

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

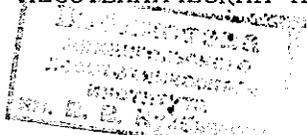
Выходит 6 раз в год

5

1991

АРХАНГЕЛЬСК

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



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Ответственный секретарь Р. В. Белякова.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

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

Сдан в набор 05.09.91. Подписан в печать 26.11.91 г.
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1300 экз. Заказ 4454. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

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

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

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*51 : 681.3

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИИ ДРАКИНА—ВУЕВСКОГО

Е. И. ЦУРИК

Львовский лесотехнический институт

Внедрение в лесотаксационную практику ЭКВМ типа программируемых микрокалькуляторов «Электроника БЗ-34» и их аналогов значительно расширяет возможности автоматизировать вычисления в полевой обстановке, а также определять параметры и значения различных аппроксимирующих функций и корреляционных уравнений в камеральных условиях. Однако для реализации этих возможностей, как и при использовании больших ЭВМ, необходимы четкая формализация признаков и алгоритмизация задач для программирования, сопровождающаяся, в частности, рационализацией подходов, приемов и даже разработкой новых методов определения требуемых показателей. Проиллюстрируем это на примере.

В лесотаксационных исследованиях для отражения особенностей s-образных кривых изменения признаков древостоев (например высот) используют функцию В. Н. Дракина и Д. И. Вуевского [1]

$$Y = a(1 - e^{bX})^c, \tag{1}$$

где Y — функция, выражающая изменение средних высот, м;
 X — аргумент, выражающий возраст древостоя, лет;
 e — основание натуральных логарифмов (число Непера);
 a, b, c — параметры данной функции.

Анализ способа расчета параметров функции (1), предложенного В. Н. Дракиным и Д. И. Вуевским [1], улучшенного О. А. Труллем [4] и К. Е. Никитиным [2], показал значительную трудность его использования в качестве алгоритма при программировании для ЭКВМ. Поэтому нами разработан следующий упрощенный способ решения задачи.

Для определения параметров уравнения (1) необходимо выбрать три точки (три узла интерполяции) на кривой роста высот с такими координатами Y_1, Y_2, Y_3 и X_1, X_2, X_3 , чтобы соблюдалось условие: $X_1 : X_2 : X_3 = 1 : 2 : 4$. Тогда можно записать систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= a(1 - e^{bX_1})^c; \\ Y_2 &= a(1 - e^{2bX_1})^c; \\ Y_3 &= a(1 - e^{4bX_1})^c. \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

Решим эту систему. Разделим второе уравнение на первое, а третье — на второе; в результате получим новую систему из двух уравнений с двумя неизвестными параметрами b и c , которая после логарифмирования примет вид

$$\left. \begin{aligned} \ln(Y_2/Y_1) &= c \ln(1 + e^{bX_1}); \\ \ln(Y_3/Y_2) &= c \ln(1 + e^{2bX_1}). \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

Разделив второе уравнение системы (3) на первое и обозначив левую часть полученного тождества через K , найдем

$$\frac{\ln(Y_2/Y_1)}{\ln(Y_3/Y_2)} = K = \frac{\ln(1 + e^{2bX_1})}{\ln(1 + e^{bX_1})},$$

откуда можно записать следующее трансцендентное уравнение:

$$1 + e^{2bX_1} = (1 + e^{bX_1})^K.$$

Для решения этого уравнения разложим его правую часть в биномиальный ряд и возьмем три (вариант 1) или четыре (вариант 2) члена данного ряда, полагая, что остальные члены ряда допустимо малы. Тогда для варианта 1 получим

$$1 + e^{2bX_1} = 1 + Ke^{bX_1} + \frac{K(K-1)}{2} e^{2bX_1},$$

откуда после сокращения и упрощения

$$e^{bX_1} = \frac{2K}{2 - K(K-1)}. \quad (4)$$

Логарифмируя выражение (4) и преобразуя, находим параметр b :

$$b = \frac{1}{X_1} \ln \left[\frac{2K}{2 - K(K-1)} \right]. \quad (5)$$

Далее, последовательно используя первые уравнения систем (3) и (2), определяем параметры c и a :

$$c = \frac{\ln(Y_2/Y_1)}{\ln(1 + e^{bX_1})}; \quad (6)$$

$$a = Y_1 / (1 - e^{bX_1})^c. \quad (7)$$

Для варианта 2

$$1 + e^{2bX_1} = 1 + Ke^{bX_1} + \frac{K(K-1)}{2} e^{2bX_1} + \frac{K(K-1)(K-2)}{6} e^{3bX_1},$$

