основных синузиях травостоя. В этих же синузиях определяли подземную массу трав путем выборки корней из монолитов размером  $25 \times 25 \times 20$  см.

Для сбора опада древесного яруса на каждой пробной площади устанавливали по 10 опадоловителей с внутренней площадью 1 м<sup>2</sup>. Массу подстилки учитывали на 25 площадках (в каждом сообществе) размером  $40 \times 25$  см.

Теплоту сгорания растительной массы определяли на установке В-08-М по методике, описанной К. А. Малиновским и др. [4].

Исследования показали, что вторичные грабовые группировки, сформировавшиеся на месте коренных дубовых лесов, в молодом воз-

**Запасы, фракционная структура и годичная продукция  
растительной массы в грабниках (ц/га абс. сухого вещества)**

Фракция	Грабник зеленчуковский (36 лет)		Грабник ясенниковый (50 лет)	
	ц/га	%	ц/га	%
<b>Фитомасса древесного яруса</b>				
Стволы	1 054,3	64,2	1 003,7	65,0
Живые ветви	204,5	12,5	204,0	13,2
Побеги текущего года	6,2	0,4	4,9	0,3
Укороченные побеги	1,8	0,1	1,2	0,1
Листья	28,7	1,7	26,8	1,7
Всего надземной массы	1 295,5	78,9	1 240,6	80,3
Подземная фитомасса	345,4	21,1	303,3	19,7
<b>Итого</b>	<b>1 640,9</b>	<b>100,0</b>	<b>1 543,9</b>	<b>100,0</b>
<b>Фитомасса травянистого яруса</b>				
Надземная часть	1,0	33,3	4,6	32,2
Подземная часть	2,0	66,7	9,7	67,8
<b>Итого</b>	<b>3,0</b>	<b>100,0</b>	<b>14,3</b>	<b>100,0</b>
<b>Мертвая растительная масса</b>				
Сухостой	1,8	2,1	8,8	25,4
Сухие ветви	14,3	16,6	1,8	5,2
Отмершие корни	2,4	2,8	2,1	6,0
Подстилка	67,5	78,5	22,0	63,4
<b>Итого</b>	<b>86,0</b>	<b>100,0</b>	<b>34,7</b>	<b>100,0</b>
<b>Годичная продукция</b>				
Древостой	94,5	98,3	74,9	90,9
В том числе:				
стволы	27,9	29,0	22,6	27,4
ветви	18,6	19,4	11,0	13,3
побеги текущего года	6,2	6,4	4,9	6,0
листья	28,7	29,9	26,8	32,5
корни	13,1	13,6	9,6	11,7
Травянистый ярус	1,6	1,7	7,5	9,1
В том числе надземная часть	1,0	1,1	4,6	5,6
<b>Итого</b>	<b>96,1</b>	<b>100,0</b>	<b>82,4</b>	<b>100,0</b>



расте отличаются быстрым ростом и интенсивным накоплением органического вещества. Так, запас фитомассы древесного яруса в 36-летнем грабняке зеленчуковом влажной эвтрофной грабовой дубравы достигает 1640,9 ц/га (см. таблицу). По данным наших исследований, в 33-летнем дубняке лещиново-зеленчуковом, произрастающем в сходных лесорастительных условиях, этот же запас не превышает 1078,3 ц/га. Заметно ниже продуктивность грабовых ценозов, сформировавшихся на месте буковых сообществ. Например, масса древостоя в 50-летнем грабняке ясенниковом влажной дубово-грабовой бучины составляет 1543,9 ц/га, а в 48-летней влажной эвтрофией бучине зеленчуково-волосистоосоковой достигает 2491,4 ц/га [5].

В общей фитомассе грабовых древостоев на надземную часть приходится 79...80 %. Накопление растительного вещества происходит, главным образом, за счет стволовой массы, которая составляет 64...65 % суммарной биомассы древесного яруса. В общей массе стволов 12,5 % занимает кора. Доля ветвей в фитомассе древостоев не превышает 12,5...13,2, побегов текущего года — 0,3...0,4, листьев — 1,7 %. Таким образом, несмотря на различие в возрасте, в исследованных грабняках относительно стабильны соотношения между компонентами растительной массы.

Запас подземной фитомассы изученных древостоев достигает 303,3...345,4 ц/га, из которых 89...90 % сосредоточено в почвенном слое глубиной 0...30 см. Отношение массы листьев к массе тонких корней (диаметром до 0,5 мм) равно 2,4...2,5. По этому показателю граб более близок к буку (2...2,4), чем к дубу (3,5...4), что указывает на большую его требовательность к почвенному плодородию по сравнению с дубом.

Фитомасса травянистых растений в исследованных ценозах колеблется в пределах 3...14,3 ц/га, из которых 67...68 % приходится на подземную часть.

Суммарная контактная поверхность надземной фитомассы древостоя в грабняке зеленчуковом достигает 142,6, в грабняке ясенниковом — 118,8 тыс. м<sup>2</sup>/га. По сравнению с близкими к ним по возрасту дубняками и бучинами величина ее в 1,1...1,4 раза меньше, что обуславливает соответственно низшую водозадерживающую способность полога грабовых ценозов. Индекс листовой поверхности равен 5...5,6. Значительная величина этого показателя определяет интенсивную трансформацию световых потоков, что препятствует естественному возобновлению коренных пород под пологом таких группировок.

Исследованные фитоценозы значительно различаются накоплением мертвой растительной массы, среди которой 63...79 % приходится на подстилку. Запас ее (по учету в сентябре) в грабняке зеленчуковом составляет 67,5, а в грабняке ясенниковом — 22 ц/га, или в 3 раза меньше. Подстильно-опадный коэффициент в этих сообществах равен соответственно 1,76 и 0,59. Следовательно, в грабняке ясенниковом подстилка разлагается в 3 раза быстрее, чем в грабняке зеленчуковом, что обусловлено рядом причин, среди которых ведущее место, по-видимому, занимают различия в эдафических условиях произрастания ценозов, прежде всего в материнской породе. Почва под грабняком ясенниковым — светло-серая оподзоленная, подстилаемая элювием известняков, под грабняком зеленчуковым — дерново-слабоподзолистая слабощебенчатая на речных отложениях. Как известно [3, 6], богатство материнской породы кальцием предопределяет повышенное содержание последнего в почвенном профиле и растительных остатках, что, в свою очередь, способствует более быстрому разложению опада. Кроме того, низшая сомкнутость древесного яруса и лучшее развитие живого напочвенного покрова в грабняке ясенниковом (см. таблицу) также способствует

более интенсивной минерализации подстилки по сравнению с грабняком зеленчуковым.

Годичный прирост фитомассы изученных ценозов находится в пределах 82,4...96,1 ц/га. По сравнению с близкими к ним по возрасту дубовыми и буковыми группировками он ниже соответственно в 1,5 и 2 раза. На 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности в грабняке зеленчуковом приходится 167, в грабняке ясенниковом — 151 г годичной продукции древостоя, что в 1,7...2,1 раза меньше, чем в дубовых и буковых фитоценозах. Таким образом, по темпам продуцирования органического вещества производные грабняки с 40...50 лет заметно уступают коренным сообществам.

Масса годичного опада в исследованных ценозах достигает 37...38 ц/га. Основную его часть (88...97 %) занимает опад древесного яруса. В составе опадающих растительных остатков преобладают листья граба (73...74 %). Отпад фитомассы не превышает 20...26 ц/га. С учетом опада и отпада истинный прирост растительного вещества в грабняке зеленчуковом составляет 32, в грабняке ясенниковом — 25 ц/га. По сравнению с дубовыми и буковыми фитоценозами он ниже соответственно в 2,3...3,4 раза.

Компоненты фитомассы грабовых древостоев характеризуются следующей удельной теплотой сгорания (10<sup>6</sup> Дж/кг абс. сухого вещества): побеги текущего года — 20,48, листья — 20,32, живые ветви — 20,04, мертвые ветви — 19,99, укороченные побеги — 19,80, живые корни — 19,76, древесина стволов — 19,54, кора стволов — 18,94, мертвые корни — 18,46. Произведенные на основании этих данных расчеты показали, что общее количество энергии, аккумулированной в живой фитомассе на 1 га, достигает (3,04...3,21) · 10<sup>12</sup> Дж, из которых 99,8 % фиксируется в древесном ярусе. Основная часть энергии (79...86 %) накапливается в надземной части древостоев, значительно меньше в подземной (19...21 %) и очень мало в растениях напочвенного покрова (0,2...0,8 %). Запас энергии мертвой органики на 1 га не превышает (66,99...154,91) · 10<sup>9</sup> Дж.

В годичном приросте фитомассы аккумулируется (162,03...191,34) · 10<sup>9</sup> Дж. Коэффициент использования ФАР, поглощенной на протяжении вегетационного периода, составляет 1,8...2,1 %, т. е. почти совпадает с нижней границей этого показателя (2 %) для лесных экосистем [9]. По сравнению с дубняками и бучинами кпд накопления биомассы вторичными грабняками в 1,5...1,7 раза ниже.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. — М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. — 532 с.
- [2]. Голубец М. А. Ельники Украинских Карпат. — К.: Наук. думка, 1978. — 264 с.
- [3]. Зайцев Б. Д. Лес и почва. — 2-е изд. — М.: Лесн. пром-сть, 1964. — 162 с. [4]. Малиновський К. А., Коліщук В. Г., Коржинський Я. В. Енергетична оцінка фітомаси // Біологічна продуктивність смерекових лісів Карпат. — К.: Наук. думка, 1975. — С. 163—168. [5]. Одинак Я. П., Борсук Д. В. Структура и продуктивность буковых лесов Бескид // Биогеоценологический покров Бескид и его динамические тенденции. — К.: Наук. думка, 1983. — С. 20—87. [6]. Роде А. А. Почвоведение. — М.: Гослесбумиздат, 1955. — 524 с. [7]. Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. — Л.: Наука, 1968. — 144 с. [8]. Уткин А. И., Дылис Н. В. Изучение вертикального распределения фитомассы в лесных биогеоценозах // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биологии. — 1966. — 71, № 6. — С. 79—91. [9]. Шульгин И. А. Растение и солнце. — Л.: Гидрометеониздат, 1973. — 252 с.

Поступила 27 января 1986 г.

УДК 630\*439

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРОВ НА ЛЕС

А. Г. САВЧЕНКО

Ялтинский горно-лесной государственный заповедник

Известно, что огонь играет значительную роль в жизни леса как экологический фактор. Во многих частях нашей планеты формирование природных лесов в той или иной степени связано с влиянием пожаров; воздействуя на все компоненты леса, пожары вносят коренные изменения в лесные биогеоценозы и экосистемы в целом [8].

Еще до появления человека пожары в лесах систематически возникали от молний, эпизодически — от вулканов, метеоритов, искр от скатывающихся камней [1]. Затем значительно возрос пирогенный «пресс» на лес.

Усиливающееся в настоящее время антропогенное воздействие на лес, особенно в форме рекреационного лесопользования, увеличивает опасность возникновения лесных пожаров. Всестороннее изучение влияния пирогенного фактора на лесной биогеоценоз — настоятельное требование времени.

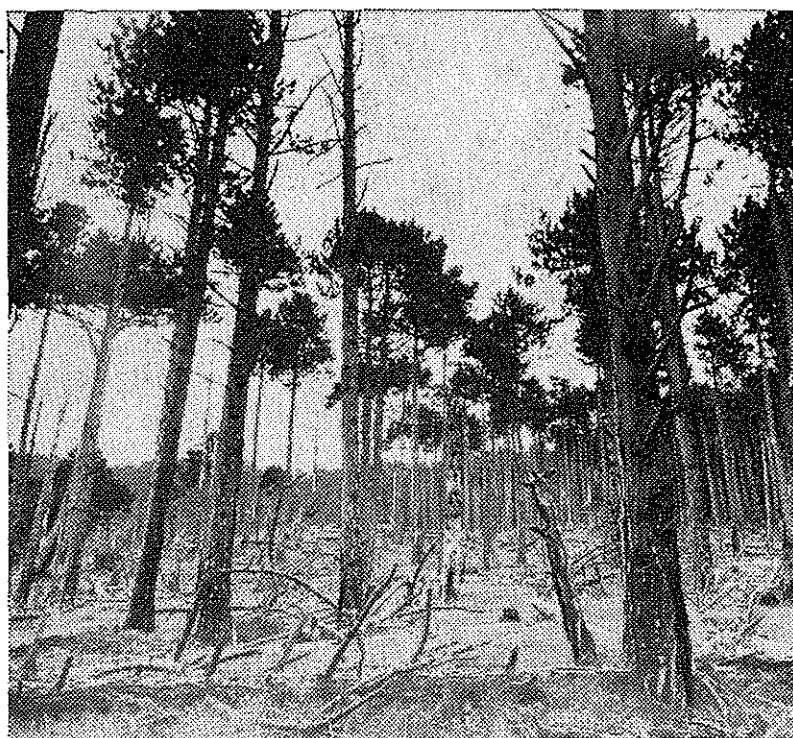
Влияние пожаров на отдельные компоненты леса уже сравнительно давно является предметом исследований, однако изучение природы пирогенных лесных биогеоценозов в целом еще не получило необходимого развития [8]. При решении этой задачи важное значение имеют динамические аспекты. Необходимо знать особенности лесных пожаров, различия в их характере и последствия в разных условиях. Большинство ранее проведенных исследований последствий пожаров, как подчеркивает В. В. Фуряев [9], было выполнено специалистами сравнительно узкого профиля, изучавшими лишь те стороны влияния огня, которые были необходимы для решения узкой конкретной задачи. В результате комплексная объективная оценка последствий пожаров была невозможна; последствия пожаров исследовались на различных методических уровнях. В последние два десятилетия отмечается увеличение числа публикаций, посвященных послепожарным процессам в лесу. Исследования идут в основном по пути накопления эмпирического материала и выяснения лесотипологических и географических особенностей влияния пирогенного фактора. Получены ценные данные по различным регионам и типам леса, однако из-за отсутствия единого методологического подхода они трудносопоставимы, а в ряде случаев и противоречивы. Это негативно влияет на разработку теории пирогенных лесных биогеоценозов, на познание послепожарных процессов в лесу.

На наш взгляд, в целях получения сопоставимых данных и создания условий для теоретического обобщения результатов исследований, проводимых в различных регионах и типах леса, методика изучения послепожарных процессов в лесу должна строиться на единой методологической основе, исходить из единых, общих методологических принципов, обусловленных специфичностью и неоднозначностью влияния пирогенного фактора. Предлагаемый единый методологический подход основывается на достижениях современной лесной пирологии и типологии и включает ряд принципов.

а



б



6



Зависимость пирогенных изменений лесного биогеоценоза от типа горельника по классификации И. С. Мелехова [3] на примере насаждений сосны крымской после пожара 13-летней давности: *а* — горельник 2-й группы, комплекс экологических условий резко изменен, допозарный лесной биогеоценоз полностью разрушен; *б* — горельник подгруппы 3 «б», древостой изрежен пожаром, но продолжает играть роль основного компонента биогеоценоза; *в* — горельник подгруппы 3 «в», послепожарного отмирания деревьев не произошло, очаги стволовых вредителей не возникали, послепожарные изменения незначительны. Фото автора

1-й принцип — рассмотрение послепожарных изменений лесных биогеоценозов и их компонентов с позиций динамической типологии леса, использование которой позволяет обоснованно выделять этапы и пути пирогенной динамики леса. Динамическая типология леса, разработанная в трудах И. С. Мелехова ([4—6, 8], и др.), рассматривает лес как сложную динамическую систему, изменяющуюся и развивающуюся в результате комплексного воздействия эндо- и экзогенных факторов, включая и антропогенные, что особенно важно в современную эпоху, для которой характерно резко возросшее и продолжающееся возрастать антропогенное влияние на лес; тип леса рассматривается как совокупность этапов, как серия промежуточных типов — этапов в развитии лесного биогеоценоза.

На пирогенную динамику и послепожарное состояние лесного биогеоценоза существенно влияет антропогенный фактор. Его воздействие необходимо учитывать, для чего целесообразно использовать предложенную И. С. Мелеховым [8] классификацию лесов: 1. Леса естественного происхождения: 1.1. Девственные леса (не тронутые человеком и стихийными природными бедствиями); 1.2. Стихийно-естественные леса (создаваемые природой при наличии стихийных природных и антропо-

генных влияний); 1.3. Направленно-естественные леса (регулируемые человеком с использованием сил природы на основе законов жизни леса); 2. Леса искусственные, созданные человеком посевом или посадкой; 3. Леса, сочетающие в себе элементы и естественного, и искусственного происхождения.

Наиболее предпочтительные объекты для познания природы пирогенных лесных биогеоценозов в «чистом виде» — девственные и стихийно-естественные леса. Выяснение влияния и роли пирогенного фактора в направленно-естественных и искусственных лесах, а также в лесах, сочетающих в себе элементы естественного и искусственного происхождения, является более трудоемким и сложным научно-исследовательским процессом, однако следует отметить особую важность этих исследований в связи с возрастанием доли этих лесов в общей структуре лесного фонда. Сравниваемые биогеоценозы (пробы с пожаром и контрольные пробы без пожара) должны относиться к одной категории лесов по указанной классификации, антропогенное влияние на них (за исключением пожара) должно быть одинаковым.

2-й принцип — исследование послепожарных процессов в лесу на основе типологии горельников. На площади, пройденной пожаром, необходимо выделять различные типы (категории) горельников, определяемые в зависимости от послепожарного состояния древостоя, используя для этого разработанную И. С. Мелеховым [3] классификацию горельников: 1. Горельники с уничтоженным древостоем; 2. Горельники с древостоями, утратившими жизнедеятельность (сухостойные и валежные); 3. Горельники с древостоями, сохранившими жизнедеятельность (с жизнедеятельным древостоем): а) с незначительным (менее 10 %) числом жизнедеятельных деревьев из первого яруса и полностью отмершими нижними ярусами; б) с более значительным (более 10 %) числом жизнедеятельных деревьев первого яруса и также с совершенно отмершим нижним ярусом; в) с частичным отмиранием лишь подчиненных ярусов леса или даже полным их сохранением.

Классификация горельников дает ключ к пониманию послепожарных изменений лесного биогеоценоза и его отдельных компонентов. Разные типы горельников различаются по биогеоценозическим последствиям воздействия пожара, требуют различного лесохозяйственного воздействия. Древостой является основным компонентом лесного биогеоценоза, изменения древостоя определяют изменения лесного биогеоценоза в целом [8]. Это полностью подтверждается ходом пирогенной динамики на горельниках разных категорий; каждый тип горельника характеризуется своим особым комплексом экологических условий, своеобразными изменениями биогеоценоза. Каждую категорию горельников необходимо рассматривать как особую группу типов биогеоценозов и, в соответствии с динамической типологией леса, как этап пирогенной динамики леса.

Наглядное представление об отдельных типах горельников дает рисунок, показывающий различную направленность послепожарных изменений и необходимость дифференцированного подхода к оценке влияния пожара на лесной биогеоценоз. Исследование послепожарных процессов в отрыве от классификации горельников приводит к малой сопоставимости и противоречивости данных, к затруднению исследовательского процесса и нерациональным трудозатратам.

3-й принцип — учет масштабных факторов. Необходим учет как общей пройденной огнем площади, так и площади, занимаемой определенными типами горельников в пределах общей площади пожарища, а также конфигурации горельников и их удаленности друг от друга и от не пройденных пожаром биогеоценозов. При этом целесообразно использовать шкалу И. С. Мелехова [7], дифференцирующую пожарища на

ряд классов: А (площадь пожарища менее 0,1 га), Б (0,1...5 га), В (5...50 га), Г (50...150 га), Д (свыше 150 га).

Закономерности и выводы, полученные при исследовании пирогенной динамики лесных биогеоценозов на пожарищах малых размеров (классы А и Б), даже при прочих равных условиях неправомерно распространять, экстраполировать на крупные пожарища (классы В, Г и особенно Д), и наоборот. Это связано с влиянием масштабных факторов, с конкретным проявлением диалектического закона перехода количественных изменений в качественные, обусловленным зависимостью взаимовлияния соседствующих биогеоценозов (горельников различных типов в пределах пожарища, горельников и не тронутых огнем биогеоценозов) от размеров и конфигурации, от пространственного размещения, расположения; при возрастании площади горельника влияние соседних биогеоценозов ослабляется, это влияние также необходимо учитывать.

4-й принцип — учет силы и характера огневого воздействия, от которых зависит направленность послепожарных процессов в лесу, степень пирогенного влияния на лесной биогеоценоз и его компоненты. Для этого виды лесных пожаров необходимо определять по единой классификации. Наиболее полно исследовательским задачам соответствует классификация И. С. Мелехова [2], по которой пожары в лесу разделяются на следующие виды: низовые (подстилочно-гумусовые, напочвенные, подлесно-кустарниковые, валежные и пневые); верховые (вершинные, повальные, стволые); подземные, или торфяные. Для оценки силы и характера огневого воздействия следует учитывать также высоту обгорания деревьев, глубину прогорания подстилки и другие косвенные признаки интенсивности пожара.

5-й принцип — рассмотрение влияния пожара не только как причины пирогенной динамики лесов, но и как источника возможной пирогенной стабильности определенных типов лесных биогеоценозов. Необходимо исходить из функциональной роли пирогенного фактора в изучаемой экосистеме, производить ретроспективное исследование фактов воздействия пирогенного фактора или его отсутствия на изучаемые биогеоценозы. Обычно нормой считают выбираемый в качестве контроля не тронутый пожаром биогеоценоз, а пройденный огнем — как нарушенный, поврежденный, что не всегда верно.

Изложенные принципы могут служить методологической основой для построения специальных методик изучения послепожарных изменений в лесу.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кулешова Л. В., Кравченко Н. П. Пожары в заповедниках лесной зоны и их связь с физико-географическими особенностями местности // Природные экосистемы и их охрана. — М., 1981. — С. 59—67. [2]. Мелехов И. С. Природа леса и лесные пожары. — Архангельск: ОГИЗ, 1947. — 60 с. [3]. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. — М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. — 128 с. [4]. Мелехов И. С. Динамическая типология леса // Лесн. хоз-во. — 1968. — № 3. — С. 15—20. [5]. Мелехов И. С. Лесоведение и лесоводство. — М.: МЛТИ, 1970. — 148 с. [6]. Мелехов И. С. Лесная типология. — М.: МЛТИ, 1976. — 72 с. [7]. Мелехов И. С. Лесная пироэкология. — М.: МЛТИ, 1978. — 71 с. [8]. Мелехов И. С. Лесоведение. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. — 408 с. [9]. Фурьев В. В. Вопросы исследования последствий пожаров и применения огня в лесном хозяйстве // Горение и пожары в лесу. — Красноярск, 1973. — С. 181—196.

Поступила 13 марта 1986 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*323.1 + 630\*371

## ДИНАМИКА ВАЛКИ И ПАКЕТИРОВАНИЯ ДЕРЕВА

Ю. П. ЭПШТЕЙН, В. П. АЛЕКСЕЕВ

Петрозаводский государственный университет

Повышение технического уровня и надежности лесозаготовительных машин требует глубоких и всесторонних исследований процессов взаимодействия технологического оборудования с деревом. На характер этого взаимодействия в ряде случаев могут оказывать существенное влияние упругие свойства дерева. При этом на лесозаготовках прогибы деревьев, характеризуются, в основном, большими деформациями.

В момент подъема спиленного дерева и особенно в режиме его пакетирования поворотом гидроманипулятора ветер вызывает вынужденные колебания ствола и кроны значительных амплитуд. Большие деформации могут возникать и в переходных режимах работы лесозаготовительных машин манипуляторного типа при резком ускорении или торможении дерева [1].

Важность учета упругих свойств дерева при исследовании процесса его взаимодействия с технологическим оборудованием отмечал В. Ф. Кушляев [2], однако он не привел математической модели процесса с учетом упругих свойств дерева.

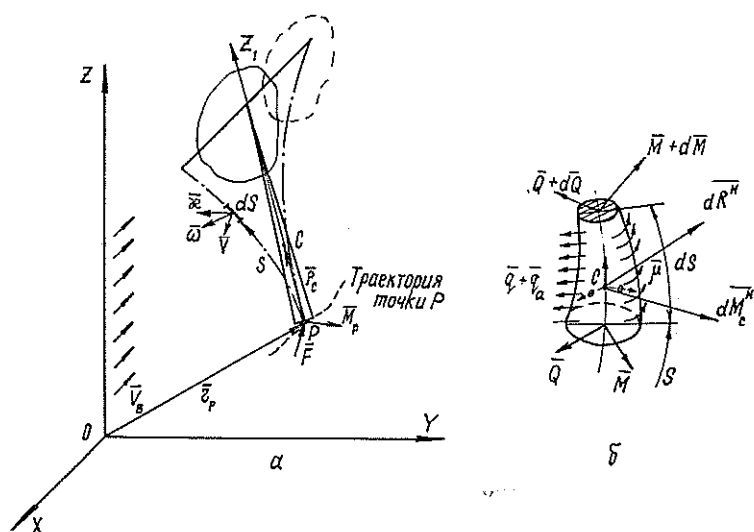
Одно из возможных направлений уточнения нагрузки на лесозаготовительные машины — учет геометрической нелинейности, вызванной большими деформациями дерева. Это требует дополнения традиционных моделей дерева — в виде твердого или упругого тела при малых его деформациях моделью — в виде гибкого стержня переменного сечения.

В настоящей работе основное внимание уделено построению математической модели динамики при валке и пакетировании дерева с учетом его больших деформаций. Приводится векторно-матричная форма модели, компактной и удобной для численного решения нелинейных уравнений движения с применением ЭВМ. Построенная модель, как составная часть, может быть включена в более общую модель динамики системы лесозаготовительная машина — дерево. В предельном случае отсутствия деформаций получена матричная форма модели динамики дерева как абсолютно твердого тела. На основе построенных динамических моделей могут решаться задачи оптимального проектирования лесозаготовительных машин, а также построения программных движений для автоматизации управления технологическим оборудованием.

Дерево при перемещении можно рассматривать как бесконечно большую систему элементарных твердых тел, движение которых относительно инерциального базиса отсчета, связанного с поверхностью лесосеки, определяется скоростью центра масс элемента  $\vec{V}$  и его угловой скоростью  $\vec{\omega}$  (рис. а).

В общем случае на элемент дерева могут действовать распределенные силы  $\vec{q}$  и моменты  $\vec{\mu}$ , не связанные с потоком воздуха, а также аэродинамические силы, возникающие при взаимодействии дерева с потоком воздуха  $\vec{q}_a$ . Дополнительно действует динамическая нагрузка





в виде главного вектора  $\vec{dR}''$  и главного момента  $\vec{dM}_c''$  системы сил инерции точек элемента относительно его центра масс  $C$  (рис. б).

На основе принципа Даламбера получим уравнения движения элемента дерева, которые в связанном с элементом базисе имеют вид:

$$m(\dot{\underline{V}} + \underline{\tilde{\omega}} \underline{V}) = \underline{Q}' + \underline{\tilde{x}} \underline{Q} + \underline{q} + \underline{q}_a; \quad (1)$$

$$\underline{I}_c \dot{\underline{\omega}} + \underline{\tilde{\omega}} \underline{I}_c \underline{\omega} = \underline{M}' + \underline{\tilde{x}} \underline{M} + \underline{\tilde{e}}_1 \underline{Q} + \underline{\mu}, \quad (2)$$

где  $\underline{V}$ ,  $\underline{\omega}$ ,  $\underline{Q}$ ,  $\underline{M}$ ,  $\underline{q}$ ,  $\underline{q}_a$ ,  $\underline{\mu}$  — матрицы-столбцы координат векторов линейной и угловой скоростей, главного вектора и главного момента внутренних сил, интенсивности распределенных сил и моментов. Все матрицы отмечаются чертой под символом. Частные производные по времени обозначаются точкой, а по дуговой координате — штрихом;

$m$  и  $\underline{I}_c$  — масса единицы длины и диагональная матрица тензора инерции элемента единичной длины — функции дуговой координаты для деревьев переменного сечения;

$\underline{\tilde{\omega}}$ ,  $\underline{\tilde{x}}$ ,  $\underline{\tilde{e}}_1$  — кососимметричные матрицы векторов угловой скорости, полной кривизны оси и касательного вектора этой оси.

Дополнительно к уравнениям движения (1) и (2) запишем матричные уравнения механики гибких стержней:

$$\underline{M} = \underline{A}(\underline{x} - \underline{x}_0); \quad (3)$$

$$\underline{\omega} = \underline{L}_1 \dot{\underline{\varphi}}; \quad (4)$$

$$\underline{x} = \underline{L}_1 \underline{\varphi}' + \underline{L} \underline{x}_0; \quad (5)$$

$$\underline{V}' + \underline{\tilde{x}} \underline{V} = \underline{\tilde{\omega}} \underline{e}_1, \quad (6)$$

где  $\underline{A}$  — диагональная матрица жесткостей сечения дерева при кручении и изгибе;  
 $\underline{x}_0$  — матрица-столбец координат вектора полной кривизны оси в недеформированном состоянии;  
 $\underline{\varphi}$  и  $\underline{\varphi}'$  — матрицы-столбцы, элементами которых являются частные производные от обобщенных координат угловой ориентации базисов, связанных с элементами дерева. В качестве таких обобщенных координат могут быть использованы известные углы Эйлера или другие углы (Кардана, корабельные, самолетные);  
 $\underline{L}$  и  $\underline{L}_1$  — операторы преобразований, зависящие от выбора этих углов [3].

Система шести уравнений (1) — (6) содержит шесть неизвестных векторов:  $\vec{V}, \vec{\omega}, \vec{\varphi}, \vec{x}, \vec{Q}, \vec{M}$ . Интегрируя эту систему, можно определить кинематические характеристики движения дерева, его напряженно-деформированное состояние, а также нагрузку, передаваемую на технологическое оборудование с учетом геометрической нелинейности, вызванной большими деформациями дерева. Анализ такой нелинейной модели требует применения ЭВМ [5].

Решение задачи можно упростить, если дерево представить как систему  $n$  твердых элементов, соединенных шарнирами. Во всех шарнирах имеются торсионные пружины и демпферы. Таким образом, непрерывное деформирование заменяется дискретным, и мы переходим от уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям. При увеличении числа элементов такая модель приближается к точной.

При  $\vec{V} = \vec{\omega} = 0$  из выражений (1) — (6) получим нелинейные уравнения равновесия элемента дерева. Учет малых деформаций ( $\sin \varphi_\alpha \approx \varphi_\alpha$ ;  $\cos \varphi_\alpha \approx 1$ ;  $\alpha = 1, 2, 3$ ) приводит к линейной модели. Если же, в предельном случае, при движении дерева пренебречь его деформациями ( $\vec{x} = 0$ ), то вместо уравнений (1) и (2) для элемента получим, на основе общих теорем динамики, матричную форму модели динамики целого дерева, как абсолютно твердого тела:

$$m [\ddot{\underline{r}}_P + (\underline{\dot{\omega}} + \underline{\omega}^2) \underline{L}^T \underline{r}_C] = \underline{F}; \quad (7)$$

$$\underline{\tilde{m} r}_C \underline{L} \ddot{\underline{r}}_P + \underline{I}_P \underline{\dot{\omega}} + \underline{\tilde{\omega} I}_P \underline{\omega} = \underline{M}_P, \quad (8)$$

где  $m$  — масса дерева;  
 $\underline{I}_P$  — диагональная матрица тензора инерции дерева относительно полюса  $P$ ;  
 $\underline{r}_P, \underline{r}_C, \underline{\omega}, \underline{F}, \underline{M}_P$  — матрицы-столбцы координат радиусов-векторов полюса  $P$ , центра масс  $C$ , вектора угловой скорости, главного вектора внешних сил, действующих на дерево, и главного момента этих сил относительно полюса  $P$  (рис. а);  
 $\underline{L}$  —  $(3 \times 3)$  — матрица преобразования координат при переходе от инерциального базиса отсчета к базису, связанному с деревом. Индекс «т» обозначает транспонирование.

Матричная форма модели динамики дерева (7) и (8) более компактна и удобна для анализа на ЭВМ по сравнению с системой шести дифференциальных уравнений движения дерева в пространстве, полученной на основе уравнений Лагранжа II рода [4].

Уравнения (7) и (8) позволяют решать самые различные частные задачи по перемещению деревьев. В качестве примера использования этих матричных уравнений запишем дифференциальные уравнения движения дерева при машинной валке. Дерево перемещается в плоскости  $YOZ$  и грузится на транспортное средство. В этом случае

$$\begin{aligned} \underline{r}_p &= \begin{bmatrix} 0 \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix}; \quad \underline{p}_c = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ h_c \end{bmatrix}; \quad \underline{\omega} = \begin{bmatrix} \dot{\varphi} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \underline{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix}; \\ \underline{M}_p &= \begin{bmatrix} M_p \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \underline{I}_p = \begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_3 \end{bmatrix}; \quad \underline{L} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $h_c$  — расстояние от полюса  $P$  до центра масс дерева  $C$ ;  
 $\varphi$  — угол отклонения дерева от вертикали;  
 $I_\alpha$  ( $\alpha = 1, 2, 3$ ) — главные моменты инерции относительно точки  $P$ .

Подставляя выражения (9) в уравнения (7) и (8), после простых матричных преобразований получим искомые уравнения:

$$\begin{aligned} m [\ddot{Y}_p - h_c (\ddot{\varphi} \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 \sin \varphi)] &= F_y; \\ m [\ddot{Z}_p - h_c (\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi)] &= F_z; \\ I_1 \ddot{\varphi} - m h_c (\ddot{Y}_p \cos \varphi + \ddot{Z}_p \sin \varphi) &= M_p. \end{aligned} \quad (10)$$

Уравнение (10) есть математическая модель процесса пакетирования дерева при его переносе от пня до места укладки на транспортное средство. На основе этих уравнений решаются две основные задачи динамики пакетирования дерева как твердого тела. Уравнения (1) — (6) позволяют уточнить эти решения с учетом упругих свойств дерева.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Александров В. А. Проектирование специальных лесных машин: Учеб. пособие. — Л.: ЛТА, 1977. — 52 с. [2]. Кушляев В. Ф. Лесозаготовительные машины манипуляторного типа. — М.: Лесн. пром-сть, 1981. — 248 с. [3]. Лурье А. И. Аналитическая механика. — М.: Физматгиз, 1961. — 824 с. [4]. Помогаев С. А., Соломатников В. И. Основы общей динамики валки и пакетирования леса // Лесн. журн. — 1976. — № 2. — С. 39—44. — (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Харламов М. П. Новый метод решения пространственных задач нелинейной теории упругих стержней // Механика твердого тела. — 1982. — Вып. 14. — С. 116—124.

Поступила 26 декабря 1985 г.

УДК 630\*377.21

### ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЮ КОЛЕСА ГРУЗОВОЙ КАРЕТКИ ПО НЕСУЩЕМУ КАНАТУ ПОДВЕСНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

А. А. МИЩЕНКО

Львовский лесотехнический институт

В теории и практике расчета подвесных канатных дорог (ПКД) остается нерешенным вопрос об определении сопротивления передвижению грузовой каретки по несущему канату, связанного с потерями на внутреннее трение в канате. Коэффициент сопротивления передвижению колеса по несущему канату принимается, как и при качении колеса по рельсу [4].

Получаемые при этом значения коэффициента сопротивления (в частности, для подшипников качения  $f_0 = 0,0035 \dots 0,0065$ ) достаточно хорошо согласуются со значениями коэффициентов, полученных при опытах с закрытыми канатами, уложенными на жесткое основание [4], однако такая постановка задачи не соответствует реальным условиям работы несущих канатов ПКД.

Вследствие изгиба несущего каната под катящимся колесом, в канате, как в витой проволоочной конструкции, возникают смещения его элементов, сопровождающиеся силами трения, на преодоление которых затрачивается значительная часть энергии, расходуемой на передвижение колеса. В натянутом канате за счет сил трения происходит сцепление между проволоками, поэтому по изгибной жесткости канат приближается к монолитному стержню. Но если бы натянутый канат полностью работал как монолитный стержень, изгибные напряжения в нем зависели бы только от диаметра каната.

Однако проведенные эксперименты [6] показывают, что изгибные напряжения в несущих канатах одинакового диаметра во всем диапазоне рабочих натяжений существенно зависят от диаметров проволок. Это свидетельствует о наличии внутренних смещений в несущих канатах под катящимся колесом и соответствующего вида сопротивления его передвижению.

Именно поэтому сопротивление передвижению  $W$  определяют как сумму сопротивления передвижению от трения в ходовых частях грузовой каретки  $W_0$  и дополнительного сопротивления от жесткости  $W_{ж}$  (внутреннего трения) несущего каната

$$W = W_0 + W_{ж}. \quad (1)$$

Ранее [4] была предложена упрощенная формула для определения дополнительного сопротивления  $f_{ж}$ , связанного с раздельной работой проволок в канате:

$$f_{ж} = \frac{W_{ж}}{V} = k_0 \frac{V}{2T}. \quad (2)$$

где  $W_{ж} = k_0 \frac{V^2}{2T}$  — дополнительное сопротивление передвижению;

$V$  — поперечная нагрузка на колесо;

$T$  — натяжение несущего каната.

Коэффициент  $k_0 \ll 1$  учитывает относительное количество смещающихся проволок при изгибе несущего каната.

Так, при значениях  $T/V = 50$  и  $k_0 = 1$  по этой формуле получаем  $f_{ж} = 0,01$ , что превосходит приведенные выше значения коэффициента  $f_0$ , определяемые при условии качения колеса по рельсу.

Формула (1) не учитывает влияния таких важных факторов, как конструкция и параметры свивки несущего каната, коэффициент трения и др. и поэтому практического применения не получила. Но расчеты, выполненные по такой формуле, ориентируют исследователей на существенную значимость рассматриваемого явления, которое, очевидно, заслуживает более глубокого изучения.

Описание кинематики смещений проволок в несущем канате под катящимся колесом приведено в работе М. Ф. Глушко [2], где эти смещения, однако, рассматриваются без анализа возникающих сил трения, что не позволяет решить поставленную задачу.

При первой попытке оценить указанные сопротивления рассматривают изгиб несущего каната с полной свободой смещений его элементов и определяют максимальные значения работы сил трения на этих смещениях, которые будут равны значениям работы сил дополнительного сопротивления передвижению колеса.

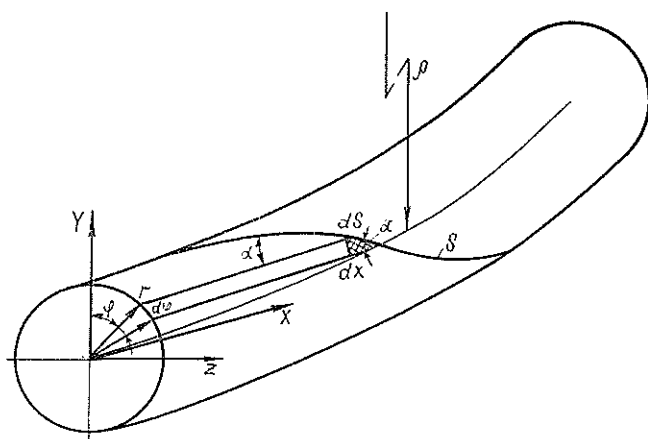


Рис. 1. Изогнутый участок несущего каната в полярной системе координат

На подвесных лесотранспортных установках наибольшее распространение получили шестипрядные канаты двойной свивки с органическим сердечником, поэтому в предлагаемых расчетах прядь рассматривают как основной винтовой элемент каната. Проволоки в пряди вследствие сил трения более прочно спаяны между собой, и их смещения намного меньше смещений прядей в канате. Это позволяет в первом приближении рассматривать только смещения прядей, представляя их в виде монолитного элемента.

Согласно [3], свободные смещения элементов в изгибаемом канате определяют по формуле:

$$U = \frac{r}{r_0} \cos \alpha \int_{\xi}^{\infty} e^{-k\xi} \cos(\varphi_0 + \omega\xi) d\xi, \quad (3)$$

где  $r$ ,  $\alpha$  — средние радиус и угол свивки винтового элемента каната (рис. 1);

$r_0$  — радиус кривизны каната под колесом;

$\varphi_0$  — полярный угол положения элемента в сечении каната под колесом;

$\xi$  — расстояние от колеса до рассматриваемого сечения по оси каната;

$$\omega = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{r}.$$

Коэффициент затухания смещений

$$k = \sqrt{\frac{T}{B}}, \quad (4)$$

Здесь  $T$  — натяжение каната;

$B$  — изгибная жесткость каната.

Для исследования движения колеса по несущему канату вводят некоторую неподвижную начальную точку отсчета  $O$  (рис. 2). Положение колеса определяется координатой  $X_0$ . Координаты произвольных точек  $M_1$  и  $M_2$  на ветвях каната по обеим сторонам колеса обозначены соответственно  $X_1$  и  $X_2$  и также отсчитываются от точки  $O$ . Тогда входящие в формулу (3) относительные координаты точек  $M_1$  и  $M_2$  равны соответственно

$$\xi_1 = X_1 - X_0; \quad \xi_2 = X_0 - X_2.$$

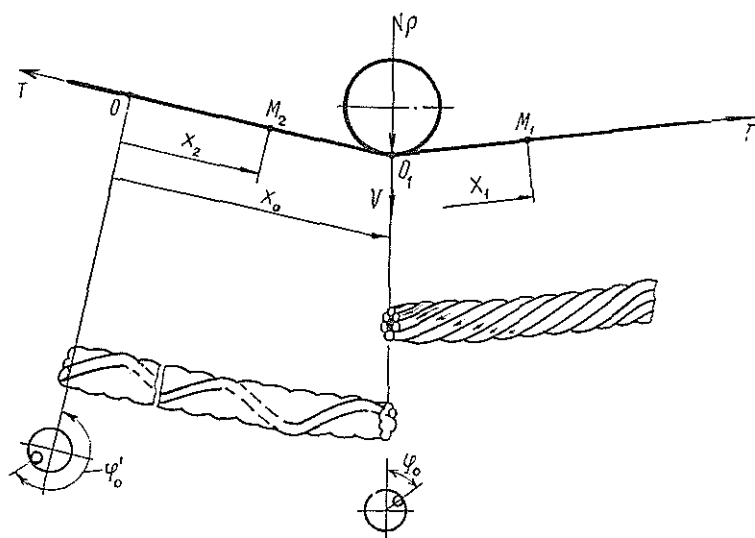


Рис. 2. Схема нагружения несущего каната колесом грузовой каретки и деталь смещений элементов каната под нагрузкой

При этом, согласно (3), смещения элементов каната в указанных точках:

$$U_1 = \frac{r}{\rho_0} \cos \alpha e^{kX_0} e^{-kX_1} \frac{k \cos \beta_1 - \omega \sin \beta_1}{k^2 + \omega^2}; \quad (5)$$

$$U_2 = \frac{r}{\rho_0} \cos \alpha e^{-kX_0} e^{kX_2} \frac{k \cos \beta_2 + \omega \sin \beta_2}{k^2 + \omega^2},$$

где  $\beta_1 = \varphi'_0 + \omega X_1; \quad \beta_2 = \varphi'_0 + \omega X_2. \quad (6)$

Здесь угол  $\varphi'_0$  относится к сечению каната в начале координат, т. е. в точке  $O$ .

Эти смещения соответствуют стационарному положению колеса. При движении колеса смещения элементов в указанных фиксированных точках  $M_1$  и  $M_2$  изменяются в зависимости от координаты положения колеса  $X_0$ .

Приращение смещений от единичного перемещения колеса  $\Delta X_0 = 1$  находят как частные дифференциалы

$$\begin{aligned} \tilde{U}_1 &= \frac{\partial U_1}{\partial X_0} \Delta X_0 = \frac{\partial U_1}{\partial X_0}; \\ \tilde{U}_2 &= \frac{\partial U_2}{\partial X_0} \Delta X_0 = \frac{\partial U_2}{\partial X_0}, \end{aligned} \quad (7)$$

в которых углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  не зависят от координаты  $X_0$ .

Эти смещения и определяют работу сил трения при передвижении колеса по несущему канату.

Силу трения  $F_{тр}$ , действующую на единицу длины элемента каната, принимают как для упругой нити, натянутой на цилиндрическую поверхность:

$$F_{тр} = \mu \frac{1}{r} t_0 = \mu \frac{\sin^2 \alpha}{r} t_0, \quad (8)$$

где  $\mu$  — коэффициент трения;

$\frac{1}{\rho} = \frac{\sin^2 \alpha}{r}$  — свивочная кривизна винтового элемента каната;  
 $t_0$  — натяжение элемента каната.

Для каната с органическим сердечником натяжения отдельных элементов  $t_0$  можно выразить через общее натяжение каната следующим образом:

$$t_0 = \frac{T}{m \cos \alpha}, \quad (9)$$

где  $m$  — число прядей в канате.

Тогда выражение (8) с учетом значения  $t_0$  по (9) примет вид

$$F_{\text{тр}} = \mu \frac{\sin^2 \alpha}{r} \frac{T}{m \cos \alpha}. \quad (10)$$

Элементарную работу сил трения на единице длины винтового элемента можно представить в виде

$$dA = F_{\text{тр}} |\tilde{U}| dS = \frac{1}{\cos \alpha} F_{\text{тр}} |\tilde{U}| dX. \quad (11)$$

Полную работу сил трения одного элемента определяют интегрированием элементарных работ по обоим ветвям каната

$$A = \frac{1}{\cos \alpha} \int_{X_0}^{\infty} F_{\text{тр}} |\tilde{U}_1| dX_1 + \frac{1}{\cos \alpha} \int_{-\infty}^{X_0} F_{\text{тр}} |\tilde{U}_2| dX_2. \quad (12)$$

Здесь при вычислении работы сил трения принимают абсолютные значения смещений  $\tilde{U}_1$  и  $\tilde{U}_2$  из (7), при этом учитывают, что работа всегда диссипативна, независимо от направления смещений.

Кривизна рассматриваемого сечения несущего каната быстро убывает по экспоненте, входящей под знак интеграла (3), по мере удаления колеса от сечения каната.

Практически кривизна обращается в нуль на расстоянии нескольких шагов свивки каната от колеса. Поэтому, если считать, что смещения затухают на некотором расстоянии  $l$  от колеса, то в качестве предела интегрирования в формуле (12) следует брать длину  $l$ . Но поскольку экспонента  $e^{-kl}$  пренебрежимо мала по сравнению с единицей, то это практически приводит к такому же результату, если принимать предел интегрирования  $l = \pm \infty$ .

Суммарная работа сил трения по всем  $m$  элементам каната

$$A_n = \sum_{i=1}^m A_i, \quad (13)$$

где  $A_i$  отличаются от  $A$  значениями полярных углов  $\varphi_0$ , определяющих положение элементов в начальном сечении каната.

Так как работа внутренних сил трения в канате (13) определена для перемещения колеса на единицу длины, то она равна искомой силе сопротивления передвижению от жесткости каната.