откуда после сокращения и упрощения можно записать

$$e^{bX_1} = K + \frac{K(K-1)}{2} e^{bX_1} + \frac{K(K-1)(K-2)}{6} e^{2bX_1},$$

или

$$K(K-1)(K-2) e^{2bX_1} + 3[K(K-1) - 2] e^{bX_1} + 6K = 0.$$

Нетрудно видеть, что получено полное квадратное уравнение

$$A e^{2bX_1} + B e^{bX_1} + C = 0,$$

параметры которого

$$A = K(K-1)(K-2); \quad B = 3[K(K-1) - 2]; \quad C = 6K.$$

Решая это уравнение, находим (при $0 < e^{bX_1} < 1$)

$$e^{bX_1} = -\frac{B}{2A} \pm \sqrt{\left(\frac{B}{2A}\right)^2 - \frac{C}{A}},$$

откуда после логарифмирования и преобразований определяем параметр b :

$$b = \frac{1}{X_1} \ln \left[-\frac{B}{2A} \pm \sqrt{\left(\frac{B}{2A}\right)^2 - \frac{C}{A}} \right]. \quad (5a)$$

Параметры функции c и a получаем по соответствующим выражениям (6) и (7), т. е. аналогично варианту 1.

Выражения (5)—(7) и (5а) представляют собой детальные алгоритмы, пригодные для составления программ вычисления параметров функции Дракина — Вуевского по аппроксимации хода роста древостоев. Такие программы по вариантам 1 и 2 включают определение как параметров данной функции роста (I этап), так и ее интерполяционных значений (II этап). Приводим программы решения задачи для ЭКВМ типа «Электроника БЗ-34».

В а р и а н т 1. I этап: ИП3 ИП2 : F3 П9 ИП4 ИП3 : F3 ИП9 : П6 1—2: /—/ИП6 F: +F: П6 F3 ИП5: П7 ИП6 1+ F3 ИП9 ↔: П8 ПП 53 ИП2 ↔: П6 С/П II этап: ПП 53 ИП6 × П2 С/П ИП5 ИП4 + П5 БП 41 ИП5 ИП7 × F1 1 ↔ — ИП8 ↔ F X^Y ↑ В/О (этапы программы взаимосвязаны).

Инструкция для I этапа: $Y_1 = P2, Y_2 = P3, Y_3 = P4, X_1 = P5$ В/О С/П РХ = P6 = a, P7 = b, P8 = c.

Инструкция для II этапа: a = P6, b = P7, c = P8, ΔX = P4, $X_k = P5$ БП 41 С/П РХ = Y_k ; С/П РХ = Y_{k+1} ; С/П РХ = Y_{k+2} ; С/П РХ = Y_{k+3} и т. д.

Контрольный пример для I этапа: при $Y_1 = 4,0$ м; $Y_2 = 11,5$ м; $Y_3 = 23,6$ м; $X_1 = 20$ лет получим параметры: $a = 32,664697 \approx 32,66$; $b = -0,024386455 \approx -0,02439$; $c = 2,2059578 \approx 2,20596$ (время решения контрольного примера в автоматическом режиме ЭКВМ $t \approx 26$ с).

Контрольный пример для II этапа: при $a = 32,66$; $b = -0,02439$; $c = 2,20596$; ΔX = 10 лет; $X_k = 10$ лет получим: $Y_k = 1,116274 \approx 1,1$ м ($t \approx 11$ с); $Y_{k+1} = 4,0004126 \approx 4,0$ м; $Y_{k+2} = 7,6828064 \approx 7,7$ м; $Y_{k+3} = 11,500512 \approx 11,5$ м и т. д.; $Y_{k+7} = 23,290367 \approx 23,3$ м.

В а р и а н т 2. I этап: ИП4 ИП3 : F3 ИП3 ИП2 : F3 П9: ПО 1 — ИПО × П1 ИПО 2 — × ПА ИП1 2 — 3 × ИПА : 2 : /—/ПВ F X ИПО 6 × ИПА : — F — ПС ИПВ + FВ/О 50 П6 1 — FВ/О 54 ИПВ ИПС — П6 ИП6 F3 ИП5 : П7 ИП6 1 + F3 ИП9 ↔: П8 ПП 86 ИП2 ↔: П6 С/П II этап: ПП 86 ИП6 × П2 С/П ИП5 ИП4 + П5 БП 74 ИП5 ИП7 × F1 1 ↔ — ИП8 ↔ F X^Y В/О (этапы программы взаимосвязаны).

Инструкция для I этапа: $Y_1 = P2, Y_2 = P3, Y_3 = P4, X_1 = P5$ В/О С/П РХ = P6 = a, P7 = b, P8 = c.

Инструкция для II этапа: a = P6, b = P7, c = P8, ΔX = P4, $X_k = P5$ БП 74 С/П РХ = Y_k ; С/П РХ = Y_{k+1} ; С/П РХ = Y_{k+2} ; С/П РХ = Y_{k+3} и т. д.

Контрольный пример для I этапа: при $Y_1 = 4,0$ м; $Y_2 = 11,5$ м; $Y_3 = 23,6$ м; $X_1 = 20$ лет получим параметры: $a = 33,567534 \approx 33,57$; $b = -0,02411774 \approx -0,02412$; $c = 2,2145698 \approx 2,21457$ ($t \approx 37$ с).

Контрольный пример для II этапа: при $a = 33,57$; $b = -0,02412$; $c = 2,21457$; ΔX = 10 лет; $X_k = 10$ лет получим: $Y_k = 1,1079566 \approx 1,1$ м ($t \approx 11$ с); $Y_{k+1} = 4,0009387 \approx 4,0$ м; $Y_{k+2} = 7,7218697 \approx 7,7$ м; $Y_{k+3} = 11,602281 \approx 11,6$ м и т. д.; $Y_{k+7} = 23,716651 \approx 23,7$ м.

В контрольных примерах обоих вариантов вычисленные значения функции Y_{k+1} , Y_{k+3} и Y_{k+7} на II этапе соответствуют исходным данным Y_1 , Y_2 и Y_3 I этапа, поэтому их можно сравнить и оценить полученные результаты предлагаемого нами упрощенного метода выравнивания. Нетрудно видеть, что отклонения вычисленных величин от исходных в этих узловых точках практически несущественны. В варианте 2, основанном на четырех членах биномиального ряда разложения, результаты выравнивания заметно лучше, поэтому ему следует отдать предпочтение.

Ниже (см. таблицу) сопоставляются фактические средние высоты Y_i еловых древостоев, вычисленные по функции Дракина — Вуевского, с параметрами, найденными по методу О. А. Трулля [4, с. 178—186]:

$$Y_i^T = 35,66 (1 - e^{-0,02132X})^{2,07498}$$

и установленными по вариантам 1 и 2 упрощенного метода автора:

$$Y_i^{B1} = 32,66 (1 - e^{-0,02439X})^{2,20596};$$

$$Y_i^{B2} = 33,57 (1 - e^{-0,02412X})^{2,21457}.$$

Сопоставление фактических и сглаженных средних высот ельников

Возраст X_i , лет	Средняя высота Y_i , м	Сглаженные высоты и их отклонения от фактических, м					
		по методу О. А. Трулля [4]		по методу автора			
		Y_i^T	$Y_i - Y_i^T = \Delta$	Вариант 1		Вариант 2	
Y_i^{B1}	$Y_i - Y_i^{B1} = \Delta$			Y_i^{B2}	$Y_i - Y_i^{B2} = \Delta$		
10	1,1	1,2	-0,1	1,1	—	1,1	—
20	4,0	4,0	—	4,0	—	4,0	—
30	7,5	7,5	—	7,7	-0,2	7,7	-0,2
40	11,6	11,3	+0,3	11,5	+0,1	11,6	—
50	15,2	14,9	+0,3	15,1	+0,1	15,3	-0,1
60	18,5	18,1	+0,4	18,3	+0,2	18,5	—
70	21,0	21,0	—	21,0	—	21,3	-0,3
80	23,6	23,5	+0,1	23,3	+0,3	23,7	-0,1
90	25,6	25,7	-0,1	25,2	+0,4	25,7	-0,1
100	26,9	27,4	-0,5	26,7	+0,2	27,3	-0,4

Примечание. Среднее отклонение выравненных средних высот от фактических $\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta_i|$, найденное по методу О. А. Трулля, составило 0,18, по вариантам 1 и 2 — 0,15 и 0,12; суммы квадратов отклонений $\sum_{i=1}^n \Delta_i^2$ соответственно 0,61; 0,39 и 0,32.