Выполнив соответствующие операции, выражение (13) запишем в следующем виде:

$$W_{\text{ж}} = A_n|_{\Delta X_0} = \frac{1}{\cos \alpha} m F_{\text{тр}} N (k^2 + \omega^2) \left[ \sum_{i=1}^m |\cos(\beta_i + \nu)| + \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^m |\cos(\beta_i - \nu)| \right], \quad (14)$$

где  $N = \frac{r}{\rho_0} \cos \alpha \frac{k}{(k^2 + \omega^2)^2}$ ;  $\nu = \operatorname{arctg} \frac{2k\omega}{k^2 - \omega^2}$ ,

$\beta_i = \varphi_{0i} + \omega X_0$  — углы, отличающиеся от угла  $\beta = \varphi_0 + \omega X_0$  значениями полярных углов  $\varphi_0$ .

Элементы сечения каната размещены с угловым сдвигом на  $\frac{2\pi}{m}$ , поэтому

$$\beta_i = (i-1) \frac{2\pi}{m} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m).$$

Для абсолютных величин косинусов известно следующее значение суммы:

$$\sum_{i=1}^m |\cos \beta_i| = 2 \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m}. \quad (15)$$

Поскольку под знак суммы (14) входят выражения  $\cos(\beta_i \pm \nu)$ , то общий для всех  $\beta_i$  сдвиг по фазе  $\pm \nu$  не вносит существенных изменений в выражение (15). Поэтому с приемлемой для практических целей точностью можно принять

$$\sum_{i=1}^m |\cos(\beta_i \pm \nu)| \approx 2 \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m}. \quad (16)$$

После подстановки в формулу (12) соответствующих величин получим следующее выражение для сопротивления передвижению от жесткости (внутреннего трения) каната:

$$W_{\text{ж}} = 2\mu \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m} \frac{V}{1 + B\omega^2/T}. \quad (17)$$

С другой стороны,

$$W_{\text{ж}} = f_{\text{ж}} V, \quad (18)$$

где  $f_{\text{ж}}$  — коэффициент дополнительных сопротивлений

$$f_{\text{ж}} = 2\mu \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m} \frac{1}{1 + B\omega^2/T}. \quad (19)$$

При коэффициенте трения  $\mu = 0,10 \dots 0,25$  и обычных углах свивки каната  $\alpha = 14 \dots 18^\circ$ , а также при натяжениях и жесткостях [5], соответствующих запасам прочности  $n = 2,0$ , коэффициент сопротивления по формуле (19) получается в пределах  $0,007 \leq f_{\text{ж}} \leq 0,023$ .

Общий коэффициент сопротивления передвижению грузовой каретки с учетом коэффициента сопротивления передвижению от трения в ходовых частях грузовой каретки  $f_0$  и коэффициента сопротивлений от жесткости каната  $f_{\text{ж}}$  получим в общем виде

$$f = f_0 + f_{\text{ж}}. \quad (20)$$

В соответствии с приведенными данными для  $f_0$  и величинами  $f_{\text{ж}}$  получаем значения  $f$  в следующих пределах:  $0,0105 \leq f \leq 0,0295$ .

В известных литературных источниках даны значения общего коэффициента сопротивления без указанного разделения на  $f_0$  и  $f_{\text{ж}}$ , которые находятся в пределах  $0,0045 \leq f \leq 0,030$ .

Как видим, полученные теоретические значения с достаточной точностью согласуются с ранее рекомендованными, что подтверждает правомерность принятых в предлагаемом методе исходных теоретических предпосылок.

Полученное выражение для определения дополнительного сопротивления от жесткости каната при передвижении по нему грузовой каретки



ки, хотя и дает аналитическую зависимость от основных факторов, для практических расчетов использовано быть не может, так как при рассмотрении контактирующей пары колесо — несущий канат последний не рассматривается как упруговязкий элемент. Эта особенность отмечена в работе [1], в которой для вычисления сопротивления от жесткости каната вводятся соответствующие коэффициенты. Поэтому с учетом сказанного зависимость сопротивления передвижению колеса грузовой каретки от жесткости (внутреннего трения) несущего каната запишем в виде

$$\tilde{W}_{ж} = k_v k_{от} k_i k_a W_{ж}, \quad (21)$$

где  $k_v$  — коэффициент, учитывающий влияние скорости движения грузовой каретки на величину дополнительного сопротивления;  
 $k_{от}$  — коэффициент, учитывающий влияние отпора каната на величину сопротивления от его жесткости;  
 $k_i$  — коэффициент, учитывающий расстояние между колесами каретки на величину сопротивления от жесткости каната;  
 $k_a$  — коэффициент, зависящий от угла обхвата  $\alpha$  колеса канатом.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Дополнительное сопротивление при передвижении колеса грузовой каретки по несущему канату, связанное с преодолением внутренних сил трения в канате, составляет значительную добавку к сопротивлению, определяемому для случая движения колеса по рельсу, и должно учитываться в расчетах.

2. Дополнительное сопротивление существенно зависит от конструктивных и геометрических параметров каната ( $m, \alpha, r$ ), а также от величин, характеризующих его упруговязкие свойства ( $B, v$ ).

3. Настоящую работу следует рассматривать как первое приближение к решению поставленной задачи с учетом влияния внутренних сил трения между составными элементами несущего каната.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г., Мартынцив М. П. О сопротивлении движению грузовой каретки подвесных канатных лесотранспортных установок // Достижения и перспективы развития техники и технологии в лесной и деревообрабатывающей промышленности: Тез. докл. науч.-техн. конф. — Ивано-Франковск, 1978. — С. 78—81. [2]. Глушко М. Ф. О формировании изогнутого несущего каната под катящимся колесом // Пассажирские подвесные канатные дороги. — Тбилиси, 1967. — С. 31—42. [3]. Глушко М. Ф. Деформация поперечных сечений и напряжения в канате при изгибе // Стальные канаты. — Киев, 1967. — Вып. 4. — С. 65—76. [4]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. — М.; Л.: Машиностроение, 1966. — 484 с. [5]. Малиновский В. А. Изгибная жесткость и потери на внутреннее трение // Вестн. машиностроения. — 1984. — № 6. — С. 36—39. [6]. Прохоренко А. Г. Напряжения изгиба в несущих канатах открытого типа // Стальные канаты. — Киев, 1967. — Вып. 4. — С. 172—176.

Поступила 27 января 1986 г.

УДК 624.21 : 625.745.12

### МЕТОД ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСЧЕТА БАЛОЧНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Современные тенденции доставки древесины с делянок на склады и к потребителю основаны на максимальном использовании автотранспортных средств, что, в свою очередь, связано со значительным объемом

строительства лесовозных дорог, мостов и разного рода транспортных сооружений.

Проектирование мостов — сложный и ответственный процесс. При определении усилий в элементах пролетного строения используют различные методы пространственных расчетов.

Балочное пролетное строение можно рассматривать как тонкостенную призматическую систему, составленную из пластинок (ребра и плиты).

В поперечном сечении — это рамы с замкнутыми или незамкнутыми, односвязными или многосвязными контурами. Такие системы находятся в пространственном напряженном состоянии. В. З. Власов [1] установил возможность приведения расчета призматических рам, составленных из пластинок, к расчету плоских стержневых рам. Он показал, что в любом поперечном сечении призматической рамы нормальные напряжения будут определяться первыми тремя членами формулы:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M_x}{I_x} + \frac{M_y}{I_y} + \frac{P_4 \varphi_4}{a_{44}} + \dots + \frac{P_{n1} \varphi_{n1}}{a_{n1n1}}. \quad (1)$$

Остальные члены выражают такое распределение нормальных напряжений по сечению, при котором работа нормальных сил на любом перемещении рамы как твердого тела равна нулю. Эпюры этих нормальных сил статически эквивалентны нулю и отвечают деформации системы.

Касательные силы совершают работу, вызванную взаимным сдвигом элементов передней и задней плоскостей рамы. Это работа внутренних сил на деформациях системы. В любом соседнем поперечном сечении характер распределения напряжений  $\sigma$  и  $\tau$  будет другим, но его можно получить из расчета соседней обычной плоской рамы с шириной всех ее стержней  $dz = 1$  [1].

В предложенном нами методе [4] пролетное строение рассматривается как плита, опирающаяся на упругие полосовые опоры, которыми являются главные балки, и на точечные жесткие опоры в опорных сечениях поперек моста. Упругие параметры опор являются функциями прогиба и угла поворота и различны по длине пролета. Сплошная полосовая опора может быть заменена цепочкой сосредоточенных упругооседающих и упругоповорачивающихся опор. Чем меньше расстояние между опорами, тем выше точность расчетов при принятом положении.

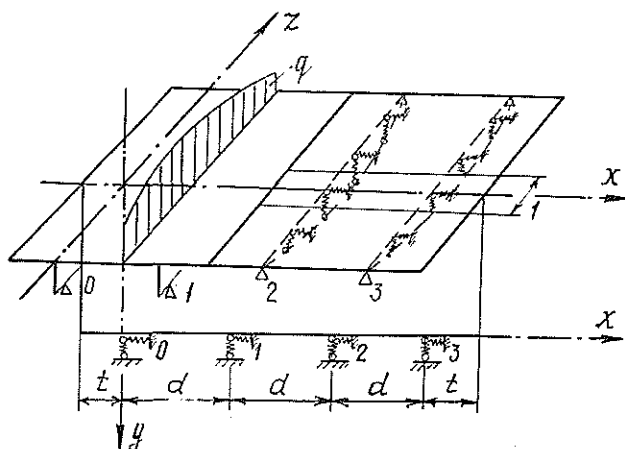


Рис. 1. Схема к расчету балочного пролетного строения

Распределение временной нагрузки (рис. 1), действующей на пролетное строение, в расчетном сечении, как отмечалось ранее, достаточно полно характеризуется работой полосы плиты шириной 1 м, рассматриваемой как неразрезная многопролетная балка на упругооседающих и упругоповорачивающихся опорах. Для расчета вытянутых систем, какой является неразрезная многопролетная балка на упругих опорах, удобен метод начальных параметров [3]. Решение может быть выполнено методом конечных элементов (и здесь не потребуется формировать всю матрицу разрешающих уравнений) или сведено к решению систем дифференциальных уравнений. Точность последнего расчета будет выше.

Полное решение дифференциального уравнения изгиба балки представлено в виде четырех дифференциальных уравнений в работе [6]. Нами использована матричная форма записи этих уравнений. Расчет балочных пролетных строений по методу упругооседающих и упругоповорачивающихся опор изложен в работе [4]. Метод позволяет определить прогибы, изгибающие моменты, поперечные силы, углы поворота и крутящие моменты в главных балках и изгибающие моменты и поперечные силы в поперечной конструкции для различных по длине пролетного строения сечений. Он дает возможность рассчитывать коробчатые, ребристые пролетные строения с балками одинаковой или разной жесткости на изгиб и кручение, расположенными на одинаковых расстояниях поперек моста, а при использовании известных приемов [2] может быть распространен на расчеты неразрезных, косых, криволинейных пролетных строений.

Уравнение эпор  $y$ ,  $\varphi$ ,  $M$ ,  $Q$  для единичных усилий и воздействий в матричной форме имеет вид

$$\begin{aligned} \vec{y}_n = \begin{vmatrix} y_{ni} \\ \varphi_{ni} \\ M_{ni} \\ Q_{ni} \end{vmatrix} &= \begin{vmatrix} A_n B_n - C_n - D_n \\ -D'_n A'_n - B'_n - C'_n \\ C''_n D''_n A''_n B''_n \\ B'''_n C'''_n - D'''_n A'''_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ M_{0i} \\ Q_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} D_{n-i} \\ C'_{n-i} \\ -B''_{n-i} \\ -A'''_{n-i} \end{vmatrix} + \\ &+ \begin{vmatrix} -C_{n-i} \\ -B_{n-i} \\ A''_{n-i} \\ -D'''_{n-i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -B_{n-i} \\ -A'_{n-i} \\ -D''_{n-i} \\ -C'''_{n-i} \end{vmatrix} = \Phi \vec{y}_0 + \vec{\Delta}_p + \vec{\Delta}_M + \vec{\Delta}_\theta. \end{aligned} \quad (2)$$

Для единичного усилия или взаимодействия

$$\vec{y}_n = \Phi \vec{y}_0 + \vec{\Delta}, \quad (2')$$

где

$\vec{y}_n$  — вектор, определяющий параметры балки на  $i$ -й опоре;

$\vec{y}_0$  — вектор начальных параметров для  $i$ -й балки;

$\Phi$  — матрица функций влияния начальных параметров на прогиб  $y$ , угол поворота  $\varphi$ , изгибающий момент  $M$  и поперечную силу  $Q$ ;

$\vec{\Delta}_p, \vec{\Delta}_M, \vec{\Delta}_\theta$  — векторы  $\vec{\Delta}$  функций влияния сосредоточенных воздействий на  $y, \varphi, M, Q$  [6];  
 $A_{n-i}, A_n, \dots, B_n, \dots, D_n'''$  — функции влияния начальных параметров и сосредоточенных воздействий на  $y, \varphi, M, Q$  на опорах  $n-i$  и  $n$  [6].  
 В расчетах этих функций влияния используются коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , характеризующие относительные гибкости балок пролетного строения. Значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  приведены в работе [4].

1. Вектор начальных параметров  $y_0$  для  $i$ -й опоры.

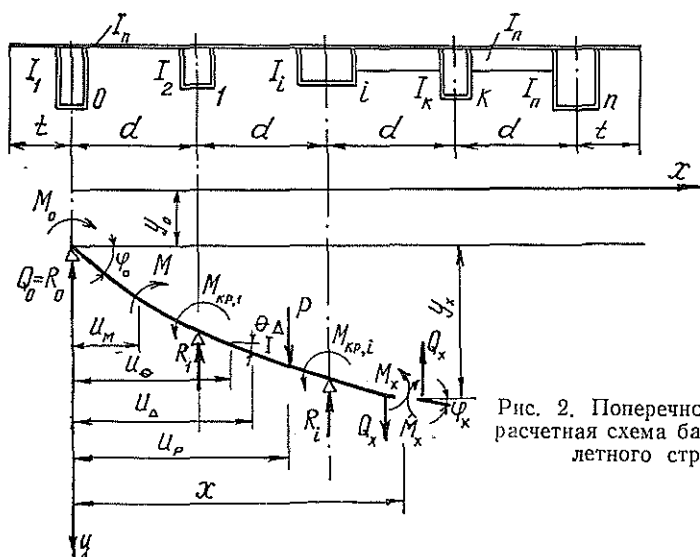


Рис. 2. Поперечное сечение и расчетная схема балочного пролетного строения

Рассмотрим пролетное строение из  $n$  балок (рис. 2). Начало поместим на левом конце неразрезной балки, тогда два из четырех известных начальных параметров становятся заранее известными: в случае упругой опоры

$$M_{0i} = -\mu_0 \varphi_{0i}; \quad Q_{0i} = \omega_0 y_{0i}; \quad (3)$$

два других определим из условий на правом конце

$$M_{ni} = \mu_n \varphi_{ni}; \quad Q_{ni} = -\omega_n y_{ni}; \quad (3')$$

где  $\mu_0, \mu_n, \omega_0, \omega_n$  — жесткость на кручение и изгиб крайних опор (0 и  $n$ ) соответственно [4].

а) Случай 1. Решение для нагрузки  $P = 1$ . На основании (2), (2)', (3), (3)' имеем

$$\begin{vmatrix} M_{ni} \\ Q_{ni} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C_n'' D_n'' - A_n'' B_n'' \\ B_n''' C_n''' & D_n''' A_n''' \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ \mu_0 \varphi_{0i} \\ \omega_0 y_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -B_{n-i} \\ -A_{n-i} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \mu_n & 0 \\ 0 & -\omega_n \end{vmatrix} \left\{ \begin{vmatrix} -D'_n A'_n B'_n - C'_n \\ A_n B_n C_n - D_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ \mu_0 \varphi_{0i} \\ \omega_0 y_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} C'_{n-i} \\ D_{n-i} \end{vmatrix} \right\}. \quad (4)$$

Согласно [6],

$$B''_n = B_n; C'_n = C_n; A''_n = A_n; C'''_n = C''_n; D'''_n = D'_n. \quad (5)$$

Проведя ряд преобразований (4) с учетом (5), получим для эшпор начальных параметров  $y_0$  и  $\varphi_0$ :

$$\begin{aligned} & \left[ \begin{matrix} (C''_n + \omega_n B_n + \mu_n D'_n + \mu_n \omega_0 C_n)(D''_n - \mu_0 A'_n - \mu_n A'_n - \mu_0 \mu_n B'_n) \\ (B'''_n + \omega_0 A_n + \omega_n A_n - \omega_0 \omega_n D_n)(C''_n + \mu_0 D'_n + \omega_n B_n + \omega_n \mu_n C_n) \end{matrix} \right] \times \begin{bmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \end{bmatrix} = \\ & = \begin{bmatrix} (B_{n-i} + \mu_n C_{n-i}) \\ (A_{n-i} - \omega_n D_{n-i}) \end{bmatrix}, \quad (6) \end{aligned}$$

$$\text{или} \quad A y_{0i} = \vec{\Delta}_P^*, \quad (6')$$

Подобное выражение для матриц линий влияния начальных параметров  $y_0$  и  $\varphi_0$  имеет вид

$$\text{где} \quad A y_{0i}^* = \Delta_P, \quad (6'')$$

$$\Delta_P = \begin{bmatrix} (B_n + \mu_n C_n)(B_{n-1} + \mu_n C_{n-1}) \dots (B_1 + \mu_n C_1)(B_0 + \mu_n C_0) \\ (A_n - \omega_n D_n)(A_{n-1} - \omega_n D_{n-1}) \dots (A_1 - \omega_n D_1)(A_0 - \omega_n D_0) \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Правая часть равенства (7) представляет собой матрицу свободных членов системы уравнений (6), стоящих в левой части. Решение системы (6'') относительно  $y_0$  и  $\varphi_0$  получим, вычислив матрицу, обратную матрице коэффициентов при  $y_0$  и  $\varphi_0$ :

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} (C''_n + \omega_n B_n + \mu_n D'_n + \mu_n \omega_0 C_n)(D''_n - \mu_0 A'_n - \mu_n A'_n - \mu_0 \mu_n B'_n) \\ (B'''_n + \omega_0 A_n + \omega_n A_n - \omega_0 \omega_n D_n)(C''_n + \mu_0 D'_n + \omega_n B_n + \omega_n \mu_n C_n) \end{bmatrix}^{-1}. \quad (8)$$

Решение системы

$$\Delta_{0P} = A^{-1} \Delta_P. \quad (9)$$

б) Случай 2. Решение для нагрузки  $M = 1$ . Вывод расчетных формул аналогичен случаю 1. Решение системы

$$\Delta_{0M} = A^{-1} \Delta_M, \quad (10)$$

где  $A^{-1}$  — определяется по формуле (8)

$$\begin{aligned} & \Delta_M = \\ & = \begin{bmatrix} (-A'_n - \mu_n B'_n)(-A'_{n-1} - \mu_n B'_{n-1}) \dots (-A'_1 - \mu_n B'_1)(-A'_0 - \mu_n B'_0) \\ (D'_n + \omega_n C_n)(D'_{n-1} + \omega_n C_{n-1}) \dots (D'_1 + \omega_n C_1)(D'_0 + \omega_n C_0) \end{bmatrix}. \quad (7') \end{aligned}$$

в) Случай 3. Решение для воздействия  $\Theta = 1$ . Вывод расчетных формул аналогичен случаю 1. Решение системы

$$\Lambda_{0\theta} = A^{-1} \Delta_{\theta}, \quad (11)$$

где  $A^{-1}$  — определяется по формуле (8);

$$\Delta_{\theta} = \begin{bmatrix} (D_n'' - \mu_n A_n') (D_{n-1}'' - \mu_n A_{n-1}') \dots (D_1'' - \mu_n A_1') (D_0'' - \mu_n A_0') \\ (C_n'' + \omega_n B_n) (C_{n-1}'' + \omega_n B_{n-1}) \dots (C_1'' + \omega_n B_1) (C_0'' + \omega_n B_0) \end{bmatrix}. \quad (7'')$$

2. Линии влияния  $y$ ,  $M$ ,  $Q$ ,  $\varphi$ ,  $M_{кр}$  для главных балок пролетного строения.

Ординаты линий влияния прогибов найдем из выражений (2), (2'), (3), (3') и теоремы о взаимности перемещений ( $y_{ik} = y_{ki}$ )

$$\begin{aligned} y_{ni} &= y_{0i} A_n + \varphi_{0i} B_n + \mu_0 \varphi_0 C_n - \omega_0 y_0 D_n + D_{n-i}; \\ y_{ni} &= y_{0i} (A_n - \omega_0 D_n) + \varphi_{0i} (B_n + \mu_0 C_n) + D_{n-i}. \end{aligned} \quad (12)$$

Матрица линий влияния прогибов  $\Lambda_y$  имеет вид

$$\begin{aligned} \Lambda_y &= \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \mu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \mu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \mu_0 C_2) \\ \dots & \dots \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \mu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \mu_0 C_n) \end{vmatrix} \Lambda_{0P} + \\ &+ \begin{vmatrix} D_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ D_1 & D_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ D_2 & D_1 & D_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_{n-1} & D_{n-2} & D_{n-3} & \dots & D_0 & 0 \\ D_n & D_{n-1} & D_{n-2} & \dots & D_1 & D_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0P} + \Lambda_{yP}, \end{aligned} \quad (13)$$

где  $\Lambda_{0P}$  — определяется по формуле (9).

Изгибающий момент  $M$  и поперечная сила в сечении  $x$   $i$ -й балки пролетного строения от равномерно распределенной нагрузки интенсивностью  $q = 1$  кН/м

$$M_{xi} = \frac{x}{2} (l - x) \frac{y_{xi}}{y_x}; \quad (14)$$

$$Q_{xi} = \frac{l - 2x}{2} \frac{y_{xi}}{y_x}, \quad (15)$$

где  $x$ ,  $l$  — расстояние от опоры до расчетного сечения и расчетный пролет соответственно;

$y_{xi}$  — прогиб в сечении  $x$   $i$ -й балки пролетного строения;

$y_x$  — прогиб в сечении  $x$  отдельно стоящей балки при той же нагрузке.

Отношение  $\frac{y_{xi}}{y_x}$  при перемещении груза  $P = 1$  в пределах от  $x = h$  до  $x = 0,5l$  (где  $h$  — высота сечения балки) по длине балки для различных балок пролетного строения изменяется по-разному. В балке,

для которой строится линия влияния усилий, это отношение увеличивается на 15...30 % при перемещении  $P = 1$  от середины пролета к опорам. Для прочих балок пролетного строения оно, наоборот, уменьшается, причем суммарное изменение  $\frac{y_{xi}}{y_x}$  составляет те же 15...30 %

(для всех балок  $\sum \frac{y_{xi}}{y_x} = 1$ ).

В расчетах пролетных строений загрузка линий влияния производится несколькими полосами временной равномерно распределенной нагрузки, и результирующее усилие практически не зависит от распределяющей способности конкретного сечения пролетного строения. В таком случае отношение может быть взято по любому сечению по длине пролета (в пределах рассматриваемого участка), в том числе и по сечению в середине пролета, т. е.  $x = 0,5l$ .

Используем это допущение для случая определения поперечной силы в опорном сечении, где она имеет наибольшее значение.

Выражение (15) для опорного сечения принимает вид

$$Q_{0i} = 0,5l \frac{y_{0,5l,i}}{y_{0,5l}}. \quad (15')$$

Обозначим

$$K_M = \frac{x}{2y_x} (l - x); \quad (16)$$

$$K_Q = \frac{l - 2x}{2y_x}. \quad (17)$$

Для опорного сечения

$$K_Q = 0,5 \frac{l}{y_{0,5l}}. \quad (17')$$

Выражения (14) и (15) принимают вид

$$M_{xi} = K_M y_{xi}; \quad (14')$$

$$Q_{xi} = K_Q y_{xi}. \quad (15'')$$

Матрица линий влияния изгибающих моментов

$$\Delta_M = K_M (\Phi_y \Delta_{0P} + \Delta_{yP}). \quad (18)$$

Матрица линий влияния поперечных сил

$$\Delta_Q = K_Q (\Phi_y \Delta_{0P} + \Delta_{yP}). \quad (19)$$

Ординаты линий влияния углов поворота найдем из выражений (2), (2'), (3), (3'), теоремы о взаимности работ ( $\varphi_{ik} = y_{ki, M}$ )

$$y_{ni} = y_{0i} A_n + \varphi_{0i} B_n + \mu_0 \varphi_{0i} C_n - \omega_0 y_{0i} D_n - C_{n-i}; \quad (20)$$

$$y_{ni} = y_{0i} (A_n - \omega_0 D_n) + \varphi_{0i} (B_n + \mu_0 C_n) - C_{n-i}.$$

Матрица линий влияния углов поворота  $\Delta_\varphi$  имеет вид

$$\Delta_\varphi = \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \mu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \mu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \mu_0 C_2) \\ \dots & \dots \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \mu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \mu_0 C_n) \end{vmatrix} \times \Delta_{0M} -$$

$$- \begin{vmatrix} C_0 & 0 & 0 & \cdot & 0 & 0 \\ C_1 & C_0 & 0 & \cdot & 0 & 0 \\ C_2 & C_1 & C_0 & \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ C_{n-1} & C_{n-2} & C_{n-3} & \cdot & C_0 & 0 \\ C_n & C_{n-1} & C_{n-2} & \cdot & C_1 & C_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0M} + \Delta_{yM}, \quad (21)$$

где  $\Lambda_{0M}$  — определяется по формуле (10).

Ординаты линии влияния крутящих моментов найдем по формуле

$$M_{кр, ki} = \mu_i y_{ki, M},$$

где  $\mu_i$  — жесткость балки на кручение.

Матрица линий влияния крутящих моментов  $\Lambda_{M, кр}$  имеет вид

$$\Lambda_{M, кр} = D_\mu (\Phi_y \Lambda_{0M} + \Delta_{yM}), \quad (22)$$

где

$$D_\mu = \begin{vmatrix} \mu_0 & 0 & 0 & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & \mu_1 & 0 & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_2 & \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \mu_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & 0 & \mu_n \end{vmatrix} \quad (23)$$

3. Ординаты линий влияния  $y$ ,  $M$ ,  $Q$ ,  $\varphi$ ,  $M_{кр}$  на консолях.

Ординаты линий влияния  $S_i$  при положении груза  $P = 1$  на консолях могут быть найдены из выражения

$$S_i = S_k + t S_{к, M}, \quad (24)$$

где  $S_i$  — матрица-строка, определяющая параметры балки в расчетных сечениях при положении груза  $P = 1$  на консоли;

$S_k$  — то же при положении груза  $P = 1$  над крайней опорой;

$S_{к, M}$  — то же при положении нагрузки  $M = 1$  над крайней опорой;

$t$  — длина консоли.

При положении груза  $P = 1$  на правой консоли:  
для прогибов

$$S_k = y_k = \Phi_y^* \Lambda_{0P}; \quad (25)$$

$$S_{к, M} = y_{к, M} = \Phi_y^* \Lambda_{0M}; \quad (26)$$

для изгибающих моментов

$$S_k = M_k = K_M y_k = K_M \Phi_y^* \Lambda_{0P}; \quad (27)$$

$$S_{к, M} = M_{к, M} = K_M y_{к, M} = K_M \Phi_y^* \Lambda_{0M}; \quad (28)$$

для поперечных сил

$$S_k = Q_k = K_Q y_k = K_Q \Phi_y^* \Lambda_{0P}; \quad (29)$$

$$S_{к, M} = Q_{к, M} = K_Q y_{к, M} = K_Q \Phi_y^* \Lambda_{0M}; \quad (30)$$



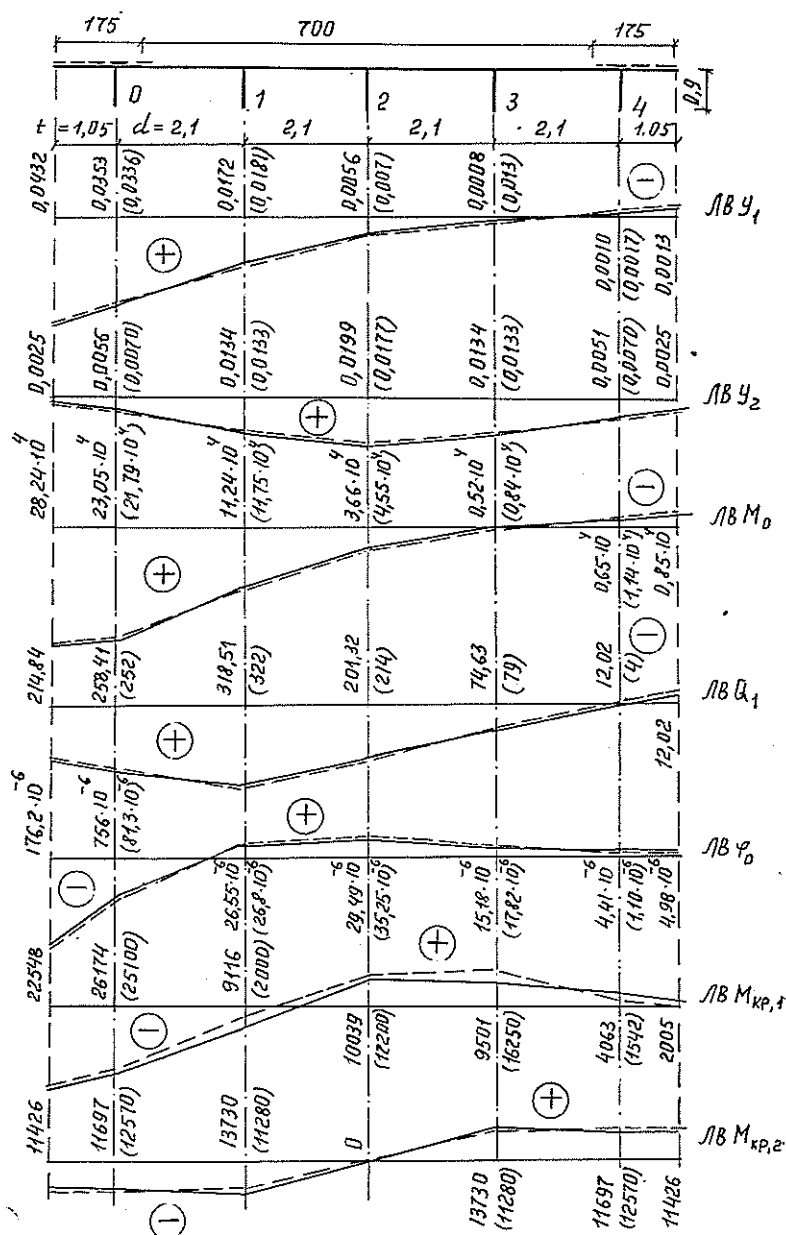


Рис. 3. Линии влияния: сплошная линия — по предлагаемому методу; штриховая — по методу Б. Е. Улицкого

для углов поворота

$$S_k = \varphi_k = \Phi_y^* \Lambda_{0M}; \quad (31)$$

$$S_{k,M} = \varphi_{k,M} = \Phi_\varphi^* \Lambda_{0M}; \quad (32)$$

для крутящих моментов

$$S_k = M_{кр,к} = D_\mu \Phi_y^* \Lambda_{0M}; \quad (33)$$

$$S_{k,M} = M_{кр,к,M} = D_\mu \Phi_\varphi^* \Lambda_{0M}; \quad (34)$$

где

$$\Phi_y^* = [(A_0 - \omega_0 D_0)(B_0 + \mu_0 C_0)] = [1 \ 0]; \quad (35)$$

$\Lambda_{0P}$ ,  $\Lambda_{0M}$ ,  $K_M$ ,  $K_Q$ ,  $D_\mu$  — определяются по формулам (9), (10), (15), (16), (21) соответственно.

Матрицу-строку  $\Phi_\varphi^*$  найдем из выражений (2), (2'), (3), (3')

$$\begin{aligned} \varphi_{ni} &= \varphi_{0i} A'_n - \mu_0 \varphi_{0i} B'_n - \omega_0 y_{0i} C'_n - y_{0i} D'_n - B'_{n-i}; \\ \varphi_{ni} &= -y_{0i} (D'_n + \omega_0 C'_n) + \varphi_{0i} (A'_n - \mu_0 B'_n) - B'_{n-i}. \end{aligned} \quad (36)$$

Матрица-строка имеет вид

$$\Phi_\varphi^* = [-(D'_0 + \omega_0 C'_0)(A'_0 - \mu_0 B'_0)] = [0 \ 1]. \quad (37)$$

Ординаты линии влияния  $y$ ,  $M$ ,  $Q$ ,  $\varphi$ ,  $M_{кр}$  при положении груза  $P = 1$  на левой консоли можно найти используя известную зависимость: для  $y$

$$y_{00} = y_{nn}; y_{10} = y_{n-1 \ n}; \dots; y_{n-1 \ 0} = y_{1n}; y_{n0} = y_{0n}. \quad (38)$$

Та же закономерность имеет место в линиях влияния  $M$  и  $Q$ : для  $\varphi$

$$-\varphi_{00} = \varphi_{nn}; -\varphi_{10} = \varphi_{n-1 \ n}; \dots; -\varphi_{n-1 \ 0} = \varphi_{1n}; -\varphi_{n0} = \varphi_{0n}; \quad (39)$$

для  $M_{кр}$

$$\begin{aligned} M_{кр, 00} &= -M_{кр, nn}; M_{кр, 10} = -M_{кр, n-1 \ n}; \dots; M_{кр, n-1 \ 0} = -M_{кр, 1n}; \\ M_{кр, n0} &= -M_{кр, 0n}. \end{aligned} \quad (40)$$

Составлена программа расчета для ЭВМ ЕС-1020 на языке Фортран.

В качестве примера на рис. 3 приведены линии влияния  $y$ ,  $M$ ,  $Q$ ,  $\varphi$ ,  $M_{кр}$  для сечений бездиафрагменного пролетного строения с расчетным пролетом  $l = 1740$  см балочного автодорожного моста, рассмотренного в работе [5]. Расчеты ординат линий влияния произведены по нашему методу и методу Б. Е. Улицкого. Произведено сравнение величин максимальных ординат и площадей соответствующих линий влияния, построенных этими методами, причем за основу принят метод Б. У. Улицкого.

В качественном отношении линии влияния  $y$ ,  $M$ ,  $Q$ ,  $\varphi$ ,  $M_{кр}$  в сравниваемых методах близки друг другу. Максимальные ординаты в линиях влияния  $y$ ,  $M$ ,  $Q$  различаются не более чем на 5...12 %, площади линий влияния — на 2...2,3 %; то же в линиях влияния  $\varphi$  и  $M_{кр}$  — не более 7...22 и 9...12 % соответственно.

### Выводы

Предлагаемый метод пространственного расчета балочных пролетных строений мостов позволяет дать оценку напряженно-деформированного состояния в произвольном сечении пролетного строения при обеспечении достаточной для практики проектирования точности. Метод позволяет применять для расчетов небольшие и даже настольные вычислительные машины.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Власов В. З. Строительная механика тонкостенных пространственных систем. — М.: Стройиздат, 1949. — 435 с. [2]. Гибшман М. Е. Проектирование транспортных сооружений. — М.: Транспорт, 1980. — 391 с. [3]. Розин Л. А. Стержневые системы как системы конечных элементов. — Л.: ЛГУ, 1976. — 232 с. [4]. Стуков

В. П. Пространственный расчет балочных пролетных строений мостов на лесовозных дорогах по методу «упруго оседающих и поворачивающихся опор» // Лесн. журн.— 1973.— № 6.— С. 55—62.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Улицкий Б. Е. Пространственный расчет бездиафрагменных пролетных строений мостов.— М.: Автотрансиздат, 1963.— 205 с. [6]. Уманский А. А. Специальный курс строительной механики. Ч. 2.— М.; Л.: Госстройиздат, 1940.— 196 с.

Поступила 21 апреля 1986 г.

УДК [630\*848 + 674 : 008] : 621.3.016

## ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ РАСЧЕТА НА ЭВМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. М. АЛЯБЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Расчет электрических нагрузок отдельных электрифицированных установок, технологических участков, цехов и заводов—основа дальнейшего проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий. Значения ожидаемых электрических нагрузок определяют выбор элементов и технико-экономические показатели проектируемой системы электроснабжения. Именно по ним производят выбор источников электроэнергии, трансформаторов, токоведущих элементов, средств защиты и устройств компенсации реактивной мощности. Ошибки при расчете электрических нагрузок вызывают либо неоправданный перерасход средств и материалов, либо нарушения в нормальной эксплуатации электрооборудования и устройств электроснабжения предприятий и, как следствие, снижение выпуска продукции.

Подсистема расчета электрических нагрузок входит в общую систему автоматизированного проектирования электротехнической части (САПРЭ) лесопромышленных предприятий. Основные направления работы по созданию подсистемы, освещаемые в настоящей статье [4]: организация банка необходимых исходных данных (информационное обеспечение) и разработка программных модулей решения различных задач подсистемы на ЭВМ (программное обеспечение).

В процессе проектирования расчет электрических нагрузок проводят многократно: для отдельных потребителей электроэнергии (ПЭ), разнообразных групп ПЭ, узлов схемы электроснабжения и трансформаторных подстанций. Электрические нагрузки—активная  $P$  (кВт), реактивная  $Q$  (кВАр), полная  $S$  (кВа) и ток  $I$  (А)—дополнительно подразделяют на средние (за наиболее загруженные смены), максимальные (чаще за промежуток времени в 30 мин) и пиковые (длительностью в доли или несколько секунд). Это объясняется наличием в схеме электроснабжения элементов, выбор которых осуществляется по значениям электрических нагрузок, относящихся к разным промежуткам времени [5].

Информационное обеспечение подсистем расчета электрических нагрузок должно базироваться на достоверных исходных сведениях о ПЭ лесопромышленных предприятий. Состав этих сведений предопределяется утвержденной методикой расчета [5] и содержит информацию, полученную из подсистем проектирования электрооборудования и электрического освещения (табл. 1), а также о технических данных трехфазных трансформаторов.

В соответствии с методическими указаниями [5] все ПЭ следует предварительно подразделить на две подгруппы: I—с переменным и II—с практически постоянным графиками нагрузки. Осветительные

Таблица 1

Исходная информация для расчета электрических нагрузок групп потребителей лесопромышленных предприятий

Показатель	Обозначение	Значение для потребителя			
		1	2	...	n
Номер подгруппы	I или II				
Число одинаковых потребителей	$n_i$				
Номинальные мощности:					
активная	$P_{ni}$				
реактивная	$Q_{ni}$				
Наибольший из пусковых токов электродвигателей	$i_{nmax}$				
Номинальный ток этого двигателя	$i_n$				
Расчетные коэффициенты:					
использования	$k_{ni}$				
спроса	$k_{ci}$				
реактивной мощности	$tg \varphi_i$				

установки относятся ко второй подгруппе; для них указывают номинальные мощности  $P_{ном}$  и  $Q_{ном}$  (в строках  $p_{ni}$  и  $q_{ni}$ ) и расчетный коэффициент спроса осветительной нагрузки  $K_{с.о}$  (в графе  $k_{ui}$ ).

Информацию из работ [3, 5] можно представить в виде организованного набора данных, характеризующих любой ПЭ, так называемых файлов, хранящихся во внешних запоминающих устройствах ЭВМ. Сведениям о каждом ПЭ присваивают свой порядковый номер 1, 2, 3, ..., n (адрес), по которому они могут быть вызваны и скопированы во внутреннюю память (оперативно-запоминающее устройство) ЭВМ, что позволяет легко получить информацию для расчета нагрузок группы, состоящей из любого сочетания ПЭ (см. варианты 1...5).

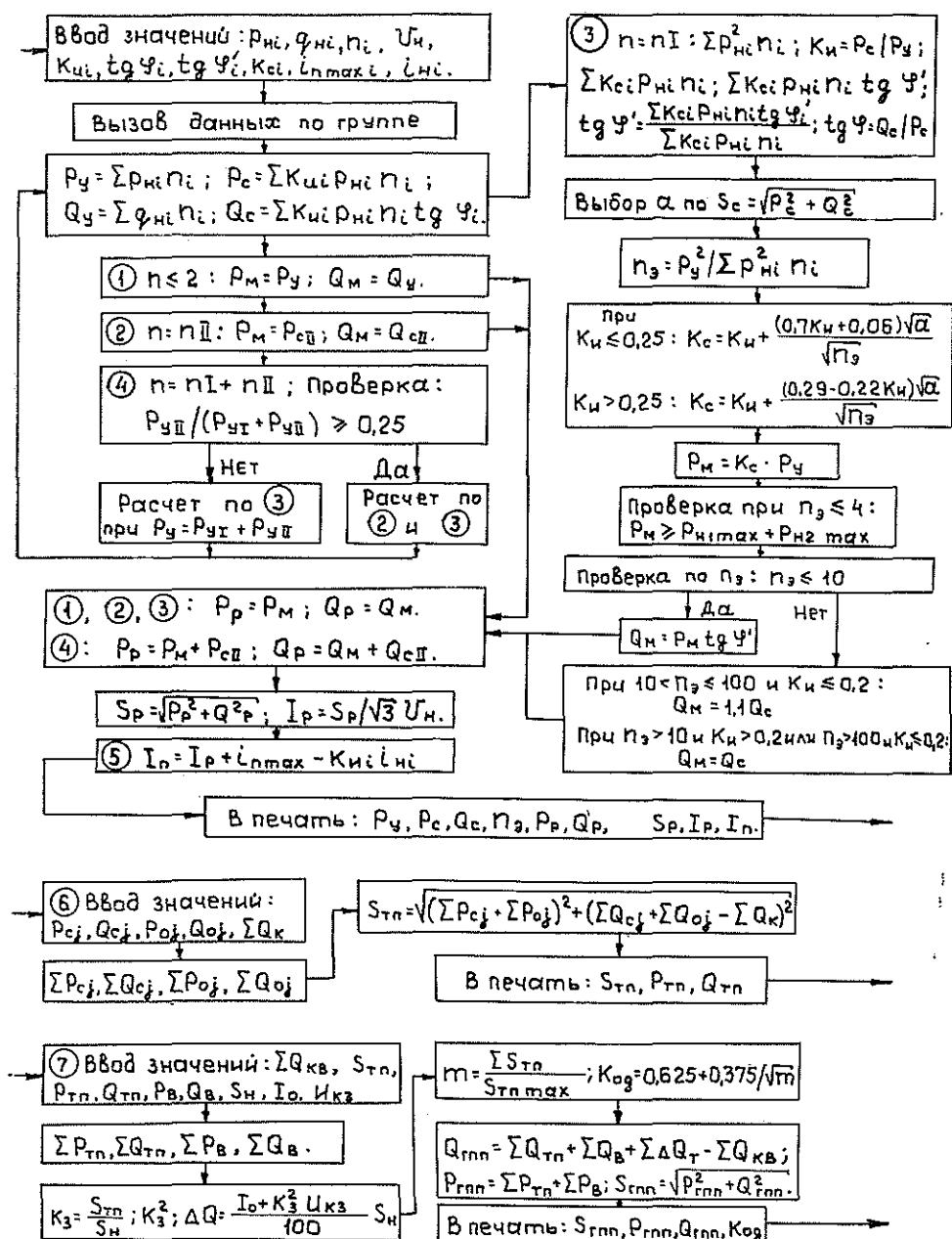
Расчет нагрузок потребительских и головных трансформаторных подстанций (варианты 6 и 7) требует предварительного определения нагрузок всех подключенных к ним групп потребителей электроэнергии и, следовательно, является естественным последующим этапом расчета электрических нагрузок предприятия. При этом используют дополнительные сведения о мощности устройств компенсации реактивных нагрузок потребителей и о паспортных данных трансформаторов.

Методической основой расчетов электрических нагрузок лесопромышленных предприятий являются результаты исследований, выполненных в Ленинградской лесотехнической академии [1—3], и разработанные на их базе указания [5], утвержденные Минлесбумпромом СССР.

Программное обеспечение подсистемы целесообразно создавать начиная с разработки отдельных программных модулей, обеспечивающих законченное решение каждой информационно-логической или расчетной задачи подсистемы [4]. Причем желательно, чтобы все модули базировались на общем информационном потоке подсистемы, рассмотренном выше. Разберем последовательно алгоритмы и блок-схемы программных модулей по различным задачам (варианты 1...7) расчета на ЭВМ электрических нагрузок лесопромышленных предприятий (см. схему).

1. Расчет электрических нагрузок группы, состоящей из одного или двух ПЭ. Средние и максимальные активные и реактивные нагрузки группы принимают равными суммам соответственно средних и номинальных мощностей ПЭ

$$P_c = \Sigma k_{ni} p_{ni} = k_{n1} p_{n1} + k_{n2} p_{n2};$$



Блок-схемы программ расчета на ЭВМ электрических нагрузок групп потребителей (варианты 1...5) и трансформаторных подстанций (6, 7) лесопромышленных предприятий

$$P_M = P_y = \sum p_{ni} = p_{n1} + p_{n2};$$

$$Q_c = \sum k_{ni} p_{ni} \lg \varphi_i = k_{n1} p_{n1} \lg \varphi_1 + k_{n2} p_{n2} \lg \varphi_2;$$

$$Q_M = Q_y = \sum q_{ni} = q_{n1} + q_{n2}.$$

2. Алгоритм расчета групп или подгрупп ПЭ с практически постоянным графиком нагрузки (II) предусматривает такую последовательность действий с исходными данными табл. 1 (при  $n = n_{II}$ ):

установленная активная мощность

$$P_{yII} = \Sigma p_{ni} n_{iII};$$

средние нагрузки

$$P_{cII} = \Sigma k_{ni} p_{ni} n_{iII}; \quad Q_{cII} = \Sigma k_{ni} p_{ni} n_{iII} \operatorname{tg} \varphi_i;$$

максимальные нагрузки

$$P_m = P_{cII}; \quad Q_m = Q_{cII}.$$

3. Порядок расчета электрических нагрузок узлов схемы электропитания, групп или подгрупп, объединяющих ПЭ с переменным графиком нагрузки (I), предусмотренный в работе [5], указан в правой части блок-схемы программы (см. рис.). Значения коэффициента  $a$  при напряжении  $U_n = 0,38$  кВ выбирают из табл. 2 в зависимости от средней полной мощности  $S_c$ .

Таблица 2

$S_c$ , кВА	До 50	$\geq 50$	$\geq 110$	$\geq 145$
$a$	1	2	3	4

Программой предусмотрено, что при эффективном числе ПЭ  $n_s \leq 4$  максимум активной нагрузки  $P_m$  должен быть не менее суммы номинальных мощностей двух наиболее крупных ПЭ узла, группы или подгруппы [5]:

$$P_m \geq p_{n1max} + p_{n2max}.$$

Корреляционные уравнения для определения коэффициента спроса активной мощности  $K_c$ , полученные при статистической обработке данных обследования электрических нагрузок лесопромышленных предприятий, впервые были опубликованы в работе [1] и использованы в работах [2, 5].

4. Для узлов и групп, включающих ПЭ как с переменным (I), так и с практически постоянным (II) графиками нагрузки, проводят дополнительную проверку. Если установленная мощность второй подгруппы  $P_{yII}$  равна или превышает 25 % суммарной установленной мощности обеих подгрупп  $P_y = P_{yI} + P_{yII}$ , то расчет ведут отдельно по каждой из подгрупп (варианты 2 и 3), а суммарные расчетные нагрузки узла или группы в целом находят сложением их максимумов [5]:

$$P_p = P_m + P_{cII}; \quad Q_p = Q_m + Q_{cII}.$$

При  $P_{yII} / (P_{yI} + P_{yII}) < 0,25$  расчет проводят так же как для группы ПЭ с переменным графиком нагрузки (вариант 3).