Из приведенных расчетов видно, что оба варианта предлагаемого нами метода практически не уступают по точности методу О. А. Трулля. Средние отклонения и суммы квадратов отклонений выравненных средних высот от фактических по вариантам 1 и 2 оказались наименьшими. Результаты сравнения вычисленных и исходных данных получаются еще более близкими при определении значений функции с использованием ее параметров без округлений.

Для определения текущих приростов по таксационным признакам, выравненным с помощью функции Дракина — Вуевского, в качестве алгоритма следует использовать первую производную этой функции:

$$Z^T = Y' = -abc e^{bX} (1 - e^{bX})^{c-1}, \quad (8)$$

где Z^T — текущий прирост древостоя по таксационному признаку Y .

Программа вычисления текущих приростов для ЭКВМ «Электроника БЗ-34» применительно к функции (8) имеет вид ИП7 ИП5 \times F1 П9 1 \leftrightarrow — ИП8 1 — \leftrightarrow FX^Y ИП9 \times ИП8 \times ИП7 \times ИП6 \times /—/ С/П ИП5 ИП4 + П5 БП 00.

Инструкция: $a = P6$, $b = P7$, $c = P8$, $\Delta X = P4$, $X_k = P5$ БП 00 С/П РХ = Z_k^T ; С/П РХ = Z_{k+1}^T ; С/П РХ = Z_{k+2}^T и т. д.

Контрольный пример: при $a = 33,57$; $b = -0,02412$; $c = 2,21457$; $\Delta X = 10$ лет; $X_k = 10$ лет получим: $Z_k^T = 0,21696216 \approx 0,22$ м ($t \approx \approx 11$ с); $Z_{k+1}^T = 0,34472015 \approx 0,34$ м; $Z_{k+2}^T = 0,38844457 \approx 0,39$ м и т. д.

Аналогичные расчеты параметров и значений функции Дракина — Вуевского и ее производной были выполнены по приведенным програм-

мам и для других таксационных признаков: средних диаметров, сумм площадей сечения и запасов еловых древостоев. При сравнении фактических значений этих таксационных показателей с вычисленными по методу О. А. Трулля и по вариантам 1 и 2 предложенного нами упрощенного метода установлено, что средние отклонения и суммы квадратов отклонений также незначительны.

Таким образом, исследования подтверждают правомерность и целесообразность внедрения в лесотаксационную практику разработанного нами способа определения параметров и значений функции Дракина — Вуевского с использованием ЭКВМ типа программируемых микрокалькуляторов «Электроника БЗ-34», в особенности «Электроника МК-52» [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Дракин В. Н., Вуевский Д. И. Новая формула хода роста древостоев по высоте и диаметру и ее применение к исследованию зависимости между высотой и диаметром // Зап. Белорус. лесотехн. ин-та. — Минск, 1940. — Вып. 5. — С. 3—37. [2]. Никитин К. Е. Лиственница на Украине. — Киев: Урожай, 1966. — 332 с. [3]. Трохименко Я. К. Программирование микрокалькуляторов «Электроника МК-52» и «Электроника МК-61». — Киев: Техніка, 1987. — 208 с. [4]. Трулль О. А. Математическая статистика в лесном хозяйстве. — Минск: Вышэйш. шк., 1966. — 234 с.

Поступила 14 мая 1991 г.

УДК 582.28

МИКРОМИЦЕТЫ ДУБА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ (СУМЧАТЫЕ)

Э. С. ГУСЕЙНОВ

Институт ботаники АН Азербайджана

При изучении микромицетов лесных пород Азербайджана на разных видах дуба выявлено 214 видов грибов, многие из которых ранее не были известны в нашей стране.

Ниже приводим систематический список микромицетов с указанием первоисточника описания, питающего растения, места и сроков сбора.

HEMIASCOMYCETES

Пор. *Taphrinales*
Сем. *Taphrinaceae*

1. *Taphrina coerulescens* (Desm. et Mont.) Tul., Ann. Sci. Nat., 1866, 5, ser., 5, 127. — На живых листьях *Quercus macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, Лерикский район (р-н), высота 1000 м над уровнем моря (н. у. м.), 29.V 1971 г.; Нагорно-Карабахская автономная область (НКАО), Шушинский р-н, высота 1490 м н. у. м., 17.VII 1981 г.

PLECTOMYCETES

Пор. *Erysiphales*
Сем. *Erysiphaceae*

2. *Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl., C. R. Acad. Sci., Paris, 1912, 120. — На живых листьях *Qu. pedunculiflora* C. Koch, *Qu. castaneifolia* C. A. Mey., *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, *Qu. iberica* Stev., повсеместно от низменности до высоты 2000 м н. у. м. и более, с 5—10.V по X—XI месяцы ежегодно.

3. *M. hypophylla* Nevodoŭskij emend Roll-Hansen, Rep. Norw. Forest Res. Inst., 1961, 17, 38—54. — На живых листьях *Qu. iberica* Stev., НКАО, Степанакертский р-н, высота 1200 м н. у. м., 17.X 1971 г.; Таузский р-н, высота 1400 м н. у. м., 24.IX 1971 г.

4. *Phyllactinia roboris* (Gachet) Blum., Beitr. Krypt. Fl. der Schweiz, 1933, 7, 1, 215.— На живых листьях *Qu. iberica* Stev., Ханларский р-н, с. Аджикенд, 1400 м н. у. м., 20.VIII 1971 г., 25.IX 1971 г.

Пор. *Ophiostomatales*
Сем. *Ophiostomataceae*

5. *Ceratocystis roboris* (Georgescu et Teodoru) Potl., Новости сист. низш. раст., Л., 1985, 154.— Syn. *Ophiostoma roboris* C. Georg. et I. Teod., Natura, 1959, 4, 34—45.— Выделен из сосудов заболони усыхающих деревьев *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, с 20.IV по 16.VII 1976—1987 гг.

PYRENOMYCETES

Пор. *Diaporthales*
Сем. *Diaporthaceae*

6. *Diaporthe crinigera* Ell. et Ev., Proc. Philad., 1890, 234.— На корнях и корневой шейке 5-летних усохших саженцев *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, лесопитомник, 27.IV 1977 г.

7. *D. insularis* Nits., Pyrenom. Germ., 1867, 275.— На ветвях *Qu. castaneifolia* C. A. Mey., Лерикский р-н, высота 500 м н. у. м., 1. VI 1971 г.

8. *Endothia nitschkei* Otth, Bern. Mittheil., 1868, 48 in Sacc., Syll. fung., 1899, 14, 550.— На сухих ветвях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Нohen, Лерикский р-н, высота 1400 м н. у. м., 29.V 1971 г.

9. *Melanconis leiphaemia* (Fr.) Lag. Vass., Микология и фитопатол., 1988, 22, 6, 486.— На сухих ветвях *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 28.IX 1977 г.

10. *M. meschuttii* (Ell. et Ev.) E. Hussein. comb. nov.— Syn. *Melanconiella meschuttii* (Ell. et Ev.) Berl. et Vogl., Add. Syll. p. 129 in Sacc., Syll. fung., 1891, 9, 754; *Valsa meschuttii* Ell. et Ev., Bull. Torr. Bot. Club., 1883, 117.— На ветвях *Qu. castaneifolia* C. A. Mey., Ленкоранский р-н, с. Грумба, низменность, 29.V 1971 г.

11. *Pseudovalsa lanciformis* (Fr.) Ces. et de Not., Comm. Soc. Critt. Ital., 1863, 1, 4, 206.— На сухих ветвях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Нohen, Лерикский р-н, высота 1300 м н. у. м., 29.V 1971 г.

Сем. *Gnomoniaceae*

12. *Apiognomonina veneta* (Sacc. et Speg.) Höhn., Ann. Mycol., 1918, 16, 51.— На опавших листьях *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 20.IV 1976 г.; на опавших листьях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Нohen, Кедабекский р-н, высота 1700 м н. у. м., 28.V 1978 г.

13. *Gnomonia setaceae* (Pers.) Ces. et de Not., Comm. Soc. Critt. Ital., 1863, 1, 58.— На опавших листьях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Нohen, Кельбаджарский р-н, пос. Исти-Су, высота 1750 м н. у. м., 10.VIII 1984 г.

14. *Pleuroceras quercina* (Teng.) E. Hussein. comb. nov.— Syn. *Cryptoderis quercina* Teng., Sinensia, 1934, 4, 12, 382.— На листьях од-нолетних сеянцев *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Дивичинский р-н, участок Кала-Алты, высота 700 м н. у. м., 22.XI 1983 г.