5. Пиковый ток группы ПЭ при напряжении  $U_n < 1$  кВ [5]

$$I_n = I_p + i_{nmax} - k_{ni} i_{ni},$$

где  $i_{ni}$  — номинальный ток двигателя с наибольшим пусковым током ( $i_{nmax}$ );

$k_{ni}$  — индивидуальный коэффициент использования этого двигателя.

Для любых групп ПЭ или узлов схемы электроснабжения в печать выводят значения  $P_y$ ,  $P_c$ ,  $Q_c$ ,  $n_s$ , расчетных нагрузок  $P_p$ ,  $Q_p$ ,  $S_p$ ,  $I_p$  и

пикового тока  $I_p$ . Как свидетельствует опыт проектирования в ГПИ Гипролестранс, этих данных достаточно для выбора требуемых элементов схемы электроснабжения и выполнения, в случае необходимости, дополнительных или промежуточных, проверочных расчетов, например, нахождение расчетных коэффициентов, характеризующих режимы электропотребления группы:

$$K_{\Pi} = P_c/P_y; K_c = P_m/P_y;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = Q_c/P_c; \operatorname{tg} \varphi' = Q_m/P_m.$$

6. Расчетные нагрузки трансформаторных подстанций (ТП) определяют по исходным данным, полученным выше, по каждой  $j$ -й группе ПЭ, подключенной к рассматриваемой подстанции  $P_{cj}$  и  $Q_{cj}$ , сведениям о нагрузках осветительных установок  $P_{oj} = P_{\Pi.o} K_{c.o}$  и  $Q_{oj} = Q_{\Pi.o} K_{c.o}$  и результатам расчета требуемой суммарной мощности устройств компенсации реактивных нагрузок ПЭ, получающих питание от этой ТП —  $\Sigma Q_K$ . (См. блок-схему программы расчета, там же указаны результаты, выводимые в печать).

7. Для установления полной нагрузки головной понижающей трансформаторной подстанции (ГПП) необходимо знать расчетные нагрузки всех потребительских ТП:  $P_{\text{ТП}} = \Sigma P_{cj} + \Sigma P_{cj}$ ,  $Q_{\text{ТП}} = \Sigma Q_{cj} + \Sigma Q_{cj} - \Sigma Q_K$ ,  $S_{\text{ТП}}$  (т. е. результаты расчета по задаче 6), ПЭ напряжением выше 1 кВ —  $P_{\text{в}}$  и  $Q_{\text{в}}$ , суммарную мощность высоковольтных конденсаторов  $\Sigma Q_{\text{к.в}}$ , а также паспортные данные выбранных трансформаторов потребительских ТП: номинальную мощность  $S_{\text{н}}$ , ток холостого хода  $I_0$ , напряжение короткого замыкания  $U_{\text{к.з}}$ , по которым определяют реактивные потери в этих трансформаторах  $\Delta Q_T$ .

Коэффициент загрузки трансформатора  $K_z$  находят из отношения его полной расчетной нагрузки  $S_{\text{ТП}}$  к номинальной мощности  $S_{\text{н}}$ . Коэффициент одновременности  $K_{\text{од}}$  учитывает, что при большом числе ПЭ, подключенных к ГПП, одновременно все они никогда не работают. Значение  $K_{\text{од}}$  вычисляют в зависимости от соотношения суммарных полных расчетных нагрузок ТП  $\Sigma S_{\text{ТП}}$  и наибольшей из них  $S_{\text{ТПmax}}$  при коэффициенте вариации нагрузок ТП лесопромышленных предприятий за наиболее загруженную смену  $V_{\text{с.тп}} = 0,15$ . Это допущение правомерно, поскольку, как установлено при обследованиях, практически всегда  $V_{\text{с.тп}} \geq 0,15$ .

Таким образом, нами определены объем необходимой информации и содержание программных модулей задач подсистемы расчета на ЭВМ электрических нагрузок лесопромышленных предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алябьев В. М. Корреляционные уравнения для определения электрических нагрузок лесопромышленных предприятий // Лесн. журн.— 1977.— № 6.— С. 76—81. (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Алябьев В. М. Методика расчета электрических нагрузок лесопромышленных предприятий // Лесн. журн.— 1978.— № 1.— С. 69—73. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Алябьев В. М., Распопин А. А. Методика определения и численные значения коэффициентов, применяемых при проектировании электроснабжения лесозаготовительных предприятий. Технический указатель.— Л.: ГПИ Гипролестранс, 1977.— С. 22—32. [4]. Алябьев В. М., Толоконников А. В. К созданию системы автоматизированного проектирования электротехнической части лесопромышленных предприятий // Лесн. журн.— 1987.— № 3.— С. 49—51 (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Методические указания по расчету электрических нагрузок лесопромышленных предприятий / В. М. Алябьев, В. В. Коршунов, Р. Г. Исаева, А. А. Распопин.— М.: Минлеспром СССР, 1977.— 62 с.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630\*812

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕСТАМА,  
ПОЛУЧЕННОГО СОВМЕЩЕННЫМ СПОСОБОМ

Л. Н. СМЕТАНИНА, В. А. ШАМАЕВ

Воронежский лесотехнический институт

При модифицировании древесины мочевиной с последующим пресованием и сушкой получается новый материал марки «Дестам» (древесина, стабилизированная амидами) [1]. В настоящее время дестам получают совмещенным методом, используя сушку под давлением [2]. Свойства дестама меняются по сечению и длине заготовок и изучены недостаточно полно [3].

Для получения дестама использовали бруски древесины березы сечением  $70 \times 70$  мм и длиной 600 мм. Бруски пропитывали раствором мочевины концентрацией 30 % до содержания мочевины 10...12 % по отношению к массе абс. сухой древесины. Конечная влажность брусков после пропитки составила 70—80 %. Пропитанные бруски помещали в сушильную камеру, снабженную гидроцилиндрами, где происходила их сушка с одновременным уплотнением в течение 28 ч. Температура сушки: начальная 90 °С, конечная 120 °С, удельное давление 0,5 МПа, конечный этап — термообработка при температуре 150 °С в течение 3 ч при давлении 0,1 МПа. Спрессованные бруски после охлаждения кондиционировали в комнатных условиях в течение 10 сут, после чего их разделяли на образцы.

Размеры брусков после прессования  $70 \times 40 \times 600$  мм. От одного конца бруска отрезали кусок длиной 105 мм, который разрезали на образцы размером  $15 \times 15 \times 22,5$  мм (последний размер вдоль волокон). Такой же кусок вырезали из центра бруска и разрезали на образцы тех же размеров (из одного куска получалось 32 образца). Всего использовали 6 брусков различной плотности.

В процессе испытаний определяли: предел прочности при сжатии вдоль волокон, предел прочности при сжатии поперек волокон, водопоглощение и объемное разбухание при водопоглощении, влагопоглощение и объемное разбухание при влагопоглощении. На каждый вид испытаний использовали 8 образцов.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывали методами вариационной статистики согласно ГОСТ 16483.0.70. Надежность полученных результатов обеспечена ( $P < 5\%$ ).

При сжатии вдоль волокон на образцах появились трещины под углом 45° к оси, что свидетельствует о хрупком характере разрушения. При сжатии поперек волокон на части образцов появились трещины вдоль волокон. В табл. 1 приведены результаты определения прочностных свойств дестама. Как видно из данных табл. 1, плотность и влажность в периферийной части брусков выше, чем в центральной. Это объясняется тем, что в процессе сушки наряду с миграцией влаги от центра к периферии происходит частичная миграция гидрофильной мочевины, которая и создает избыточную плотность у торцов брусков. В то же время при меньшей плотности в центральной зоне предел прочности на сжатие вдоль волокон выше. Это объясняется тем, что влажность в торцевой зоне выше, чем в периферийной.

Поскольку прочность уплотненной древесины зависит в большей степени от ее влажности и плотности, то удобнее пользоваться приведенными значениями прочности по отношению как к плотности, так и к влажности. Поскольку в интервале плотности 850...1250 кг/м<sup>3</sup> и влажности 2...12 % зависимость прочности от этих факторов практически



Таблица 1

Номер бруска	Влажность, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии в тангенциальном направлении, МПа	
			вдоль волокон	поперек волокон
1	4,21	1 004	113,2	42,3
	4,11	1 268	122,2	46,7
2	3,14	983	129,4	38,2
	3,92	1 187	136,4	46,8
3	2,82	967	138,5	37,0
	4,63	1 182	126,2	67,7
4	2,82	932	133,2	31,1
	4,07	1 006	97,7	—
5	3,41	870	110,3	32,1
	4,89	984	998	28,2
6	3,09	960	124,1	37,9
	4,14	1 136	127,4	40,5
Среднее арифметическое по 6 брускам	3,25	953	124,8	36,8
	4,48	1 103	118,3	45,0

Примечание. В числителе — данные для центральной части брусков; в знаменателе — для периферийной.

Таблица 2

Номер бруска	Приведенный предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	
	к плотности 1 000 кг/м <sup>3</sup>	к плотности 1 000 кг/м <sup>3</sup> и влажности 5 %
1	113	103
	97	96
2	132	109
	115	102
3	143	105
	107	102
4	143	105
	97	96
5	127	108
	101	100
6	130	107
	112	101
Среднее арифметическое по 6 брускам	131	106
	105	100

Примечание. В числителе — данные для центральной части брусков; в знаменателе — для периферийной.

прямо пропорциональна, то приведем значения прочности при сжатии к плотности 1 000 кг/м<sup>3</sup> и влажности 5 % (табл. 2).

Данные, приведенные в табл. 2, позволяют объективно оценить значения прочности в периферийной и центральной зонах брусков. В центральной зоне прочность при сжатии вдоль волокон выше на 6 %.

Разницы в прочности поперек волокон для периферийной и центральной зон не обнаружено. Приведенные значения прочности позволяют также сравнить между собой древесину различных модификаций.

В табл. 3 приведены предельные значения влаго- и водопоглощения образцов дестамы.

Таблица 3

Номер бруска	Водопоглощение образцов, %	Влагопоглощение образцов, %
1	63,10	28,30
	46,75	17,28
2	54,00	29,20
	36,60	17,31
3	60,96	28,09
	52,70	17,27
4	55,43	28,98
	37,92	17,16
5	41,70	28,30
	46,75	17,28
6	51,06	28,48
	35,73	17,17
Среднее арифметическое по 6 брускам	54,38	27,99
	41,77	17,22

Примечание. В числителе — данные для центральной части брусков; в знаменателе — для торцевой.

Как видно из данных табл. 3, образцы из центральной части бруска поглощают воды и влаги больше, чем из торцевой части.

Таблица 4

Номер бруска	Разбухание в направлении прессования (радиальное), %		Разбухание в направлении, перпендикулярном прессованию (тангенциальное), %	
	из центральной части бруска	из торцевой части бруска	из центральной части бруска	из торцевой части бруска
1	19,60	20,82	2,01	5,00
	25,73	11,88	2,28	3,12
2	14,76	17,02	3,02	2,91
	10,22	14,25	8,32	1,96
3	18,01	19,33	3,63	5,06
	14,48	15,20	4,77	4,80
4	15,78	10,96	4,60	2,09
	9,75	12,56	2,50	2,14
5	21,12	19,28	1,25	4,07
	10,34	13,82	1,29	3,37
6	19,58	17,86	2,46	4,00
	15,29	12,49	3,04	6,67
Среднее арифметическое по 6 брускам	18,14	17,55	2,83	3,86
	14,30	13,36	3,70	3,68

Примечание. В числителе — данные для водопоглощения; в знаменателе — для влагопоглощения.

Разница в водо- и влагопоглощении между центральной и периферийной частью бруска объясняется тем, что в периферийной части находится большее количество гидрофобных продуктов термораспада мочевины, образующихся после термообработки. Эти продукты придают гидрофобные свойства модифицированной древесине.

В табл. 4 приведены значения максимального разбухания образцов дестам в различных направлениях.

Экспериментальные исследования показали, что прессованная древесина, как и натуральная, обладает стабильностью поглощения влаги из окружающей среды, стремлением достигнуть соответствующую данной среде равновесную влажность. Поглощение влаги вызывает разбухание и распрессовку материалов.

Как видно из табл. 4, разбухание образцов из центральной части бруска почти не отличается от разбухания образцов из торцевой части. Разбухание образцов в направлении, перпендикулярном прессованию, незначительно и составляет 3—4 %.

Следует отметить, что значения разбухания при водопоглощении близки, т. е. по сорбционным свойствам дестам ближе к натуральной древесине, чем к прессованной.

Таким образом, дестам, полученный совмещенным способом, имеет приведенную прочность в пределах 100...106 МПа при сжатии вдоль волокон при плотности 1000 кг/м<sup>3</sup> и влажности 5 %; прочность в центральной части бруска на 6 % выше, чем в периферийной. Водо- и влагопоглощение дестам вдвое ниже, чем натуральной древесины, что характеризует дестам как материал повышенной гидрофобности. Разбухание дестам при водо- и влагопоглощении приближается к разбуханию натуральной древесины, но имеет большую анизотропию вследствие направленности уплотнения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. СТЗ 61821 СССР. Дестам / Бюл. № 11 // Открытия. Изобретения.— 1979.— № 11. [2]. Шамаев В. А., Гребенщиков А. В. Получение дестам совмещенным способом // Современные проблемы древесиноведения.— Воронеж.— 1981.— С. 280—282. [3]. Шамаев В. А., Сметанина Л. Н., Гаврилов Г. К. Прочностные и деформативные показатели древесины, модифицированной мочевиной // Лесн. журн.— 1977.— № 6.— С. 97—101. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 27 февраля 1984 г.

УДК 536.242

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИХ СВОЙСТВ И ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ КОРЫ ЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОКОМБИНАТОВ

В. Г. ГРОМОВ, Р. В. ЛУЦЫК, В. Л. ЛОМАЗОВ

Институт технической теплофизики АН УССР

Кора, получаемая в виде отходов на лесопильных, деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных комбинатах,— ценное технологическое многотоннажное сырье [1].

Сушка коры — одна из стадий технологии производства древесно-корьевых плит и других материалов и изделий [1]. Это сложный тепло-массообменный процесс, характер и интенсивность которого во многом зависят от поровой структуры коры и форм связи с корой и ее составляющими: коркой и лубом.

В 1981—1982 гг. в отделе теплообмена Института технической теплофизики (ИТТФ) АН УССР и на кафедре физики Киевского тех-

нологического института легкой промышленности (КТИЛП) изучали водоудерживающие свойства и поровую структуру коры ели, отобранной на участках корообдирки трех комбинатов: Калининградского целлюлозно-бумажного комбината (ЦБЗ-2), Берегометского и Выгодского лесокOMBинатов (ЛК).

Для исследований применяли два независимых метода: термографический [3] и сорбционный [5]. Термографические исследования проводили при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  в условиях естественной конвекции на образцах, представляющих собой пластины  $40 \times 40 \times 2$  мм или кусочки размером  $2 \dots 3$  мм. Образцы массой около 2 г засыпали в кювету и максимально увлажняли. На ленте потенциометра регистрировали кривые убыли массы образцов, изменения их температуры в процессе сушки и контрольную кривую температуры среды. Измерения и регистрацию температуры и убыли массы проводили с высокой точностью —  $0,09^{\circ}\text{C}/\text{мм}$  ленты и  $2,5 \text{ мг}/\text{мм}$  ленты.

Результаты опытов по сушке представлены в таблице и на рис. 1 и 2. Начальное влагосодержание  $W_{\text{нач}}$  образцов коры Выгодского ЛК почти в 2 раза выше, чем Берегометского ЛК, что объясняется более высоким влагосодержанием корки, так как значения  $W_{\text{нач}}$  образцов

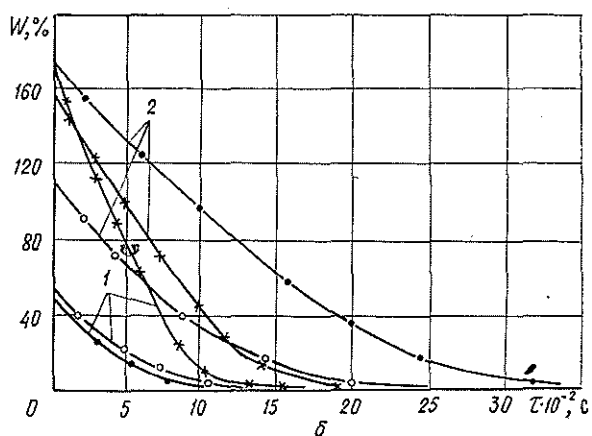
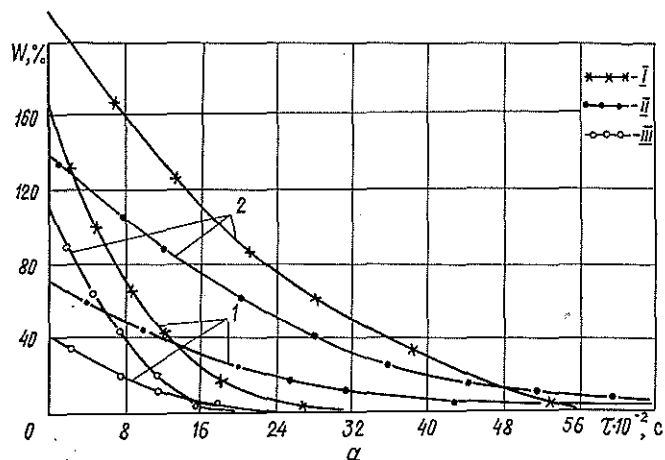


Рис. 1. Зависимость влагосодержания  $W$  образцов от продолжительности сушки  $\tau$ ; а — пластины  $40 \times 40 \times 2$  мм: 1 — Берегометский ЛК; 2 — Выгодский ЛК; б — фракция  $2 \dots 3$  мм: 1 — Берегометский ЛК; 2 — Выгодский ЛК; I — луб; II — кора; III — корка

Водоудерживающие свойства образцов (в числителе — данные для пластины; в знаменателе — для кусочков размером 2...3 мм)

Лесокombинат	Образец	Дифференциальное влагосодержание, %								Влага, %		Удельная по- верхность, м²/г	
		Пол- ная вла- госоем- кость	Гигроскопическая влага (максималь- ное количество)			Адсорбированная влага				макро- пор	микро- пор	по тер- мограм- мам	по изо-тер- мам
			в экс- сика- торе	по тер-мо- грам- мам	по изо-тер- мам	Полислой		Монослой					
						по тер-мо- грам- мам	по изо-тер- мам	по тер-мо- грам- мам	по изо-тер- мам				
Берегомetsкий	Кора	276	—	71,7	—	17,7	—	2,9	—	204,3	54,0	101	—
		283	76,4	78,3	45	15,3	16,5	2,7	3,0	204,7	63,0	95	105
	Корка	123	—	61,3	—	12,4	—	2,2	—	61,7	48,9	77	—
		192	54,8	59,0	—	13,9	—	2,4	—	133,0	45,1	84	—
	Луб	295	—	76,0	—	16,2	—	4,5	—	219,0	59,8	157	—
		325	78,0	85,2	—	20,2	—	3,2	—	239,8	65,0	112	—
Выгодский	Кора	218	—	80,2	46	16,6	—	3,7	—	137,8	63,4	130	—
		262	85,8	84,1	—	14,5	—	4,5	3,2	157,9	69,6	157	—
	Корка	201	—	71,0	—	12,6	15,0	4,4	—	130,0	58,4	154	—
		203	74,3	69,3	—	11,5	—	4,1	—	132,3	57,8	144	—
	Луб	318	—	89,1	—	20,2	—	4,6	—	228,9	68,9	161	—
		363	98,5	91,5	—	16,5	—	3,5	—	271,5	75,0	123	—
Калининградский 1982 г.	Кора	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		219	55,4	56,6	56	14,3	15,0	2,2	3,0	162,4	42,3	77	105
	Корка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		235	—	53,4	—	14,5	—	2,0	—	181,6	38,9	70	—
	Луб	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		256	—	56,3	—	18,5	—	2,0	—	199,7	37,9	70	—

луба отличаются мало. Оформление технологических линий этих комбинатов различно: на Выгодском ЛК баганы подаются на корообдирку из бассейна, на Берегомetsком — после сухой сортировки.

Анализ кривых рис. 1 показал, что длительность сушки образцов корки значительно меньше, чем луба и коры. Измельчение образцов до кусочков 2...3 мм ускоряет процесс сушки в 2...3 раза. В начале процесса сушки на кривых наблюдается незначительный прямолинейный

Продолжение таблицы

Лесоматериал	Образец	Дифференциальное влагосодержание, %								Влага, %		Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г
		Полная влагосодержательность	Гигроскопическая влага (максимальное количество)		Адсорбированная влага				макропор	микропор		
			в экстракте	по термомограммам	по термомограммам	Полислой		Монослой				
						по термомограммам	по термомограммам					
											по термомограммам	
1981 г.	Кора	— 289	— 51,5	— 52,1	—	— 15,4	—	— 5,3	—	— 237	— 36,7	— 185
	Корка	— 213	— 49	— 53,2	— 49,0	— 14,2	— 15,5	— 4,2	— 5,0	— 160	— 39,0	— 147
	Луб	— 304	— 61,0	— 58,7	— 52,5	— 14,8	— 14,5	— 5,8	— 5,2	— 245	— 43	— 203

участок, соответствующий по постоянной скорости сушки. Температура образца в этот период близка к температуре мокрого термометра. Затем кривые сушки асимптотически приближаются к оси времени, температура образцов непрерывно возрастает и к концу сушки достигает температуры среды 100 °С (рис. 2).

На рис. 2 термограммы приведены в координатах  $T - \tau$  (где  $T$  — температура образца и окружающей среды;  $\tau$  — время). На этих термограммах выделены критические точки, соответствующие границам периодов последовательного удаления влаги, различной по формам связи с материалом [3].

Анализ термограмм сушки образцов корки и луба ели (рис. 2) выявляет принадлежность их к разным классам по видам связи влаги с материалом. Так, по форме и положению критических точек термограмма сушки корки ели имеет вид, типичный для капиллярно-пористых тел (кривые а). На термограмме имеется два прямолинейных участка: участок 2—3, соответствующий удалению влаги из макропор, и 4—5, соответствующий испарению влаги полимолекулярной адсорбции [3]. Термограмма сушки луба (кривые б) резко отличается от термограммы сушки корки и имеет вид, характерный для коллоидных капиллярно-пористых тел. На этой термограмме имеется только один прямолинейный участок 4—5, аналогичный участку на термограмме корки ели [3].

Следовательно, по состоянию влаги в материале, согла-

сно А. В. Лыкову [4], корка и луб ели относятся к разным группам дисперсных материалов: луб при увлажнении ограниченно набухает, а корка почти не набухает.

Форма термограммы сушки коры, представляющей собой систему корка — луб, в значительной степени зависит от соотношения корки и луба: если больше корки, то появляется участок 2—3; если корки и луба примерно поровну, то участок 2—3 вырождается в точку.

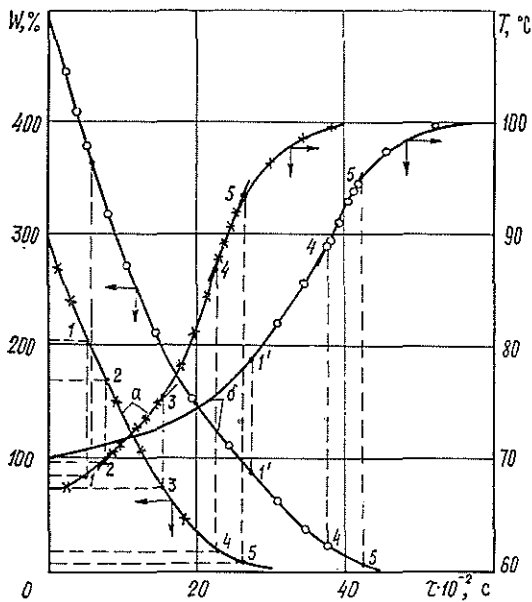


Рис. 2. Термограммы и кривые сушки образцов: а — корка; б — луб

Форма термограмм только качественно характеризует состояние влаги в образцах и их пористую структуру. Количественная характеристика дифференциального влагосодержания и пористой структуры исследуемых материалов приведены в таблице. Здесь представлены значения влагосодержания образцов, соответствующие определенному состоянию влаги в теле и полученные путем обработки термограммной кривой и кривой сушки.

Влагосодержание в критической точке  $W_n$ , %, определяли по формуле

$$W_n = \frac{P_w - P_{\text{сух}}}{P_{\text{сух}}} 100, \quad (1)$$

где  $P_w$  — масса влажного образца в момент времени, соответствующий критической точке на термограмме, г;

$P_{\text{сух}}$  — масса сухого образца, г.

По количеству влаги адсорбированного монослоя определяли удельную поверхность образцов (см. табл.).

В таблице приведены также относительные объемы воды в макро- и микропорах образцов и значения удельной поверхности образцов  $\frac{dS}{dM}$ , м²/кг, вычисленные по формуле:

$$\frac{dS}{dM} = \frac{N_A S_{\text{эф}}}{\mu} W_5. \quad (2)$$

Здесь  $N_A$  — число Авогадро;

$S_{\text{эф}}$  — эффективная площадь молекулы жидкости (для воды

$S_{\text{эф}} = 11 \cdot 10^{-20}$  м²);

$\mu$  — молярная масса жидкости, кг/моль;

$W_5$  — влагосодержание образца, соответствующее монослою, кг/кг.

В дополнение к термограммным и сорбционным исследованиям образцов их максимальную гигроскопичность определяли весовым мето-

дом после длительного хранения (более 2 недель) в эксикаторе над водой, т. е. при относительной влажности воздуха  $\varphi \rightarrow 1$ .

Сорбционные исследования проводили по известной методике [5] на основе тензометрического метода Мак-Бэна [2] при температуре 20 °С. Перед опытом образцы в количестве 300...400 мг предварительно высушивали в термостате при температуре 105 °С в течение 4...5 ч.

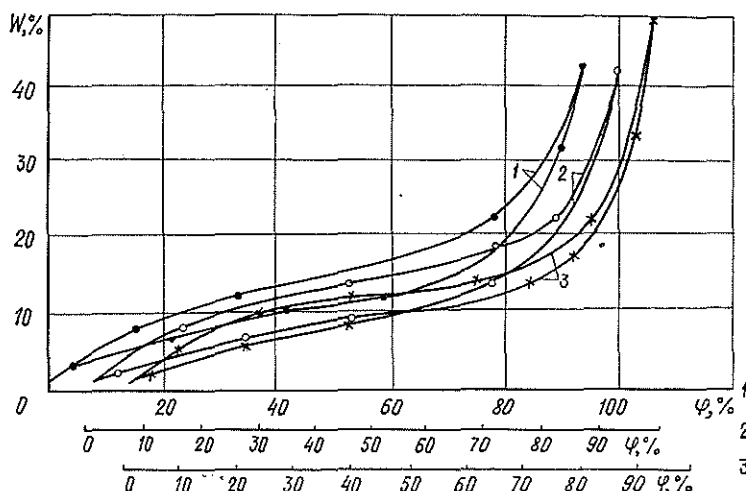


Рис. 3. Изотермы сорбции—десорбции образцов коры ели: 1 — Калининградский ЦБК; 2 — Берегометский ЛК; 3 — Выгодский ЛК

Анализ кривых рис. 3 показал, что сорбционные свойства коры ели, взятой с разных лесокombинатов, сходны. Форма изотерм и их гистерезис подтверждают, что исследуемые материалы относятся к группе коллоидных капиллярно-пористых тел, для которых характерны эластичные и неравномерные по диаметру макропоры.

Более детальное представление о распределении объемов (или поверхности) пор по размерам было получено в результате вычислений по теории капиллярной конденсации, исходя из сорбционных ветвей изотерм адсорбции.

Согласно уравнению Кельвина, зависимость эффективного радиуса пор  $r$  от  $\varphi$  определяется формулой [2]:

$$r = \frac{2V\sigma}{RT \ln 1/\varphi}, \quad (3)$$

где  $V$  — молярный объем воды, м<sup>3</sup>/моль;

$\sigma$  — поверхностное натяжение воды, Н/м;

$R$  — универсальная газовая постоянная, Дж · моль<sup>-1</sup> · К<sup>-1</sup>;

$T$  — температура, К.

Зная зависимость  $W = f(\varphi)$ , по формуле (3) определяем  $r$  и строим интегральную кривую распределения пор по размерам  $W = f(r)$ , а при графическом дифференцировании ее получаем кривую распределения объема пор по величине их эффективных радиусов  $\frac{dW}{dr} = f(r)$ .

Интегральные и дифференциальные кривые распределения пор по размерам приведены на рис. 4. Анализ этих кривых показал, что метод изотерм сорбции — десорбции позволяет дать характеристику микропор в диапазоне от 0,5 до 10 нм, что составляет часть спектра микропор, но наиболее важную, сорбирующую основную массу влаги, содержащейся



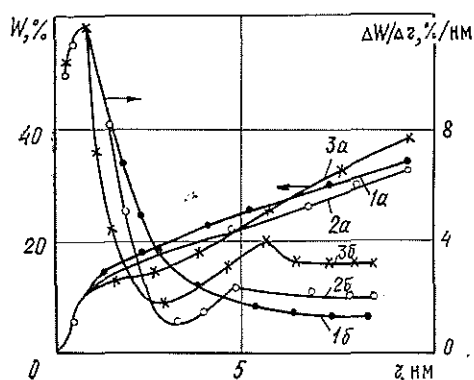


Рис. 4. Интегральные (а) и дифференциальные (б) кривые распределения пор по размерам образцов ели: 1 — Выгодский ЛК; 2 — Берегометский ЛК; 3 — Калининградский ЦБК

в микропорах. Максимум дифференциальных кривых распределения пор по размерам приходится на ультрамикропоры радиусом 0,5...0,7 нм.

Обобщая результаты термографических и сорбционных исследований коры ели и ее составляющих, следует отметить, что значения одинаковых характеристик поровой структуры, полученные этими независимыми методами, дают, в основном, хорошее совпадение. Различие значений гигроскопической влаги, полученных термографическим и сорбционным методами, объясняется предварительным высушиванием материала перед опытом в этом методе.

Комплексный анализ данных, полученных в результате проведенных исследований, позволяет сделать следующие выводы.

1. Дифференциальные водоудерживающие свойства образцов коры, корки и луба ели, высушенных в виде крупных кусочков (пластин) размером  $40 \times 40 \times 2$  мм или измельченных до размера 2...3 мм, практически одинаковы. Их полная влагоемкость лежит в пределах 250...300 %, при этом влагоемкость луба значительно (в 1,5...2 раза) выше, чем влагоемкость корки. Измельчение увеличивает только полную влагоемкость образцов за счет повышения объемов макропор, образующихся между отдельными кусочками.

2. Наиболее гигроскопичны образцы ели Выгодского ЛК, к ним близки по гигроскопичности образцы Берегометского ЛК, взятые для исследований непосредственно с лесокомбинатов, а наименьшее количество гигроскопической влаги имеют образцы Калининградского ЦБЗ-2, которые перед исследованиями были предварительно высушены. В результате сушки в структуре образцов ели Калининградского ЦБЗ-2 произошли необратимые изменения, в результате их гигроскопичность, объемы макропор и, особенно, микропор уменьшились.

3. Количество влаги в макропорах (куда входит и осмотическая влага) образцов ели значительно выше, чем в микропорах, т. е. этот материал имеет сильно развитую макропоровую структуру.

4. Объемы микропор образцов корки и луба почти одинаковы, но объемы ультрамикропор образцов луба, заполняемых по механизму поли- и мономолекулярной адсорбции, больше. В результате гигроскопичность луба как коллоидного капиллярно-пористого тела выше, чем корки; за счет более развитой ультрамикропоровой структуры удельная поверхность образцов луба также выше, чем образцов коры.

5. Поровая структура высушенных образцов ели Калининградского ЦБЗ-2 после годичного хранения практически не изменилась. Снижилось только количество влаги в монослое, т. е. уменьшился объем ультрамикропор, за счет чего произошло уменьшение удельной поверхности образцов коры ели и ее составляющих: корки и луба.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Веретенник Д. Г. Использование древесной коры в народном хозяйстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 120 с. [2]. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость.— М.: Мир, 1971.— 386 с. [3]. Казанский М. Ф. Исследования кинетики тепло- и массообмена капиллярно-пористых материалов в процессе сушки: Дис. ... д-ра техн. наук.— Минск, 1960.— 349 с. [4]. Лыков А. В. Теория сушки.— М.: Энергия, 1968.— 470 с. [5]. Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии/ Под ред. А. В. Киселева, В. П. Древинга.— М.: Изд. МГУ, 1973.— 446 с.

Поступила 30 сентября 1986 г.

УДК 630\*812.7

## К МЕТОДИКЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ФЕНОЛЬНЫХ КЛЕЯХ

Ю. М. ИВАНОВ, Ю. Ю. СЛАВИК

ЦНИИ строительных конструкций

В отличие от соединений на клею плотных материалов разрушение клеевых соединений древесины не носит чисто адгезионного характера, что объясняется чрезвычайно развитой поверхностью контакта клея с древесной тканью. В связи с этим следует выяснить, не являются ли отмечаемые иногда случаи сниженной длительной прочности клеевых соединений результатом когезионного разрушения клеевой прослойки в результате меньшей ее прочности сравнительно с древесиной.

Длительную прочность древесины выражаем уравнением [2]

$$\lg t = \lg A - \alpha \sigma \quad (1)$$

(где  $t$  — время до разрушения, с;  $\sigma$  — напряжение, МПа;  $A$  и  $\alpha$  — постоянные (см. ниже)) и изображаем прямой  $\lg t(\sigma)$  на графике  $\lg t$ ,  $\sigma$  (рис. 1, а), которая аппроксимирует экспериментальные данные со следующими найденными по размахам доверительными интервалами: 1 — на растяжение вдоль волокон возрастающей нагрузкой древесины лиственницы (влажность  $\omega = 14,7\%$ , размах доверительного интервала —  $\pm 3,4\%$ ) [9]; 2 — на изгиб длительной нагрузкой в течение до 5 лет лжетсуги ( $\omega = 12\%$ , размах доверительного интервала —  $\pm 3,6\%$ ) [15]; 3 и 6 — на сжатие вдоль волокон возрастающей нагрузкой сосны (соответственно  $\omega = 15\%$ , размах доверительного интервала —  $\pm 2,10\%$  и  $\omega = 30\%$ , размах доверительного интервала —  $\pm 2,04\%$ ) [7]; 4 — на изгиб медленно возрастающей нагрузкой сосны (высота сечения  $h = 2$  см,  $\omega = 30\%$ , размах доверительного интервала —  $\pm 2\%$ ) [6, 7]; 5 — на изгиб медленно прикладываемой ступенчатой нагрузкой тсуги ( $h = 15,2$  см,  $\omega = 10\%$ , размах доверительного интервала —  $\pm 5\%$ ) [6, 13] (доверительная вероятность 0,95); 7 — на сдвиг при кручении трубчатых образцов ступенчатой нагрузкой лжетсуги ( $\omega = 10 \dots 12\%$ , размах доверительного интервала —  $\pm 5,59\%$ ) [14] (доверительная вероятность 0,90).

Время  $t$  для возрастающей нагрузки до разрушения определяем по продолжительности испытания  $t'_1$  из выражения

$$t = \frac{t'_1}{2,3(\lg A - \lg t)} \quad (2)$$

решаемого последовательными приближениями; нагружение ступенями при достаточном их числе приближенно приравниваем испытанию со средней постоянной скоростью [6].

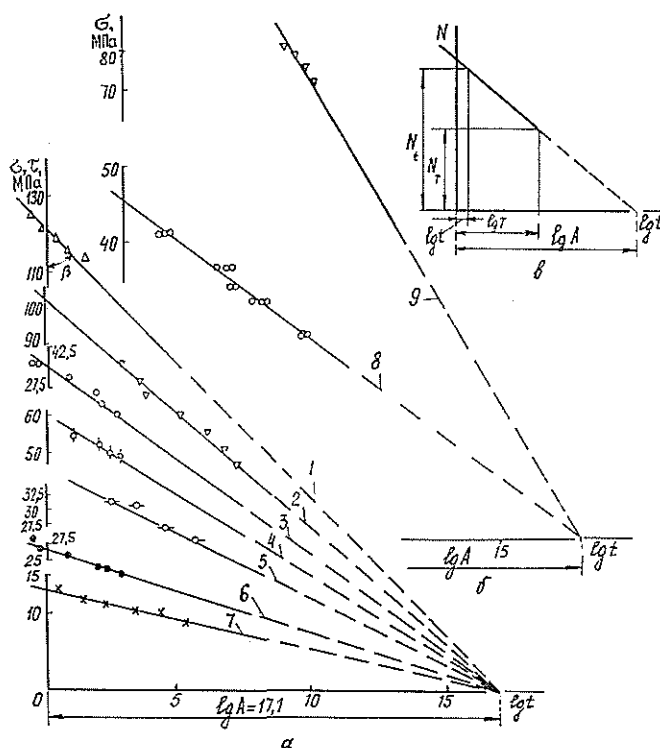


Рис. 1. Экспериментальные данные испытаний: а — древесины; б — пленок затвердевшего клея; в — схема к рис. 1, а

Рис. 1, а иллюстрирует независимость величины  $\lg A$  от вида и абсолютных значений напряжения, породы, плотности и влажности древесины, режима нагружения. Постоянству  $\lg A$  соответствует постоянство относительного снижения прочности во времени  $\sigma_t/\sigma_i$  или  $N_t/N_i$  при заданных  $t$  и  $t$  (рис. 1, в): для каждого луча в пучке (рис. 1, а) отношение  $N_t/N_i = (\lg A - \lg \tau)/(\lg A - \lg t)$  постоянны и не зависит от угла наклона  $\beta$  прямой  $\lg t$  (а) к оси  $\lg t$  (рис. 1, в). Отношение  $N_t/N_i < 1$  и есть так называемый коэффициент снижения прочности для заданного периода времени  $t$ . Пересечение прямых на рис. 1, а в одной точке оси абсцисс для образцов разных размеров, например, для изгиба (см. прямые 4 и 5 при медленном нагружении [6]), различающихся по величине момента сопротивления почти в 150 раз (для прямой 4 —  $1,33 \text{ см}^3$ , для прямой 5 —  $192,5 \text{ см}^3$ ), указывает на постоянство относительного снижения прочности во времени независимо также от размера образцов.

Постоянство отсекаемого прямой  $\lg t$  (а) по уравнению (1) на оси  $\lg t$  (рис. 1, а) отрезка  $\lg A$  определяется только кинетическими параметрами данного твердого тела  $U_0$  и  $\tau_0$  и температурой [2, 10]

$$\lg A = \frac{U_0}{2,3RT} + \lg \tau_0; \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{\gamma}{2,3RT}, \quad (4)$$

где  $U_0$  — энергия активации процесса разрушения, кДж/моль;

$\tau_0$  — период тепловых колебаний атомов,  $10^{-13} \text{ с}$ ;

$R$  — газовая постоянная, кДж/(моль · град);

$T$  — температура К, град;

$\gamma$  — структурно-чувствительный коэффициент, кДж/(моль · МПа);

$\alpha$ , МПа<sup>-1</sup>.

У древесины при обычной температуре ( $\sim 20^\circ\text{C}$ )  $\lg A = 17,1$  [3].

Для применяемых в конструкциях фенольных клеев определим указанную характеристику, т. е.  $\lg A$ , из испытаний вещества клеевой прослойки. У полимеров (в частности непластифицированных, каким является резит-отвердевшая фенольная смола) при переходе от растяжения к другим видам напряжений изменяется лишь коэффициент  $\gamma$  [10, с. 437], а величина  $\lg A$  остается постоянной; это положение действительно и для древесины.

На этом основании величину  $\lg A$  в применении к интересующим нас напряженным состояниям клеевой прослойки можно найти из длительных испытаний, например, на растяжение пленки отвердевшего клея. Такие испытания для клея КБ-3 провел в ЦНИИСКе К. Т. Вуба при обычной температуре на машине с программированием постоянного усилия.

На рис. 1, б нанесены опытные точки для отдельных образцов. Проведенная по ним средняя прямая 8 для клея КБ-3 имеет доверительный интервал  $\pm 2,5\%$  при доверительной вероятности 0,95 (табл. 1) и отсекает на оси абсцисс отрезок  $\lg A = 17,42 \pm 0,74$ , который практически совпадает с  $\lg A = 17,1$  для древесины (разница незначительна). Имеющиеся в литературе данные о длительной прочности пленок отвердевшей фенолформальдегидной смолы с наполнителем тканью (образцы получены под давлением путем полимеризации при повышенной температуре [12]), находившихся под действием растягивающего напряжения в течение 300...2800 ч (рис. 1, б, средняя прямая 9), согласуются с приведенными результатами Вуба по величине отрезка  $\lg A$ .

Таблица 1

Время  $t$  до разрушения пленок клея КБ-3 под длительным растягивающим напряжением  $\sigma = \text{const}$

$\sigma$ , МПа	$t$ , с	$\lg t$	$\bar{\sigma}$	$\sigma - \bar{\sigma} = \Delta_t$	$\sum \Delta_t^2$	Уравнение прямой длительной прочности и доверительный интервал
40,5	20	1,302	41,166	-0,666	6,688	$\bar{\sigma} = 44,49 - 2,55 \lg t$ ; $\lg A = 17,42 \pm 0,74$ ; $\Delta_\sigma = \pm t_{0,05} S_\sigma$ ; $S_\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta_t^2}{n}} =$ $= \sqrt{\frac{6,688}{15}} = 0,668$ ; $\Delta_\sigma = \pm 1,096$ .
40,5	30	1,477	40,719	-0,219		
40,5	50	1,699	40,152	+0,348		
36,0	$2,5 \cdot 10^3$	3,398	35,813	+0,187		
36,0	$6,0 \cdot 10^3$	3,779	34,840	+1,160		
36,0	$9,5 \cdot 10^3$	3,978	34,332	+1,668		
33,7	$7,5 \cdot 10^3$	3,975	34,340	-0,640		
33,7	$8,0 \cdot 10^3$	3,903	34,524	-0,824		
33,7	$1,2 \cdot 10^4$	4,079	34,074	-0,374		
31,5	$7,56 \cdot 10^4$	4,878	32,034	-0,534		
31,5	$1,209 \cdot 10^5$	5,083	31,510	-0,010		
31,5	$1,692 \cdot 10^5$	5,229	31,137	+0,363		
27,0	$4,493 \cdot 10^6$	6,652	27,503	-0,503		
27,0	$6,739 \cdot 10^6$	6,828	27,054	-0,054		
27,0	$7,776 \cdot 10^6$	6,890	26,895	+0,105		

Отсюда следует, что относительное снижение во времени прочности клеевых соединений не будет большим, чем у древесины. Приведем результаты [8] длительных испытаний соединений на вклеенных под углом  $30^\circ$  в древесину стальных стержнях периодического профиля с длиной

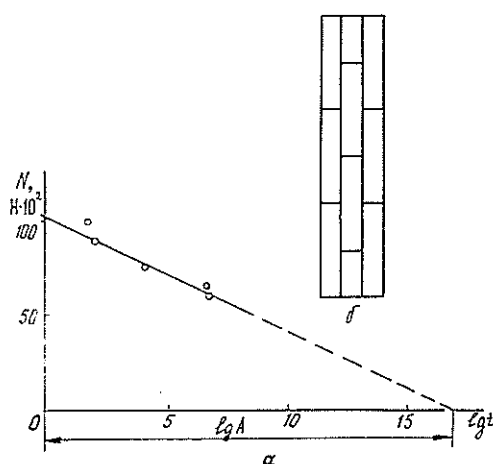


Рис. 2. Экспериментальные данные длительных испытаний образцов соединений с вклеенными в древесину сосны стальными стержнями на выдергивание [8] (а). Схема отбора образцов из торцевого среза клееного пакета (б)

заделки  $20d$ , при диаметре стержня  $d = 14$  мм (рис. 2, а, клей ФРФ-50 [11]), показавших первичную деформацию разрушения по клеевой прослойке (когда «максимальные касательные напряжения в начале заделки достигают величины, превышающей прочность клея на сдвиг» [8, с. 100]: отсекаемый на оси  $\lg t$  отрезок  $\lg A = 17,05 \pm 0,86$  (табл. 2), т. е. не отличается от приведенного выше. Такая же величина отрезка  $\lg A$  характерна и для соединений с вклеенными вдоль волокон в древесину стальными стержнями на более прочном эпоксидном клее [1, 5], и, следовательно, верхнее значение их длительной прочности лимитируется древесиной.

Следовательно, на поставленный вначале вопрос получен отрицательный ответ для фенольных клеев, и, следовательно, если соединение

Таблица 2

Время  $t$  до разрушения образцов соединений на вклеенных в древесину стальных стержнях (клей ФРФ-50) на выдергивание при растяжении

$\frac{N \cdot 10^{-2}}{H}$	$t, \text{ c}$	$\lg t$	$\bar{N}$	$N - \bar{N} = \Delta_t$	$\sum \Delta_t^2$	Уравнение прямой длительной прочности и доверительный интервал
99	51,9	1,717	92,496	+6,504	593,52	$\bar{N} = 102,85 - 6,03 \lg t;$ $\lg A = 17,056 \pm 0,86;$ $\Delta_N = \pm t_{0,05} S_N;$ $S_N = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n}} =$ $= \sqrt{\frac{593,52}{19}} = 5,583;$ $\Delta_N = \pm 9,17.$
99	51,9	1,717	92,496	+6,504		
99	55,0	1,740	92,358	+6,642		
91	64,5	1,810	91,938	-0,938		
91	64,5	1,810	91,398	-0,938		
91	66,0	1,820	91,975	-0,875		
91	70,8	1,840	91,755	-0,755		
91	$1,02 \cdot 10^2$	2,008	90,742	+0,258		
75,5	$2,88 \cdot 10^2$	2,46	88,016	+12,516		
75,5	$6,60 \cdot 10^3$	3,82	79,815	-4,315		
75,5	$4,20 \cdot 10^5$	5,62	68,961			
66,4	$7,78 \cdot 10^5$	5,89	67,333	-0,933		
66,4	$1,12 \cdot 10^6$	6,05	66,368	-1,968		
66,4	$3,20 \cdot 10^6$	6,50	63,654	+0,746		
66,4	$3,67 \cdot 10^7$	7,56	57,262	+9,138		
58,8	$2,33 \cdot 10^5$	5,37	70,468	-11,668		
58,8	$5,80 \cdot 10^6$	6,76	62,087	-3,287		
58,8	$7,12 \cdot 10^6$	6,85	61,544	-2,744		
58,8	$2,50 \cdot 10^7$	7,40	58,222	+0,573		

при скоростных испытаниях имеет прочность не меньшую прочности древесины, то и его длительная прочность будет не ниже, чем у древесины. Отсюда создается возможность практического прогнозирования длительной прочности клеевых соединений древесины на основе испытаний их кратковременной нагрузкой, которое можно осуществить, пользуясь прямой  $\lg t(\sigma)$  длительной прочности и отрезком  $\lg A$  на оси  $\lg t$ , как было отмечено выше (рис. 1, в):

$$\frac{N_t}{\lg A - \lg t} = \frac{N_\tau}{\lg A - \lg \tau}, \quad (5)$$

где  $N_t$  — среднее усилие, соответствующее кратковременной прочности клеевого соединения;

$N_\tau$  — среднее усилие, соответствующее длительной прочности клеевого соединения;

$t$  — время до разрушения при кратковременном испытании [6];

$\tau$  — заданный срок службы.

Из равенства (5) получим

$$N_\tau = N_t \frac{\lg A - \lg \tau}{\lg A - \lg t}. \quad (6)$$

При кратковременном испытании важно прилагать к клеевым соединениям такие усилия и напряжения, какие действуют на них в конструкции. Так, например, при достаточной для долговечной службы длительной прочности пластевых соединений в клееных пакетах, где действуют внутренние растягивающие напряжения поперек клеевого шва (особенно у боковых граней пакета), проверка должна производиться путем кратковременного испытания клеевых соединений на растяжение поперек волокон [4].

С этой целью от торцов пакета отпиливают срезы толщиной 25 мм и разделяют их на образцы согласно схеме на рис. 2, б (ширина образцов 30...35 мм, длина 280...300 мм). Образцы зажимают в шарнирных захватах вдоль волокон. Если образцы разрываются по древесине, то необходимая длительная прочность клеевых соединений обеспечена, разрыв же их по клеевому шву указывает на то, что их прочность недостаточна вследствие образовавшегося при изготовлении пакета некачественного шва.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вылегжанин Ю. Б. Исследование работы соединений на клеенных в древесину стальных стержнях: Дис... канд. техн. наук.— Новосибирск, 1980.— 220 с.
- [2]. Журков С. Н. Проблема прочности твердых тел // Вестн. АН СССР.— 1957.— Вып. II.— С. 78—82.
- [3]. Иванов Ю. М. Влияние влажности на длительную прочность древесины // Лесн. журн.— 1975.— № 5.— С. 90—97. (Изв. высш. учеб. заведений).
- [4]. Иванов Ю. М. Стесненное набухание древесины при циклическом изменении влажности // Лесн. журн.— 1983.— № 5.— С. 78—81. (Изв. высш. учеб. заведений).
- [5]. Иванов Ю. М. О точности определения параметров длительной прочности древесины // Лесн. журн.— 1984.— № 4.— С. 62—66. (Изв. высш. учеб. заведений).
- [6]. Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. Оценка длительной прочности древесины при изгибе по результатам кратковременных испытаний // Лесн. журн.— 1981.— № 2.— С. 66—71. (Изв. высш. учеб. заведений).
- [7]. Любошиц М. И. Влияние скорости испытания на предел пластического течения древесины сосны: Дис... канд. техн. наук.— Минск, 1950.— 316 с.
- [8]. Оспанова Ж. Н. Несущая способность и деформативность соединений элементов деревянных конструкций на клеенных стальных стержнях: Дис... канд. техн. наук.— М., 1985.— 260 с.
- [9]. Перелыгин Л. М. Влияние скорости нагружения при механических испытаниях древесины // Завод. лаб.— 1938.— Т. 7.— № 1.— С. 78—82.
- [10]. Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел.— М.: Наука, 1974.— 560 с.
- [11]. Фрейдин А. С., Оспанова Ж. Н., Клаузнер Г. М. Склеивание арматуры с древесиной модифицированным клеем ФРФ-50 // Строительство и архитектура.— 1984.— № 5.— С. 17—20. (Изв. высш. учеб. заведений).
- [12]. Chasman B.

Creep and time fracture strength of plastics under tensile stresses // *Modern Plastics*.— 1944.— V. 21.— N 6.— P. 145—148, 176. [13]. Madsen B. Duration of load tests for dry lumber in bending // *Forest Products Journal*.— 1973.— V. 23.— N 2.— P. 21—28. [14]. Madsen B. Duration of load tests for dry lumber subjected to shear // *Forest Products Journal*.— 1975.— V. 25.— N 10.— P. 49—52. [15]. Wood L. W. Relation of strength of wood to duration of load // *US Forest Products Laboratory, RN 1916*.— Dec. 1951.— 10 p.

Поступила 29 мая 1986 г.

УДК 630\*36-83.001.5

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Н. М. ПЕРЕЛЬМУТЕР, Ю. Н. ПЕРЕЛЬМУТЕР,  
Л. И. ГУЛЬКО, Б. Н. КРАСИЛЬНИКОВ

ЦНИИМЭ, ВНИПИЭИлеспром

Расчет потребной мощности привода при групповой обработке лесоматериалов электрифицированными машинами, работающими в тех или иных природно-производственных условиях, целесообразно осуществлять методом математического моделирования с использованием ЭЦВМ. При моделировании возникает вопрос о целесообразности индивидуализации отдельных единиц предмета труда, входящих в состав обрабатываемой пачки, обычно содержащей от двух-трех до нескольких десятков таких единиц. Этого количества, как правило, недостаточно, чтобы с приемлемой степенью адекватности считать пачку сплошной средой.

Индивидуализация отдельных единиц лесоматериалов при моделировании их групповой обработки (раскряжевки, удаления сучьев, окорки и др.) связана с необходимостью учета большого количества факторов, влияющих на мощность привода, что приводит к существенным усложнениям расчета. Такое усложнение может быть оправдано лишь при очень высоких требованиях к точности результатов моделирования. Другой подход к решению задачи — использование эмпирических зависимостей, установленных при экспериментах с соответствующим видом оборудования.

Рассмотрим оба этих подхода на конкретных примерах. Так, при моделировании работы привода пилы в установке ЛО-67 для групповой раскряжевки используем первый метод; для моделирования же работы привода установки МСГ, осуществляющей групповую очистку стволов от сучьев, применим второй метод.

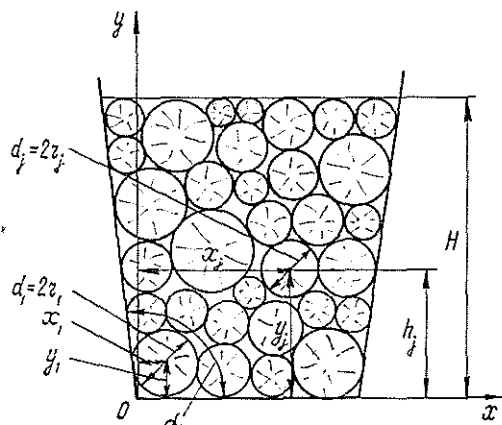
Пусть пачка, предназначенная для раскряжевки, характеризуется в сечении реза следующими параметрами:

- $\{d_j\}$  — совокупность диаметров бревен в данном сечении ( $j = 1, 2, 3, \dots, k_6$ , где  $k_6$  — количество бревен);
- $\{a_{nj}\}$  — совокупность коэффициентов породы для пачки;
- $\{h_j\}$  — совокупность расстояний от нижнего края загрузочного устройства до центра соответствующего сечения бревна.

Используя показанные на рисунке координатные оси, рассмотрим вспомогательные функции следующего вида:

$$f_j(y) = \begin{cases} a_{nj} \sqrt{d_j - 4(y - h_j)^2} & \text{при } 2|y - h_j| \leq d_j, \\ 0 & \text{при } 2|y - h_j| > d_j. \end{cases} \quad (1)$$

$$(j = 1, 2, \dots, k_6)$$



Расчетная схема заполнения пачки

Мгновенное значение мощности  $p$  на валу двигателя пилы в момент времени  $t$ , с учетом приведенных в работе [2] данных, определим из уравнения:

$$p(t) = \frac{u_z v b k_0 (u_z)}{l_z \eta_1} \sum_{v=1}^{n_6(t)} a_{nv} l_v(t), \quad (2)$$

где  $u_z$  и  $l_z$  — подача на зуб и расстояние между зубьями пильной цепи;

$v$  и  $b$  — скорость резания и ширина пропила;

$k_0$  — основная удельная работа резания древесины;

$\eta$  — КПД механической передачи от вала двигателя;

$n_6(t)$  — количество бревен, распиливаемых в момент времени  $t$ ;

$l_v(t)$  — длина пропила  $v$ -го бревна в момент времени  $t$ .

В установке ЛО-67 используем параллельное надвигание цепного пильного аппарата с постоянной подачей на зуб  $u_z$ . Как показали исследования,

$$u_z = 3 \cdot 10^{-3} e^{0,394v} + 0,07. \quad (3)$$

Здесь  $u_z$  выражена в мм, а  $v$  — в м/с.

При этом обеспечивается устойчивый режим пиления. Скорость подачи постоянна

$$u = \frac{u_z v}{l_z}, \quad (4)$$

поэтому

$$p(y) = p[t(y)] = \frac{u_z v b k_0 (u_z)}{l_z \eta_1} \sum_{j=1}^{k_6} f_j(y). \quad (5)$$

Приводной двигатель пильного органа установки работает в повторно-кратковременном режиме, и для определения его мощности можно воспользоваться известным уравнением:

$$P = \sqrt{\frac{\int_0^T p^2(t) dt}{T_p + \alpha T_n + \beta T_0}}, \quad (6)$$

где

$P$  — потребная мощность приводного электродвигателя;



$p(t)$  — мгновенное значение развиваемой двигателем мощности в момент времени  $t \in [0, T]$ , где  $[0, T]$  — временной промежуток работы двигателя в данных условиях;

$T$  — время, продолжительность которого достаточна для достижения двигателем установившейся температуры ( $T = 5\Theta$ , где  $\Theta$  — постоянная времени нагрева двигателя);

$T_p, T_n, T_o$  — суммарные продолжительности соответственно работы, пусков (разгонов) и остановов двигателя за время  $T = T_p + T_n + T_o$ ;

$\alpha, \beta$  — коэффициенты, учитывающие ухудшение охлаждения двигателя с самовентиляцией за время пусков и остановов.

Интеграл квадрата мощности на валу двигателя установки ЛО-67 за время реза  $\tau$

$$J' = \int_0^{\tau} p^2(t) dt = - \int_0^H \frac{p^2(y)}{u} dy = \frac{u_z v b^2 k_0^2}{l_z \eta} \int_H^0 \left[ \sum_{j=1}^{k_6} f_j(y) \right]^2 dy, \quad (7)$$

где  $H$  — высота пачки:

$$H = \max_j \{h_j + 0,5d_j\}. \quad (8)$$

Суммируя величины  $J'$  для каждого реза и для каждой обрабатываемой пачки, получим числитель подкоренного выражения для уравнения (6); знаменатель определим так:

$$\sum_{v=1}^{k_n} \sum_{\xi=1}^{k_{pv}} \frac{H_{\xi v} l_z}{u_z v} + \beta T_o. \quad (9)$$

Здесь  $k_n$  — количество разделяемых пачек;

$k_{pv}$  — количество резов  $v$ -той пачки;

$H_{\xi v}$  — высота  $v$ -той пачки в месте проведения  $\xi$ -того реза;

$T_o$  — продолжительность остановов двигателя при обработке  $k_n$  пачек.

Следовательно, соотношения (1) ... (9) позволяют определить эквивалентную мощность при функционировании привода цепной пилы в установке ЛО-67. Для конкретного расчета необходимы данные, характеризующие обрабатываемые лесоматериалы. Применительно к заданным природно-производственным условиям эти данные можно получить путем имитационного моделирования на ЭЦВМ, для чего используем алгоритм, подобный описанному в работе [4].

При моделировании формирования пачки круглых лесоматериалов можно, наряду с другими, использовать и следующий алгоритм. Сначала «заполняют» комлевое сечение пачки. Предположим, что имеется упорядоченная совокупность диаметров (в комлевом сечении), длин и пород лесоматериалов, укладываемых порядно, начиная с нижнего ряда, слева направо. Пусть образующие пачки в поперечном сечении имеют, как это показано на рисунке, форму равнобокой трапеции. Введем систему координат, связанную с левым нижним углом трапеции. Координаты  $x_1, y_1$  центра сечения первого бревна диаметром  $d_1$  (радиус  $r_1 = d_1/2$ ) определим, очевидно, путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} y_1 = \left(x_1 - \frac{r_1}{\sin \alpha}\right) \operatorname{tg} \alpha, \\ y_1 = r_1. \end{cases} \quad (10)$$

Первое уравнение этой системы выражает условие касания бревном левой стойки пакетоформирующего устройства, второе уравнение — условие касания дна устройства. Второе бревно диаметром  $d_2 = 2r_2$  должно касаться первого бревна и дна пакетоформирующего устройства, поэтому координаты центра его сечения  $x_2, y_2$  находим из системы уравнений:

$$\begin{cases} (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 = (r_1 + r_2)^2, \\ y_2 = r_2, \end{cases} \quad (11)$$

причем из двух корней  $x'_2$  и  $x''_2$  возникающих при решении системы (11), выбираем больший:

$$x_2 = \max \{x'_2, x''_2\}.$$

Процесс заполнения первого ряда пачки продолжается до тех пор, пока для очередного ( $i$ -того) бревна система уравнений

$$\begin{cases} (x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2 = (r_i + r_{i-1})^2, \\ y_i = r_i \end{cases} \quad (12)$$

будет несовместной. Это условие выражается неравенством

$$2y_{i-1}(2r_i - y_{i-1}) + 2r_i(2r_{i-1} + r_i) - x_{i-1}^2 < 0. \quad (13)$$

В случае выполнения неравенства (13) координаты центра сечения  $i$ -того бревна определяем из системы уравнений

$$\begin{cases} (x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2 = (r_i + r_{i-1})^2, \\ y_i = -\operatorname{tg} \alpha (x_i - K + r_i / \sin \alpha), \end{cases} \quad (14)$$

где  $K$  — ширина дна пакетоформирующего устройства.

При этом из двух решений системы (14) выбираем то, которое соответствует максимальному значению найденной ординаты  $y_i$ .

Решением системы уравнений (14) исчерпывается заполнение первого ряда пачки. Дальнейшее заполнение осуществляем так. Для каждого «укладываемого» бревна (пусть его номер равен  $q$ ) определяем координаты точек возможного нахождения центра его сечения. Для этого решаем систему уравнений вида

$$\begin{cases} (x_q - x_i)^2 + (y_q - y_i)^2 = (r_i + r_q)^2, \\ (x_q - x_j)^2 + (y_q - y_j)^2 = (r_j + r_q)^2, \end{cases} \quad \begin{cases} i < j; \\ i = 1, 2, \dots, q-2; \\ j = 2, 3, \dots, q-1 \end{cases} \quad (15)$$

описывающих возможность касания данного бревна с  $i$ -тым и  $j$ -тым из уложенных бревен, а также систему уравнений вида

$$\begin{cases} (x_q - x_i)^2 + (y_q - y_i)^2 = (r_i + r_q)^2, \\ y_q = (x_q - r_q / \sin \alpha) \operatorname{tg} \alpha, \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, q-1) \quad (16)$$

показывающих возможность касания данного бревна с  $i$ -тым из уложенных и левой стенкой пакетоформирующего устройства, и вида

$$\begin{cases} (x_q - x_i)^2 + (y_q - y_i)^2 = (r_i + r_q)^2, \\ y_q = -\operatorname{tg} \alpha (x_q - K + r_q / \sin \alpha), \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, q-1) \quad (17)$$

описывающих возможность касания данного бревна с  $i$ -тым из уложенных бревен и правой стенкой пакетоформирующего устройства.

Из найденных таким образом значений  $(x, y)$  отбрасываем точки, не удовлетворяющие неравенствам:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \geq (r_i + r_q)^2; \quad (i = 1, 2, \dots, q-1) \quad (18)$$

$$y > r_q.$$

Из оставшихся после этой процедуры точек ту точку, координаты которой имеют меньшее значение ординаты, принимаем за центр сечения  $q$ -того бревна.

При использовании алгоритма, принцип организации которого описан выше, для выявления координат центров сечения бревен не в комлях, а в другом сечении пачки, необходимо учитывать сбеги бревен, применяя, например, формулу проф. В. С. Петровского [5].

Итак, применяя разработанную математическую модель функционирования цепного пильного органа установки ЛО-67 для групповой раскряжевки лесоматериалов и используя алгоритмы имитационного моделирования совокупности параметров предмета труда, с помощью ЭЦВМ можно рассчитать требуемую мощность привода при работе этой установки в конкретных природно-производственных условиях того или иного лесозаготовительного региона [1].

Для моделирования работы привода сучкорезной машины МСГ используем экспериментальные зависимости, приведенные в работе [3]. Мгновенное значение мощности на валу приводного двигателя установки  $p(t)$ , кВт, выразим следующей эмпирической формулой:

$$p(t) = (3,82 + 1,75 e^{-0,25t/v_u}) Q v_u + P_{x.x}. \quad (19)$$

Здесь  $t$  — время, прошедшее с момента начала обработки пакета, мин;

$v_u$  — скорость движения цепей установки, м/с;

$Q$  — объем обрабатываемого пакета, м<sup>3</sup>;

$P_{x.x}$  — мощность холостого хода установки, кВт.

Интеграл квадрата мощности на валу двигателя, кВт<sup>2</sup> · мин, за время обработки пакета определим из соотношения

$$J' = \int_0^{\tau} p^2(t) dt = (14,59 Q^2 v_u^2 + 7,64 P_{x.x} Q v_u + P_{x.x}^2) \tau +$$

$$+ 1,53 Q^2 v_u^3 (1 - e^{-0,5\tau/v_u}) + 0,5 (13,37 Q^2 v_u^3 +$$

$$+ 3,5 P_{x.x} Q v_u^2) (1 - e^{-0,25\tau/v_u}). \quad (20)$$

Продолжительность обработки пакета до достижения им заданного показателя качества  $S$  (отношение количества срезанных сучьев к общему их количеству в пакете) можно определить так:

$$\tau = - \frac{\pi Q l_3}{30 \delta q_{cp} n k_{от} v_u} \ln(1 - S), \quad (21)$$

где  $q_{cp}$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;

$n$  — количество стволов, размещенное на одном захватном органе;

$l_3$  — шаг захватных органов;

$k_{от}$  — коэффициент отдачи, характеризующий процесс извлечения деревьев из пачки и перемещения их в данном ориентированном положении ( $k_{от} \leq 1$ );

$$\delta = 2 \arccos \left[ 1 - \frac{2h_{np}}{d_n + d_c} \right].$$

Здесь  $d_n$  — диаметр окружности вращения лезвий зачищающих ножей;

$d_c$  — диаметр стволов в зоне действия зачищающих ножей;

$h_{\text{пр}}$  — превышение окружности вращения лезвий ножей над опорной плоскостью движения стволов.

На основе соотношений (19) ... (21) и формулы (6) можно определить мощность, необходимую для работы сучкорезной машины МСГ, осуществляющей групповую очистку стволов от сучьев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гулько Л. И. Мебельная технология лесных складов.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— № 12. [2]. Залегаллер Б. Г. Расчет пильных механизмов раскряжечных установок.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974.— 180 с. [3]. Красильников Б. Н. О расходе энергии на очистку стволов от сучьев методом групповой обработки в установках бункерного типа // Науч. тр.: ЦНИИМЭ.— 1967.— Вып. 79.— С. 44—51. [4]. Перельмутер Н. М. Выбор оптимальных типоразмерных рядов электрифицированных машин для лесозаготовок // Лесн. журн.— 1983.— № 1.— С. 49—55. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Петровский В. С. Автоматическая оптимизация раскряж древесных стволов.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 184 с.

Поступила 11 октября 1984 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 536.7 : 66.095.217 : 547.596

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ  
МОНОЦИКЛИЧЕСКИХ ТЕРПЕНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Б. А. ГУРЬЯН, Т. А. НИКОЛАЕВА, Г. Х. ИВАШКЕВИЧ

Белорусский технологический институт

Интерес к термодинамике изомеризации терпеновых углеводородов вызван промышленным использованием каталитической полимеризации скипидаров для получения политерпенов. Анализ литературных источников показал, что этому вопросу уделяется мало внимания.

В литературе мы не обнаружили сообщений, в которых проведен сравнительный анализ расчетных термодинамических характеристик и кинетических параметров процессов изомеризации терпеновых углеводородов. Такой подход дает возможность с достаточной достоверностью предсказать характер протекания процесса и равновесный состав продуктов изомеризации.

В одной из работ [3] исследователи изучали термодинамику изомеризации п-ментадиенов в присутствии  $\gamma$ -оксида алюминия. При расчете термодинамических данных реакций авторы не учитывали побочные процессы, что не вполне корректно, поскольку наряду с процессом изомеризации протекают полимеризация и диспропорционирование терпенов. Кроме того, в указанной статье нет сведений о термодинамике изомеризации изолимонена, который, по-видимому, играет немаловажную роль в образовании олигомеров.

В данной работе нами проведен расчет констант равновесия для газофазных реакций изомеризации ряда моноциклических терпенов, которые образуются при изомеризации дипентена в присутствии протонных катализаторов по схеме, предложенной И. И. Бардышевым [1] и приведенной на рис. 1.

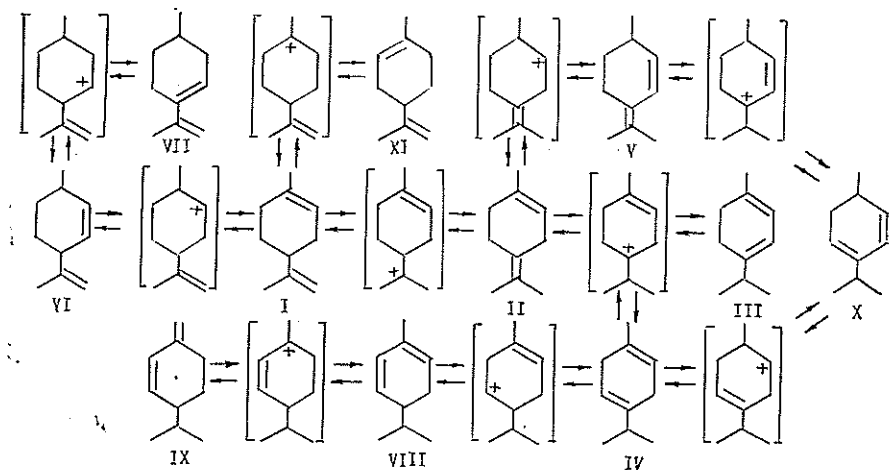


Рис. 1. Схема изомеризационных превращений дипентена

С этой целью для дипентена (I), терпинолена (II),  $\alpha$ -терпинена (III),  $\gamma$ -терпинена (IV), изотерпинолена (V), изолимонена (VI), п-ментадина-3,8 (VII),  $\alpha$ -фелландрена (VIII),  $\beta$ -фелландрена (IX), п-ментадина-2,4 (X) были рассчитаны стандартные энтальпии образования ( $\Delta H_{f, 298}^0$ ), стандартные энтропии ( $S_{298}^0$ ), стандартные энергии Гиббса ( $\Delta G_{f, 298}^0$ ).

Для расчета использовали метод Бенсона [6, 7], дающий надежные результаты для  $\Delta H_{f, 298}^0$ ,  $S_{298}^0$ ,  $\Delta G_{f, 298}^0$  различных классов органических соединений [4] и учитывающий поправку на наличие цикла в рассматриваемом соединении [11]. Стандартные термодинамические характеристики для моноциклических терпеновых углеводородов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Соединение	$\Delta H_{f, 298}^0 \cdot 10^3$ , Дж/моль	$S_{298}^0$ , Дж/моль · К
$\alpha$ -Терпинен	—9,29	434,89
$\alpha$ -Фелландрен	—3,18	434,34
п-Ментадиен-3,8	—10,54	435,76
п-Ментадиен-2,4	—1,42	435,89
$\gamma$ -Терпинен	—7,99	440,74
Изотерпинолен	—22,76	427,31
$\beta$ -Фелландрен	—5,61	433,59
Терпинолен	—12,72	442,88
Дипентен	3,43	453,21
Изолимонен	10,04	448,15

Для рассматриваемых соединений данные о стандартных энтальпиях образования, за исключением дипентена,  $\alpha$ -терпинена и  $\alpha$ -фелландрена [8], и о стандартных энтропиях получены впервые. Имеющиеся литературные данные удовлетворительно согласуются с полученными нами расчетными характеристиками.

С помощью полученных термодинамических характеристик рассчитаны константы равновесия  $K_p$  газовой изомеризации соединений (I...X). Расчет проводили по известным методикам [2]. В табл. 2 приведены расчетные значения  $K_p$  ( $T = 298$  К) реакций изомеризации дипентена в другие моноциклические соединения.

Таблица 2

Реакция	$\Delta G_{f, 298}^0$ , Дж/моль	$K_p$
Дипентен $\rightleftharpoons$ $\alpha$ -терпинен	—7 257,07	18,68
Дипентен $\rightleftharpoons$ $\alpha$ -фелландрен	—984,44	1,49
Дипентен $\rightleftharpoons$ п-ментадиен-3,8	—8 771,67	34,41
Дипентен $\rightleftharpoons$ п-ментадиен-2,4	310,69	0,88
Дипентен $\rightleftharpoons$ $\gamma$ -терпинен	—7 704,27	22,37
Дипентен $\rightleftharpoons$ изотерпинолен	—18 469,50	1 720,38
Дипентен $\rightleftharpoons$ $\beta$ -фелландрен	—3 187,54	3,62
Дипентен $\rightleftharpoons$ терпинолен	—13 070,25	194,86
Дипентен $\rightleftharpoons$ изолимонен	8 119,41	$3,78 \cdot 10^{-2}$

Данные табл. 2 позволяют рассчитать константу равновесия для любых пар из десяти исследованных соединений. Так как изобарно-изотермический потенциал — функция состояния, то справедливо:

$$(\Delta G_{f, 298}^0)_{ij} = (\Delta G_{f, 298}^0)_{jk} = (\Delta G_{f, 298}^0)_{ik},$$

где  $\Delta G_{f, 298}^0$  — изменение энергии Гиббса для реакций изомеризации ( $i \rightleftharpoons j$ ), ( $j \rightleftharpoons k$ ), ( $i \rightleftharpoons k$ ).

Поэтому

$$K_p(j \rightleftharpoons k) = \frac{K_p(i \rightleftharpoons k)}{K_p(i \rightleftharpoons j)}.$$

Так, например, для изомеризации п-ментадиен-2,4 в изолимонен получим  $K_p(X \rightleftharpoons VI) = 3,78 \cdot 10^{-2} / 0,88 = 4,30 \cdot 10^{-2}$ .

Интересно сравнить полученные термодинамические данные изомеризации соединений с экспериментально найденными кинетическими данными. С этой целью нами изучена изомеризация дипентена (чистота по ГЖХ — 99,9 %) в присутствии ортофосфорной кислоты, нанесенной на березовый активированный уголь, в количестве 10 мольных % от массы дипентена, при температуре 80 °С.

Состав изомерных продуктов исследовали путем отбора проб из реакционной смеси, которые анализировали методом ГЖХ. (Хроматограф ЛМХ-72 с пламенно-ионизационным детектором; колонка 7 000 × 3 мм была заполнена хроматоном N — AW, пропитанным 5 % ХЕ-60, температура колонки 90 °С, давление аргона на входе 1 824 Па).

Кинетические кривые изменения состава продуктов изомеризации дипентена представлены на рис. 2.

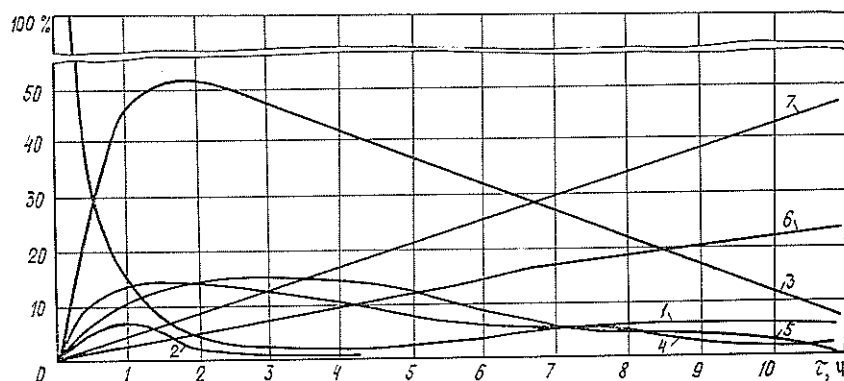


Рис. 2. Динамика изомеризации дипентена в присутствии ортофосфорной кислоты: 1 — дипентен; 2 — терпинолен; 3 — α-терпинен; 4 — γ-терпинен; 5 — изотерпинолен; 6 — п-ментен-3; 7 — п-цимол

Эксперимент показал, что дипентен быстро превращается в α-терпинен. Из моноциклических терпеновых углеводородов стабильные продукты изомеризации дипентена — изотерпинолен и γ-терпинен. На стабильность изотерпинолена указывал и Я. М. Слободин [5], который считал, что полимерные продукты образуются из этого углеводорода. Сопоставление расчетных значений термодинамических характеристик и  $K_p$  изомеризации в газовой фазе с экспериментальными кинетическими параметрами процесса в жидкой фазе возможно при условии, что активность исследуемых соединений в растворе близка к единице. Учитывая симметричное строение моноциклических терпенов, отсутствие гетероатомов в их молекулах и, как следствие этого, незначительное взаимодействие между ними как в газовой, так и в жидкой фазах, можно полагать, что такое сопоставление можно использовать при обобщении полученных результатов.

Термодинамический расчет показал, что терпинолен должен быть стабильным продуктом. Однако изучение кинетики накопления изомерных продуктов показало лабильность терпинолена — быстрое превращение во вторичные продукты. Это дает возможность предположить, что терпинолен — промежуточный продукт на стадии изомеризации дипентен  $\rightleftharpoons$  терпинолен  $\rightleftharpoons$   $\alpha$ -терпинен. Возможно также, что он участвует в образовании димерных веществ. В изомерных продуктах мы обнаружили следы  $\alpha$ - и  $\beta$ -фелландренов и п-ментадиена-2,4, что хорошо согласуется со значениями  $K_p$ . Отсутствие в составе изомерных веществ изолимонена, по-видимому, можно объяснить тем, что он легко подвергается дальнейшей изомеризации и полимеризации.

Следует отметить, что п-ментадиен-3,8 обнаружен только в начальный период изомеризации в виде следов, несмотря на то, что в соответствии с термодинамическим расчетом это соединение — один из наиболее стабильных продуктов изомеризации. Это, по-видимому, обусловлено кинетическими особенностями процесса.

Таким образом, при изомеризации любого из моноциклических терпеновых углеводородов ( $I \dots X$ ) получается близкая к равновесной смесь изомерных монотерпеноидов, приводящая к образованию близких по составу продуктов полимеризации. Результаты согласуются с данными работ [9, 10], в которых показано, что дитерпены, полученные различными способами из различных монотерпеноидов, имеют одинаковые свойства.

Выражаем благодарность И. Л. Шульгину за помощь в выполнении расчетов и А. И. Ламоткину за обсуждение результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бардышев И. И., Попова Л. А., Лойко Ж. Ф. Об изомеризации дипентена и терпинолена в присутствии протонодонорных катализаторов // Изв. АН БССР, Сер. хим. наук.— 1974.— № 3.— С. 60—67. [2]. Карапетьянц М. Х. Химическая термодинамика.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Химия, 1975.— 583 с. [3]. Равновесие изомеризации п-ментадиенов в паровой фазе / З. А. Филиппенко, О. М. Баранов, Г. Н. Роганов, Г. Я. Кабо // Химия природ. соединений.— 1985.— № 1.— С. 51—54. [4]. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей / Под ред. Б. И. Соколова. Пер. с англ.— Л.: Химия, 1982.— 591 с. [5]. Слободин Я. М. Изомеризация циклических углеводородов с изолированной системой двойных связей // ЖОХ.— 1936.— Т. 6.— № 1.— С. 129—136. [6]. Additivity rules for the estimation of thermochemical properties. Thermodynamic Properties / S. W. Benson, F. R. Cruickshank, D. M. Golden a. o. / Chem. Rev.— 1969.— Vol. 69.— P. 279—329. [7]. Benson S. W., Buss J. H. Additivity rules for the estimation of molecular properties. Thermodynamic Properties / J. Chem. Phys.— 1958.— Vol. 29.— P. 546—572. [8]. Cox J. D., Pilcher G. Thermochemistry of organic and organometallic compounds / L.— N. Y.: Acad. Press.— 1970.— 643 p. [9]. Kondakov I., Saprikin S. Sur la chimie des terpenes. Diterpenes et polyterpenes synthetiques. (Recherches originales) / Bull. Soc. Chem. Ind.— 1925.— Vol. 37.— P. 1045—1069. [10]. Ritter J., Sharafkhn J. G. Acid-polymerized dipinene. I. Dehydrogenation // J. Amer. Chem. Soc.— 1940.— Vol. 62.— P. 1508—1509.

Поступила 24 февраля 1987 г.

УДК 630\*813

### ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТРАХИНОНА В ЩЕЛОКАХ И ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАССАХ

Б. Д. БОГОМОЛОВ, О. Ф. ГОРБУНОВА, В. А. ПИВОВАРОВА

Архангельский лесотехнический институт

В последние годы разработан метод щелочной делигнификации с добавками антрахинона (АХ). Использование антрахинона позволяет увеличить выход целлюлозы, сократить продолжительность и снизить температуру варки.



Технологический процесс для получения пищевых сортов бумаги уже применяется на некоторых заводах в Северной Америке [13], а в Японии 70 % заводов переведено на варку с добавками АХ и его производных [7]. Использование АХ позволит до некоторой степени решить проблему загрязнения среды дурнопахнущими выбросами сульфатного производства, однако еще не известно, какое влияние может оказать на окружающую среду сам АХ при увеличении его использования, хотя и показано, что стоки с АХ не токсичнее стоков сульфатных заводов [14, 15] и возможна регенерация отработанного АХ [9].

Механизм делигнификации с АХ рассматривается как восстановительный катализ [11, 12], однако в процессе варки АХ частично подвергается необратимым изменениям, в связи с чем он не является катализатором классического типа. АХ нерастворим в холодном водном растворе щелочи, однако в условиях варки в присутствии углеводных компонентов древесины он быстро растворяется, превращаясь в антрагидрохинон (АГХ). В процессе варки он участвует в реакциях с лигнином и углеводами, стабилизируя последние и повышая выход целлюлозной массы [2, 4, 5, 6, 8]. По окончании варки АХ может находиться в черном щелоке как в неизменном состоянии, так и в виде продуктов его восстановления (антрагидрохинона, антрона, антрацена).

Антрахинон — полярографически активное соединение. В диметилформамиде (ДМФ) и диметилсульфоксиде (ДМСО) наблюдаются две одноэлектронные волны при  $-0,8$  и  $-1,2$  В (относительно НКЭ). При добавлении воды регистрируется только одна волна [11]. В водно-органической среде потенциал восстановления АХ в зависимости от pH среды изменяется от  $-0,2$  до  $-0,8$  В [10]. При этом pH имеет большее значение, чем заместители в кольце АХ.

При действии восстановителей (боргидрид натрия, гидросульфит натрия, глюкоза) АХ в щелочной среде окрашивается в красный цвет и дает максимумы поглощения в УФ и видимой областях при длине волн  $\lambda$ , равной 315, 416, 501 нм [11]. В связи с вышесказанным для

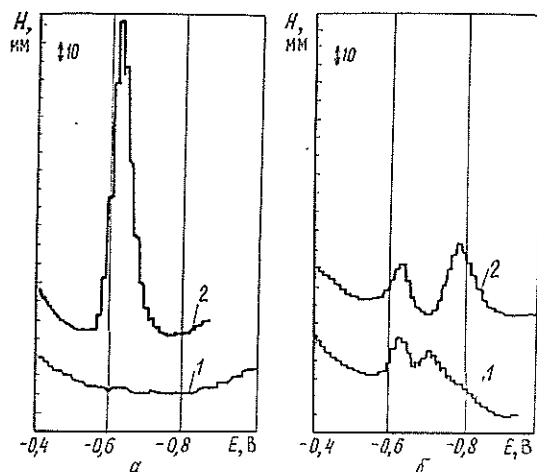


Рис. 1. Влияние pH на полярограмму антрахинона (АХ) в 50%-м водном ДМФ на фоне 0,5 М хлорида лития при чувствительности 0,25 · 10, амплитуде 30: а — фон (кривая 1); (1) + 0,005 мг/мл АХ (кривая 2); б — 0,005 мг/мл АХ (pH 8) за счет добавки гидроксида лития (кривая 1); 0,005 мг/мл АХ (pH 9) за счет добавки гидроксида лития (кривая 2)

определения АХ при щелочной делигнификации в лабораторных условиях нами применены полярографический и фотоколориметрический методы исследования.

Для полярографических определений АХ была использована водно-диметилформамидная среда с 0,5 М хлоридом лития в качестве фонового электролита и водно-щелочная среда в присутствии гидросульфита натрия.

Ранее было показано, что АХ количественно можно определять в виде АХ в водно-диметилформамидном растворе на фоне хлорида лития и в виде АГХ после обработки объектов, содержащих АХ, гидросульфитом натрия в водном щелочном растворе. Различия в результатах можно отнести за счет присутствия промежуточных продуктов восстановления АХ, например, антрона или антранола. В случае заметных количеств антрона в исследуемых объектах отмечены различия в результатах при полярографическом анализе с использованием метода непосредственного определения АХ в среде 50 %-ный ДМФ — вода и в виде АГХ после обработки гидросульфитом натрия. Некоторое влияние при этом оказывало присутствие лигнина [3].

В наших исследованиях при использовании переменного тока полярографии с принудительным отрывом ртутных капель в среде 50 %-ный ДМФ — вода на фоне 0,5 М LiCl наблюдались полярограммы, представленные на рис. 1, а. При увеличении pH за счет добавления гидроксида лития высота волны при  $-0,60 \dots -0,62$  В снижалась, затем появлялись две волны (см. рис. 1, б).

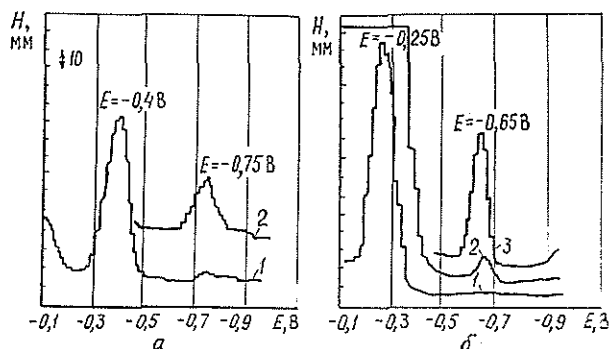


Рис. 2. Полярограммы АХ (АГХ) с гидросульфитом натрия на фоне 0,5 М гидроксида лития: а — концентрация АХ 0,002 мг/мл (1); концентрация АХ 0,009 мг/мл (2); б — гидросульфит натрия (0,2 мг/мл) в присутствии 0,2 мг/мл натронного лигнина (1); (1) + большой избыток гидросульфита натрия (2); концентрация АХ (АГХ) 0,012 мг/мл (3)

Восстановленный АХ (АГХ) при полярографировании водного щелочного раствора давал пик с потенциалом  $E = -0,75$  В (рис. 2, а). Однако сам гидросульфит натрия, используемый для восстановления АХ, является полярографически активным соединением: он дает анодную волну большой величины при потенциале  $-0,40$  В, имеющую диффузионный характер. При увеличении чувствительности обнаруживаются еще две волны при  $-0,72$  и  $1,22$  В, которые имеют характер кинетических [1]. Определенный избыток гидросульфита натрия (0,2... 0,3 мг/мл) в присутствии 0,150... 0,300 мг/мл лигнина позволяет провести анализ с приемлемой для полярографического анализа точно-

стью [3]. В присутствии лигнина основной пик гидросульфита натрия сдвигался на 100...150 мВ, а АГХ — на 50...70 мВ (рис. 2, б). В водно-ДМФ среде в присутствии лигнина пик АХ сдвигался также к положительному значению. Однако в последнем случае большее влияние на потенциал пика оказывала величина рН среды.

В качестве объектов исследования были использованы: отработанные щелока, полученные при микроварках древесины сосны при 160 °С в течение разного времени, без отделения целлюлозных масс, а также целлюлозные массы, отделенные от щелока и промытые водой, и щелока вместе с промывной водой (3 объема от щелока).

В табл. 1 представлены результаты анализа щелоков вместе с остаточными целлюлозными массами полярографическим методом после обработки их гидросульфитом натрия. Из полученных данных следовало, что с удлинением продолжительности варки при 160 °С выход остаточного антрахинона заметно снижается.

Таблица 1

Влияние продолжительности варки на расход антрахинона при 160 °С

Количество загруженного АХ, % от древесины	Количество АХ, определенного полярографически, %		Примечание
	от древесины	от исходного	
0,515	0,510	99,0	1 ч (подъем до 160 °С)
0,502	0,445	88,6	1 ч (подъем до 160 °С) + + 1,5 ч (варка)
0,506	0,253	50,0	1 ч (подъем до 160 °С) + + 3,0 ч (варка)
0,993	0,985	99,2	1 ч (подъем до 160 °С)
0,997	0,886	88,9	1 ч (подъем до 160 °С) + + 1,5 ч (варка)
1,000	0,530	53,0	1 ч (подъем до 160 °С) + + 3,0 ч (варка)

Таблица 2

Результаты сравнительного полярографического определения антрахинона (АХ) в отработанных щелоках натронно-антрахинонных варок при 160 °С

Загружено на варку АХ, от древесины	Определено АХ				Примечание
	в виде АХ в среде: 50%-ный ДМФ — вода		в виде АГХ после обработки $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$		
	% от древес- ины	% от за- гружен- ного на варку АХ	% от древес- ины	% от за- гружен- ного на варку АХ	
0,500	0,150	30,000	0,130	26,000	Варка: подъем до 160 °С 1 ч + + выдержка 3 ч. Щелок отделен от массы и сое- динен с первой порцией промыв- ной воды (примерно в 3-кратном объеме от щелока).
0,250	0,077	30,800	0,070	28,000	
0,500	0,346	69,200	...	...	Варка в автоклавах емкостью 200 мл при 140 °С по режиму: подъем температуры — 1 ч, вар- ка — 3 ч.
0,500	0,320	67,000	...	...	

Как видно из данных, приведенных в табл. 2, при определении АХ в виде АГХ после обработки гидросульфитом натрия получаются несколько заниженные результаты. Из сравнения данных табл. 2 с данными анализа отработанного щелока от варки в соответствующих усло-

виях (160 °С, продолжительность 1 ч + 3 ч), но не отделенного от массы (табл. 1), следует, что какая-то часть АХ удаляется с массами.

При анализе целлюлозных масс использован метод настаивания в ДМФ с последующим полярографированием. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3  
Содержание АХ в целлюлозных массах\*  
от натронно-антрахиновых варок при загрузке АХ 0,5 % от древесины

Температура варки, °С	Определено АХ, %			Примечание
	от массы	от древесины	от загруженного на варку	
140	0,108	0,061	12,2	Режим варки: подъем до заданной температуры — 1 ч, варка при температуре — 3 ч
160	0,064	0,028	5,6	
180	0,070	0,023	4,6	

\* Массы полностью отмыты от щелока.

Из данных табл. 3 следует, что масса может удерживать до 0,1 % АХ.

Из сравнения результатов табл. 1..3 по количеству определяемого АХ в щелоках, не отделенных от массы, и в щелоках и промытых массах для одинаковых условий варки (160 °С; 1 ч + 3 ч) при 0,5 % загрузки АХ следует, что в щелоке после варки остается 50 % АХ. При разделении щелока и массы определено  $30 + 5,6 = 35,6$  % АХ от загруженного. Следовательно, около 14 % может теряться с промывной водой. В случае варок при более низких температурах (140 °С) при загрузке 0,5 % АХ сумма определяемого АХ в отработанном щелоке и целлюлозной массе составляет в среднем  $68,0 + 12,2 = 80,2$  %.

Из полученных результатов можно заключить, что на количество определяемого остаточного антрахинона влияют продолжительность и температура обработки при щелочной варке. Часть АХ остается в целлюлозных массах. При анализе щелоков после натронно-антрахиновых варок расхождения в результатах определения антрахинона по волне восстановления АХ в среде 50 %-ного водного ДМФ и по волне окисления АГХ в щелочной среде после обработки гидросульфитом натрия не превышали 10...13 %.

Следует отметить, что для отработанных щелоков, содержащих сульфид натрия и свободную серу, их полярографические волны накладываются на волну антрахинона. Учитывая это, в дальнейшем для анализа мы применяли метод фотоколориметрического определения антрахинона.

### Методика эксперимента

Подготовка щелока для определения в среде ДМФ — вода — хлорид лития: 1...2 мл черного щелока в мерной колбе на 25 мл нейтрализовали 10 %-ной соляной кислотой и доводили до метки ДМФ. В электролитическую ячейку помещали 1...10 мл полученного ДМФ раствора и добавляли такое количество 0,5 М раствора хлористого лития в ДМФ, чтобы концентрация последнего составляла примерно 50 %. После продувки раствора в ячейке гелием полярограмму записывали от —0,1 до —1,0 В и измеряли высоту пика. После добавки стандартного раствора АХ в ДМФ в объеме не более 0,1...0,5 мл определяли суммарную высоту пика. Содержание АХ рассчитывали по формуле

$$AX = \frac{ahc}{(l-h)v} \text{ мг/мл,}$$

где  $a$  — объем стандартного раствора, добавленного в ячейку, мл;  
 $c$  — концентрация стандартного раствора, мг/мл;  
 $v$  — объем исследуемого раствора в ячейке, мл;

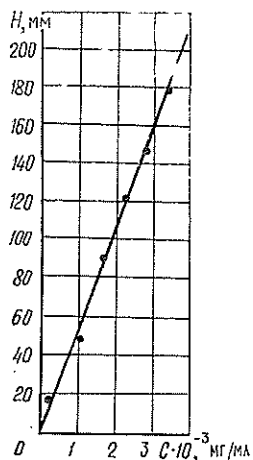
$h$  — высота пика исследуемого раствора, мм;

$l$  — суммарная высота пика исследуемого и стандартного растворов, мм.

Восстановление гидросульфитом натрия: пробу разбавленного щелока (1...2 мл) помещали в мерную колбу на 25 мл с притертой пробкой, добавляли 100...200 мг гидросульфита натрия, доводили до метки и выдерживали в течение 2 ч при комнатной температуре. Затем к 1 мл восстановленного раствора добавляли 19 мл фона, содержащего 0,5 мл раствора лигнина в 5 %-ном NaOH (4,0 мг) и 0,5 мл раствора гидросульфита натрия в NaOH, и полярограмму записывали после продувки раствора в ячейке инертным газом.

Параллельно записывали полярограмму фона. В качестве фона использовали точно такие же объемы натронного щелока, полученного варкой без АХ, или раствор

Рис. 3. Влияние концентрации АХ (АГХ)  $C$  на высоту пиков  $H$  в режиме с принудительным отрывом ртутных капель ( $\tau = 5$  с, длительность задержки 1,1 с,  $v = 10$  мВ/с) на фоне 0,5 М LiOH с добавкой НЛ при избытке  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$



натронного лигнина и гидросульфит натрия. Концентрацию АХ определяли, пользуясь калибровочной линией. Калибровочную линию (рис. 3) строили на основании стандартных растворов, приготовленных следующим образом: к 1...10 мг АХ в мерной колбе на 25 мл добавляли 2 мл спирта и 200 мг гидросульфита натрия, 100 мг натронного лигнина или 2,5 мл натронного щелока, и раствор выдерживали в течение 2 ч (но не более 6 ч). Отдельно готовили раствор лигнина: 200 мг в мерной колбе на 25 мл и 200 мг гидросульфита натрия в 5 %-ном NaOH. В полярографическую ячейку помещали 0,1...0,5 мл стандартного раствора АХ и добавляли такое количество щелочного раствора лигнина и гидросульфита, чтобы избыток лигнина и гидросульфита натрия составлял 0,2 мг/мл, а содержание АХ на объем 20...25 мл — от 0,005 до 0,100 мг.