Пор. *Hypocreales*
Сем. *Nectriaceae*

15. *Nectria cinnabarina* (Tode) Fr., Summa Veg. Scand., 1849, 388.— На коре свежесохших деревьев *Qu. pedunculiflora* C. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 25.VIII 1971 г.

Пор. *Sphaeriales*Сем. *Amphisphaeriaceae*

16. *Amphisphaeria magnusii* Sacc., Syll. fung., 1891, 9, 742.— На сухих ветвях *Qu. castaneifolia* С. А. Мей., Лерикский р-н, высота 500 м н. у. м., 20.V 1971 г.

17. *A. poeidea* (B. et Br.) Sacc., Syll. fung., 1882, 1, 724.— На сухих ветвях *Qu. iberica* Stev., Ханларский р-н, с. Аджикенд, высота 1000 м н. у. м., 24.VIII 1972 г.; Кусарский р-н, высота 1200 м н. у. м., 20.VII 1973 г.

18. *A. pusiola* Karst., Fungi Fenn., 1869, exs. N 893.— На сухих ветвях *Qu. iberica* Stev., Ханларский р-н, с. Азгилли, высота 1000 м н. у. м., 24.VIII 1972 г.

19. *Trematosphaeria araneosa* (Quel.) Sacc., Syll. fung., 1883, 2, 120.— На сухих ветвях *Qu. iberica* Stev., Ханларский р-н, с. Аджикенд, высота 1000 м н. у. м., 24.VIII 1972 г.

20. *T. pertusa* (Pers.) Fuck., Symb. mycol., 1869, 162, fig. 16 d.— На толстой коре стволов *Qu. castaneifolia* С. А. Мей., Ленкоранский р-н, с. Алексеевка, низменность, 29.V 1974 г.

Сем. *Ceratostomaceae*

21. *Ceratostomella microspora* Ell. et Ev., New. Fung. in Proceed. Acad. N. Sc. Philad., 1893, 444.— На оголенной древесине усохших деревьев *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, НКАО, Шушинский р-н, пос. Турш-Су, высота 1800 м н. у. м., 25.VII 1983 г.

Сем. *Diatrypaceae*

22. *Anthostoma dryophilum* (Curr.) Sacc., Syll. fung., 1882, 1, 308.— На сухих ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Дивичинский р-н, участок Агалык, низменность, 23.XI 1983 г.

23. *A. melanotes* (Berk. et Br.) Sacc., Syll. fung., 1882, 1, 294.— На валежных ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 9.VIII 1972 г.

24. *A. morthieri* Jacz., Опр. гр., 1913, 1, 230.— На валежнике *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Кахский р-н, высота 500 м н. у. м., I.XII 1983 г.

25. *Cryptovalsa sparsa* Ell. et Ev., Proc. Philad., 1890, 224.— На ветвях *Qu. castaneifolia* С. А. Мей., Апшеронский р-н, лесные культуры, низменность, 24.III 1983 г.

26. *Diatrype stigma* (Hoffm.) Fr., Summa Veg. Scand., 1849, 385.— На ветвях *Qu. iberica* Stev., Лерикский р-н, высота 500 м н. у. м., 1. VI 1971 г.; Кедабекский р-н, высота 1400 м н. у. м., 25.X 1975 г.; Кахский р-н, с. Или-Су, 1200 м н. у. м., 21.VIII 1986 г.

27. *Diatrypella decorata* Nits., Pyrenom. Germ., 1867, 79.— На сухих ветвях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, НКАО, Шушинский р-н, пос. Турш-Су, высота 1800 м н. у. м., 24.VI 1983 г.

28. *D. pulvinata* Nits., Pyrenom. Germ., 1867, 72.— На стволах усохших деревьев *Qu. iberica* Stev., Кусарский р-н, высота 500...700 м н. у. м., 3.IX 1975 г.

29. *D. verruciformis* (Ehrh.) Nits., Pyrenom. Germ., 1867, 385.— На валежных ветвях *Qu. iberica* Stev., Кубинский р-н, высота 1500 м н. у. м., 27.V 1973 г.

30. *Eutypa milliaria* (Fr.) Sacc., Syll. fung., 1882, 1, 175.— На валежных ветвях *Qu. iberica* Stev., Кубинский р-н, высота 1500 м н. у. м., 27.V 1973 г.