Полярографические определения проводили при использовании универсального полярографа марки ПУ-1 с ртутным каплющим катодом и хлорсеребряным электродом в качестве электрода сравнения. Использовали переменноточковый режим «Таст», синхронизация с принудительным отрывом ртутной капли, при задержке 1,1. Продолжительность жизни ртутной капли при естественном ее отрыве равнялась 5 с в растворе гидроксидов в пределах  $E = -0,5 \dots -1,0$  В, скорость вытекания 1,63 мг/с. Анализы проводили при чувствительности  $0,25 \cdot 100$ , амплитудах 30, 60 и  $0,25 \cdot 10$ , направление полярографии катодное, при скорости записи 10 мВ/с.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гейровский Я., Кута Я. Основы полярографии.— М.: Мир, 1965.— 559 с.
- [2] Гермер Э. И., Галузин Н. Г. Действие антрахинона на основных стадиях натронно-антрахиноновой варки // Химия древесины.— 1982.— № 5.— С. 31—34.
- [3] Горбунова О. Ф., Богомолов Б. Д. Полярографическое определение антрахинона и антраона // Химия древесины.— 1986.— № 4.— С. 45—50.
- [4] Москвитин Н. Г., Чупка Э. И. Влияние моноэтаноламина и антрахинона на процесс щелочной варки древесины сосны // Химия древесины.— 1981.— № 3.— С. 31—33.
- [5] Применение антрахинона и родственных соединений / Р. И. Ковалевская, Ю. А. Бойко, М. А. Иванов, В. М. Крюков // Химия древесины.— 1981.— № 2.— С. 17—19.
- [6] Сравнительное исследование отработанных щелоков при делигнификации с добавками антрахинона / Б. Д. Богомолов, О. Ф. Горбунова, В. С. Буцаленко и др. // Химия древесины.— 1986.— № 5.— С. 48—53.
- [7] Целлюлоза, бумага, картон // Экспресс-информ. Зарубежный опыт: Тенденции в области делигнификации древесины.— М., 1986.— № 13.— 20 с. (ВНИПИЭИлеспром).
- [8] Щелочная делигнификация в присутствии антрахинона / Б. Д. Богомолов, О. Ф. Горбунова, В. А. Пивоварова, В. С. Буцаленко // Химия древесины.— 1981.— № 3.— С. 27—30.
- [9] Gowrang I., Kassidu R., Dence C. W. Reduction products of anthraquinone // TAPPI.— 1979.— N 7.— V. 62.— P. 43—47.
- [10] Kurt Schwabe. Polarographic and chemische konstitution organischer verbindungen.— Akademie-Verlag—Berlin, 1957.— Bd 8.— 457 p.
- [11] Soda pulping with Anthraquinone A mechanism / B. I. Fleming, G. J. Kubes, J. M. Macleod, N. I. Bolker // TAPPI.— 1978.— V. 161.— N 6.— P. 43—46.
- [12] Sven

Lindenfors. Additives in alkaline pulping.— What reduce what? // Svensk papperstidning.— 1980.— N 6.— P. 165—173. [13]. Trevor J. Tenn. Anthraquinone pulping of wood // Process Technology Chemical Engineering.— 1979.— N 3.— P. 64—65. [14]. Zanella E. F., Joyce T. W., McDonough T. J. Acute toxicity of simulated soda-anthraquinone and soda-anthraquinone borate pulping effluent // TAPPI.— 1979.— N 10.— V. 62.— P. 71—74. [15]. Zanella E. F., McKelvey R. D., Joyce T. W. Effect of anthraquinone on toxicity and treatability of bleached kraft pulp mill effluent // TAPPI.— 1979.— N 2.— V. 62.— P. 65—67.

Поступила 10 марта 1987 г.

УДК 676.2.02

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА В КОМПОЗИЦИИ МЕШОЧНОЙ БУМАГИ ПОНИЖЕННОЙ МАССОЕМКОСТИ

П. Ф. ВАЛЕНДО, А. В. ОСИПОВ, И. А. ЛЕМБИЕВСКАЯ

Белорусский технологический институт

Один из способов снижения массоемкости бумаги и картона — введение в композицию бумажной массы упрочняющих добавок, в частности, синтетических полиэлектролитов.

Наиболее эффективная упрочняющая добавка — полиэтиленимин (ПЭИ) и его модификации. Введение этих соединений в композицию бумажной массы дает возможность повысить прочность готовой продукции, обеспечить более полное удержание волокнистой мелочи и улучшить обесжоживание бумажного полотна [2]. Кроме того, ПЭИ и его производные, в частности, сополимер ПЭИ с акрилонитрилом (СПЭИА), — эффективные коагулянты парафиновой дисперсии, что позволяет исключить сернокислый глинозем из композиции бумажной массы и проводить процесс проклейки в нейтральной среде [1].

Однако наряду с ПЭИ и его производными в производстве бумаги и картона нашли применение и другие полиэлектролиты, и поиск в этом направлении продолжается.

Таблица 1

пара- фино- вой дис- пер- сии	Массовый расход, % от абс. сухого волокна			Разрыв- ная длина, м	Сопро- тивление продав- ливанию, кПа	Влаго- прочность, %	Впитывае- мость при односторон- нем смачи- вании, г/м <sup>2</sup>
	ПГМГ	СПЭИА	ПЭИ				
0	0,0	0,0	0,0	7 300	480	0,8	141,4
2	0,2	0,0	0,0	7 340	500	5,6	30,3
2	0,0	0,0	0,2	6 890	320	3,7	29,9
2	0,0	0,2	0,0	6 800	350	3,7	29,6
3	0,3	0,0	0,0	7 250	520	7,0	24,1
3	0,0	0,0	0,3	6 800	360	4,6	24,0
3	0,0	0,3	0,0	6 620	330	4,7	23,0
4	0,4	0,0	0,0	7 430	500	9,4	22,3
4	0,0	0,0	0,4	6 850	420	6,0	22,4
4	0,0	0,4	0,0	6 970	410	5,9	22,7

Нами исследовано влияние добавок полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) в бумажную массу.

Был проведен сравнительный эксперимент, в ходе которого сопоставляли влияние добавок СПЭИА, ПЭИ и ПГМГ на показатели качества бумаги, полученной в нейтральной среде без солей алюминия.

Результаты испытаний лабораторных образцов бумаги из небеленой сульфатной целлюлозы со степенью помола 35 °ШР приведены в табл. 1.

Таблица 2

Массовый расход, % от абс. сухого волокна			Масса 1 м <sup>2</sup> бумаги (X <sub>4</sub> ), г
гачевой дисперсии (X <sub>1</sub> )	ПГМГ (X <sub>2</sub> )	pH бумажной массы (X <sub>3</sub> )	
0	0,0	3,5	57
1	0,0	6,0	64
3	0,0	9,0	71
5	0,0	11,5	78
0	0,2	6,0	71
1	0,2	9,0	78
3	0,2	11,5	57
5	0,2	3,5	64
0	0,5	9,0	57
1	0,5	11,5	64
3	0,5	3,5	71
5	0,5	6,0	78
0	1,0	11,5	71
1	1,0	3,5	78
3	1,0	6,0	57
5	1,0	9,0	64

ные лабораторные образцы бумаги были изготовлены из сульфатной небеленой целлюлозы со степенью помола 34 °ШР.

Опытные данные вводили в ЭВМ «Мир-2» и по программе, разработанной на кафедре технологии древесных плит, пластмасс и бумаги БелТИ, были математически описаны показатели качества бумаги, из которых по минимальному значению критерия Фишера для оптимизации отобраны следующие:

$$Y_1 = 2,849 + 0,2003X_1 - 0,007793X_2 - 0,2563X_3 + 0,001015X_4;$$

$$Y_2 = 133,2 + 5,984X_1 + 31,94X_2 - 4,403X_3 + 11,14X_4;$$

$$Y_3 = -218,4 - 50,19X_1 - 19,25X_2 - 0,5539X_3 + 9,633X_4 + \\ + 6,487X_1^2 + 32,39X_2^2 + 0,1470X_3^2 - 0,07008X_4^2;$$

$$Y_4 = -2,934 + 0,4935X_1 - 0,9225X_2 + 0,2314X_3 + 0,8680X_4;$$

$$Y_5 = -14,85 - 3,361X_1 + 23,91X_2 + 0,7771X_3 + 3,777X_4,$$

где  $Y_1$  — удлинение при разрыве, %;  
 $Y_2$  — сопротивление раздиранию, мН;  
 $Y_3$  — впитываемость при одностороннем смачивании, г/м<sup>2</sup>;  
 $Y_4$  — разрывной груз, Н;  
 $Y_5$  — сопротивление продавливанию, кПа;  
 $X_1$  — массовый расход гачевой дисперсии, % от абс. сухого волокна;  
 $X_2$  — массовый расход ПГМГ, % от абс. сухого волокна;  
 $X_3$  — pH бумажной массы;  
 $X_4$  — масса 1 м<sup>2</sup> бумаги, г.

В результате проведения оптимизации методом локального поиска на ЭВМ «Мир-2» разработан оптимальный состав массы для мешочной бумаги пониженной массоемкости. Критериями качества приняты показатели качества бумаги, изготовленной в лабораторных условиях по

Из данных табл. 1 следует, что ПГМГ наряду с ПЭИ и СПЭИА можно успешно использовать в производстве бумаги. При этом увеличивается прочность бумаги в сухом и влажном состоянии. Особенно заметно повышение показателя сопротивления продавливанию. Следовательно, введением в бумажную массу ПГМГ можно улучшить качество продукции или снизить массу 1 м<sup>2</sup> бумаги без ухудшения ее физико-механических показателей.

Следующий этап нашей работы — разработка оптимального состава мешочной бумаги пониженной массоемкости. С этой целью был проведен четырехфакторный эксперимент на четырех уровнях по плану, представленному в табл. 2.

С целью снижения себестоимости продукции и улучшения проклейки в композицию бумажной массы вводили взамен ка-нифольного клея гачевую дисперсию. Опыт-

технологическому режиму производства мешочной бумаги на Новолялинском ЦБК. В связи с тем, что условия отлива на листоотливном аппарате и бумагоделательной машине различны, в частности, в первом случае не используют оборотную воду, нами при проведении эксперимента был увеличен расход канифольного клея до 2,5 % от абс. сухого волокна. В ходе оптимизации минимизировали затраты на целлюлозу, гачевую дисперсию, ПГМГ, электроэнергию на размол, расходуемых на производство 10 000 м<sup>2</sup> мешочной бумаги.

Установлено, что оптимальный состав бумажной массы — композиция, включающая кроме сульфатной небеленой целлюлозы гачевую дисперсию в количестве 2,45 % и ПГМГ в количестве 0,44 % от массы абс. сухого волокна при проклейке бумаги в нейтральной среде при pH 6,9. Показатели качества бумаги из существующей и оптимальной композиции приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели качества бумаги	Композиция бумажной массы	
	существующая	оптимальная
Масса 1 м <sup>2</sup> бумаги, г	78,0	67,2
Разрывной груз, Н	57,8	57,9
Сопротивление раздиранию, мН	880	880
Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м <sup>2</sup>	39,0	30,2
Сопротивление продавливанию, кПа	240	245
Удлинение при разрыве, %	1,5	1,6

Из данных табл. 3 следует, что использование массы оптимального состава в производстве мешочной бумаги позволяет уменьшить массу 1 м<sup>2</sup> лабораторных образцов с 78 до 67,2 г при снижении впитываемости на 21 % для одностороннего смачивания.

ПГМГ можно применять и в композиции мешочной бумаги, проклеенной канифольным клеем. Однако в этом случае в качестве коагулянта необходимо использовать соли алюминия, так как ПГМГ в отсутствие неорганических коагулянтов не может придать проклеенной клеем бумаге низкую впитываемость при одностороннем смачивании.

Состав для мешочной бумаги, включающий кроме целлюлозы гачевую дисперсию и ПГМГ, рекомендован для промышленных испытаний на Новолялинском ЦБК с целью корректировки расходов применительно к производственным условиям с последующим переходом на выпуск бумаги пониженной массоемкости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 796290 СССР, МКИЗ Д 21 Н 3/32, Д 21 Н 3/04. Бумажная масса / П. Ф. Валендо, Н. Г. Цмыг, П. А. Гембицкий (СССР).— № 2735026/29—12; Заявлено 11.03.79; Оpubл. 15.01.81, Бюл. № 2 // Открытия. Изобретения.— 1981.— № 2.— С. 122.
- [2]. Валендо П. Ф., Цмыг Н. Г. Совершенствование технологии производства бумаги и картона в БССР.— Минск: БелНИИНИТИ, 1979.— 35 с.

Поступила 27 января 1987 г.



УДК 676.017.2

## ОБ ЭФФЕКТЕ УПРОЧНЕНИЯ БУМАГИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Б. П. ЕРЫХОВ, А. П. ПЛОТНИКОВ, Ю. П. СЫРНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

После обнаружения тиксотропии в воздушно-сухих целлюлозно-бумажных материалах [2, 4] и использования для фиксации этого явления высокочастотного крутильного маятника [5] по ОСТ 13—163—83 [6] появилась уникальная возможность на одной и той же установке реализовать динамическое воздействие на кольцевой образец и зафиксировать кинетику самопроизвольного восстановления структуры. Ранее [2, 4, 5] явления самопроизвольного тиксотропного упрочнения фиксировали низко-или высокочастотным крутильным маятником после слабых пластических деформаций целлюлозно-бумажного образца (протягивание под углом или через валик печатной машинки).

В данной статье в качестве механического воздействия использовали синусоидальный закручивающий момент, прикладываемый с помощью коромысла к внутреннему контуру кольцевого образца в установке для резонансного определения модуля сдвига типа УРОМС, серийно выпускаемой экспериментально-производственными мастерскими ЦНИИБа.

Учитывая, что амплитуда закручивающего момента легко варьирует с помощью напряжения на катушке возбуждения или расстоянием между постоянными магнитами на коромысле и катушкой возбуждения [6], можно количественно оценить эффективность динамического воздействия на исследуемый образец. Что касается характеристики самого способа вибрационного воздействия на образец, то по сравнению со статическим воздействием динамическое более технологично, удобно и дозировано управляемо. Для типично коагуляционных структур именно динамическому воздействию отдают предпочтение.

Различные виды целлюлозно-бумажных материалов испытывали следующим образом. Кольцевой образец фиксировали в УРОМСе, на катушку возбуждения подавали различное напряжение звуковых частот и определяли зависимость модуля сдвига  $G$  от продолжительности динамического воздействия  $t$ .

Учитывая, что во всех предлагаемых исследованиях действуют два конкурирующих фактора, один из которых связан с разупрочнением структуры при сдвиговых воздействиях, а другой — с самопроизвольным упрочнением за счет тиксотропных эффектов, рассмотрим полученные результаты.

На рис. 1 представлены две зависимости  $G = f(t)$  для двух образцов типографской бумаги № 1 Сыктывкарского ЛПК при слабом (1) и сильном (2) динамических воздействиях.

В первом случае (кривая 1 на рис. 1) переупаковка структурных «зерен» затруднена, зато кинетика упрочнения может быть надежно зафиксирована. Сильное динамическое воздействие (кривая 2 на рис. 2) приводит к быстрому увеличению модуля сдвига уже в первые минуты испытаний, следовательно, переупаковка структурных элементов за счет такого сдвигового воздействия существенно облегчается. Можно высказать предположение, что при сильном воздействии возрастание модуля

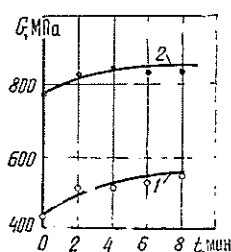


Рис. 1

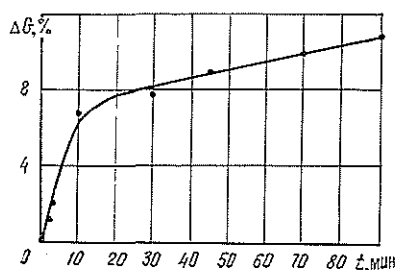


Рис. 2. Зависимость модуля сдвига от продолжительности динамического воздействия на бумагу ТБ-1, высушенную после ее помещения в изо-пропиловый спирт

сдвига до 800 МПа происходит настолько быстро, что на установке УРОМС мы не успеваем зафиксировать его возрастание от исходного значения (кривая 2 на рис. 1). Следовательно, сам процесс переупаковки структурных элементов при оптимальном динамическом воздействии может быть мало инерционен. Доказательство справедливости высказанного предположения — тот факт, что и сильное, и слабое (спустя 3 ч) воздействия приводят в конечном итоге к возрастанию модуля сдвига практически до одного и того же значения. Оказалось, что при сильном динамическом воздействии модуль сдвига в течение всего времени измерений несколько осциллирует, что связано, по-видимому, с конкурирующими факторами, отмеченными выше.

Как показано в работе [4], в бумагоделательной машине после изготовления бумаги процесс формирования структуры бумажного полотна еще не заканчивается, а продолжается довольно длительное время. Именно по этой причине прочность (и, следовательно, модуль сдвига) бумаги возрастает, а потом на определенном этапе проявляет себя процесс старения, связанный с изменениями химических свойств волокон и соответствующими изменениями механических свойств бумаги.

Оказалось, что процесс образования новых связей между структурными элементами можно существенно ускорить, если прибегнуть к механическому воздействию в виде пластической деформации, размораживающей структурные элементы и приводящей, в конечном итоге, к самопроизвольному тиксотропному упрочнению.

Представленные на рис. 1 графики показывают, что наиболее мощный катализатор этого процесса — динамическое сдвиговое воздействие на структуру бумаги, так как уже в первые моменты после начала этого воздействия модуль сдвига практически достигал максимальной величины за счет переупаковки структурных элементов. С целью проверки высказанных выше соображений в таблице представлены результаты по эффекту изменения структуры различных целлюлозно-бумажных материалов (свежих и пролежавших около 7 лет) под действием среднего динамического воздействия в УРОМСе в течение 1 ч. Испытанию были подвергнуты более 200 образцов.

Результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Целлюлозно-бумажные материалы, хранившиеся длительное время в естественных условиях, имеют более «устоявшуюся» структуру. Процесс структурообразования в них уже закончился, и динамическое воздействие незначительно изменяет их структурную характеристику — модуль сдвига.

Вид продукции	$G_{исх}$ , МПа	$G_{кон}$ , МПа	$\frac{G_{кон} - G_{исх}}{G_{исх}} 100, \%$
Типографская бумага № 1:			
ТБ-1 1984 г. № 1	782	855	9,3
» 1984 г. № 2	765	840	9,8
» 1984 г. № 3	430	538	29,7
Книжно-журнальная 1984 г.	505	722	42,0
Отливки 1977 г.:			
Хвойная целлюлоза № 1	327	329	0,6
» » № 2	345	347	0,6
Лиственная целлюлоза № 1	336	338	0,6
» » № 2	352	355	0,8
Из напорного ящика № 1	556	570	2,5
» » » № 2	565	581	2,8
ТБ-1 1977 г.	810	865	6,8
Калька матовая 1977 г.	119	123	3,4
Бумага писчая 1977 г.	625	654	6,2
Тетрапак 1977 г.	679	681	0,3

2. Для «свежих» материалов вибрационное воздействие приводит к быстрой и существенной переупаковке их структурных элементов.

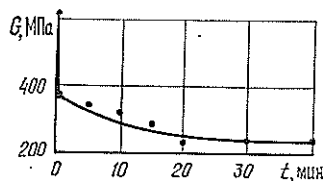
3. Более тонкие материалы быстрее и рельефнее реагируют на динамическое воздействие.

Приращение модуля сдвига за счет динамического воздействия в установке УРОМС (последняя графа таблицы) вполне достоверно, так как относительная погрешность измерения модуля сдвига для фиксированного в приборе конкретного образца в течение всего опыта составляет не более 0,1...0,2 % [3].

Методом свободных крутильных колебаний ранее было показано [1], что пропитанная изопропиловым спиртом (ИПС) и затем высушенная бумага практически не изменяла своей структуры, так как модуль сдвига оставался постоянным. Такие же результаты получены и с использованием УРОМСа, однако в результате динамического воздействия на высушенный после ИПС образец модуль сдвига типографской бумаги вырос на 11 % за 1,5 ч (рис. 2).

С целью исследования влияния характера контактов между структурными элементами при вибрационном воздействии был проведен эксперимент по обработке бумаги ТБ-1 трансформаторным маслом, избыток которого перед помещением в УРОМС убрали при помощи фильтровальной бумаги.

Рис. 3. Зависимость модуля сдвига от продолжительности динамического воздействия для бумаги ТБ-1 после ее пропитки трансформаторным маслом



На рис. 3 представлена зависимость  $G = f(t)$ , характеризующая кинетику пластификации образца под действием масла. Оказалось, что за 20 мин динамического воздействия модуль сдвига уменьшился на 35,6 %, а по сравнению с его значением до пропитки он упал в 2,5 раза. Следовательно, пластификация самих волокон и ослабление межволоконных связей привели к резкому снижению прочности бумаги. Интересно, что после полного высыхания масла (в течение месяца) динамическое воздействие на те же образцы приводит к тому, что уже в первые 10...15 мин модуль сдвига возрастает на 40...60 % по отношению

к его исходному значению до пропитки маслом. Иными словами, вибрационное сдвиговое воздействие на целлюлозно-бумажные материалы — самый эффективный способ, вызывающий самопроизвольное тиксотропное упрочнение бумаги за счет более плотной переупаковки ее структурных элементов.

Приведенные данные носят предварительный характер. Однако если скорость переупаковки структурных элементов в целлюлозно-бумажных материалах при динамическом воздействии действительно окажется высокой, то в перспективе можно рассчитывать на использование этого эффекта непосредственно на бумагоделательной машине с целью получения более сомкнутой структуры волокнистого материала.

Подводя предварительные итоги работ этого направления, особо следует отметить бесспорное наличие эффекта упрочнения бумаги при сдвиговом вибрационном воздействии, что обусловлено явлением тиксотропии в целлюлозно-бумажных материалах и обнаружено впервые в мировой практике. Для практического использования этого явления в ближайшем будущем должна быть проведена большая работа по выбору критериев динамического воздействия на структуру бумаги в зависимости от частоты, амплитуды, времени выдержки и отдыха после динамического воздействия и определения оптимальных предельных напряжений сдвига, вызывающих переупаковку структурных элементов.

В заключение авторы статьи считают своим приятным долгом поблагодарить ст. инж. М. А. Пилию и ассист. Т. Н. Груздеву за участие в проведении некоторых измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование кинетики структурных изменений в бумаге методом крутильных колебаний // Лесн. журн.— 1982.— № 2.— С. 68—71. (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. О некоторых проявлениях тиксотропии у бумаги // Лесн. журн.— 1978.— № 5.— С. 160—162. [5]. 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). [6]. ОСТ 13—163—83. Полуфабрикаты целлюлозно-бумажного производства. Бумага. Картон. Резонансный метод определения модуля сдвига и добротности.— Введ. 01.01.84 до 01.01.89.— М.: Изд-во Минлесбумпрома СССР, 1983.— 16 с.

Поступила 26 сентября 1986 г.

УДК 630\*813.13

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ ДИАРИЛМЕТАНОВ

О. К. СОКОЛОВА, Т. А. СОКОЛОВА, Н. М. РИШЕС,  
И. А. МАРТЫНОВА, З. Г. КОРОТНЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

При жидкофазном окислении дипсевдокумилметана (ДПКМ) молекулярным кислородом получена смесь бензилбензойных кислот (ББК), которую использовали в качестве заменителя канифоли при производстве клееных видов бумаги без изменения технологии проклейки [3]. В зависимости от условий проведения процесса окисления образующиеся карбоновые кислоты обладают различной бумагопроклеивающей

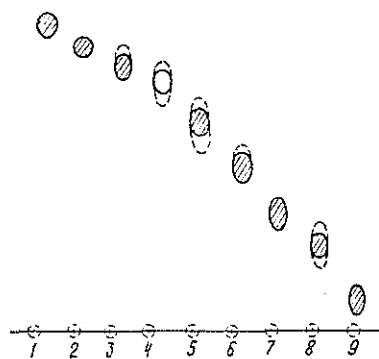
способностью. Нами исследован химический состав кислот, показавших лучшие бумагопроклеивающие свойства.

Эти кислоты получены при окислении ДПКМ в течение 5 ч при температуре 120 °С в присутствии кобальт-бромидного катализатора ( $\text{CoAc}_2 : \text{NaBr} = 3,5$ ), скорость подачи кислорода — не менее 10...15 л/ч.  $T_{\text{пл}}^0$  ББК = 95 °С, к. ч. = 210 мг/г.

Методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) показано, что ББК представляют собой сложную смесь, содержащую более 10 компонентов. Состав ББК изучали методом интегрального элюирования их метиловых эфиров. Данные по фракционному составу метиловых эфиров ББК представлены в таблице и на рисунке.

Но- мер фрак- ции	Выход фракции		М. м.	Число омыле- ния, мг КОН/г
	г	%		
1	0,5446	14,5	297	185
2	0,3884	10,3	350	345
3	0,5621	15,0	350	319
4	0,2787	7,4	350	313
5	0,7567	20,0	384	366
6	0,5829	15,5	440	233
7	0,2634	7,1	600	261
8	0,1627	4,6	750	282
9	0,0493	1,5	—	—

Как видно из рисунка, фракции 1 и 2 наиболее чистые. По данным ГЖХ содержание основного компонента в этих фракциях — более 90 %.



ТСХ фракций метиловых эфиров  
ББК

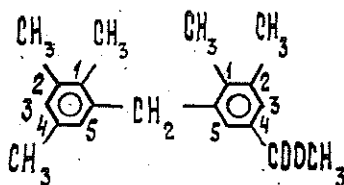
Химический состав фракций был исследован методами ИК- и ПМР-спектроскопии. ИК-спектры всех фракций идентичны: в них присутствуют полосы поглощения, характеризующие валентные колебания  $\text{C}=\text{C}$  связей ароматического кольца (1500, 1600, 1630  $\text{см}^{-1}$ ), а также полосы поглощения, характерные для метильных (1985, 1460  $\text{см}^{-1}$ ) и эфирных (1670, 1730  $\text{см}^{-1}$ ) групп.

В ПМР-спектрах 1- и 2-й фракций сигналы 6,86...7,72 м. д. характеризуют ароматические протоны, 3,81...3,83 м. д. — протоны метиленовой группы, 3,53...3,71 м. д. — протоны  $\text{CH}_3\text{O}$ -группы, 2,05...2,55 м. д. — метильные протоны боковой цепи ароматического кольца.

Для первой фракции соотношение ароматических, метиленовых, эфирных и метильных протонов, рассчитанное по интегральной кривой,

составило 4:2:3:14. Найдено: молекулярная масса (м. м.) = 297; эфирное число (э. ч.) = 185 мг/г КОН; элементный анализ, %: C = 80,65, H = 8,37.

Сделано предположение, что основное соединение фракции 1:

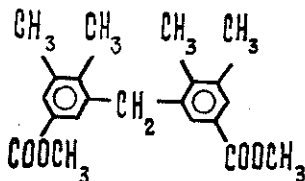


— метиловый эфир триметилбензилдиметилбензойной кислоты.

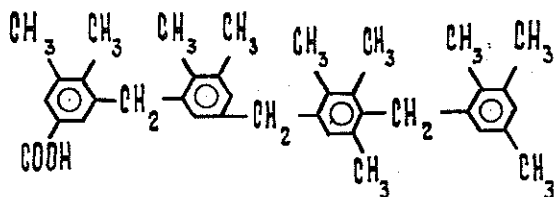
Вычислено: соотношение ароматических, метиленовых, эфирных и метильных протонов — 4:2:3:15; м. м. = 296; э. ч. = 189 мг/г КОН; элементный анализ, %: C = 81,08, H = 8,10.

Что касается положения эфирной группы, то известно [4], что при окислении псевдокумола молекулярным кислородом реакционная способность 1, 2, 4 метильных групп равна 1:0,47:0,88, т. е. 1- и 4-я метильные группы имеют близкую реакционную способность. Однако для дипсевдокумилметана вступает в силу стерический фактор и окисление 4-й метильной группы становится более вероятным.

Для второй фракции соотношение ароматических, метиленовых, эфирных и метильных протонов, рассчитанное по интегральной кривой, составило 4:2:6:13. Найдено: м. м. = 350; э. ч. = 345 мг/г КОН; элементный состав, %: C = 74,50, H = 6,72. По-видимому, в данном случае появляется вторая эфирная группа, и основному соединению можно приписать формулу типа:



Вычислено: соотношение ароматических, метиленовых, эфирных и метильных протонов равно 4:2:6:12; м. м. = 353; э. ч. = 345; элементный состав, %: C = 74,50, H = 6,72. Остальные фракции имеют более сложный состав. На основании данных по м. м. и э. ч. можно предположить, что фракции 3...6 — смесь бензилбензойных кислот разной основности и бензофенонкарбоновых кислот, образующихся в результате окисления метиленовой группы. Фракции 7...9 — смесь моно- и дикарбоновых кислот, имеющих в своем составе четыре и более кольца типа:



образующихся в результате окислительного сочетания ароматических систем под действием соединений металлов переменной валентности в кислой среде [4].

Следовательно, показано, что продукты окисления ДПКМ имеют в своем составе на два ароматических кольца 4...5 метильных групп и 1...2 кислотные группы, что соответствует оптимальному соотношению гидрофобной и гидрофильной частей проклеивающего агента.

### Экспериментальная часть

Окисление ДПКМ проводили как в работе [3]. ИК-спектры сняты на приборе «Spercord» в растворе  $\text{CHCl}_3$ ,  $d = 0,196$ . ПМР-спектры сняты на приборе HA-100 «Varian» (100 мГц) в  $\text{CDCl}_3$ , внутренний стандарт ГМДС. М. м. определяли методом ИТЭК [6] на приборе «Hitachi Perkin Elmer». ТСХ выполняли на силуфоловых пластинках UV-254, элюент — гексан (н): ацетон = 1 : 1, проявитель — ультрафиолетовый свет; ГЖХ — на приборе «Хром-42». Препаративное хроматографирование выполняли на колонке высотой 430 мм и диаметром 20 мм, адсорбент — силикагель 40/100 м, элюент — последовательно гексан (н), смесь гексан (н): ацетон в отношении от 95 : 5 до 1 : 99. Метилирование проводили согласно методике [2], определение эфирного числа — согласно работе [7].

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Губен-Всиль. Определение числа омыления // Методы органической химии.— М.: Химия.— 1967.— Т. 2.— 516 с. [2]. Дейнеко И. П., Шутова А. П., Метилирование кислот и фенолов // Химическая и механическая переработка древесины и древесных отходов.— Л., 1977.— С. 16—20. [3]. Жидкофазное каталитическое окисление дипсевдокумилметана / О. К. Соколова, Т. А. Соколова, И. А. Мартынова, Н. М. Ришес // Лесн. журн.— 1986.— № 4.— С. 88—91. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Жидкофазное автоокисление псевдокумола / Fujii Takeshi, Saiki Noritsugu, Yamashita Gentaro, Kurihara Osamu // J. Jap. Petrol. Inst.— 1982.— 25, N 3.— 168—172; РЖХ.— 1983.— 8 N 127. [5]. Кожевников И. В., Матвеев К. И. Окислительное сочетание ароматических систем под действием соединений переходных металлов // Успехи химии.— 1978.— Т. 47, вып. 7.— С. 1231—1260. [6]. Смирнова В. К., Адельфинская И. Н. Определение молекулярной массы методом измерения тепловых эффектов конденсации // Руководство к практическим работам по химии полимеров.— Л.: Изв. ЛГУ, 1982.— С. 128—142.

Поступила 16 апреля 1986 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*79

**«МАЛОЕ» ЛЕСОПИЛЕНИЕ В ЛЕСПРОМХОЗАХ:  
ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ***В. В. КРИЦКАЯ, Т. С. ЛОБОВИКОВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Наша страна обладает крупнейшей лесопильной промышленностью. В ряду стран-производителей пиломатериалов СССР занимает второе место в мире. Наше лесопиление в основном представлено крупными и средними предприятиями, среди которых есть гиганты, распиливающие более 1 млн м<sup>3</sup> сырья в год.

XXVII съезд КПСС указал, что центральным звеном интенсификации всех отраслей является техническое перевооружение предприятий на основе научно-технического прогресса. Это указание полностью относится и к лесопильной промышленности.

Крупные отечественные лесопильные предприятия можно считать в целом технически прогрессивными. Они механизированы и автоматизированы, в них дифференцирована распиловка сырья различных размерно-качественных групп, обеспечивающая высокое качество продукции; получило значительное распространение экономически оправданное использование отходов. Эти предприятия обладают предпосылками дальнейшего научно-технического прогресса.

В то же время в стране имеется «малое» лесопиление — множество небольших и мелких предприятий, цехов, установок. По своим организационно-техническим формам они могут быть разделены на четыре группы:

- 1) малые самостоятельные лесопильно-деревообрабатывающие предприятия;
- 2) небольшие мощности (установки, цеха) на нижних складах леспромхозов и в лесхозах;
- 3) лесопильные установки местной промышленности, обеспечивающие пилопродукцией местный рынок;
- 4) мелкие и мельчайшие установки, подсобные лесопильные агрегаты, находящиеся на промышленных и строительных площадках различных отраслей, в колхозах, совхозах.

Среди малых и мельчайших предприятий почти нет оснащенных современным оборудованием. Большинство из них используют устаревшую технику и технологию, большое число технологических операций в них не механизировано, отсутствует ряд предрамных и позадирамных операций (подсортировка сырья, сушка, строгание и т. п.), что мешает рационально использовать сырье, не позволяет получать высококачественную продукцию и должным образом использовать отходы.

Малое лесопиление отвлекает часть пиловочного сырья, тогда как мощности крупных специализированных лесопильно-деревообрабатывающих предприятий недогружены из-за его нехватки.

Очевидные преимущества крупного лесопиления обуславливают его превосходство над малым. В течение ряда десятилетий авторитетные специалисты и организации постоянно ставили и ставят вопрос о сокращении и даже ликвидации малого лесопиления, но оно продолжает су-



существовать и даже развивается. По-видимому, существуют какие-то объективные причины, определяющие возможность, необходимость и даже неизбежность его существования, наряду с крупным лесопильным производством. Очевидно, малое лесопиление нельзя считать результатом местничества, ведомственности и косности. Необходимо основательно разобраться в причинах, его порождающих.

Часто в леспромхозах, да и в лесхозах, малое лесопиление организуется для ускорения реализации пиловочника, который скапливается на нижних складах из-за нерегулярной подачи вагонов под сырье, при этом теряет качество, портится.

В настоящее время лесозаготовки малорентабельны, поэтому развитие лесопиления в леспромхозах позволяет экономически укрепить их, может стать источником дополнительной прибыли и стимулирующих фондов. Это также серьезная причина существования малого лесопиления.

В лесопильных цехах леспромхозов и лесхозов используется труд вторых и третьих членов семей лесозаготовителей.

Для всех групп малого лесопиления характерно его развитие, которое побуждается наличием местных потребностей в пилопродукции. Очень часто централизованно планируемые лимиты пиломатериалов занижены и не способны удовлетворить все потребности в пилопродукции. Пиломатериалы потребляются для самых разнообразных целей, трудно переоценить их значение для агропромышленных предприятий (колхозов, совхозов, вспомогательных подсобных предприятий), для развития местных инфраструктур. Это позволяет закреплять кадры, улучшать жилищные условия, решать социальные проблемы, которые в наше время приобретают особую важность, остро стоят перед лесозаготовительной промышленностью и сельским хозяйством.

В работе Л. В. Мурашкиной, в частности, установлена целесообразность расширения границ лесопиления по фактору удовлетворения местных потребностей. Ею построена единая модель затрат и потерь, позволяющая оптимизировать решение по разным вариантам возможных экономических ситуаций [2].

Будучи оснащено даже технически отсталым оборудованием, малое лесопиление облегчает вовлечение дополнительных ресурсов в переработку. Оно способно существенно улучшить использование некондиционной древесины, в том числе от несплошных рубок (проходных и санитарных — фаутные края с гнилью, бревна повышенной кривизны и сучковатости, короткомер и т. п.). Это сырье в некоторых случаях может быть даже основным для малого лесопиления.

Таким образом, нам представляется, что существование малого лесопиления объективно обусловлено рядом причин, устранение которых в короткое время недостижимо, а во многих случаях нецелесообразно и даже невозможно. Привычное утверждение о нецелесообразности малого лесопиления, предложения по его ограничению и ликвидации должны быть заменены усилиями экономической мысли по установлению целесообразных границ его существования, совершенствованию его экономических форм и техники производства.

Весь круг экономических проблем малого лесопиления стоит в рамках проблематики комплексных лесных предприятий, которой последовательно на протяжении ряда лет занимается кафедра экономики и организации лесной промышленности и лесного хозяйства ЛТА [1, 2]. Объектом нашего исследования является малое лесопиление в леспромхозах и лесхозах. В сферу исследования предполагается включить и лесопиление местной промышленности, рассматривая ее как подлежащую объединению с лесопилением в леспромхозах и лесхозах в рамках комплексных лесных предприятий, обеспечивающих всестороннее квалифи-

цированное использование всех лесных ресурсов того или иного района. На данном этапе исследования мы не принимаем во внимание подсобных установок, расположенных на стройплощадках и предприятиях других отраслей промышленности. Ближайший этап изучения нашей проблемы — установление научно обоснованных экономических характеристик малого лесопиления в условиях вынужденного неполного использования мощности и особенно в связи с предполагаемым вовлечением в переработку некондиционного сырья.

Задачу установления научно обоснованных характеристик малого лесопиления мы предлагаем решать методом построения проектных макетов по различным вариантам технологии, уровней использования мощности (объем производства) и качественного состава сырья. Создавая серии таких расчетов (135 проектных макетов), изменяющихся под влиянием лишь одного определенного фактора, можно получить «чистое» влияние этого фактора на показатель, т. е. свободное от влияния других. Анализ изменения экономических показателей малого лесопиления как функции определенных факторов позволяет получить математические формы этих зависимостей и общую модель экономических параметров, связанных с указанными факторами. На основе полученных моделей можно построить дискриминанты, определяющие предельные условия целесообразности малого лесопиления в лесозаготовительных предприятиях.

Ответ на насущные вопросы современного состояния и ближайшего развития малого лесопиления следует искать в экономическом исследовании применительно прежде всего к реально существующим техническим его формам. Но это, конечно, не может полностью решить проблему его развития на срочную и длительную перспективу. Правомерность и объективная необходимость малого лесопиления, наряду с крупным и средним, ставит перед инженерно-технической мыслью неотложную задачу поиска и разработки принципиально новых технических форм, реализующих все современные достижения научно-технического прогресса. Когда эти формы обрисуются достаточно четко, экономическое исследование проблем малого лесопиления должно быть продолжено на новой базе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лобовиков Т. С. Общая концепция развития форм лесного хозяйства и лесной промышленности // Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР: К VII Международному лесному конгрессу. — М.: Лесн. пром-сть, 1972. — С. 61—69. [2]. Мурашкина Л. В. Эффективность комбинирования лесозаготовок с переработкой древесины в динамике освоения лесов и развития типов предприятий: Дис... канд. экон. наук. — Л.: ЛТА, 1985. — 170 с.

Поступила 29 декабря 1986 г.

УДК 630\*31 : 681.3

### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

В. Е. ЛЕВАНОВ, В. М. КОНИНОВ

ЦНИИМЭ

В ЦНИИМЭ разработаны модели и составлены программы для расчета на ЭВМ производительности лесосечных машин с учетом масштаба сохранения подроста [4]. На их основе произведена оптимизация технологических процессов при разработке лесосек с подростом. Она выполнена по максимальному годовому экономическому эффекту,

получаемому при сравнении приведенных затрат по различным вариантам технологии лесосечных и лесовосстановительных работ, с учетом изменения социальных факторов (улучшение жилищных, культурно-бытовых и других условий жизни рабочих вследствие повышения производительности труда и снижения их численности).

Технико-экономические показатели использования лесосечных машин по различным вариантам технологии исчислены при нормативной производительности техники, расчет которой выполнен на ЭВМ ЕС-1033 по специально разработанной системе программ НВЛ-1.

В результате оценки экономической эффективности использования лесосечных машин по различным вариантам технологии на лесосеках с подростом выявлены оптимальные технологические процессы.

Оптимизация технологических процессов с использованием математических моделей влияния технологии лесосечных работ на производительность техники произведена по данным летних и зимних экспери-

Таблица 1

Показатели экономической эффективности использования лесосечных машин при сохранении подроста по сводным результатам исследований (расчетный годовой объем работ 100 тыс. м<sup>3</sup>)

Вариант технологии	Система машин	Затраты на лесосечные работы и производство лесных культур		Годовой эффект (+), убыток (—) при сохранении подроста		
		приведенные на 1 м <sup>3</sup> , р.	трудо-вые на 1000 м <sup>3</sup> , чел.-дн	экономический, тыс. р.	экономия тудозатрат, тыс. чел.-дн	экономический с учетом социальных факторов, тыс. р.

А. Летом на грунтах I и II категории, зимой (на любых грунтах)

Средний объем хлыста  $v_{\text{ср}} = 0,37 \text{ м}^3$

Ia (базовый)	МП-5 «Урал-2» + ТДТ-55А	2,78	128,12	—	—	—
	III ЛП-17	2,98	73,66	—20,0	5,4	16,7

$v_{\text{ср}} = 0,50 \text{ м}^3$

Ia (базовый)	МП-5 «Урал-2» + ТТ-4	2,87	119,14	—	—	—
IIa <sub>2</sub>	ЛП-19 + ЛП-18А	2,63	55,31	24,0	6,4	67,5
IIa <sub>3</sub>	ЛП-19 + ЛТ-154	2,54	46,89	33,0	7,2	82,0
IIб <sub>3</sub>	ЛП-19 + ЛТ-157	2,69	49,32	18,0	7,0	65,6
IIг	ЛП-19 + «Тайга-214» + ТТ-4	2,83	86,72	4,0	3,2	25,8
III	ЛП-49	2,87	69,81	0,0	4,9	33,3
IV	ВМ-4А	2,75	68,95	12,0	5,0	46,0

Б. Летом на грунтах III и IV категории

$v_{\text{ср}} = 0,37 \text{ м}^3$

Iб (базовый)	МП-5 «Урал-2» + «Тайга-214» + ТДТ-55А	2,95	133,86	—	—	—
--------------	---------------------------------------	------	--------	---	---	---

$v_{\text{ср}} = 0,50 \text{ м}^3$

Iб (базовый)	МП-5 «Урал-2» + «Тайга-214» + ТТ-4	3,00	121,37	—	—	—
IIг	ЛП-19 + «Тайга-214» + ТТ-4	2,95	92,77	5,0	2,9	2,47

Примечание. Категория почвенно-грунтовых условий приняты в соответствии с [3].

ментальных исследований на лесосеках с подростом в Сийском ЛПХ Архангельсклеспрома, Аргат-Юльском и Комсомольском леспромхозах Томлеспрома, Крестецком ЛПХ Новгородлеспрома, Белозерском ЛПХ Вологдалеспрома, Советском ЛПК, Комсомольском и Ун-Юганском леспромхозах Тюменьлеспрома, Оленинском ЛПХ ЦНИИМЭ.

Показатели экономической эффективности лучших вариантов технологии для различных систем машин на расчетный годовой объем работ 100 тыс. м<sup>3</sup> приведены в табл. 1.

Даем описание технологических вариантов разработки лесосек, подробнее см. [1, 2, 4, 5]. Вариант Ia (базовый, схема разработки делянки с трелевкой за комли, без сохранения подроста). Делянку разбивают на пасеки шириной 50...60 м, которые разрабатывают лентами, параллельными волоку. Валку деревьев производят с полос шириной 6...8 м кронами на волок, а с последующих полос — кронами на вырубку под углом 45...50° к волоку. Пачку набирают на пасечной ленте, затем трактор с пачкой выходит на волок. Ленты разрабатывают с постепенным удалением от волока. На расстоянии 50...60 м от волока трактор накатывает новый волок. Сучья, как правило, обрезают (обрубают) на погрузочной площадке, хотя возможен вариант их обрезки (обрубки) на пасеках.

Вариант Ib (схема разработки делянки методом узких пасек с сохранением подроста). Делянку разбивают на пасеки шириной, равной средней высоте древостоя (20...25 м). Посередине каждой пасеки прокладывают волок шириной 5 м. Валку деревьев производят так, чтобы возможно большая часть кроны попадала на волок, а угол между деревом и волоком был наименьшим (не более 30°). После обрезки (обрубки) сучьев (в вершинной части дерева или полной) трелюют деревья (хлысты) за вершины, при этом трактор движется строго по волокам.

Вариант IIa<sub>2</sub> (схема разработки делянки прямолинейными ходами, перпендикулярными усу, с холостыми переходами машины ЛП-19, с частичным сохранением подроста). Машина ЛП-19 вначале прорубает объездной волок (ленты) по границам делянки, с которого деревья трелюют в первую очередь. На последующих лентах деревья срезают и укладывают в пачки, параллельные друг другу, сзади машины под углом 5...10° к оси волока только при движении к усу. На новую ленту машина ЛП-19 совершает холостой переход строго вдоль волока по одной из свободных лент. Трактор с гидроманипулятором (ЛП-18А) в данном случае может набирать пачку из нескольких пачек, уложенных ЛП-19, и движется строго по волокам (по следу машины ЛП-19).

Вариант IIa<sub>3</sub> (схема разработки делянки прямолинейными ходами, перпендикулярными усу, с холостыми переходами машины ЛП-19 в системе с прицепным устройством для увеличения объемов формируемых пачек, с сохранением подроста). Порядок работы такой же, как и в варианте IIa<sub>2</sub>. Пакетирование деревьев производится сзади машины ЛП-19 в прицепное устройство, и после набора необходимой для трелевки пачки она разгружается на землю [5]. Трелевочный трактор движется строго по волокам (по следу машины ЛП-19).

Вариант IIб<sub>3</sub> (схема разработки делянки прямолинейными ходами, перпендикулярными двум магистральным волокам, при работе ЛП-19 с прицепным устройством для увеличения объемов формируемых пачек, с сохранением подроста). Вначале машина ЛП-19 прорубает на границе делянки два магистральных волока, параллельных друг другу, и крайнюю ленту в глубине делянки, с которых пачки деревьев трелюют в первую очередь. Затем валочно-пакетирующая машина движется перпендикулярными (двум магистральным волокам) ходами с укладкой пачек деревьев за собой в прицепное устройство комлями в сторону ма-

гистральных волоков. Трелевка осуществляется строго по следу машины ЛП-19 и по магистральным волокам.

Вариант IIг (схема разработки делянки трехленточными пасаками системой машин ЛП-19 + «Тайга-214» + ТТ-4, с сохранением подроста) [1]. Машина ЛП-19 вначале разрубает полосу вдоль лесовозного уса и объездной «волока» по границам делянки, деревья с которого трелюют в первую очередь. Затем на второй, пятой, восьмой и т. д. лентах деревья срезают и пакетируют сзади по оси волока в вал только при движении в сторону уса, при этом машина ЛП-19 совершает холостой переход строго вдоль волока по свободной ленте или объездному «волоку».

После трелевки деревьев с волоков второй, пятой и восьмой лент валочно-пакетирующая машина приступает к разработке смежных лент, укладывая деревья на вырубку вершинами по направлению к погрузочной площадке под углом  $30^\circ$  к волоку. При валке деревья располагают «веером», вершинами отдельно друг от друга, что создает хорошие условия для обрезки (обрубки) сучьев и чокеровки, а также учитывают расположение подроста. В дальнейшем обрезка (обрубка) сучьев и трелевка деревьев (хлыстов) за вершины производится, как и в варианте IIб. Деревья (хлысты) трелюют по волокам второй, пятой, восьмой и т. д. лент.

Варианты III, IV (схема разработки делянки валочно-трелевочными машинами лентами, перпендикулярными усу, без сохранения подроста). Валочно-трелевочная машина разрабатывает ленты участками, перемещаясь по направлению к усу, срезая деревья, находящиеся слева от нее. Длину участка выбирают такой, чтобы к выезду из него машина закончила формирование пачки. Работу на пасечной ленте начинают с дальнего конца. После набора пачки машина трелюет ее к лесовозному усу.

Для лучших и базовых технологических вариантов лесосечных работ, при применении которых в различных природно-производственных условиях имеется реальная возможность сохранения подроста, составлены математические модели изменения общих приведенных затрат (на лесосечные работы и производство лесных культур), которые выражены уравнениями гиперболы первого порядка:

$$Z_{ijk} = a_{ijk} + \frac{b_{ijk}}{СП_{ijk}}, \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, l; \\ j = 1, \dots, p; \\ k = 1, \dots, q, \end{matrix}$$

где  $Z_{ijk}$  — общие приведенные затраты на лесосечные работы и производство лесных культур при разработке лесосеки  $i$ -й системой машин, по  $j$ -му технологическому варианту, в  $k$ -х природно-производственных условиях, р.;

$a_{ijk}, b_{ijk}$  — параметры уравнения общих приведенных затрат для  $i$ -й системы машин, при работе по  $j$ -му технологическому варианту, в  $k$ -х природно-производственных условиях, р.;

$СП_{ijk} = 1, \dots, m$  — количество сохраненного подроста на пасаках с волоками после разработки лесосеки  $i$ -й системой машин, по  $j$ -му варианту технологии, в  $k$ -х природно-производственных условиях, %.

Параметры моделей  $a_{ijk}$  и  $b_{ijk}$  получены после статистической обработки данных (общих приведенных затрат на лесосечные работы и производство лесных культур при различном количестве сохраненного подроста (в процентах) на пасаках с волоками) по методу наименьших

квадратов на ЭВМ ЕС-1033 с использованием программного блока LDL = 311. Параметры моделей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры ( $a_{ijk}$  и  $b_{ijk}$ ) моделей общих приведенных затрат ( $Z_{ijk}$ ) на лесосечные работы и производство лесных культур

Система машин	Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Вариант техноло- гии	$a_{ijk}$	$b_{ijk}$	Предельные фактические показатели сохранения подроста на пасаках с волоками, %
Летом на грунтах I и II категории, зимой (на любых грунтах)					
ЛП-19 + ЛТ-154	0,50	IIa <sub>3</sub>	2,504	1,9404	≤ 50
МП-5 «Урал-2» + «Тайга-214» + + ТТ-4	0,50	Iб	2,9243	0,3069	≤ 53
Летом на грунтах III и IV категории					
ЛП-19 + «Тайга-214» + ТТ-4	0,50	IIг	2,9238	0,7821	≤ 30
МП-5 «Урал-2» + «Тайга-214» + + ТТ-4	0,50	Iб	2,9892	0,3267	≤ 30
МП-5 «Урал-2» + «Тайга-214» + + ТДТ-55А	0,37	Iб	2,9392	0,3232	≤ 30

В тонкомерных насаждениях при разработке лесосек летом (на грунтах I и II категории) и зимой (где в последующем возможно производство лесных культур) наиболее эффективны технологические варианты без сохранения подроста, поэтому модели для этих условий не составлены. В таких природно-производственных условиях экономически целесообразно применять валочно-трелевочные машины ЛП-17 по технологической схеме разработки делянки без сохранения подроста лентами, перпендикулярными усу (вариант III).

Для системы машин ЛП-19 + ЛП-18А при разработке лесосек с подростом эффективна технологическая схема с объездным «волоком» при укладке пачек деревьев машиной ЛП-19 под углом 5...10° к оси волока (вариант IIa<sub>2</sub>).

В результате оптимизации технологических процессов при разработке лесосек с подростом можно сделать следующие выводы.

1. В средних и крупномерных насаждениях многолесных районов при разработке лесосек с подростом летом (на грунтах I и II категории) и зимой (на любых грунтах) экономически эффективно применять валочно-пакетирующие машины ЛП-19 с трактором ЛТ-154 по технологической схеме с объездным «волоком» при работе машины ЛП-19 с прицепным устройством для увеличения объема формируемых пачек (вариант IIa<sub>3</sub>).

2. На заболоченных лесосеках (с грунтами III и IV категории), где производство лесных культур затруднено или практически не осуществимо, летом экономически целесообразна разработка делянки трехленточными пасаками системой машин ЛП-19 + «Тайга-214» + ТТ-4 (вариант IIг) или способ узких пасаек с использованием бензопил и тракторов с тросочерным оборудованием (вариант Iб).

3. Указанные варианты технологии применимы в регионах, где подрост после рубки выживает и повышает возобновительную способность хозяйственно ценных пород.

4. Валочно-трелевочные машины ЛП-49 предпочтительнее использовать в средних, а ВМ-4А в крупномерных (при объеме хлыста 0,75 м<sup>3</sup> и более) насаждениях без подроста или с редким подростом.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Беседин В. И., Щепин А. Е., Помазюк В. А. Инструкция по организации лесосечных работ пасечным способом с применением многооперационных машин.— Свердловск: Упрполиграфиздат, 1981.— 13 с. [2]. Виногоров Г. К. Лесосечные работы.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 272 с. [3]. Виногоров Г. К. Типизация природно-производственных условий лесозаготовительных районов: Рекомендации.— Химки: ЦНИИМЭ, 1986.— 23 с. [4]. Конинов В. М., Леванов В. Е., Лаппо Д. Л. Производительность лесосечных машин при работе с сохранением подроста // Вопросы экономики и организации лесозаготовительного производства: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1985.— С. 22—28. [5]. Экспериментальное исследование технологического процесса машины ЛП-19 с применением прицепного устройства / О. Т. Захаров, В. П. Ермольев, В. П. Лахно, Б. В. Попов // Механизация лесосечных работ: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1981.— С. 85—92.

Поступила 1 декабря 1986 г.

УДК 338.984.0

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЪЕДИНЕНИЯ

П. Н. КОРОБОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Одной из основных задач оптимального планирования является установление оптимальной производственной программы (ОПП) предприятий.

Номенклатура основных видов продукции, объем и сроки их выпуска утверждаются в централизованном порядке. Для остальных видов продукции эти показатели устанавливаются по договорам с заказчиком.

Задачи по установлению производственной программы предприятиям отрасли решаются как в перспективном, так и годовом текущем планировании, на разных уровнях: отрасль, промышленное (всесоюзное) объединение, предприятие. В планировании на пятилетку и год задачи по установлению ОПП должны решаться на отраслевом уровне в региональном разрезе и далее на региональном уровне с дифференциацией по промышленным объединениям. В ряде случаев отраслевой уровень предусматривает решение задачи с выходом на промышленные объединения, минуя региональный уровень. Производственная программа предприятий устанавливается на основе решения оптимизационной задачи на уровне промышленного объединения.

В отдельных случаях такие задачи могут решаться и на уровне предприятия в целях составления проекта его ОПП, но чаще для экономического анализа.

С нашей точки зрения, низшим уровнем решения задач по установлению ОПП предприятия как на пятилетку, так и на год следует считать промышленное объединение. В этом случае имеет место большая вариантность решения оптимизационной задачи, позволяющая учесть конкретные производственные возможности предприятий и условия, в которых они находятся. В конечном итоге это позволит наилучшим образом (с наибольшим экономическим эффектом) справиться с централизованно планируемыми заданиями по номенклатуре и объему продукции.

В этой связи наша работа носит методологический характер, посвящена разработке общей экономико-математической модели задачи оптимизации проекта производственной программы выпуска продукции предприятиями объединения на пятилетку с распределением по годам.

Экономическая сущность задачи заключается в следующем. Для промышленной деятельности каждое предприятие объединения наделено ресурсами сырья и материалов, производственными мощностями, рабочей силой, денежными средствами на расширение и реконструкцию производства и другими ресурсами, которые всегда ограничены.

Известны:

фонды производственных ресурсов на предприятиях объединения на планируемый пятилетний период с распределением по годам;

нормы затрат ресурсов на единицу или комплект продукции;

централизованно планируемое к выпуску задание объединению по номенклатуре и объему продукции;

допустимые нижние и верхние пределы производства продукции, по которой централизованно не планируется фиксированный объем продукции;

директивные задания по объему норматива чистой продукции, производительности труда, доли заработной платы в объеме нормативной чистой продукции, прибыли;

денежные средства объединения на капитальные вложения, предназначенные на расширение и реконструкцию производства, приобретение и установку оборудования.

В задаче требуется установить объемы выпуска продукции по ассортименту по годам пятилетки для каждого предприятия, входящего в состав объединения, обеспечивающие максимальный экономический эффект промышленной деятельности объединения в целом.

Для разработки экономико-математической модели задачи примем следующие условные обозначения:

$i$  — индекс предприятия,  $i = \overline{1, m}$ ; где  $m$  — число предприятий, входящих в объединение;

$j$  — индекс вида продукции,  $j = \overline{1, n}$ , где  $n$  — число видов продукции;

$t$  — индекс года пятилетки,  $t = \overline{1, 5}$ ;

$r$  — индекс вида производственных ресурсов,  $r = \overline{1, \varepsilon}$ ;

$P_{jt}$  — задание объединению по объему производства  $j$ -й продукции в  $t$ -м году пятилетки, установленное в централизованном порядке;  $j = \overline{1, n'}$ ;

$\underline{P}_{j't}$ ;  $\overline{P}_{j't}$  — соответственно нижние и верхние пределы производства  $j'$ -й продукции в  $t$ -м году пятилетки, определяемые по заказам различных предприятий и организаций;  $j' = \overline{n' + 1, n}$ ;

$B_{rit}$  — фонд  $r$ -го вида производственных ресурсов (энергетических, материальных, сырьевых и т. п.), которыми будет располагать в  $t$ -м году пятилетки  $i$ -е предприятие;

$b_{rjt}$  — норма затрат  $r$ -го ресурса в  $t$ -м году пятилетки на единицу или комплект  $j$ -й продукции, производимой на  $i$ -м предприятии;

$M_{li}$  — эффективный фонд времени  $l$ -й группы оборудования на  $i$ -м предприятии на начало пятилетки;

$A_{kii}$  — эффективный фонд времени занятости рабочих  $k$ -й профессии в  $t$ -м году пятилетки на  $i$ -м предприятии;

$g_{lji}$ ;  $a_{kji}$  — нормы затрат соответственно машинного времени и труда на производство единицы или комплекта  $j$ -й продукции в  $t$ -м году пятилетки на  $i$ -м предприятии.



Искомые переменные:

$x_{jti}$  — объем производства в  $t$ -м году пятилетки на  $i$ -м предприятии  $j$ -й продукции, планируемой централизованно;  
 $x_{j'ti}$  — то же по остальным видам продукции.

Матрицы искомых переменных

$$X = [x_{jti}]_{n' \times 5 \times m}; \quad X = [x_{j'ti}]_{(n'+1) \times 5 \times m}$$

характеризуют планируемую по годам пятилетки производственную программу выпуска продукции на предприятиях объединения.

Сформулируем ограничения, отражающие условия наличия и расходования производственных ресурсов на предприятиях объединения. Это позволит во всех случаях объективно запланировать предприятиям объединения «посильную» производственную программу.

Ограничения по использованию фондов энергетических, материальных и сырьевых ресурсов примут следующий вид:

$$\sum_{j=1}^{n'} b_{rjti} x_{jti} + \sum_{j'=n'+1}^n b_{rj'ti} x_{j'ti} \begin{cases} = \\ \leq \\ \geq \end{cases} B_{rti}, \quad \begin{cases} r = \overline{1, \epsilon}; \\ t = \overline{1, 5}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (1)$$

В систему ограничений (1) могут включаться как уравнения, предусматривающие полное (100 %) использование какого-то производственного ресурса (например лесосырья), так и неравенства с разным знаком ( $\leq$ ,  $\geq$ ). В решении задачи уравнивающие переменные будут характеризовать недоиспользуемую часть ресурса (при  $\leq$ ) или дополнительный фонд ресурса (при  $\geq$ ), который необходимо изыскать для обеспечения выполнения ОПП.

Следующая группа ограничений отражает использование пропускной способности оборудования с учетом ввода нового

$$\sum_{j=1}^{n'} g_{ljti} x_{jti} + \sum_{j'=n'+1}^n g_{lj'ti} x_{j'ti} \leq M_{li} + \sum_{t'=1}^t M'_{li} y_{t'i}, \quad \begin{cases} l = \overline{1, \xi}; \\ t = \overline{1, 5}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь  $M'_{li}$  — эффективный фонд времени единицы оборудования  $l$ -го вида на  $i$ -м предприятии;

$y_{t'i}$  — искомая переменная, характеризующая потребное количество оборудования  $l$ -го вида в  $t'$ -м году пятилетки для «расшивки» узких мест на  $i$ -м предприятии. На эти переменные может быть наложено условие целочисленности.

Ограничения по использованию эффективного фонда времени занятости рабочих на предприятиях объединения по профессиям примут вид следующих неравенств:

$$\sum_{j=1}^{n'} a_{kjti} x_{jti} + \sum_{j'=n'+1}^n a_{kj'ti} x_{j'ti} \leq A_{kti}, \quad \begin{cases} k = \overline{1, \eta}; \\ t = \overline{1, 5}; \\ i = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (3)$$

Условие выполнения заданий объединению по номенклатуре и объемам производства продукции, планируемой к выпуску централизованно, представлены в виде уравнений:

$$\sum_{i=1}^m x_{ji} = P_{jt}, \quad \begin{cases} j = \overline{1, n'}; \\ t = \overline{1, 5}. \end{cases} \quad (4)$$

Ограничения по номенклатуре и объему производства продукции, выпуск которой может находиться в определенных пределах, примут вид двусторонних неравенств:

$$\underline{P}_{j't} \leq \sum_{i=1}^m x_{j'i} \leq \overline{P}_{j't}, \quad \begin{cases} j' = \overline{n' + 1, n}; \\ t = \overline{1, 5}. \end{cases} \quad (5)$$

Следующая группа ограничений характеризует условия выполнения директивных заданий по объему нормативной чистой продукции, производительности труда, доли заработной платы в объеме нормативной чистой продукции, прибыли

$$\sum_{i'=1}^t \sum_{j=1}^{n'} q_{\lambda j i} x_{ji} + \sum_{i'=1}^t \sum_{j'=n'+1}^n q_{\lambda j' i} x_{j'i} \left\{ \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} \right\} \sum_{i'=1}^t Q_{\lambda i' i}, \quad (6)$$

$$\lambda = \overline{1, \lambda'}; \quad i = \overline{1, m}.$$

Здесь  $q_{\lambda j i}$  — нормативная чистая продукция, производительность труда, прибыль, доля зарплаты в чистой продукции на единицу  $j$ -й продукции в  $t$ -м году пятилетки на  $i$ -м предприятии;

$Q_{\lambda i' i}$  — директивные задания по этим показателям в  $t'$ -м году пятилетки.

Поскольку изыскание дополнительных производственных ресурсов в ряде случаев связано с необходимостью капитальных вложений, например, на расширение производства (1), а также на приобретение и установку оборудования для «расшивки» узких мест (2), в модель задачи вводится дополнительное условие по наличию и использованию денежных средств на капитальные вложения:

$$\sum_{r=1}^s \sum_{i=1}^m d_{r i' i} x_{m n + r, i} + \sum_{l=1}^s \sum_{i=1}^m d_{l i' i} y_{l i} \leq D_t, \quad t = \overline{1, 5}. \quad (7)$$

Здесь  $d_{r i' i}$ ,  $d_{l i' i}$  — соответственно норматив капитальных вложений на единицу приращения производственного ресурса  $r$  и затраты на приобретение, установку, ввод в действие единицы оборудования  $l$  в  $t'$ -м году на  $i$ -м предприятии;

$D_t$  — денежные средства объединения на капитальные вложения в  $t$ -м году пятилетки на эти цели.

В наиболее простом варианте задача могла бы быть решена с каким-то одним критерием оптимальности, например, на максимум суммарной прибыли от реализации всей продукции. Тогда целевая функция примет следующий вид:

$$F(x_{ji}, y_{li}) = \sum_{j=1}^{n'} \sum_{t=1}^5 \sum_{i=1}^m c_{ji} x_{ji} + \sum_{j'=n'+1}^n \sum_{t=1}^5 \sum_{i=1}^m c_{j'i} x_{j'i} = \max. \quad (8)$$

Здесь  $c_{ji} = u_{ji}(x_{ji}) - s_{ji}$ ,\*

где  $u_{ji}(x_{ji})$  — оптовая цена единицы или комплекта  $j$ -й продукции в  $t$ -м году, изменяющаяся в зависимости от  $x_{ji}$  с учетом поощрительной надбавки за качество продукции;

\* Кроме того прибыль может быть уменьшена на величину платы за фонды, фиксированных (рентных) платежей в бюджет и уплаты по процентам за пользование банковским процентом.

$s_{jti}$  — планируемая себестоимость единицы или комплекта  $j$ -й продукции в  $t$ -м году на  $i$ -м предприятии.

Поскольку промышленная деятельность предприятий и объединений оценивается на основе системы показателей, то и критерий оптимальности определения производственной программы может представлять собой систему разнообразных научно-технических, экономических и производственно-технических требований.

Для учета разнообразных требований, предъявляемых к номенклатуре выпускаемой продукции, можно использовать различные способы сопоставления (балльные оценки, ранжирование и др.). С учетом разнообразных требований, предъявляемых к производственной программе, критерий оптимальности в общем случае (по Б. И. Кузину\*) применительно к нашей задаче примет вид

$$F(x_{jti}; y_{i't'}) = \sum_{j=1}^{n'} \sum_{t=1}^5 \sum_{i=1}^m \sum_{h=1}^H \rho_{hjti} x_{jti} + \\ + \sum_{j'=n'+1}^n \sum_{t=1}^5 \sum_{i=1}^m \sum_{h=1}^H \rho_{hj'ti} x_{j'ti} = \max, \quad (9)$$

где  $\rho_{hjti}$ ;  $\rho_{hj'ti}$  — балльные оценки  $h$ -го показателя  $j$ -й и  $j'$ -й продукции, выработанной на  $i$ -м предприятии в  $t$ -м году пятилетки.

Расчет балльных оценок  $\rho_{hjti}$  сопряжен со значительными трудностями. Аналогом данного векторного критерия оптимальности может служить максимизация планируемого фонда материального поощрения предприятий, объем которого зависит от показателей эффективности производства и качества выпускаемой продукции:

$$W_i = \sum_{t=1}^5 c_{ti} \left[ \left( \frac{\sigma_{ti}}{\sigma_{t-1,i}} - 1 \right) \alpha_{ti} + \left( \frac{f_{ti}}{f_{t-1,i}} - 1 \right) \beta_{ti} + \frac{P'_{ti}}{P_{ti}} \gamma_{ti} \right], \quad (10)$$

где  $c_{ti}$  — прибыль, принимаемая для расчета отчислений в фонд материального поощрения в  $t$ -м году пятилетки на  $i$ -м предприятии;  
 $\sigma_{ti}$  — производительность труда в данный период на  $i$ -м предприятии;  
 $f_{ti}$  — фондоотдача в  $t$ -м году пятилетки;  
 $P'_{ti}$  — объем продукции высшей категории качества в  $t$ -м году на  $i$ -м предприятии;  
 $P_{ti}$  — планируемый объем чистой продукции;  
 $\alpha_{ti}$ ;  $\beta_{ti}$ ;  $\gamma_{ti}$  — нормативы отчислений от прибыли в  $t$ -м году, зависящие от прироста производительности труда, фондоотдачи и доли продукции высшей категории качества.

Нормативы  $\alpha_{ti}$ ,  $\beta_{ti}$ ,  $\gamma_{ti}$  играют роль балльных оценок  $\rho_{hjti}$ .

Сравнение общего критерия оптимальности формирования производственной программы и фонда материального поощрения как критерия оптимальности показывает, что последний удовлетворяет лишь части требований, предъявляемых к программе.

Эта математическая модель, с некоторой конкретизацией отраслевых особенностей, может быть использована и для установления ОПГ предприятия объединения в текущем годовом планировании, так как

\* Экономико-математические модели в организации и планировании промышленного предприятия / Под ред. Б. И. Кузина. — Л.: ЛГУ, 1982.

существо проблемы остается одинаковым, меняется лишь приложение методики во времени (пять лет и один год), объем и характер информации, используемой для решения.

Поступила 3 февраля 1987 г.

УДК 658.27.003.13

## О ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ФОНДОВОООРУЖЕННОСТИ ТРУДА

С. Д. БАДМАЕВА, Л. К. ИЩЕНКО

Ленинградская лесотехническая академия

Фондовооруженность труда имеет двойственную природу, так как определяет производительную силу труда в стоимостном выражении. Поскольку производительный потенциал основных производственных (ОПФ) характеризуется энергетической мощностью, а не стоимостью, то последняя может быть выражена через стоимость единицы мощности активной части ( $\alpha_N$ ), ее долю в общем объеме фондов ( $\gamma$ ) и суммарную энергетическую мощность парка оборудования ( $N_{\Sigma}$ ), т. е.  $ОПФ = \alpha_N N_{\Sigma} / \gamma$ . Вследствие этого фондовооруженность труда, выражаемая отношением стоимости ОПФ к численности промышленно-производственного персонала, может быть представлена как  $ФВ = \alpha_N N_{\Sigma} / \gamma \cdot ППП$  [1]. Величина  $N_{\Sigma} / ППП$  определяет энерговооруженность труда ( $N_{тр}$ ), характеризуя потенциальную производительную силу труда. Следовательно,

$$ФВ = \alpha_N N_{тр} / \gamma. \quad (1)$$

Как видно из формулы (1), фондовооруженность определяется: удельно-стоимостным показателем, характеризующим активную часть фондов ( $\alpha_N$ ); технологической структурой фондов ( $\gamma$ ); потенциальной энерговооруженностью труда ( $N_{тр}$ ).

Повышение фондовооруженности, вызываемое удорожанием единицы мощности оборудования, не вызывает роста его производительной силы. В то же время увеличение стоимости единицы мощности становится экономически целесообразным, если при этом обеспечивается рост уровня механизации (автоматизации) производства, обуславливающий сокращение численности ППП и повышение степени непрерывности процесса машинного производства ПМП.

Специфика природы факторов, характеризующих фондовооруженность, предопределяет различное их влияние на производительность труда. Степень этого влияния может быть установлена при анализе выражений, вскрывающих природу энергонасыщенного ПМП. Так, математическое описание «процесса преобразования управляемой человеком энергии в технологическую работу (продукцию)» дает рациональная формула производительности труда [2]

$$ПТ = \frac{\Phi_{II} N_{\Sigma} T_{эф}}{g_{\Sigma} \cdot ППП} = \frac{\Phi_{II} N_{тр} T_{эф}}{g_{\Sigma}}. \quad (2)$$

Выражение (2) учитывает энергетический производительный потенциал предприятия, определяемый произведением суммарной мощности машинного парка ( $N_{\Sigma}$ ) и эффективного фонда времени работы оборудования ( $T_{эф}$ ), интенсивность использования этого потенциала ( $\Phi_{II}$ ),

Характеристика факторов, определяющих соотношения роста фондовооруженности и производительности труда

Предприятие	$\alpha_N$ , р./кВт		$g_3$ , кВт · ч/р.		$\alpha_N g_3$		$\Delta \alpha_N \times$ $\times g_3$	$\Phi_{II}$		$\gamma$		$\Phi_{II} \gamma T_{эф}$		$\Delta (\Phi_{II} \gamma T_{эф})$	Неравенство
	1980	1984	1980	1984	1980	1984		1980	1984	1980	1984	1980	1984		
ЛДК № 1	290	400	0,59	0,65	171	260	89	0,14	0,15	0,27	0,29	132	152	20	$89 > 20$
ЛДК № 2	170	260	0,43	0,59	73	153	80	0,14	0,10	0,17	0,17	83	59	-24	$80 > -24$
ЛДК № 3	400	440	0,59	0,63	236	277	41	0,15	0,15	0,34	0,36	178	189	9	$41 > 9$
ЛДК № 4	150	190	0,77	0,89	116	169	53	0,21	0,21	0,36	0,37	265	272	7	$53 > 7$
ЛДК им. Ленина	160	190	0,68	0,76	109	144	35	0,12	0,13	0,21	0,19	88	86	-2	$35 > -2$
Цигломенский ЛДК	390	460	0,78	0,92	304	423	119	0,25	0,17	0,29	0,30	254	178	-76	$119 > -76$
Соломбальский ЛДК	220	480	0,49	0,67	108	321	213	0,12	0,12	0,24	0,35	100	147	47	$213 > 47$
Кузнецовский л/з	290	460	0,81	0,64	235	294	59	0,22	0,15	0,46	0,47	354	247	-107	$59 > -107$
Кегостровский л/з	80	220	0,56	0,61	45	134	89	0,17	0,17	0,11	0,25	65	149	84	$89 > 84$
Онежский ЛДК	200	420	0,46	0,63	92	264	172	0,26	0,25	0,22	0,32	200	280	80	$172 > 80$
Мезенский л/з	160	170	0,56	0,64	90	109	19	0,16	0,14	0,32	0,31	179	152	-27	$19 > -27$
Печорский л/з	160	190	0,40	0,40	64	80	16	0,11	0,11	0,29	0,32	111	123	12	$16 > 12$
Котласский ДОК	170	200	0,79	0,75	134	150	16	0,23	0,25	0,30	0,31	242	271	29	$16 < 29$
Плесецкий л/з	80	80	0,33	0,44	26	35	9	0,11	0,10	0,14	0,14	54	49	-5	$9 > -5$
Коношский л/з	120	130	0,44	0,48	53	62	9	0,22	0,15	0,18	0,20	139	105	-34	$9 > -34$
Среднее	220	340	0,57	0,62	125	211	86	0,18	0,19	0,26	0,31	164	206	42	$86 > 42$

численность занятого в производстве персонала (ППП) и энергоемкость продукции ( $g_3$ ).

Сопоставление выражений (1) и (2) показывает, что на производительность труда непосредственное влияние оказывает не его фондовооруженность, а лишь один из определяющих ее факторов — потенциальная энерговооруженность труда. Рост фондовооруженности за счет этого фактора в равной степени обеспечивает повышение производительности труда. Вместе с тем, необходимо вскрыть и оценить причинно-следственные связи, обуславливающие изменение стоимости единицы мощности оборудования. Как было отмечено ранее, рост этой величины может быть вызван применением более совершенного производственного оборудования, обеспечивающего повышение уровня механизации (автоматизации) производства и степени непрерывности ПМП. Следовательно, рост фондовооруженности труда при внедрении новых поколений техники должен обеспечивать изменение всех факторов, обуславливающих значения производительности труда, а именно: потенциальной энерговооруженности труда, интенсивности использования машин и эффективного фонда времени их работы. Учитывая, что энерговооруженность труда в равной степени определяет значения как его производительности, так и фондовооруженности, условие опережающего роста  $ПТ$  по отношению к  $ФВ$  может быть представлено следующим неравенством:

$$\Delta(\alpha_N g_3) < \Delta(\Phi_n T_{эф} \gamma). \quad (3)$$

Из неравенства (3) следует, что опережение роста производительности труда по отношению к его фондовооруженности может быть достигнуто лишь при условии, если удорожание единицы мощности оборудования сопровождается более значительным повышением степени его загрузки, характеризуемой  $\Phi_n$  и  $T_{эф}$ .

В таблице приведены результаты исследований, проведенных лабораторией научной организации управления деревообрабатывающей промышленности ЛТА, по установлению значений факторов, определяющих соотношение роста фондовооруженности и производительности труда за период 1980—1984 гг. на предприятиях ПО Северолесэкспорт.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что за рассматриваемый период лишь на одном предприятии (Котласский ДОК) были обеспечены условия, при которых рост производительности труда опережал рост его фондовооруженности. На остальных предприятиях наблюдалось превышение роста фондовооруженности над производительностью труда. Основными причинами такого положения являются, с одной стороны, несовершенство применяемого оборудования, а с другой, — низкая степень полезного использования имеющегося парка оборудования. Вследствие этого существенный рост эффективности ПМП должен быть обеспечен за счет коренного повышения технического уровня деревообрабатывающего оборудования и степени его загрузки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бадмаева С. Д. Почему падает фондоотдача? // Деревообраб. пром-сть. — 1985. — № 5. — С. 22—24. [2]. Бадмаева С. Д., Голубева Е. Б. Исследование энергетических факторов производительности труда // Лесн. журн. — 1983. — № 6. — С. 112—114. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 10 ноября 1986 г.

УДК 658.567 : 674.8

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. И. КУЗНЕЦОВА, Л. В. ЗИБАРЕВА

Тюменский НИИПлесдрев

Тюменская область относится к числу многолесных районов, где имеется перспектива увеличения объемов вывозки древесины, выпуска пиломатериалов и другой продукции деревообработки. С открытием месторождений нефти и газа потребность в древесине здесь с каждым годом возрастает. Лесозаготовками, кроме Минлесбумпрома, вынуждены заниматься предприятия других министерств. Ныне заготовку и вывозку древесины в области осуществляют предприятия 28 министерств и ведомств, а лесопиление и деревообработку — 29. Ведомственная разобщенность, а также отсутствие предприятий по глубокой переработке древесины (целлюлозно-бумажных, гидролизных) мешают рационально использовать древесное сырье.

Лесозаготовки и лесопиление сконцентрированы в основном на предприятиях Минлесбумпрома СССР. К концу двенадцатой пятилетки ими будет вывезено более 11 млн м<sup>3</sup> древесины, а объем лесопиления достигнет 1,4 млн м<sup>3</sup>.

По расчетам НИИПлесдрева, к 1990 г. на лесосеках, нижних складах и в лесопильно-деревообрабатывающих цехах образуется 2,3 млн м<sup>3</sup> древесных отходов и технологической щепы от фрезерно-брусующего оборудования (табл. 1). НИИПлесдревом по согласованию с объединением Тюменьлеспром намечен комплекс мероприятий и определены основные направления использования вторичного древесного сырья:

- 1) производство технологической щепы из отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки для внутреннего потребления (производство древесностружечных плит);
- 2) производство технологической щепы для отгрузки на предприятия Урала и Поволжья (целлюлозно-бумажные и гидролизные заводы);
- 3) строительство цехов по производству арболита, топливных и технологических брикетов из коры и опилок;
- 4) расширение ассортимента товаров народного потребления;
- 5) использование отходов в качестве топлива (для производственных зданий и котельных);
- 6) реализация населению, колхозам и совхозам.

В Тюменской области имеются три крупных завода по производству древесностружечных плит: на ПЛДО «Тура», на ДОКе «Красный Октябрь» в г. Тюмени и Советском ЛДК в районе железной дороги Ивдель — Обь. Потребность их в сырье превышает 750 тыс. м<sup>3</sup>. В перспективе эту потребность можно удовлетворить за счет использования древесных отходов.

К Тюменской области примыкают Тавдинский и Ивдельский гидролизные заводы, расположенные на территории Свердловской области. Эти предприятия согласны использовать около 200 тыс. м<sup>3</sup> древесных опилок из леспромов, примыкающих к железным дорогам Ивдель — Обь и Тавда — Сотник. Марийский и Пермский целлюлозно-бумажные комбинаты готовы принять от предприятий Тюменской области 100...110 тыс. м<sup>3</sup> хвойной и 40...50 тыс. м<sup>3</sup> лиственной технологиче-

Таблица 1

Баланс использования древесных отходов, тыс. м<sup>3</sup>, по предприятиям  
Минлесбумпрома на 1990 г.

Ресурсы отходов	Объем	Использование на технологические цели				Использование на топливо	Реализация на селенно	Свободный остаток
		всего	в том числе					
			ЦСП	ДСП	гидролиз			
Лесозаготовок:								
Всего	851,5	277,6	26,4	73,7	8,8	64,2	—	509,7
В том числе на нижнем складе	157,1	108,9	26,4	73,7	8,8	48,2	—	—
Лесопиления и деревообработки:								
Всего	1 289,8	1 012,9	226,9	409,2	207,0	221,2	18,6	37,1
В том числе кусковые	802,3	734,7	226,9	409,2	10,9	66,4	1,2	—
Технологическая щепка от ФБО	173,3	173,3	77,4	95,9	—	—	—	—
Всего по объединению	2 314,6	1 463,8	330,7	578,8	215,8	285,4	18,6	546,8
В том числе по лесозаготовительным предприятиям	1 461,4	718,2	144,5	122,2	138,6	217,9	17,4	507,9
Процент от общего объема	63,1	49,1	43,7	21,1	64,2	76,3	93,5	92,9

ской щепы. Таким образом, более 1 млн м<sup>3</sup> кусковых отходов и опилок могут быть вовлечены в производство ценной продукции.

Лабораторией лесопиления и деревообработки разработаны мероприятия по техническому перевооружению лесопильно-деревообрабатывающих цехов ВЛПО Тюменьлеспром. Они предусматривают внедрение безотходной технологии в лесопильных цехах. На предприятиях, где позволяют условия, будет установлено фрезерно-брусующее оборудование с одновременным выпуском пиломатериалов и технологической щепы (минуя стадию переработки отходов). На ряде предприятий уже сейчас внедряется окорочное оборудование (объемы окорки в перспек-



тиве увеличиваются), что позволит организовать производство наиболее ценной технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства.

На предприятиях ВЛПО Тюменьлеспром (включая присоединенные лесопильно-деревообрабатывающие предприятия ПЛДО «Тура» и ПМО Тюменьмебель) намечается организация цехов по брикетированию древесной коры и опилок, а в Пионерском и Балыкском леспромхозах (на ж. д. Ивдель — Обь и Тюмень — Сургут) запроектировано строительство цехов по производству арболита. С введением в строй перечисленных объектов будет вовлечено в производство более 100 тыс. м<sup>3</sup> древесных отходов. Следует сказать, что ряд цехов (особенно по брикетированию отходов) будут построены только к 2000 г., так как на двенадцатую пятилетку они не запланированы.

В табл. 2 приведены экономические показатели намечаемых к строительству и реконструкции цехов. Данные говорят о том, что внедрение мероприятий по использованию древесных отходов потребует 15 млн р. капитальных вложений. Дополнительно будет получено 12,6 млн р. товарной продукции и 4 млн р. прибыли.

Таблица 2

Экономические показатели производств по переработке отходов на предприятиях ВЛПО Тюменьлеспром на 1990 г.

Направление использования отходов	Объем про- изводства		Товарная продукция	Себестои- мость	Прибыль
	тыс. м³	тыс. т			
тыс. р.					
Новое строительство					
Лесозаготовительные предприятия					
Производство арболита	36,0	—	3 671,8	2 445,9	1 225,9
Брикетирование опилок	—	22,5	787,5	562,5	225,0
Производство технологической щепы на УПЩ-6Б	24,2	—	522,8	444,4	78,4
Производство технологической щепы в потоках лесопильно-деревообра- тывающих цехов	149,2	—	2 430,2	2 065,1	365,1
Лесопильно-деревообрабатывающие предприятия					
Брикетирование опилок и коры	—	33,1	889,1	699,8	189,3
Производство щепы в лесопильном потоке	92,2	—	1 991,5	1 066,8	924,7
Итого	—	—	10 292,9	7 284,5	3 008,4
Техническое перевооружение					
Производство технологической щепы в лесопильных потоках	115,0	—	2 337,6	1 986,9	350,7
Всего	—	—	12 630,5	9 271,4	3 359,1

Одно из направлений использования вторичных древесных ресурсов — расширение ассортимента товаров народного потребления. В настоящее время на предприятиях Тюменьлеспрома осваивается выпуск новых изделий для домашнего хозяйства, садоводства и др. Около 15 % древесных отходов намечается использовать в качестве топлива и реализовать населению.

В результате принятых мер на предприятиях Тюменьлеспрома будет использовано около 70 % древесных отходов. Неиспользованными останутся только лесосечные отходы. Организация переработки этого вида сырья требует дополнительных исследований.

Поступила 13 января 1987 г.

УДК 630\*905.2.001.33

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

*И. М. СИНЯКЕВИЧ*

Львовский лесотехнический институт

Важное звено в системе планирования и экономического стимулирования эколого-экономической эффективности лесопользования — покомпонентная классификация лесных ресурсов\*. В отечественной литературе имеется ряд работ по классификации лесных ресурсов и лесов. Широкому кругу читателей известны деление запасов древесины на эффективные, валовые и потенциальные, предложенное П. В. Васильевым [1], и классификация Т. С. Лобовикова и А. П. Петрова, согласно которой, выделены потенциальные, реальные физические и экономически доступные ресурсы древесины, древесной зелени и осмола [4, 5]. Имеются и другие предложения по классификации отдельных компонентов лесных ресурсов [2, 3, 6—8].

Классификации, опубликованные в отечественной и зарубежной литературе, охватывают, как правило, только отдельные компоненты лесных ресурсов. Они не позволяют планировать использование всех материальных полезностей леса на одинаковых теоретических принципах, не в полной мере учитывают экологические факторы и их влияние на процесс лесопользования. В большинстве научных работ рассматриваются классификации отдельных компонентов лесного потенциала без учета экологических и экономических особенностей воспроизводства и использования всех полезностей леса.

В результате обобщения научных исследований нами предложена эколого-экономическая группировка всех компонентов лесных ресурсов (древесного, недревесного растительного и животного происхождения; рекреационных, защитных, охранных и других неимущественных полезностей леса) на одинаковых принципах. Все материальные компоненты леса, используемые в народном хозяйстве страны, предлагается разделять на потенциальные, экологически доступные, мобильные, экономически доступные, фактически используемые и организованно используемые.

К потенциальным лесным ресурсам относятся компоненты леса, которые можно ежегодно использовать на основании научно обоснованных нормативов в оптимальные календарные сроки.

Потенциальные лесные ресурсы древесины, древесной зелени, коры и живицы — их запасы на корню, отведенные для главного, промежуточного и других видов пользования. При этом потенциальные ресурсы древесной зелени и живицы, изменяющиеся в течение вегетационного периода, следует определять в сроки, когда эколого-экономический эффект от их использования в народном хозяйстве максимален.

К потенциальным ресурсам недревесной растительности относятся ягоды, плоды, орехи, грибы, лекарственные, кормовые и технические растения, которые можно заготовить в лесу в сроки, когда их запасы

\* Лесные ресурсы рассматриваются здесь как совокупность разнообразных материальных благ, которая предназначена для использования в народном хозяйстве страны и удовлетворения потребностей населения. Тем самым мы выделяем два понятия: лес и лесные ресурсы.

и качество самые высокие. Ягоды, плоды и орехи, собранные в оптимальные сроки, отличаются хорошими вкусовыми и лечебными качествами; лекарственные растения — высокой концентрацией веществ с лечебными свойствами; кормовые растения — большой калорийностью заготовленного из них корма; технические растения — высоким содержанием полезных веществ, определяющих качество технического растительного сырья. При этом следует учитывать продолжительность плодоношения отдельных видов недревесной растительности.

Потенциальные лесные ресурсы животного происхождения — охотничья фауна и другие лесные животные, а также продукция прижизненного пользования животными (мед, воск, рога, пух, яйца птиц и др.), которые могут быть отловлены, отстреляны или собраны в сроки оптимальной продуктивности животных.

Потенциальные ресурсы рекреационных, защитных, охранных и других полезностей лесов можно измерить в натуральных единицах (условных гектарах леса) и стоимостных (на основании эколого-экономической оценки).

Экологически доступные лесные ресурсы представляют часть потенциальных, которая может быть использована в народном хозяйстве страны и населением без ущерба окружающей среде. Определяется вычитанием из потенциальных ресурсов экологически недоступных, к которым относятся: древесина на крутых склонах гор, оставляемая для укрепления склонов и предупреждения эрозии горных почв; мелкие ветки, богатые питательными веществами; пни и корни в горной местности; подрост основных лесообразующих пород, часть подлеска и семенники; плоды, ягоды и орехи, оставляемые в лесу для воспроизводства отдельных компонентов леса; лесная фауна и продукты прижизненного пользования лесной фауной, запрещенные для отстрела, отлова и сбора по экологическим соображениям (например, яйца большинства лесных птиц, мед, оставляемый для подкормки, и др.) или уничтожаемые хищниками.

Экологически недоступны для рекреационного лесопользования лесные участки, расположенные в сложных естественных условиях (в районах с сильными морозами и изнуряющим зноем, частыми дождями и сильными ветрами; в труднодоступных горных районах и заболоченной местности и др.), а также не выдерживающие нормативной рекреационной нагрузки (например, в районе тундры). К экологически недоступным относятся защитные, рекреационные, охранные и другие полезности леса, которые не могут быть использованы в отраслях народного хозяйства и населением из-за неудовлетворительного состояния лесов (повреждения фито- и энтомофагами, пожарами и пр.).

Мобильные лесные ресурсы — это часть экологически доступных после вычитания неизбежных потерь в процессе эксплуатации.

Неизбежные потери древесины, древесной зелени и коры возникают в процессе валки деревьев, обрубки сучьев и раскряжевки хлыстов. Неизбежные потери смолы наблюдаются в процессе корчевки пней, живицы при подсочке деревьев (часть остается в стволе и на стволе из-за применения несовершенных методов подсочки деревьев, организации труда, низкой температуры воздуха и по другим причинам).

Неизбежны потери при заготовке, транспортировке, пересортировке, и хранении ягод, плодов, грибов и прочей недревесной скоропортящейся растительности (она повреждается гнилостными бактериями и другими вредителями, попадает в отходы в процессе сортировки и переработки). Часть недревесной растительности остается в лесу, так как не попадает в поле зрения сборщиков или повреждается ими.

Неизбежны потери ресурсов животных при охоте. Подстреленные животные не всегда бывают обнаружены. Часть животных уничтожается браконьерами. Иногда продукты прижизненного пользования лесными животными остаются скрытыми.

В процессе эксплуатации лесных ресурсов наблюдаются потери рекреационных, защитных, охранных и других полезностей леса, обусловленные антропогенной деятельностью в лесу. Эти потери вполне измеримы в натуральных единицах (гектарах вырубленных насаждений) и стоимостных (на основании эколого-экономической оценки лесов).

К экономически доступным лесным ресурсам относится часть мобильных, затраты общественного труда на эксплуатацию которых в соответствии с экономическим критерием признаются в социалистическом обществе общественно необходимыми.

Методика определения экономически доступных ресурсов древесины, древесной зелени и осмола разработана в отечественной литературе достаточно глубоко. Меньше изучена методика определения экономически доступных ресурсов других компонентов леса (недревесной растительности, животных — объектов охоты, рекреационных и других полезностей леса).

Экономически недоступными ресурсами недревесной растительности, по нашему мнению, следует считать часть мобильных, которую неэффективно заготавливать в лесу, так как выращивание культурных плодов, ягод и лекарственных растений, которые близки по потребительным качествам к дикорастущим, связано с меньшими затратами общественного труда. Сюда также следует включать недревесную растительность, не заготавливаемую в связи с отсутствием спроса, сосредоточенную на отдаленных от потребителей участках леса с низкой концентрацией ресурсов на единице площади.

К экономически недоступным лесным ресурсам животного происхождения относится часть лесных животных, сосредоточенных в малообжитых северных и горных районах, а также отдельные виды малоценных животных в обжитых районах страны, охота на которых не осуществляется по экономическим соображениям.

Экономически недоступны защитные, охранные, рекреационные и другие полезности леса, эколого-экономический эффект от пользования которыми не компенсирует дополнительных издержек на воспроизводство лесов и потери части лесного потенциала, вызываемые более продолжительным сохранением спелых насаждений на корню.

Фактически используемые лесные ресурсы — это часть потенциальных, которая используется государственными предприятиями и организациями, индивидуальными сборщиками недревесной растительности, охотниками и др. Фактически используемые лесные ресурсы, как правило, составляют часть экономически доступных. В отдельных случаях из-за упущений в планировании и организации использования лесных ресурсов в эксплуатацию вовлекаются экологически и экономически недоступные, в результате чего фактически используемые могут быть выше экологически и экономически доступных.

Организованно используемые лесные ресурсы — это часть фактически используемых, пользование которой организовано на плановой основе (планируется государственными предприятиями и организациями).

К организованно используемым относятся древесина, осмол, древесная зелень, живица и соки, заготовленные государственными предприятиями и организациями в порядке главного, промежуточного и других видов пользования (за исключением самовольно срубленных деревьев и заготовленных соков, похищенных в лесу лесоматериалов);

недревесная лесная растительность, заготовленная государственными предприятиями и организациями, а также закупленная у населения; отстреленные или отловленные лесные животные по лицензиям или специальным разрешениям; пользование рекреационными, защитными, охранными и другими полезностями леса неимущественного происхождения, осуществляемое в лесах первой группы или приравненных к ним по режиму лесопользования.

Изложенная классификация может стать основой для совершенствования планирования и учета использования лесных ресурсов, а также экономического стимулирования лесопользования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев П. В. Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов.— М.: АН СССР, 1963.— 484 с. [2]. Гаврин В. М. Экономическая реформа и проблема развития охотничьего хозяйства // Развитие охотничьего хозяйства Украинской ССР: Матер. второй науч.-произв. конф.— Киев, 1973.— С. 12—14. [3]. Данилов Д. Н. Охотничьи угодья СССР, Продуктивность охотничьих угодий.— М.: Гослесбумиздат, 1963.— 371 с. [4]. Лобовиков Т. С., Петров А. П., Жило Е. Д. Проблема использования низкосортной древесины и древесных отходов и установления их ресурсов // Определение экономической доступности ресурсов низкосортной древесины и древесных отходов лесозаготовок: Науч. тр. / ЛТА.— Л., 1968.— № 116.— С. 5—14. [5]. Петров А. П., Лобовиков Т. С., Леванов В. Е. Некоторые методические вопросы экономической оценки использования древесной зелени в животноводстве // Использование живых элементов дерева.— Л.: ЛТА, 1969.— С. 131—133. [6]. Рогачева Э. В., Сыроечковский Е. Е. Ресурсы диких пищевых растений Енисейского Севера // Уч. зап. Моск. пед. ин-та.— М.: МОПИ, 1968.— С. 92—155. [7]. Сенько Е. И. Экономические вопросы рационального использования ресурсов грибов и ягод с учетом экологических факторов (на примере комплексных лесных предприятий Украинских Карпат и сопредельных территорий): Автореф. дис... канд. экон. наук.— Л., 1980.— 20 с. [8]. Туркевич И. В. Кадастровая оценка лесов.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 167 с.

---

Поступила 20 января 1986 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*521.2 : 519

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ  
ПОЛЕСЬЯ УССР

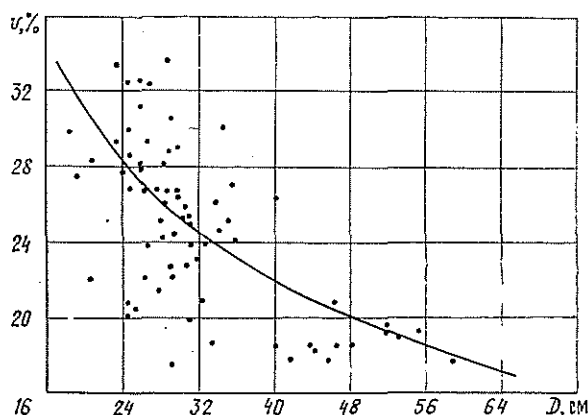
Н. М. КАСЬЯНЕНКО, А. Г. МАНИТА

Украинская сельскохозяйственная академия

Таксационное строение насаждений по диаметру, помимо чисто теоретического интереса, имеет большое практическое значение при разработке и оценке лесотаксационных нормативов [1, 3]. Сложность проблемы не позволила до настоящего времени однозначно решить ее, четко ограничить круг факторов, влияющих на распределение стволов по толщине, и определить набор кривых, которые необходимо использовать в конкретной ситуации [2].

Приведенные результаты основаны на анализе материалов 74 временных пробных площадей, заложенных в сосновых древостоях естественного происхождения Полесья УССР (Волинская, Житомирская, Киевская, Черниговская области), различного возраста, бонитета и полноты.

На всех пробных площадях выполнен обычный комплекс лесотаксационных работ, включающий сплошной перебор и взятие учетных деревьев. Математическая обработка эмпирических данных выполнена на ЭВМ ЕС-1022 с использованием программного обеспечения, разработанного на кафедре лесной таксации УСХА. Массив таксационных показателей был использован для изучения влияния основных таксационных показателей на особенности распределения диаметра.



Изменчивость диаметров стволов в зависимости от  
среднего диаметра древостоя

Корреляционный анализ позволил установить, что изменчивость диаметров  $v$ , асимметрия  $A$  и эксцесс  $E$  их распределения в разной степени связаны с таксационными элементами древостоев. Не удалось выявить существенной зависимости  $A$  и  $E$  от среднего диаметра, высоты, возраста, бонитета, полноты. Изменчивость диаметров сосновых стволов с возрастом, диаметром, высотой и полнотой выражается значимой отрицательной связью ( $r = -0,48 \dots 0,55$ ), с бонитетом — слабой положительной ( $r = 0,25$ ). Наиболее существенное влияние среднего диаметра на коэффициент изменчивости диаметров стволов на 5 %-ном уровне значимости характеризуется уравнением

$$v = 132,8D^{-0,495}$$

Графическая зависимость приведена на рисунке.

Ряды распределения числа стволов сосны по толщине

Сред- ний диам- метр, см	Распределение общего числа стволов, %, по толщине, см																			
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84
16	13,8	27,4	31,4	18,4	6,9	1,8	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	9,3	19,8	28,6	23,9	12,5	4,5	1,2	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	5,4	13,8	24,5	26,4	17,9	8,4	2,8	0,7	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	3,0	9,1	19,3	25,7	22,1	12,9	5,5	1,8	0,5	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	1,6	5,7	14,3	22,8	24,1	17,4	8,9	3,6	1,2	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	—	4,4	10,0	18,7	23,6	20,6	13,0	6,3	2,4	0,8	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	2,5	6,7	14,4	21,4	22,2	16,8	9,5	4,3	1,6	0,5	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	1,4	4,3	10,6	18,0	22,0	19,5	13,0	6,8	2,8	1,1	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—	—
32	—	0,8	2,7	7,4	14,4	20,2	20,8	16,2	9,8	4,8	2,0	0,7	0,2	—	—	—	—	—	—	—
34	—	0,4	1,7	5,0	10,9	17,4	20,6	18,5	12,9	7,2	3,4	1,4	0,5	0,1	—	—	—	—	—	—
36	—	—	1,2	3,3	8,0	14,2	19,1	19,6	15,9	10,0	5,3	2,4	0,9	0,3	0,1	—	—	—	—	—
38	—	—	0,7	2,1	5,6	11,2	16,8	19,4	17,5	12,7	7,6	3,8	1,7	0,6	0,2	0,1	—	—	—	—
40	—	—	0,4	1,3	3,8	8,4	14,0	18,2	18,8	15,1	10,0	5,6	2,7	1,2	0,4	0,1	—	—	—	—
42	—	—	0,2	0,8	2,6	6,1	11,3	16,2	18,4	16,7	12,5	7,8	4,2	2,0	0,8	0,3	0,1	—	—	—
44	—	—	0,1	0,5	1,7	4,3	8,7	13,8	17,4	17,5	14,6	10,1	5,9	3,1	1,4	0,6	0,2	0,1	—	—
46	—	—	—	0,3	1,0	2,9	6,5	11,3	15,7	17,6	16,3	12,3	7,9	4,5	2,2	1,0	0,4	0,1	—	—
48	—	—	—	0,2	0,6	2,0	4,7	8,9	13,6	16,7	16,8	14,2	10,1	6,2	3,3	1,6	0,7	0,3	0,1	—
50	—	—	—	0,1	0,4	1,3	3,3	6,8	11,3	15,2	16,6	15,6	12,1	8,1	4,7	2,5	1,2	0,5	0,2	0,1

Несмотря на противоречивость мнений, в практике лесной таксации чаще всего строение по диаметру моделируют с использованием семейства кривых Пирсона или обобщенного нормального распределения (Грама — Шарлье типа А) [4, 5]. Поскольку они имеют одни и те же характеристики ( $x$ ,  $\sigma$ ,  $A$ ,  $E$ ), представляет интерес сравнительный анализ полученных результатов. В работе использовано также и распределение Лапласа — Гаусса.

Степень соответствия полученных рядов распределения с эмпирическими определена с помощью критерия согласия Пирсона ( $\chi^2$ ), позволяющего выполнить вероятностную оценку расхождений.

Анализ результатов показал, что кривая нормального распределения не может быть использована для аппроксимации рядов распределения по диаметру в спелых сосновых древостоях из-за значительных систематических превышений фактических  $\chi^2$  над соответствующими критическими значениями.

Распределения Грама — Шарлье и Пирсона I типа дали близкие результаты: критерии согласия кривой Пирсона I типа в большинстве случаев меньше по абсолютному значению; однако по числу превышений над критическими значениями  $\chi^2$  они находятся на одном уровне. К тому же технология определения частот по распределению Пирсона несколько сложна.

Следовательно, с практической точки зрения в данных условиях предпочтение следует отдать обобщенному нормальному распределению. Приемлемость решения подтверждают незначительные величины асимметрии и эксцесса, что позволяет предположить относительную близость частот модели и фактического распределения.

Таким образом, в соответствии с вычисленными статистиками ( $v$ ,  $A$ ,  $E$ ), по формуле Грама — Шарлье установлены ряды распределения стволов сосны по толщине (см. таблицу). Эти модели реализованы в системе нормативов товарной структуры спелых сосновых древостоев УССР.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 552 с. [2]. Богачев А. В., Свалов С. Н. Методы таксации лесного и лесосежного фонда // Лесоведение и лесоводство. Итоги науки и техники. — М., 1978. — С. 7—109. [3]. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Таксация лесосек на электронных вычислительных машинах. — Киев: Урожай, 1972. — 200 с. [4]. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 272 с. [5]. Таксация товарной структуры древостоев / А. Г. Мошкалева, А. А. Книзе, Н. И. Ксенофонтов, Н. С. Уланов. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 160 с.

УДК 674.032.476.3(575.1)

### АНАЛИЗ ХОДА РОСТА БОЛОТНОГО КИПАРИСА НА ЮГЕ УЗБЕКИСТАНА

Л. Х. ЕЗИЕВ

Ташкентский сельскохозяйственный институт

Цель настоящего исследования — изучение хода роста болотного кипариса в урочище Джончекка Узунского лесхоза Узбекистана.

Сеянцы болотного кипариса выращены лесхозом из семян, полученных из Крыма и посеянных в 1965 г. на участке № 3 (бывший питомник). На постоянные места растения высажены в 1967—1968 гг. рядами через 4 м, с расстоянием в ряду 2 м. В настоящее время на участке № 1 (площадь 0,54 га) растут 238 деревьев, № 2 (0,36 га) — 258, № 3 (0,07 га) — 213, всего 709 деревьев. На последнем участке деревья растут очень густо, поэтому стволы высокие и тонкие.

Узунский лесхоз расположен в поясе сухих субтропиков. Годовое количество осадков колеблется от 300 мм в низких предгорьях до 500...600 мм в предгорьях, расположенных выше 500 м над уровнем моря. Основная масса их выпадает зимой и весной, на протяжении жаркого лета дожди редки. Почва в пойме р. Каратагдары, где расположена искусственная роща болотного кипариса, лугово-болотная [3].

Проведенные нами почвенные анализы на всех трех участках показали незначительное различие их по механическому составу, содержанию гумуса и питательных элементов, однако они отличаются по мощности горизонтов почвенного профиля и условиям увлажнения. На участке № 1 галечник залегает на глубине 120 см, № 2 — 54 и № 3 — 72 см. Уровень грунтовых вод в августе на участке № 1 106 см, № 2 — 35, № 3 — 60 см [2]. Содержание гумуса в верхнем горизонте колеблется в пределах 1,3...1,5 %. Располагается он почти равномерно по всему метровому горизонту. Подвижной формы азота содержится 2,6, калия — 160 мг/кг, следовательно, эти почвы бедны питательными элементами.



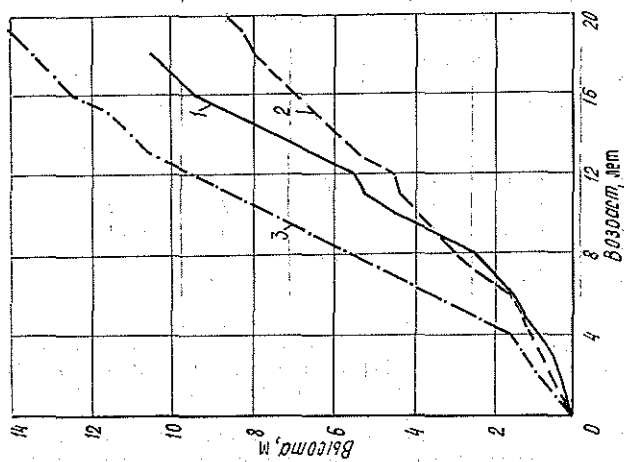


Рис. 1. Рост модельных деревьев болотного кипариса по высоте: 1 — модельное дерево № 1; 2 — № 2; 3 — № 3

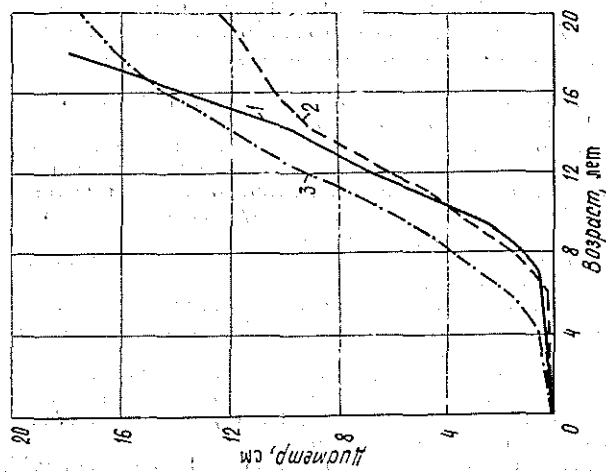


Рис. 2. Рост модельных деревьев болотного кипариса по диаметру. Обозначения см. на рис. 1

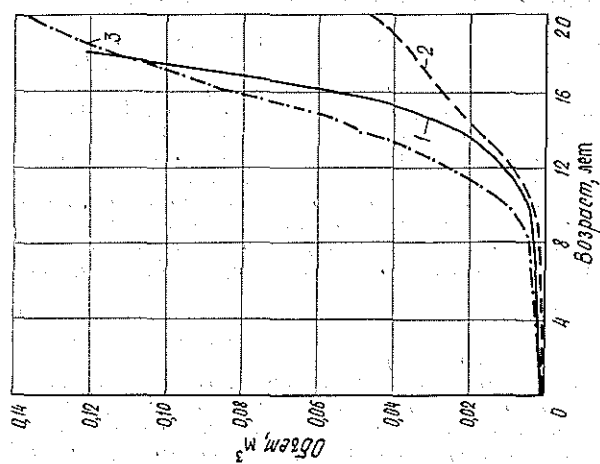


Рис. 3. Рост модельных деревьев болотного кипариса по объему. Обозначения см. на рис. 1

Для анализа хода роста было взято с каждого участка по одному среднему модельному дереву с хорошо развитым, здоровым стволом. Возраст модельных деревьев 18, 20 и 20 лет.

Анализ хода роста выполняли общепринятым методом по однолетним периодам. Вырезы для анализа брали посередине однометровых отрубков. Объем ствола в различные периоды жизни определяли по сложной формуле срединных сечений [1].

Болотный кипарис имеет строгую периодичность роста. Годичные слои на поперечных срезах видны отчетливо невооруженным глазом. Замечены вторичные и ложные слои, которые легко отличаются от основных очень тонким и четким рисунком осенней древесины. Число ложных слоев достигает десяти.

Мы изучали ход роста стволов болотного кипариса по высоте, диаметру и объему, определяли текущий и средний прирост по объему, видовое число.

В целом кипарис быстро растет в высоту, его рост в среднем соответствует Iа классу бонитета по общепониманной шкале проф. М. М. Орлова для семенных насаждений.

На графике (рис. 1) рост в высоту изображается кривой линией (с незначительными скачками), иногда приближающейся к прямой. Быстрый рост наблюдается с 4—6-летнего возраста деревьев (рис. 1).

Модельное дерево № 3 по высоте растет лучше других, чему способствует густота деревьев на участке. До 16 лет оно росло лучше и по диаметру (рис. 2), так как в этом возрасте потребность в питательных элементах была еще невелика. Затем прирост по диаметру начинает уступать приросту модельного дерева № 1. Деревья на участке № 1 растут более свободно, толщина почвенного профиля здесь больше. В густых посадках стволы болотного кипариса естественно очищаются от сучьев.

Хорошим показателем интенсивности роста в высоту является текущий прирост. Наибольший он у моделей № 1 и 3 старше 4...8 лет — 1 м в год, в среднем — 34 см у деревьев до 5 лет. У кипарисов старше 15...16 лет наблюдается некоторое снижение текущего прироста, что связано, по-видимому, с близким залеганием галечникового горизонта.

Наибольший средний прирост по высоте наблюдается у 13-летних деревьев болотного кипариса (81 см в год). В первые 5 лет средний прирост — по 20 см. Средний годичный прирост по высоте с возрастом изменяется значительно более плавно, чем текущий. Начиная с 16-летнего возраста деревьев, он становится выше текущего.

Приведенные графики (рис. 2) свидетельствуют о быстром росте болотного кипариса по диаметру. На графике рост по диаметру изображается в виде плавных кривых линий, которые показывают, что болотный кипарис растет в толщину очень медленно и равномерно до 4...8 лет, а потом начинается быстрый рост. Резкие скачки в росте по диаметру наблюдаются очень редко.

Текущий годичный прирост по диаметру у отдельных деревьев колеблется от 0,3 до 2,5 см. Он достигает максимума в возрасте 15...17 лет (2,5 см). Средний годичный прирост изменяется более плавно.

Рост болотного кипариса по объему вначале идет очень медленно, начиная с 8...10 лет резко увеличивается. На графике он изображается кривыми линиями (рис. 3). Наибольший текущий прирост наблюдается у кипарисов 17...18 лет. Средний годичный прирост всегда меньше текущего.

Видовое число ствола в коре модельного дерева № 1 составляет 0,47, № 2 — 0,39, № 3 — 0,40.

Сравнительный рост болотного кипариса  
в Узбекистане и Луизиане

Воз- раст, лет	Высота, м		Воз- раст, лет	Высота, м	
	в Узбеки- стане	в Луизи- ане		в Узбеки- стане	в Луизи- ане
1	0,31	0,24	7	3,0	2,74
2	0,58	0,52	8	3,7	3,47
3	0,86	0,91	9	4,5	4,71
4	1,15	1,31	10	5,3	5,73
5	1,7	1,68	20	11,55	9,50

Для более четкого представления о характере роста болотного кипариса на юге Узбекистана (см. таблицу) приведем сравнение его с ростом деревьев из естественного местообитания — штат Луизиана, США [4] (взяты средние данные). По данным В. Р. Матуна, оптимальным для роста болотного кипариса считается песчаная плодородная почва с хорошим увлажнением. Такие условия наблюдаются в Луизиане.

Анализ таблицы позволяет сделать вывод, что в условиях Узбекистана болотный кипарис растет лучше, чем на родине (превышение в росте в среднем составляет 7 %). Следовательно, эта древесная порода заслуживает дальнейшего внедрения в лесное хозяйство Узбекистана.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин Н. П. Лесная таксация.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 551 с. [2]. Эзиев Л. Х. Болотный кипарис и его культура в Узбекистане // Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 114—116.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Сурхандарьинская область. Природа: Тр. ТашГУ.— Ташкент, 1961.— 199 с. [4]. Mattoon W. R. The southern cypress // Bull. U. S. department of agriculture.— N 272.— Washington, 1915.— 27 Sept.— P. 74.

УДК 656.065.2

## К ОЦЕНКЕ РАВНОМЕРНОСТИ ПОСТАВОК ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Ю. П. КОНОНОВ

СевНИИП

Лесотранспортные машины обеспечиваются запасными частями в соответствии с нормативно-техническими документами [2, 3], которыми установлена равномерная поквартальная поставка деталей всех наименований пропорционально выделяемым годовым фондам. Этими документами определены плановые объемы поставок и интервалы времени между очередными поставками однотипных деталей.

Однако на практике сроки поставок по различным причинам не всегда соблюдаются, что приводит к необходимости создания на лесозаготовительных предприятиях дополнительных запасов резервных деталей.

Степень неравномерности поставок запасных частей мы оценивали по данным 957 поставок деталей к трелевочному трактору ТДТ-55А на центральный склад производственного объединения Вельсклес. Для выявления наиболее общих характеристик рассматривали поставку только тех деталей, годовые фонды поставки по которым были или выполнены, или незначительно недовыполнены.

По каждой детали использовали информацию о датах и объемах поставок в наблюдаемые периоды времени.

Анализ результатов обработки данных показывает существенное отклонение фактических интервалов и объемов поставок запасных частей от плановых значений этих показателей.

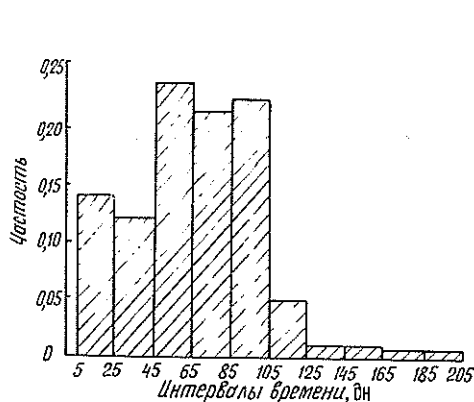


Рис. 1

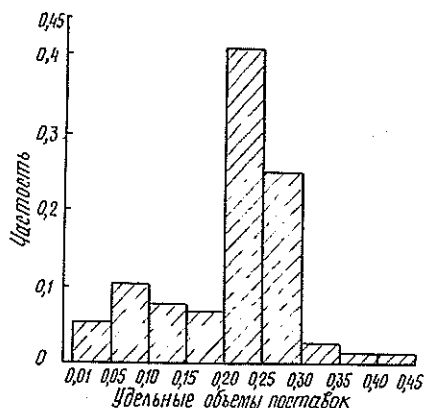


Рис. 2

На рис. 1 приведена гистограмма распределения интервалов времени между поставками деталей. Для ее построения по датам поступления запасных частей определяли интервалы времени между очередными поставками однотипных деталей. Получены статистические параметры распределения интервалов поставок: среднее арифметическое  $\bar{t} = 64,67$  дн, среднее квадратичное  $\sigma_t = 32,41$  дн, коэффициент вариации  $V_t = 50,1$  %, показатель точности  $P_t = 2,16$  %.

На рис. 2 приведена гистограмма распределения удельных объемов поступления деталей. При этом удельный объем поступления деталей определяли отношением числа деталей в поступившей партии к общему числу деталей данного вида, выделенных по годовым фондам. Параметры распределения удельных объемов запасных частей, поступивших в одной партии, составили:  $\bar{v} = 0,21$ ;  $\sigma_v = 0,093$ ;  $V_v = 44$  %;  $P_v = 1,9$  %.

Проведенные исследования показывают, что интервалы и объемы поставок запасных частей,— величины случайные. Массовым случайным явлениям, как известно, свойственны реальные статистические закономерности. На основе выявленных статистических характеристик может быть рассчитан страховой запас деталей для компенсации неравномерности поставок запасных частей.

Известно достаточно много методов определения страховых запасов из-за неравномерности поставок материальных ресурсов. В планировании наиболее часто применяют метод нормирования гарантийного запаса [1, с. 10—14], основанный на изучении отклонений фактических интервалов и объемов поставок от их среднего уровня.

Существующие методы расчета не в полной мере учитывают отклонения фактических интервалов в сторону уменьшения, а фактических объемов в сторону увеличения против среднего, что приводит к росту страхового запаса против объективно необходимого. Поэтому страховой запас резервных деталей для перекрытия неравномерности поступления целесообразно определять с учетом времени дефицита в запасных частях за период между очередными поставками. Расчет времени дефицита в запасных частях может быть выполнен исходя из следующих положений.

Для того чтобы за период времени  $t_i$  между очередными поставками с удельными объемами  $v_{i-1}$  и  $v_i$  отсутствовал дефицит в запасных частях, удельный объем поставки  $v_{i-1}$  должен быть не меньше  $bt_i$  (где  $b$  — среднесуточная удельная потребность в запасных частях данного вида). При  $v_{i-1} < bt_i$  условно будем считать наличие дефицита в запасных частях данного вида, вызванного тем, что объем поступившей партии не обеспечивает среднюю потребность в деталях за время  $t_i$ . Следовательно, время дефицита в запасных частях на складе за период между  $(i-1)$ -й и  $i$ -й поставками:

$$t_{di} = \frac{bt_i - v_{i-1}}{b} = t_i - \frac{v_{i-1}}{b} \geq 0. \quad (1)$$

При этом принимают во внимание только положительные значения  $t_{di}$ . В период между  $i$ -й и  $(i+1)$ -й поставками

$$t_{n(i+1)} = \frac{b(t_i + t_{i+1}) - (v_{i-1} + v_i)}{b} = t_i + t_{i+1} - \frac{v_{i-1} + v_i}{b} \geq 0. \quad (2)$$

Аналогично для периода  $t_n$  между  $v_{n-1}$  и  $v_n$  поставками

$$t_{dn} = t_i + t_{i+1} + \dots + t_n - \frac{v_{i-1} + v_i + \dots + v_{n-1}}{b} \geq 0. \quad (3)$$

Таким образом, по формулам (1) — (3) для каждого интервала времени между поставками можно определить ожидаемое время дефицита в запасных частях.

Результаты обработки данных о поступлении запасных частей на центральный склад объединения Вельсклес по предложенному методу приведены в таблице.

Статистическое распределение времени дефицита запасных частей

Но- мер интер- вала	Граница интервала времени дефицита, дн	Чис- ло слу- чаев	Статистиче- ское значе- ние функции
1	0	796	83,2
2	1—20	81	91,6
3	21—40	36	95,3
4	41—60	17	97,1
5	61—80	10	98,2
6	81—100	8	99,0
7	101—120	4	99,4
8	121—140	2	99,6
9	141—160	1	99,7
10	161—180	1	99,9
11	181—200	1	100

При расчете весь диапазон полученных значений времени дефицита в запасных частях был разделен на интервалы  $\tau_i$  и определено число случаев  $\Delta n_{di}$ , приходящихся на интервал. По этим данным статистическое значение вероятности отсутствия времени дефицита  $p^*(t_d)$ , превышающего указанный интервал, определяли по формуле:

$$P^*(t_d) = \frac{\sum_{i=1}^{n_d} \Delta n_{di}}{n_d} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $\sum_{i=1}^{n_d} \Delta n_{di}$  — суммарное число случаев дефицита до данного интервала, включая рассматриваемый;  
 $n_d$  — общее число случаев дефицита в запасных частях, включая и нулевые значения.

Из данных таблицы видно, что в 83,2 % случаев дефицит в запасных частях отсутствовал, в 16,8 % случаев дефицит наблюдался продолжительностью от 1 до 200 дн.

При статистической обработке получены параметры распределения интервалов времени дефицита в запасных частях

$$\bar{t}_d = 5,62 \text{ дн}; \quad \sigma_d = 18,5 \text{ дн}; \quad V_d = 330\%; \quad P = 10\%.$$

Параметры распределения интервалов времени дефицита с ненулевыми значениями составили

$$\bar{t}_d^H = 32,1 \text{ дн}; \quad \sigma_d^H = 35,1 \text{ дн}; \quad V_d^H = 109\%; \quad P = 8,6\%.$$

На основании анализа распределения интервалов времени дефицита в запасных частях сделано предположение о близости эмпирических распределений экспоненциальному закону. Проверка этой гипотезы с использованием критерия  $\omega^2$  показала, что расхождение между статистическим распределением времени дефицита с нулевыми значениями и теоретическим значимо, что указывает на действительное различие между распределениями. Проверка соответствия распределения с ненулевыми значениями

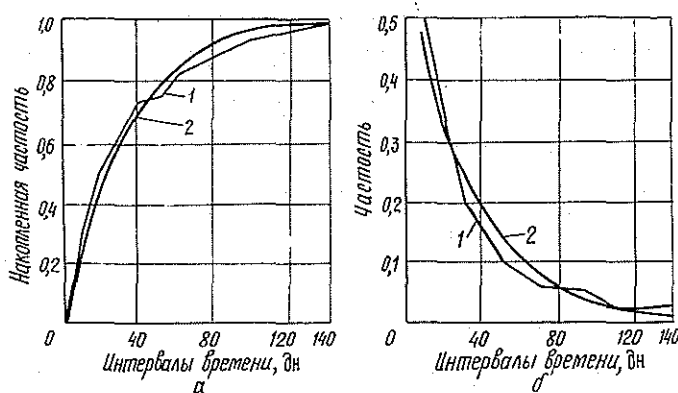


Рис. 3

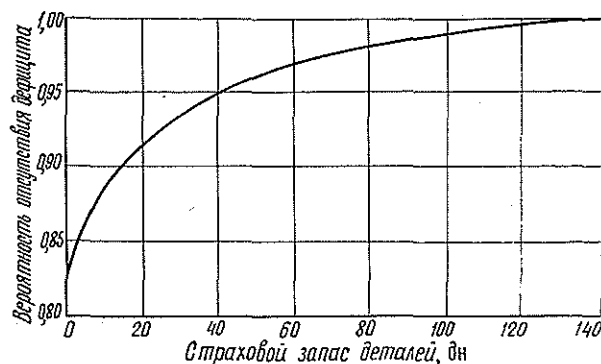


Рис. 4

интервалов экспоненциальному показала, что гипотеза не противоречит опыту и расхождение незначимо.

На рис. 3 приведены статистические (1) и теоретические (2) функции (а) и законы (б) распределения интервалов времени дефицита в запасных частях с ненулевыми значениями. Полученные статистические характеристики интервалов времени дефицита в запасных частях позволяют определить необходимый страховой запас для компенсации неравномерности поставок. Размер страхового запаса определяется с заданной вероятностью на основании статистической функции распределения интервалов времени дефицита в запасных частях.

На рис. 4 приведены статистические вероятности отсутствия дефицита в запасных частях на складе объединения Вельсклес при различных размерах страхового запаса деталей. Из графика видно, что, например, вероятность отсутствия дефицита в запасных частях, равная 0,95, обеспечивается величиной страхового запаса деталей, равной 40 дн.

Если на складе не создавать страхового запаса деталей для компенсации неравномерности поставок, то вероятность отсутствия дефицита в запасных частях составит 0,83.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Микитьянц С. Р., Иотковский А. А., Кролли О. А. Управление производственными запасами на предприятии.— М.: Экономика, 1971.— 53 с. [2]. Положение о поставках продукции производственно-технического назначения.— М.: Юрид. лит.-ра, 1969.— 43 с. [3]. Правила снабжения потребителей запасными частями к автомобилям, тракторам, сельскохозяйственным и другим машинам организациями СССР.— М.: ЦНИИТЭИ, 1974.— 7 с.

УДК 674.821

### ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСНОЙ СТРУЖКИ В ПОТОКЕ

Ю. И. МЕРЕМЬЯНИН

Воронежский лесотехнический институт

Для комплексной автоматизации процесса сушки необходимо совершенствовать существующие и разрабатывать более эффективные методы контроля влажности древесных материалов. Основное требование к контролю — точность и непрерывность.

Непрерывное измерение влажности при сушке уменьшает расход тепловой и электрической энергии на единицу продукции, улучшает управление режимом сушки. Работа сушилок регулируется главным образом по косвенным показателям, например, по температуре сушильного агента. Это приводит к отклонению конечной влажности высушенных материалов от установленных пределов.

Деревообрабатывающая промышленность нуждается во влагомерах, обеспечивающих непрерывное измерение влажности с необходимой точностью и с минимальным запаздыванием. Известные способы определения влажности древесной стружки в технологическом потоке основаны на измерении какого-либо физического параметра, зависящего от влажности. Наибольшее применение получил метод измерения диэлектрических характеристик древесной стружки [3]. Этот способ можно реализовать в устройстве, представляющем собой установленный в технологическом потоке электрический измеритель емкости и конструктивно выполненный в виде датчика, в который вмонтированы электроды. О величине влажности древесной стружки судят по измеряемой емкости конденсатора, между обкладками которого находится измеряемая стружка. Однако этот способ недостаточно точен: существенную погрешность в результате измерения вносит степень уплотнения древесной стружки в датчике.

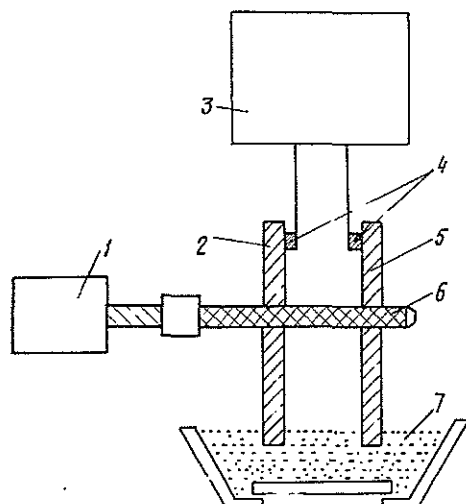
В настоящее время подготовлен к серийному выпуску инфракрасный влагомер стружки. Однако хорошие метрологические характеристики таких влагомеров достигаются значительным усложнением схемы, что приводит к их высокой стоимости. Кроме того, в них используют дорогостоящие оптические приборы, которые плохо работают в условиях запыленности, повышенной влажности, загазованности (условия, характерные для деревообрабатывающих производств).

В ВЛТИ разработан способ непрерывного измерения влажности древесной стружки в технологическом потоке с учетом трибоэлектрического эффекта. Этот способ лишен всех недостатков описанных выше методов. При этом был принят во внимание известный способ, основанный на измерении электрического параметра — омического сопротивления — при пропускании потока стружки между вращающимися дисками [1]. Скорость вращения дисков в этом случае устанавливают примерно равной скорости движения технологического потока стружки или немного меньше ее. Однако этот спо-

соб [1] имеет существенный недостаток: низкую точность измерения из-за неодинакового уплотнения древесной стружки в потоке. Уплотнение измельченной древесины, движущейся между вращающимися дисками, в значительной степени влияет на омическое сопротивление, а следовательно, и на точность и воспроизводимость условий измерения влажности.

Нами предложено измерять не омическое сопротивление, а разность эдс, возникающую между вращающимися в потоке стружки дисками.

Известное в физике явление трибоэлектрического эффекта заключается в возникновении электрических зарядов при трении двух разнородных тел. На этом явлении основана применяемая в некоторых отраслях техники так называемая трибоэлектрическая дефектоскопия: измеряется эдс, возникающая при трении разнородных материалов (трибо эдс). Предлагаемый способ можно реализовать, например в следующем устройстве, схема которого приведена на рисунке.



Устройство содержит электродвигатель 1, на вал 6 которого (изготовленного из диэлектрического материала) насажены два диска 2 и 5, выполненные из электропроводящего материала. Диски помещены в поток древесной стружки 7, находящейся на ленте транспортера. Электроды 4 контактируют с дисками и связаны с электроизмерительным прибором 3.

Трибоэлектрический измеритель влажности работает следующим образом. При вращении двух дисков в потоке древесной стружки в дисках наводится электродвижущая сила (эдс). Значение этой эдс зависит от влажности исследуемой стружки. Для повышения чувствительности измерения диски выполнены из различных по уровню трибоэлектрического эффекта электропроводящих материалов, например, из алюминия и латуни. Линейную скорость вращения наружной части диска устанавливают в 10...12 раз больше скорости движения древесной стружки в технологическом потоке. Это необходимо для того, чтобы свести к минимуму погрешность измерения от колебаний скорости движения стружки.

Выбор скорости вращения дисков меньше этого предела не ликвидирует указанной погрешности измерения, а больше этого предела — не имеет смысла, так как не создает каких-либо преимуществ в повышении точности измерений. Скользящие контакты-электроды 4 снимают с дисков наводимую в них эдс и посылают на электроизмерительный прибор 3. В качестве электроизмерительного прибора используют вольтметр электростатической системы, проградуированный в единицах влажности.

Трибоэлектрический измеритель позволяет контролировать влажность древесной стружки непрерывно, не нарушая технологического процесса, и не требует дополнительных промежуточных операций. Кроме того, сигнал с выхода непрерывного измерителя влажности может быть использован для автоматического контроля и регулирования влажности высушиваемого материала, что имеет большое значение при высокотемпературных и быстротекущих технологических процессах, где обычные методы контроля путем взятия пробы материала и измерения ее влажности неприемлемы вследствие длительности определения и периодичности контроля влажности. Применение автоматических влагомеров в деревообрабатывающей промышленности позволяет снизить трудоемкость измерения влажности, сэкономить сырье, повысить качество продукции и увеличить производительность труда.

Сравнительные испытания предлагаемого измерителя проведены в производственных условиях Ермоловского филиала Чечено-Ингушского производственного мебельно-деревообрабатывающего объединения (ПМДО) «Терек» на древесной стружке разных пород: березы, осины, дуба. Было отмечено, что порода практически не влияет на результат измерения. Значение наводимой трибо эдс в процессе измерения колебалось в пределах от 165 до 210 В в зависимости от влажности стружки. Действительную влажность стружки определяли методом высушивания, согласно соответствующему ГОСТу.

Абсолютную погрешность измерения определяли как разность измеренной и действительной влажности, относительную — как отношение абсолютной погрешности к действительной влажности.

Изменение уровня стружки на транспортере в пределах до 20 % и степени уплотнения стружки в потоке практически не влияет на результаты измерений. Это объясняется тем, что данный измеритель построен на принципе измерения эдс, т. е. имеет большое входное сопротивление. Однако изменение упомянутых выше показателей приводит к изменению омического сопротивления массы стружки, что скажется лишь на величине тока, проходящего через эту массу, но не на величине эдс. По этой же причине не выявлено влияние фракционного состава на результаты измерений. Чувствительность трибоэлектрического метода измерения составляет десятые доли процента влажности, поэтому этот метод можно применять и для очень сухой стружки (с влажностью менее 4 %).

Полученные при измерениях данные приведены в таблице.

Влажность	Значение влажности, %				
Действительная	4,2	6,3	7,8	9,4	12,1
Измеренная	4,7	6,9	7,2	10,2	11,2
Абсолютная погрешность	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9
Относительная погрешность	11,9	9,5	7,7	8,5	7,4

Следовательно, предлагаемый измеритель влажности [2] позволяет значительно снизить погрешность измерения (при емкостном способе без корректировки по плотности потока относительная погрешность измерения достигает 26 %).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. № 222701 СССР, МКИ<sup>1</sup> G01 K 19/04. Датчик непрерывного измерения влажности древесной стружки / Б. И. Грянин (СССР).— № 1103143/26—10; Заявлено 20.09.66; Опубл. 17.07.68, Бюл. № 22 // Открытия. Изобретения.— 1968.— № 22.— С. 88.  
[2]. А. с. № 1165960 СССР, МКИ<sup>3</sup> G01 № 25/56. Способ непрерывного определения влажности древесной стружки в технологическом потоке. / Ю. И. Меремьянин, В. А. Бушуев, И. А. Боевская, Ж. И. Портник (СССР).— № 3696055/24—25; Заявлено 31.01.84; Опубл. 07.07.85, Бюл. № 25 // Открытия. Изобретения.— 1985.— № 25.— С. 150.  
[3]. Леонцов Л. В. Технологические измерения и приборы в лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М. Лесн. пром-сть, 1984.— 351 с.

УДК 630\*812.71

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК И ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ИЗГИБЕ ДРЕВЕСИНЫ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Традиционно наиболее важной характеристикой механических свойств древесины считается ее предел прочности при том или ином виде нагружения. Для практики важно знать также предельные деформации материала с тем, чтобы рассчитать, например, допустимый прогиб элементов деревянных конструкций, найти оптимальную величину пролета и т. п. Деформационные характеристики древесины изучены сравнительно слабо, за исключением, пожалуй, модулей упругости при изгибе.

Ниже изложены результаты опытов по изучению предельных нагрузок и предельных прогибов при изгибе древесины в их взаимосвязи. Всего испытано 119 сосновых образцов сечением 40 × 16 мм и длиной 400 мм. При этом 19 образцов имели пороки в виде здоровых сросшихся сучков диаметром до 15 мм, остальные образцы не имели видимых пороков древесины. Влажность образцов в момент испытаний составила 8...10 %. Принята 3-точечная схема изгиба на пролете 340 мм.



Испытания выполнены на машине Р-0,5 при скорости движения активного захвата 0,166 мм/с. Разрушающую нагрузку фиксировали по шкале силовизмерителя с точностью до 0,1 Н, а соответствующий ей предельный прогиб — с помощью диаграммного аппарата машины с точностью до 0,1 мм. (Масштаб записи диаграммы 10:1).

Предел прочности при изгибе вычисляли по формуле

$$\sigma_{изг} = \frac{1,5P_{max}l}{bh^2} \text{ Н/мм}^2, \quad (1)$$

а относительную деформацию в момент разрушения — по формуле

$$\varepsilon = \frac{6f_{max}h}{l^2} 100 \%, \quad (2)$$

где  $P_{max}$  — разрушающая нагрузка, Н;

$l$  — расстояние между опорами, мм;

$b, h$  — ширина и толщина образца, мм;

$f_{max}$  — предельный прогиб, мм.

Результаты испытаний и расчетов представлены в таблице.

Показатель	Размерность	Среднее арифметическое	Вариационный коэффициент, %	Асимметрия	Экссесс
Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$	Н/мм <sup>2</sup>	$\frac{98,8}{103,1}$	$\frac{17,53}{13,52}$	$\frac{2,30}{-0,20}$	$\frac{1,71}{-0,13}$
Предельная относительная деформация $\varepsilon$	%	$\frac{1,14}{1,21}$	$\frac{18,38}{12,32}$	$\frac{3,57}{0,95}$	$\frac{1,12}{1,11}$

Примечание. В числителе — данные для всех образцов (119 шт.); в знаменателе — для образцов без пороков (100 шт.).

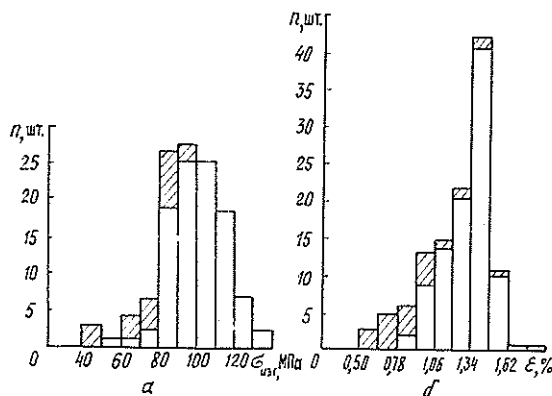


Рис. 1. Гистограммы распределения: а — предела прочности при изгибе; б — предельной относительной деформации. (Заштрихованные участки относятся к образцам с сучками)

Частотное распределение показателей дано на рис. 1, а их взаимосвязь — на рис. 2. Полученные результаты позволяют отметить следующее.

1. Средняя величина предела прочности при изгибе составила 98,8 Н/мм<sup>2</sup> (для чистых образцов — 103,1 Н/мм<sup>2</sup>). Частотное распределение этого показателя отличается умеренной асимметрией и эксцессом, а при исключении образцов с сучками практически полностью совпадает с нормальным распределением (асимметрия и эксцесс близки к нулю).

2. Средняя величина предельной относительной деформации крайних растянутых волокон при изгибе для всех образцов составила 1,140 %, а для чистых образцов — 1,216 %. Распределение этой величины отличается большой левосторонней асимметрией (рис. 1, б), т. е. не соответствует закону нормального распределения. Хорошо видно, что гистограмма распределения круто обрывается с правой стороны. Лишь два образца

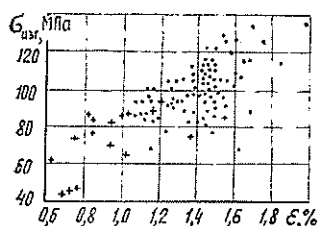


Рис. 2. Взаимосвязь предела прочности с предельной относительной деформацией при изгибе древесины

исчерпанию своего энергетического ресурса и т. п. Тот факт, что распределение предельных деформаций отличается асимметрией, позволяет предполагать, что в ряде случаев именно деформация крайних растянутых волокон определяла несущую способность образцов.

При изгибе картина напряжений и деформаций достаточно сложна. В сжатой зоне образца неупругие деформации возникают намного раньше, чем в растянутой. Опыты еще раз подтвердили значительное влияние плотности древесины. Можно считать, что несущая способность деревянных элементов определяется комплексом показателей, из которых первичными являются плотность древесины и наличие структурных неоднородностей типа сучков, косослоя и т. п., а вторичными, зависящими от них, надо считать прочностные и деформационные свойства данных элементов. Взаимосвязь всех показателей на эмпирическом уровне изучена сравнительно хорошо, за исключением, пожалуй, предельных деформаций. Приведенные выше опытные данные можно рассматривать как некоторую дополнительную информацию к рассматриваемой проблеме.

показали предельные, деформации существенно выше средней величины. Эти образцы отличаются от прочих очень высокой плотностью древесины (более 700 кг/м<sup>3</sup> при средней плотности 510 кг/м<sup>3</sup>) и могут быть исключены из статистической совокупности.

3. Взаимосвязь между показателями прочности и предельной деформации умеренная: для всех образцов коэффициент корреляции составил  $0,700 \pm 0,047$ , а для чистых бездефектных образцов — только  $0,496 \pm 0,075$ .

Полученные результаты по предельным деформациям при изгибе могут оказаться полезными в объяснении механизма разрушения древесины. Согласно существующим представлениям, твердое тело может разрушаться при достижении некоторого предельного (для данного образца) напряжения или некоторой пороговой величины деформации, или при

УДК 648.59 : 667.644 : 681

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ЖИДКОГО СЛОЯ ЛАКОКРАСОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ДВИЖУЩУЮСЯ ПОДЛОЖКУ

В. И. ОНЕГИН, В. А. ЕГОРОВ, В. С. КАРИМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Перевод мебельной промышленности на интенсивный путь развития неразрывно связан с разработкой математических моделей объектов управления для применения вычислительной техники в управление технологическими процессами.

В данной работе математически описан технологический процесс лаконолива на движущуюся подложку.

При истечении лакокрасочного материала (ЛКМ) из лаконоливной головки образуется лаковая завеса с расходом

$$Q = \rho \int_0^{\omega} u d\omega. \quad (1)$$

При встрече с движущейся подложкой часть лакокрасочного материала увлекается, продолжая двигаться в попутном направлении, образуя жидкий адгезированный слой. Другая часть движется в противоположном направлении, образуя противоток.

Величина зоны противотока зависит от скорости движения подложки, секундного расхода лака при истечении и его физико-механических свойств.

Запишем уравнение движения и неразрывности потока

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + Fx + \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n f_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

Сделаем ряд допущений. Полагаем движение квазистационарным и плоскопараллельным, инерционным эффектом пренебрегаем, а также считаем, что лакокрасочный материал подчиняется закону Шведова — Бингама:

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y} + \tau_0 \left( \operatorname{sgn} \frac{\partial u}{\partial y} \right). \quad (4)$$

Градиент давления в ветви противотока равен

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\sigma_{ж.г}}{xh} + \frac{\partial R}{\partial x} + \sigma_{ж.г} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3}; \quad (5)$$

для увлекаемого слоя кривизной поверхности пренебрегаем, т. е.

$$\frac{\partial^3 h}{\partial x^3} = 0.$$

Внешнюю силу  $f$ , действующую на единицу объема, будем рассматривать как движущую силу растекания только для ветви противотока, так как для попутного направления несмоченные участки отсутствуют:

$$f = -\frac{1}{v} \frac{\partial L}{\partial x} \quad (6)$$

или

$$f = \frac{S - \sigma_{ж.г}}{xh}, \quad (7)$$

где  $L$  — изменение свободной поверхностной энергии системы объемом  $v$ , плотностью  $\rho$ ;

$\tau_0$  — предельное напряжение сдвига жидкости с удельной поверхностной энергией  $\sigma_{ж.г}$ ;

$S$  — коэффициент растекания;

$R$  — избыточное давление в системе;

$U_{п}$  — скорость движения подложки.

Принимая во внимание сделанные допущения, перепишем уравнение (3) с учетом (5) — (7):

$$\frac{\partial \tau}{\partial y} = \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{S}{xh} - \sigma \frac{\partial^3 h}{\partial x^3}. \quad (8)$$

Интегрируя (8) по  $y$  при  $\tau|_{y=h} = 0$  и учитывая выражение (4), получим распределение касательных напряжений по сечению:

$$\tau(y) = \left( \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{S}{xh} - \sigma_{ж.г} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} \right) (y - h) + \tau_0 + \mu \frac{\partial u}{\partial y}. \quad (9)$$

отсюда зона вязкопластического течения

$$\delta = h - \frac{\tau_0}{\sigma_{ж.г} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} - \frac{\partial R}{\partial x} - \frac{S}{xh}}. \quad (10)$$

Интегрирование уравнения (9) позволяет определить распределение скоростей по сечению в ветви противотока:

для вязкопластической зоны

$$U_2(y) = \frac{1}{2\mu} \left( \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{S}{xh} - \sigma_{ж.г} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} \right) (y^2 - 2hy) - \frac{\tau_0}{\mu} y - U_{п}; \quad (11)$$

для квазитвердой зоны

$$U_2(\delta) = \frac{1}{2\mu} \left( \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{S}{xh} - \sigma_{ж.г} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} \right) (\delta^2 - 2h\delta) - \frac{\tau_0}{\mu} \delta - U_{п}. \quad (12)$$

Величина расхода ЛКМ в ветви противотока

$$Q_2 = \int_0^\delta U_2(y) dy + \int_\delta^h U_2(\delta) dy; \quad (13)$$

$$Q_2 = \frac{1}{\mu} \left( \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{S}{xh} - \sigma_{ж.г} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} \right) \left( h\delta^2 - \frac{\delta^3}{3} + h^2\delta \right) + \frac{\tau_0}{\mu} \left( \delta h - \frac{\delta^2}{2} \right) - U_n h. \quad (14)$$

Аналогичные выражения получим и для увлекаемого ЛКМ

$$Q_1 = \frac{1}{\mu} \left( \frac{\partial R}{\partial x} + \frac{\sigma_{ж.г}}{xh} \right) \left( h\delta^2 - \frac{\delta^3}{3} + h^2\delta \right) + \frac{\tau_0}{\mu} \left( \delta h - \frac{\delta^2}{2} \right) + U_n h. \quad (15)$$

Полученные соотношения представляют математическую модель формирования жидкого адгезированного слоя ЛКМ на движущуюся подложку и могут быть использованы для управления и оптимизации данного технологического процесса.

УДК 621.643.03 : 620.17

## О ПРИЧИНАХ РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ КОЛЛЕКТОРА ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ КОТЛА

Ю. К. ОПЯКИН, В. М. АЛЕКСАНДРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Комплексное использование древесины сопровождается крупными затратами тепловой и электрической энергии. Улучшение качества электроснабжения — важная задача, решение которой в значительной степени зависит от безаварийной работы энергетического оборудования.

Исследование причин разрушений отдельных узлов и деталей оборудования способствует решению этого вопроса.

В частности, на одной из ТЭЦ на котлах ТМ-84Б были обнаружены трещины в сварных швах приварки пароперепускных труб диаметром  $133 \times 13$  мм к коллекторам конвективного пароперегревателя диаметром  $219 \times 32$  мм, изготовленных из стали 12Х1МФ. Как показал макроскопический анализ, трещины глубоко уходят в тело коллектора. Максимальная протяженность трещин 150 мм при глубине до 14 мм.

Характер развития трещин и результаты выборки дефектов в металле одного из коллекторов в местах приварки штуцеров представлены на рис. 1. Твердость металла шва находится на уровне 160...190 НВ, а твердость основного металла коллектора — 135...137 НВ (рис. 2, табл. 1).

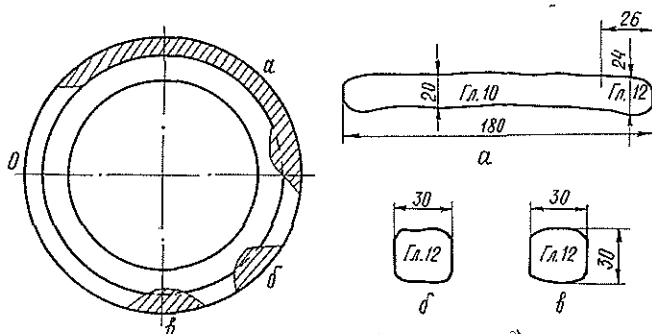


Рис. 1. Выборка металла сварного шва штуцера коллектора

Магистральные трещины развиваются снаружи и по мере распространения их вглубь рельеф излома становится более грубым.

Микроскопический анализ показал, что от магистральной трещины вдоль границ зерен расходится множество микротрещин и микроразрывов аналогичного характера, заполненных окислами.

В зависимости от конфигурации труб и их ориентации в пространстве трещины расположены как с передней, так и с задней сторон коллекторов. Для количественных оценок напряжений выполнены расчеты напряженного состояния, перемещений отдельных сечений в результате температурных расширений труб и нагрузок на сварные швы в месте приварки штуцера к коллектору конвективного пароперегревателя по программе АСТРА для ЭВМ ЕС.

В программе полностью реализованы требования РТМ 24.038.08—72 по расчету трубопроводов энергетических установок на прочность.

Рис. 2. Срез участка сварного шва в районе трещины: арабскими цифрами обозначены точки замера твердости; римскими — сечения для микроскопического анализа металла

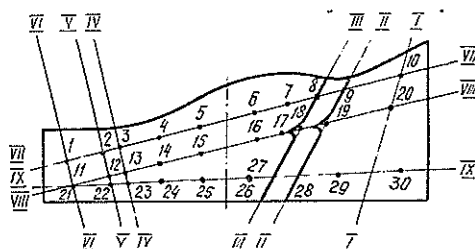


Таблица 1

Результаты испытаний на твердость сварного шва коллектора конвективного пароперегревателя (материал 12Х1МФ)

Точки замера твердости	Размер, мм	НВ	Точки замера твердости	Размер, мм	НВ	Точки замера твердости	Размер, мм	НВ
1	133 × 12	147	11	219 × 26	144	21	219 × 26	144
2	219 × 26	139	12	219 × 26	144	22	219 × 26	147
3	219 × 26	159	13	219 × 26	190	23	219 × 26	185
4	219 × 26	185	14	219 × 26	185	24	219 × 26	185
5	219 × 26	176	15	219 × 26	169	25	219 × 26	185
6	219 × 26	185	16	219 × 26	172	26	219 × 26	185
7	219 × 26	185	17	219 × 26	169	27	219 × 26	180
8	219 × 26	172	18	219 × 26	153	28	219 × 26	147
9	219 × 26	133	19	219 × 26	141	29	219 × 26	137
10	219 × 26	135	20	219 × 26	135	30	219 × 26	137

Таблица 2

Результаты расчета пароперепускной трубы на совместное действие всех нагружающих факторов для рабочего состояния

Номер сечения	Эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{э}}$ , МПа	
	без учета овальности	с учетом овальности
0	140,8	
1	84,6	
2	98,5/76,6	123,9
3	124,6	
4	164,3/100,8	107,1
5	77,2	
6	132,8/123,7	168,6
7	165,4	

Примечание. В числителе указаны напряжения в среднем сечениигиба, в знаменателе — в конце;  $\sigma_{\text{доп}}^{\text{э}} = 109,5$  МПа для прямых труб;  $\sigma_{\text{доп}}^{\text{э}} = 182,5$  МПа для гибов; расчетные эквивалентные напряжения в сечениях 0,7 — соединение пароперепускной трубы с коллектором — превышают допустимые.

В результате проведенного исследования установлено, что причина разрушения сварных швов конвективного пароперегревателя котла ТМ-84Б — повышенные напряжения компенсации температурных расширений пароперепускных труб под влиянием коррозионной среды.

Анализ результатов расчетов на совместное действие всех нагружающих факторов для рабочего состояния (внутреннее давление среды, весовая нагрузка, температурные расширения) выявил зоны повышенных напряжений в начальных и конечных сечениях всех труб в месте приварки штуцера к коллектору конвективного пароперегревателя (табл. 2). Приведенные данные свидетельствуют о том, что одна из причин разрушений — высокий уровень компенсационных напряжений (максимальные эквивалентные напряжения 165,4 МПа без учета овальности и 168,6 МПа с учетом овальности), обусловленный отсутствием свободы перемещений коллекторов при температурных расширениях труб и концентрации напряжений в местах приварки штуцера к коллектору.

Кроме того, по нашему мнению, дополнительный фактор в развитии зародившихся трещин — коррозионная среда. Влияние коррозионной среды под напряжением способствует слиянию микронадрывов и микротрещин, которые объединяются и приводят к образованию магистральных трещин.

Эффект адсорбционного понижения прочности металла шва обусловлен прежде всего тем, что коррозионное влияние среды понижает поверхностную энергию металла и способствует зарождению пластических сдвигов.

УДК 684:331.41

## ОПЫТ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. И. КОРАБЛЕВ, Г. В. ГРИШЕЧКИН

Ленинградская лесотехническая академия

В борьбе за увеличение сменности работы, рациональное использование ресурсов, повышение производительности труда на каждом рабочем месте важное значение имеет аттестация и рационализация рабочих мест.

Широко известны успехи в этой работе Днепропетровского комбайнового завода им. К. Е. Ворошилова, объединения АвтоВАЗ и др. В Минлесбумпроме СССР ведущей организацией по передаче этого опыта стало Днепропетровское производственное деревообрабатывающее объединение Днепропетровскдрев. Сегодня уже доказано, что аттестация и рационализация рабочих мест является важным этапом перехода к интенсификации производства.

Интенсификация производства начинается с рабочего места, поэтому необходимо знать: какова отдача данного рабочего места, как используется установленное оборудование и труд работника. На сегодня этот потенциал используется не полностью. Одна из причин в том, что в прежние годы он наращивался в основном на базе устаревшей техники и технологии производства, которая не обеспечивала экономно трудовых ресурсов. В то же время на мебельных предприятиях недостаточно используются и организационные меры, направленные на совершенствование управления производством и внедрение научной организации труда.

Для аттестации рабочего места, определения его организационно-технического уровня применяется система показателей комплексной оценки рабочего места, представленная на схеме.



Структура показателей комплексной оценки рабочего места

С 1986 г. сотрудники Ленинградской лесотехнической академии проводят исследования с целью разработки программы и методики проведения аттестации и рационализации рабочих мест на предприятиях ВПО Севзапмебель.

Исследования включают три этапа: организационный, технический и плано-внедренческий. На первом этапе осуществляется методическая и организационная подготовка предстоящей работы непосредственно на предприятии. Создается общезаводская аттестационная комиссия во главе с главным инженером предприятия, в которую входят руководители всех уровней, представители общественных организаций и новаторы производства.

В каждом цехе под руководством начальника работает аналогичная цеховая комиссия, которая проводит аттестацию рабочих мест и разрабатывает организационно-технические мероприятия по их рационализации.

Технический этап работы включает:

инвентаризацию (учет) рабочих мест;  
систематизацию технических, технологических, организационных и экономических характеристик рабочего места в специальных учетно-аналитических документах — паспортах рабочего места;

оценку соответствия организационно-технических и экономических характеристик каждого рабочего места требованиям ГОТ, типовым проектам организации труда и другим прогрессивным решениям и нормам.

Плано-внедренческий этап аттестации рабочих мест состоит в разработке и внедрении организационно-технических мероприятий, направленных на рационализацию рабочих мест, а также вывод из эксплуатации излишних рабочих мест.

При аттестации рабочего места выявляют его соответствие прогрессивным нормативным требованиям. При этом сравнивают производительность оборудования, определяют возможности обеспечения высокого качества продукции, удельные затраты материальных и топливно-энергетических ресурсов; делают заключение о соответствии прогрессивным требованиям и нормам технологической и организационной оснастки, подъемно-транспортных и других средств, облегчающих труд работника.

При аттестации рассматривают также планировку рабочего места, возможность улучшения организации и условий труда; определяют эффективность обслуживания, качество используемых норм и нормативов трудовых затрат.

Базой для оценки показателей рабочего места служат стандарты, межотраслевые и отраслевые нормативы, типовые проекты организации труда, лучшие отечественные и мировые достижения.

Критерии оценки: технический уровень, организационный уровень и условия труда и техники безопасности на рабочем месте (см. схему). Каждый из критериев складывается из 4...7 единичных показателей, по которым находят средний оценочный балл. Для аттестации рабочих мест используют систему баллов, установленную «Рекомендациями по аттестации рабочих мест на предприятиях Минлесбумпрома СССР».

На основе обследования рабочего места по указанным критериям принимают решение о возможности эксплуатации, рационализации, либо ликвидации каждого конкретного рабочего места.

Аттестацию рабочих мест следует проводить планомерно, не реже двух раз в пятилетку.

Следует сказать несколько слов об опыте работы по аттестации и рационализации рабочих мест на ЛПМО «Нева», где сотрудниками ЛТА была оказана методическая и практическая помощь.

На первом этапе вопросы аттестации рабочих мест были обсуждены на общем собрании актива предприятия. Затем мебельщики провели первую общую инвентаризацию рабочих мест, т. е. поставили на учет все реально существующие рабочие места. Цель инвентаризации заключалась в том, чтобы учесть все наличное оборудование, определить общее число рабочих мест в основном и вспомогательных производствах, выделить функционирующие и нефункционирующие, распределить последние на вакантные, резервные и излишние. Далее проводили аттестацию рабочих мест в соответствии с разработанными методическими указаниями.

По результатам аттестации был утвержден план организационно-технических мероприятий по рационализации рабочих мест в целях доведения их до уровня нормативных требований.

Заключительным этапом работ явилось осуществление на практике мер по рационализации и ликвидации устаревших рабочих мест.

Систематическая работа по аттестации и рационализации рабочих мест начата недавно, но уже сейчас можно убедительно говорить о положительном влиянии ее на производство. Заметно повысилась культура производства. Выполнен большой объем работ по наладке технологического оборудования, его ремонту, улучшению условий труда и техники безопасности.

В результате аттестации и рационализации рабочих мест объединению удалось за полгода сократить их общее число на 31 единицу, демонтировать 15 единиц устаревшего оборудования, условно высвободить 27 рабочих, рационализировать 24 рабочих места.

УДК 676.164.4.026.62

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК АНТРАХИНОНА НА НАТРОННУЮ ВАРКУ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ КОРЫ РАСТЕНИЯ «ЖЁ»

ЗЫОНГ-БА-ЗУНГ, А. Б. МАРШАК, Ю. Г. БУТКО

Ленинградский технологический институт ЦБП

Известно положительное влияние антрахинона на выход целлюлозы из хвойной и лиственной древесины. Нами исследовано воздействие антрахинона при варке коры в батарейных автоклавах глицериновой бани при расходе антрахинона 0,02...0,08 % от абс. сухого сырья. Контрольные варки проводили без добавки антрахинона. Условия варки, а также полученные результаты представлены в таблице.

Добавка антрахинона, %	Выход целлюлозы, %	Жесткость целлюлозы, п. е.	Разрывная длина, м	Сопротивление излому, ч. д. п.	Сопротивление продавливанию, МПа	Сопротивление раздиранию, мН
0	41,5	18,1	4 150	870	200	160
	40,0	17,1	4 100	950	265	136
0,02	42,0	17,0	4 350	260	280	150
	40,5	15,5	4 050	130	250	130
0,04	42,5	15,75	4 350	200	275	140
	40,8	15,30	4 050	120	230	126
0,06	42,9	15,5	4 200	410	280	136
	41,0	15,3	3 900	120	220	120
0,08	43,3	14,7	4 200	380	280	140
	41,2	14,9	3 850	90	220	110

Примечание. В числителе данные при расходе активной щелочи 13 %; в знаменателе — 15 %; во всех случаях сульфидность 0 %, температура варки 170 °С, продолжительность варки 45 мин.

Как видно из данных таблицы, добавка антрахинона 0,02 % от абс. сухого сырья увеличивает выход целлюлозы на 1,25 %. При добавке 0,08 % антрахинона выход целлюлозы увеличивается на 4,3 % при 13 %-ном расходе активной щелочи и на 3 % при расходе щелочи 15 %. Увеличение расхода щелочи снижает эффект действия антрахинона. Это можно объяснить усилением деструкции углеводной части с повышением расхода щелочи.

Механические свойства полуфабриката при добавке антрахинона уменьшаются. При этом статистические показатели снижаются сравнительно мало. Особенно заметно уменьшается сопротивление раздиранию. Из этого следует, что в присутствии антрахинона при варке происходит изменение динамических показателей механических свойств.

Из результатов работы можно заключить, что добавка антрахинона в количестве 0,02...0,08 % от абс. сухого сырья повышает выход полуфабриката, уменьшает жесткость целлюлозы, но ухудшает механические показатели.



## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 083.71 (049.3)

## ОБ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ\*

Высококачественная учебная литература — необходимое условие подготовки специалистов для лесного хозяйства на уровне современных требований.

Одним из лучших был определитель древесных растений, написанный группой авторов, изданный в 1940 г. под общей редакцией В. Н. Сукачева и ставший ныне библиографической редкостью. К сожалению, его переиздание не было осуществлено.

Определители по отдельным разделам (Новиков А. Л., 1965; Ванин А. И., 1967; Андронов Н. М., Богданов П. Л., 1974; и др.) лишь частично могли возместить нужное для занятий учебное пособие.

Поэтому заслуживает внимания определитель древесных растений Ф. А. Чепика. К числу его несомненных достоинств относится в целом удачное методическое построение, продуманный объем видов, верно выбранные для описания надежные морфологические признаки, уточненное название растений и комплексность.

Определитель предназначен для лесных техникумов. Однако по содержанию он близок к вузовской программе лесохозяйственных факультетов, которые испытывают особую необходимость в нем, и может быть подготовлен к изданию после соответствующей доработки.

В связи с этим, в частности, мы сочли необходимым выразить свои замечания и пожелания по определителю Ф. А. Чепика.

1. Некоторые рисунки определителя нечетки, расплывчаты и не дают надлежащего представления о жилковании, крае листовой пластинки, строении хвои. Более удачны рисунки плодов и побегов. Однако, когда на рисунке помещено слишком много видов, восприятие отличительных признаков снижается. Есть не совсем типичные рисунки. Так, для вяза голого (вяза шершавого) очень характерно раздвоение жилок второго порядка, а на рисунке этого нет.

2. В таблице для хвойных даны два входа при определении лиственниц (с. 17 и 25) и можжевельника (с. 16 и 32). По побегам три раза описаны яблоня лесная, яблоня ягодная, дважды — слива колючая, слива растопыренная, крушина облепиховая. Правильнее, на наш взгляд, определение провести по одному входу, но с более подробной морфологической характеристикой. Это не должно увеличить объема, если исключить повтор входов определения.

3. Не у всех видов наиболее распространенных сосен указана форма поперечного сечения хвои, например у сосны кедровой корейской и двухвойных сосен. Было бы, по-видимому, целесообразно при определении лиственных указать для большего числа видов такие признаки, как форма побегов, цвет, размеры, форма сердцевинки, так как в некоторых случаях они могут дополнить характеристику побегов.

4. Желательно включить в определитель небольшие, но емкие по содержанию таблицы для характеристики древесины важнейших лесобразующих пород, а также для описания их по стробилам и цветкам.

5. Возможно, следует выделить для определения отдельно наиболее крупные по составу видов роды, например ивы по листьям.

6. Безусловно, отечественные определители пора сопровождать цветными рисунками, тем более что многие признаки по цвету воспринимаются читателями неоднозначно.

Приветствуя определитель древесных растений Ф. А. Чепика, выражаем надежду на его скорое издание с учетом вузовской программы.

В. И. Пчелин, Э. П. Лебедева, Ю. Г. Мальков

Марийский политехнический институт

\* Чепик Ф. А. Определитель древесных растений. — М.: Агропромиздат, 1985. — 232 с.

## ЮБИЛЕИ

## ЮБИЛЕИ

## ПРОФЕССОРА ВАЛЕНТИНА АНАТОЛЬЕВИЧА КУЛИКОВА

13 августа 1987 г. исполняется 70 лет заведующему кафедрой механической технологии древесины и древесных материалов Ленинградской лесотехнической академии, заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, профессору, доктору технических наук Валентину Анатольевичу Куликову.

В 1942 г. он окончил Уральский лесотехнический институт, в 1947 г. — аспирантуру при Ленинградской лесотехнической академии, успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук и с этого времени непрерывно работает в академии. За 40 лет работы в ЛТА он прошел путь от ассистента до профессора, а в 1967 г. защитил докторскую диссертацию и с 1969 г. заведует кафедрой механической технологии древесины и древесных материалов. В 1968 г. при активном участии В. А. Куликова была организована отраслевая научно-исследовательская лаборатория клееных деревянных конструкций Минлеспрома СССР, научным руководителем которой он является. В. А. Куликов требователен к себе и подчиненным, трудолюбив, добросовестно относится к делу. Широко известна и пользуется доброй славой научная школа профессора В. А. Куликова, представители которой успешно работают в вузах, научных учреждениях, на производстве. Он подготовил 38 кандидатов наук, в том числе для ряда социалистических стран.

Научные интересы В. А. Куликова относятся к области актуальных вопросов механической обработки и склеивания древесины и древесных материалов. Как крупный специалист в этой области он активно участвует в работе научно-технических советов Минлесбумпрома СССР, Минвуза СССР и Минвуза РСФСР. Имеет более 170 печатных трудов, включая учебники и учебные пособия и 27 авторских свидетельств на изобретения.

В. А. Куликов проводит большую работу в специализированных Советах по защите докторских и кандидатских диссертаций. В течение многих лет он принимал участие в работе ВАК, возглавлял научно-методический совет академии. В настоящее время является членом научно-методического совета Минвуза СССР.

В. А. Куликов принимает активное участие в общественной жизни отрасли: он член редколлегии научно-технического журнала «Деревообрабатывающая промышленность», ответственный редактор межвузовского сборника научных трудов «Технология и оборудование деревообрабатывающих производств», возглавляет одну из секций научно-методического совета Ленинградского дома научно-технической пропаганды. Избирался в Ленинградский городской Совет народных депутатов.

Трудовая деятельность В. А. Куликова отмечена многими грамотами, благодарностями, почетными знаками. За заслуги в научной и педагогической деятельности в 1981 г. ему присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.

Поздравляя В. А. Куликова со знаменательной датой, желаем ему крепкого здоровья, долгих лет жизни и дальнейших творческих успехов в науке, в общественной и педагогической деятельности.

Коллектив кафедры механической технологии древесины и древесных материалов и отраслевой лаборатории клееных деревянных конструкций Ленинградской лесотехнической академии.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. С. Романов. Радикальная реформа управления экономикой . . . . .</i>	3
---	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Е. В. Дмитриева. Метеорологическая обусловленность 29-летнего цикла прироста древостоев юго-восточной лесостепи . . . . .</i>	5
<i>Ф. В. Пошарников, В. П. Ивановский. К определению параметров щеточного выталкивателя высевающего аппарата барабанного типа . . . . .</i>	12
<i>А. А. Лепехин, П. Г. Петров. К оценке роста и лесопатологического состояния дуба после изреживания ползащитных лесополос рубками ухода . . . . .</i>	16
<i>М. И. Калинин, О. З. Яцюк. О влиянии отдельных элементов питания на рост и развитие корневых систем сеянцев дуба черешчатого . . . . .</i>	20
<i>Я. И. Одинак, Д. В. Борсук, В. Ф. Гранатырь, И. И. Козий, В. Е. Лесничий. Биологическая продуктивность грабняков в верховьях Днестра . . . . .</i>	23
<i>А. Г. Савченко. Методологические аспекты изучения влияния пожаров на лес . . . . .</i>	27

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Ю. П. Эпштейн, В. П. Алексеев. Динамика валки и пакетирования дерева . . . . .</i>	32
<i>А. А. Мищенко. Об определении сопротивления передвижению колеса грузовой каретки по несущему канату подвесных лесотранспортных установок . . . . .</i>	35
<i>В. П. Стуков. Метод пространственного расчета балочных пролетных строений мостов . . . . .</i>	41
<i>В. М. Алябьев. Программные модули расчета на ЭВМ электрических нагрузок лесопромышленных предприятий . . . . .</i>	51

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Л. Н. Сметанина, В. А. Шамаев. Некоторые физико-механические свойства де-стама, полученного совмещенным способом . . . . .</i>	56
<i>В. Г. Громов, Р. В. Луцкы, В. Л. Ломазов. Исследование водоудерживающих свойств и поровой структуры коры ели различных лесосочетаний . . . . .</i>	59
<i>Ю. М. Иванов, Ю. Ю. Славик. К методике прогнозирования длительной прочно-сти соединений древесины на фенольных клеях . . . . .</i>	66
<i>Н. М. Перельмутер, Ю. Н. Перельмутер, Л. И. Гулько, Б. Н. Красильников. Математические модели расчета потребной мощности при групповой обра-ботке лесоматериалов . . . . .</i>	71

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Б. А. Гурьян, Т. А. Николаева, Г. Х. Ивашкевич. Исследование термодинамики изомеризации моноциклических терпеновых углеводородов . . . . .</i>	77
<i>Б. Д. Богомолов, О. Ф. Горбунова, В. А. Пивоварова. Об особенностях опре-деления антрахинона в щелоках и целлюлозных массах . . . . .</i>	80
<i>П. Ф. Валендо, А. В. Осипов, И. А. Лембиевская. Использование полигексаме-тиленгуанидина в композиции мешочной бумаги пониженной массовости . . . . .</i>	86
<i>Б. П. Ерыхов, А. П. Плотников, Ю. П. Сырников. Об эффекте упрочнения бу-маги при динамическом воздействии . . . . .</i>	89
<i>О. К. Соколова, Т. А. Соколова, Н. М. Ришес, И. А. Мартынова, З. Г. Коротнева. Исследование химического состава продуктов окисления диарилметанов . . . . .</i>	92

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>В. В. Крицкая, Т. С. Лобовиков. «Малое» лесопиление в леспромпхозах: основные экономические проблемы . . . . .</i>	96
<i>В. Е. Леванов, В. М. Конинов. Оптимизация технологических процессов лесосече-ных работ с применением ЭВМ . . . . .</i>	98

П. Н. Коробов, Оптимизация проекта производственной программы предприятий объединения . . . . .	103
С. Д. Бадмаева, Л. К. Ищенко, О взаимосвязи показателей производительности и фондовооруженности труда . . . . .	108
Л. И. Кузнецова, Л. В. Зибарева, Основные направления использования древесных отходов в Тюменской области . . . . .	111
И. М. Синякевич, Эколого-экономическая классификация лесных ресурсов . . . . .	114

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Н. М. Касьяненко, А. Г. Манита, Особенности строения сосновых древостоев Полесья УССР . . . . .	118
Л. Х. Езиев, Анализ хода роста болотного кипариса на юге Узбекистана . . . . .	120
Ю. П. Кононов, К оценке равномерности поставок запасных частей для лесотранспортных машин . . . . .	123
Ю. И. Маремьянин, Трибоэлектрический измеритель влажности древесной стружки в потоке . . . . .	126
В. Н. Волынский, Исследование предельных нагрузок и деформаций при изгибе древесины . . . . .	128
В. И. Онегин, В. А. Егоров, В. С. Каримов, Математическое описание процесса нанесения жидкого слоя лакокрасочного материала на движущуюся подложку . . . . .	130
Ю. К. Опякин, В. М. Александров, О причинах разрушения сварных швов коллектора пароперегревателя котла . . . . .	132
А. И. Кораблев, Г. В. Гришечкин, Опыт аттестации рабочих мест мебельного производства . . . . .	134
Зыонг-Ба-Зунг, А. Б. Маршак, Ю. Г. Бутко, Влияние добавок антрахинона на натронную варку целлюлозы из коры растения «жэ» . . . . .	136

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

В. И. Пчелин, Э. П. Лебедева, Ю. Г. Мальков, Об определителе древесных растений . . . . .	137
---	-----

#### ЮБИЛЕИ

Коллектив кафедры механической технологии древесины и древесных материалов и отраслевой лаборатории клееных деревянных конструкций Ленинградской лесотехнической академии, Юбилей профессора Валентина Анатольевича Куликова . . . . .	138
--	-----

Рефераты . . . . .	142
--------------------	-----

## CONTENTS

<i>E. S. Romanov</i> . Radical Restructuring of Economy Management . . . . .	3
--	---

### FORESTRY

<i>E. V. Duitrieva</i> . Meteorological Cause for 29-years Growth Cicle of Forest Stands South-Eastern Forest-and-Steppe Region . . . . .	5
<i>F. V. Posharnikov, V. P. Ivanovsky</i> . On Parameter Determination of Drum Sowing Unit's Brush Pusher . . . . .	12
<i>A. A. Lepekhin, P. G. Petrov</i> . On Growth Evaluation and Forest Pathology State of Oak Following Secondary Improvement Felling of Shelter Belt . . . . .	16
<i>M. I. Kalinin, O. Z. Yatsyuk</i> . Influence of Some Separate Nourishment Elements on the Growth and Development of Pedunculate Oak Root Systems . . . . .	20
<i>Yu. P. Odinak, D. V. Barsuk, V. F. Grantor, I. I. Kozy, V. E. Lesnichy</i> . Biological Productivity of Hornbeam Forests in the Dniester Upper Reaches . . . . .	23
<i>A. G. Savohenko</i> . Methodological Aspects of Study of Fires Influence on Forest . . . . .	27

### FOREST EXPLOITATION

<i>Yu. P. Epshtein, V. P. Alekseev</i> . Dynamics of Felling and Packaging Trees . . . . .	32
<i>A. A. Mischenko</i> . On Determination of Resistance Cargo Carriage Wheel Traveling along the Serial Ropeway Track Cable . . . . .	35
<i>V. P. Stukov</i> . Method of Space Calculation of Beam Span Bridge Structures . . . . .	41
<i>V. M. Alyabiev</i> . Program Moduluses of Calculation on a Computer of Electrical Loads of Wood Enterprises . . . . .	51

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>L. N. Smetanina, V. A. Shamaev</i> . Some Physico Meckanical Properties of Destam Manufactured by Combined Method . . . . .	56
<i>V. G. Gromov, R. V. Lutsik, V. L. Lomazov</i> . Investigation of Water Retaining Properties and Pin Structure of Spruce Bark of Different Wood Plants . . . . .	59
<i>Yu. M. Ivanov, Yu. Yu. Slavik</i> . On Method of Forecasting of Durable Strength of Phenol Glue Timber Goints . . . . .	66
<i>N. M. Perelmutter, Yu. N. Perelmutter, L. I. Gulko, B. N. Krasilnikov</i> . Mathematical Calculation Models of Required Capacity in Multiple Converting Timber . . . . .	71

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>B. A. Gurian, T. A. Nicolaeva, G. N. Ivashkevich</i> . Investigation of Thermodynamics of Monocyclic Terpene Hydrocarbons Isomerization . . . . .	77
<i>B. D. Bogomolov, O. F. Gorbunova, V. A. Pivovarova</i> . On Details of Pulp and Liquor Anthraquinone Determination . . . . .	80
<i>P. F. Valendo, A. V. Osipov, I. A. Lembievskaya</i> . Utilization of Polyhexamethylenguandine in Composition of Lower Mass Capacity Kraft Paper . . . . .	86
<i>B. P. Erykhov, A. P. Plotnikov, Yu. P. Syrnikov</i> . On Paper Strengthening Effect by Dynamic Action . . . . .	89
<i>O. K. Sokolova, T. A. Sokolova, N. M. Rishes, I. A. Martynova, E. G. Korotneva</i> . On Chemical Analysis of Diarylmethanes Oxidation Products . . . . .	92

### ECONOMIC AND MANAGEMENT

<i>V. V. Kritskaya, T. S. Lobovikov</i> . „Minor“ Sawmilling in Industrial Forestries: Major Economic Problems . . . . .	96
--	----

<i>V. E. Levanov, V. M. Koninov.</i> Computer-Aided Optimization for Wood Cutting Technological Processes . . . . .	98
<i>P. N. Korobov.</i> Optimization for Draft Production Programme of Amalgamation Enterprises . . . . .	103
<i>S. D. Badmaeva, L. K. Ischenko.</i> On Interconnection of Efficiency and Fund Security of Labour . . . . .	108
<i>L. I. Kuznetsova, L. F. Zibareva.</i> Principle Trends of Wastewood Utilization in the Tumen Region . . . . .	111
<i>I. M. Sinyakevich.</i> Ecological and Economical Classification of Forest Resources . . . . .	114

#### SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>N. M. Kasiyanenko, A. G. Manita.</i> Characteristic Properties of Spruce Stands Structure UKSSR Polesje . . . . .	118
<i>L. N. Eziev.</i> Analysis of Bald Cypress Growth Process in the South of Uzbekistan . . . . .	120
<i>Yu. P. Kononov.</i> On Supplies Evenness Assesment of Spare Parts for Timber Transport Machines . . . . .	123
<i>Yu. I. Meremyanin.</i> Triboelectrical Meter of Wood Chips Moisture in Particle Flow . . . . .	126
<i>V. N. Volynsky.</i> Investigation of Ultimate Loads and Deformation in Wood Bending . . . . .	128
<i>V. I. Onegin, V. A. Egorov, V. S. Karimov.</i> Mathematical Description of Applying a Varnish on a Moving Base by Flooding . . . . .	130
<i>Yu. K. Opyakin, V. M. Aleksandrov.</i> On Causes of Welds Destruction of Boiler Steam Superheater Collector . . . . .	132
<i>A. I. Korablev, G. V. Grishechkin.</i> On Experience of Gobs Certification of Furniture Making . . . . .	134
<i>Zyong-Ba-Zung, A. B. Marshak, Yu. G. Butko.</i> Influence of Anthraquinone Additives on Sodium Hydroxide Cooking of Pulp from Bark of Plant „Zhjo“ . . . . .	136

#### CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>V. I. Pchelin, E. P. Lebedev, Yu. G. Malkov.</i> On Woody Plants Determinant . . . . .	137
---	-----

#### YUBILEE

<i>The Whole Staff of the Choir of Mechanical Technology of Wood and Wood Materials and Branch Laboratory of Glue Wood Construction of Timber-Engineering Academy.</i> On Professor Valentin Anatolievich Kulikov's Yubilee . . . . .	138
Precis . . . . .	131

## РЕФЕРАТЫ

Радикальная реформа управления экономикой. РОМАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 3—4.

УДК 630\*181.65

Метеорологическая обусловленность 29-летнего цикла прироста древостоев юго-восточной лесостепи. ДМИТРИЕВА Е. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 5—12.

На основании вскрытых тесных корреляционных связей хода 29-летней цикличности прироста и основных метеорологических элементов восстановлена цикличность хода осадков и температуры за период, когда наблюдения не производились, и дан прогноз метеорологической обстановки прироста древостоев вплоть до 2020±2 года. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 631.331

К определению параметров щеточного вытравителя высевающего аппарата барабанного типа. ПОШАРНИКОВ Ф. В., ИВАНОВСКИЙ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 12—16.

На основе коэффициента плотности укладки семян в высевной ячейке аналитически определены параметры щеточного вытравителя, установленного в порционном высевающем аппарате барабанного типа. Ил. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*24:632.3/5

К оценке роста и лесопатологического состояния дуба после изреживания ползащитных лесополос рубками ухода. ЛЕПЕХИН А. А., ПЕТРОВ П. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 16—20. Приводятся результаты лесоводственных фитопатологических и энтомологических наблюдений в лесных ползащитных полосах Каменной Степи с рядовым и диагонально-групповым размещением деревьев, при изреживании быстрорастущих пород различной интенсивности и на не тронутых рубками ухода участках. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*164.3:630\*232.22.4

О влиянии отдельных элементов питания на рост и развитие корневых систем сеянцев дуба черешчатого. КАЛИНИН М. И., ЯЦЮК О. З. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 20—23.

Рассмотрены особенности роста и развития корневых систем сеянцев дуба черешчатого в ювенильном периоде в связи с различной интенсивностью их питания. Приведены результаты опытов по влиянию отдельных элементов питания (азота, фосфора и калия) различной концентрации на формирование корневых систем сеянцев. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 581.526.42:581.524(477)

Биологическая продуктивность грабняков в верховьях Днестра. ОДИНАК Я. П., БОРСУК Д. В., ГРАНАТЫРЬ В. Ф., КОЗИЙ И. И., ЛЕСНИЧУЙ В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 23—26.

Приведены данные о запасах, фракционном составе и годичном приросте фитомассы грабняков, сформировавшихся на месте грабово-дубовых и грабово-дубово-буковых фитоценозов верховья бассейна Днестра. Продуктивность производных древостоев оценена

в сравнении с продуктивностью коренных группировок. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*439

Методологические аспекты изучения влияния пожаров на лес. САВЧЕНКО А. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 27—31.

Изложены основанные на достижениях современной лесной типологии и пирологии методологические принципы изучения влияния пожаров на лес. Показана методологическая значимость динамической типологии леса, классификации горельников и других лесопирологических разработок для понимания и исследования послепожарных процессов в лесу. Ил. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*323.1+630\*371

Динамика валки и пакетирования дерева. ЭПШТЕЙН Ю. П., АЛЕКСЕЕВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 32—35.

Приведена матричная форма математической модели динамики дерева при валке и пакетировании в пространстве с учетом его упругих свойств. Рассмотрены случай возникновения больших деформаций дерева и предельный случай при допущении, что дерево является твердым телом. Построенная модель позволяет уточнить нагрузку на лесозаготовительную машину и способствовать оптимальному проектированию. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*377.21

Об определении сопротивления передвижению колеса грузовой каретки по несущему канату подвесных лесотранспортных установок. МИЩЕНКО А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 35—41.

Приведены аналитические зависимости для определения дополнительного сопротивления от жесткости каната, учитывающие его упругие свойства, конструктивные и геометрические параметры. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 624.21:625.745.12

Метод пространственного расчета балочных пролетных строений мостов. СТУКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 41—51.

Рассмотрены вопросы пространственного расчета балочных пролетных строений мостов по методу упругоседающих и упругоповорачивающих опор методом начальных параметров. Решение дано в матричной форме. Произведено сравнение с результатами по методу Б. Е. Улицкого. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК [630\*848+674:008]:621.3.016

Программные модули расчета на ЭВМ электрических нагрузок лесопромышленных предприятий. АЛЯБЬЕВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 51—55.

Приведены блок-схемы программ расчета на ЭВМ электрических нагрузок разнообразных групп потребителей, узлов схем электроснабжения и трансформаторных подстанций лесопромышленных предприятий. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*812

Некоторые физико-механические свойства дестама, полученного совмещенным способом. СМЕТАНИНА Л. Н., ШАМАЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 56—59.

Изучены прочность при сжатии вдоль и поперек волокон модифицированной мочевиной древесины, полученной совмещенным способом, водо- и влагопоглощение и линейное разбухание при водо- и влагопоглощении. Прочность при сжатии вдоль волокон примерно в 3 раза выше прочности при сжатии поперек волокон. Табл. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 536.242

Исследование водоудерживающих свойств и поровой структуры коры ели различных лесосочетаний. ГРОМОВ В. Г., ЛУЦЫК Р. В., ЛОМАЗОВ В. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 59—66.

Изложены результаты термографических и сорбционных исследований образцов коры ели и ее составляющих: коры и луба. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*812.7

К методике прогнозирования длительной прочности соединений древесины на фенольных клеях. ИВАНОВ Ю. М., СЛАВИК Ю. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 66—71.

Анализом экспериментальных данных по длительным испытаниям древесины, пленок отвердевшего фенольного клея и клеевых соединений обоснована методика прогнозирования длительной прочности соединений древесины на фенольных клеях. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 630\*36-83.001.5

Математические модели расчета потребной мощности при групповой обработке лесоматериалов. ПЕРЕЛЬМУТЕР Н. М., ПЕРЕЛЬМУТЕР Ю. Н., ГУЛЬКО Л. И., КРАСИЛЬНИКОВ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 71—76.

Рассмотрены два метода составления математических моделей для расчета потребной мощности приводов машин групповой обработки лесоматериалов. Приведены примеры составления математических моделей по каждому из этих методов и дано описание соответствующих алгоритмов для ЭЦВМ. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 536.7:66.095.217:547.596

Исследование термодинамики изомеризации моноциклических терпеновых углеводородов. ГУРЬЯН Б. А., НИКОЛАЕВА Т. А., ИВАШКЕВИЧ Г. Х. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 77—80.

Показано, что в условиях каталитической изомеризации из любых моноциклических терпеновых углеводородов получают близкие по составу и свойствам олигомерные продукты. Табл. 2. Ил. 2. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 630\*813

Об особенностях определения антрахинона в щелоках и целлюлозных массах. БОГОМОНОВ Б. Д., ГОРБУНОВА О. Ф., ПИВОВАРОВА В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 80—86.

Представлены результаты определения антрахинона полярографическим методом в водно-диметилформамидной среде и водно-щелочном растворе в присутствии гидросульфата натрия. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 676.2.02

Использование полигексаметиленгуанидина в композиции мешочной бумаги пониженной массе. ВАЛЕНДО П. Ф., ОСИПОВ А. В., ЛЕМБИЕВСКАЯ И. А. Изв.

высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 86—88.

Разработан оптимальный состав бумажной массы для мешочной бумаги с пониженной массе, включающий сульфатную небеленую целлюлозу, гачевую дисперсию и полигексаметиленгуанидин. Табл. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 676.017.2

Об эффекте упрочнения бумаги при динамическом воздействии. ЕРЫХОВ Б. П., ПЛОТНИКОВ А. П., СЫРНИКОВ Ю. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 89—92.

По сравнению со статическими пластическими деформациями динамическое воздействие эффективнее и быстрее вызывает переупаковку структурных элементов и приводит к самопроизвольному тиксотропному упрочнению исследуемых материалов. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*813.13

Исследование химического состава продуктов окисления диарилметанов. СОКОЛОВА О. К., СОКОЛОВА Т. А., РИШЕС Н. М., МАРТЫНОВА И. А., КОРОТНЕВА З. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 92—95.

Физико-химическими методами исследован химический состав кислот-продуктов окисления дипсевдокумилметана, которые применены в качестве заменителя канифоли для проклейки бумаги. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*79

«Малое» лесопиление в леспромпхозах: основные экономические проблемы. КРИЦКАЯ В. В., ЛОБОВИКОВ Т. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 96—98.

Рассмотрены причины существования и развития лесопиления в лесозаготовительных предприятиях. Указаны основные направления исследования экономических характеристик этих производств. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*31:681.3

Оптимизация технологических процессов лесосечных работ с применением ЭВМ. ЛЕВАНОВ В. Е., КОНИНОВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 98—103.

Рассмотрены математические модели приведенных затрат для различных вариантов технологии лесосечных работ с учетом последующего лесовосстановления. Даны рекомендации по оптимальному применению техники в условиях лесосек с подростом. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 338.984.0

Оптимизация проекта производственной программы предприятий объединения. КОРОБОВ П. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 103—108.

Построена экономико-математическая модель задачи оптимального планирования производственной программы предприятий объединения на пятилетку (с распределением по годам).

УДК 658.27.003.13

О взаимосвязи показателей производительности и фондовооруженности труда. БАДМАЕВА С. Д., ИЩЕНКО Л. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 108—110.

Рассмотрены основные факторы, определяющие значения фондовооруженности и производительности труда. Установлена взаимосвязь этих показателей и условия, обеспечивающие опережающий рост производитель-



ности труда, по сравнению с ростом фондовооруженности. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 658.567:674.8

**Основные направления использования древесных отходов в Тюменской области.** КУЗНЕЦОВА Л. И., ЗИБАРЕВА Л. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 111—113.

Приведены результаты определения объемов вторичных древесных ресурсов в Тюменской области. Разработан комплекс мероприятий по их использованию. Показаны основные направления использования отходов и расчетный экономический эффект. Табл. 2.

УДК 630\*905.2.001.33

**Эколого-экономическая классификация лесных ресурсов.** СИНЯКЕВИЧ И. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 114—117.

Изложена классификация лесных ресурсов с учетом экономических и экологических факторов. Выделены потенциальные, экологически доступные, мобильные, экономически доступные, фактически используемые и организовано используемые компоненты лесных ресурсов. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*521.2:519

**Особенности строения сосновых древостоев Полесья УССР.** КАСЬЯНЕНКО Н. М., МАНИТА А. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 118—120.

Рассмотрены результаты исследований строения сосновых древостоев естественного происхождения Полесья УССР. Анализ экспериментального материала позволил установить статистики и получить ряды распределения диаметра в зависимости от среднего диаметра древостоев, реализованные в системе нормативов товарной структуры сосняков Украинского Полесья. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.032.476.3(575.1)

**Анализ хода роста болотного кипариса на юге Узбекистана.** ЕЗИЕВ Л. Х. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 120—123.

Рассмотрен рост болотного кипариса в условиях Узунского лесхоза УзССР. Выявлено ускорение роста по всем таксационным показателям, начиная с 4—8-летнего возраста деревьев. Максимальный текущий прирост по диаметру 2,5 см, по высоте 1 м, по объему 0,0341 м<sup>3</sup> (16...17 лет). Сравнением установлено, что в Узбекистане болотный кипарис в высоту растет быстрее, чем на родине в Луизиане (США). Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 656.065.2

**К оценке равномерности поставок запасных частей для лесотранспортных машин.** КОНОНОВ Ю. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 123—126.

Выполнена статистическая оценка неравномерности поставок запасных частей к лесотранспортным машинам. Предложен метод расчета страхового запаса деталей для компенсации неравномерности поставок. Приведены результаты расчетов. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.821

**Трибоэлектрический измеритель влажности древесной стружки в потоке.** МЕРЕМЬЯНИН Ю. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 126—128.

Описаны устройство и принцип работы измерителя влажности древесной стружки в потоке, использующего трибоэлектрический эффект. Показаны его преимущества. Табл. 1.

УДК 630\*812.71

**Исследование предельных нагрузок и деформаций при изгибе древесины.** ВОЛЫНСКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 128—130.

Показано, что частотное распределение деформаций не подчиняется закону Гаусса. Высказано предположение, что разрушение древесины происходит при достижении ею предельной деформации порядка 1,1...1,2%. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 648.59:667.644:681

**Математическое описание процесса нанесения жидкого слоя лакокрасочного материала на движущуюся подложку.** ОНЕГИН В. И., ЕГОРОВ В. А., КАРИМОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 130—132.

В работе математически описан технологический процесс лакононаложения на движущуюся подложку на основе уравнения Новье-Стокса. Полученную математическую модель процесса лакононаложения можно использовать для управления и оптимизации данного технологического процесса.

УДК 621.643.03:620.17

**О причинах разрушения сварных швов коллектора пароперегревателя котла.** ОПЯКИН Ю. К., АЛЕКСАНДРОВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 132—133.

Расчеты напряженного состояния системы, металлографический анализ металла, среда участка сварного шва показали, что главная причина разрушения — повышенные напряжения компенсации температурных расширений пароперегревательных труб под влиянием коррозионной среды. Ил. 2. Табл. 2.

УДК 684:331.41

**Опыт аттестации рабочих мест мебельного производства.** КОРАБЛЕВ А. И., ГРИЩЕЧКИН Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 134—135.

Рассмотрены вопросы аттестации и рационализации рабочих мест на мебельных предприятиях. Представлена структура показателей комплексной оценки рабочего места по трем уровням: техническому, организационному, условиям труда и техники безопасности. Обобщен опыт работы по аттестации и рационализации рабочих мест на ЛПМО «Нева». Ил. 1.

УДК 676.164.4.026.62

**Влияние добавок антрахинона на натронную варку целлюлозы из коры растения «жёл».** ЗЫОНГ-БА-ЗУНГ, МАРШАК А. В., БУТКО Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 136.

УДК 083.71(049.3)

**Об определителе древесных растений.** ПЧЕЛИН В. И., ЛЕБЕДЕВА Э. П., МАЛКОВ Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 137.

**Юбилей профессора Валентина Анатольевича Куликова.** КОЛЛЕКТИВ КАФЕДРЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОТРАСЛЕВОЙ ЛАБОРАТОРИИ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 4, с. 138.