31. *Lopadostoma turgidum* (Pers.) Trav., El. Ital. Crypt., 1906, 2, 160.— На сухих ветвях *Qu. macranthera* Fisch. et Mey.: Hohen, НКАО, Шушинский р-н, пос. Турш-Су, высота 1800 м н. у. м., 31.VII 1983 г.

Сем. *Sphaeriaceae*

32. *Hypospila pustula* (Pers.) Karst., Mycol. Fenn., 1873, 2, 127.— На опавших перезимовавших листьях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 26.V 1972 г.

33. *Rosellinia glandiformis* Ell. et Ev., Proc. Philad., 1890, 227.— На сухих ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, г. Барда, дендрарий АзербНИИЛХа, низменность, 25.VII 1979 г.

34. *R. pulveraceae* (Ehrh.) Fuck., Symb. mycol., 1869, 149.— На оголенной древесине усохших деревьев *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 17.VIII 1974 г.

35. *Zignoella naumovii* Gusev., Бот. мат. Отд. спор. раст. БИН АН СССР, 1959, 12, 210.— На сухих ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Салим-Оба, низменность, 26.IV 1972 г.

36. *Z. pulviuscula* (Curr.) Sacc., Syll. fung., 1883, 2, 214.— На сухих ветвях *Qu. castaneifolia* С. А. Mey., Лерикский р-н, высота 500 м н. у. м., 29.V 1971 г.

Сем. *Trichosphaeriaceae*

37. *Valsaria insitiva* Ces. et de Not., Sacc., Myc. Ven. Spec., 1873, 2, 148.— На сухих ветвях и валежнике *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Дивичинский р-н, участок Агалык, низменность, 23.XI 1986 г.; Лерикский р-н, высота 900 м н. у. м., 29.V 1971 г.

38. *V. rubricosa* (Fr.) Sacc., Fungi Ven., ser., 1876, 5, 183.— На сухих ветвях и валежнике *Qu. castaneifolia* С. А. Mey., Лерикский р-н, высота 1000 м н. у. м., 29.V 1971 г.

Пор. *Xylariales*Сем. *Xylariaceae*

39. *Daldinia concentrica* (Bolt.) Ces. et de Not., Sfer. Ital., 1863, 1, 198.— На пнях и валежнике *Qu. castaneifolia* С. А. Mey., Ленкоранский р-н, высота 700 м н. у. м., 20.VIII 1971 г.

40. *Hypoxylon fragiforme* (Fr.) Petr., Anp. Mycol., 1921, 19, 240.— На валежнике *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 23.VII 1975 г.

41. *H. rubiginosum* (Pers.) Fr., Summa Veg. Scand., 1849, 384.— На древесине сухих пней и ветвей *Qu. castaneifolia* С. А. Mey., Лерикский р-н, высота 1300 м н. у. м., 28.V 1971 г.

42. *Nummularia bulliardi* Tul., Sel. fung. carp., 1863, 2, 43.— На стволах и ветвях *Qu. castaneifolia* С. А. Mey., Астаринский, Ленкоранский и Масаллинский р-ны, гослесополоса, низменность, 17.VII, 20—24.X 1986 г.

DISCOMYCETES

Пор. *Helotiales*Сем. *Dermateaceae*

43. *Dermea quercina* (Fuck.) E. Hussein. comb. nov.— Syn. *Dermatea quercina* (Fuck.) Sacc., Syll. fung., 1889, 8, 490.— На валежных ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 9.VIII 1972 г.

44. *Mollisia cinerea* (Batsch) Karst., Mycol. Fenn., 1871, 1, 189.— На валежных ветвях *Qu. pedunculiflora* С. Koch, Хачмасский р-н, с. Ялама, низменность, 29.IV 1976 г.

Сем. *Helotiaceae*

45. *Hymenoscyphus virgultorum* v. *fructigenum* (Bull.) E. Hussein. comb. nov.— Syn. *Hymenoscypha virgultorum* v. *fructigenum* (Bull.) Rehm, Discom., 1896, 783.— На перикарпе желудей и опавших желудях *Qu. iberica* Stev., Кусарский р-н, высота 500 м н. у. м., 3.IX 1973 г.

УДК 630*453

ПАТОЛОГИЯ ХВОЙНЫХ ПОРОД В ТИПИЧНЫХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ДРЕВОСТОЯХ

А. В. ЛЕБЕДЕВ, Э. А. ИВАНОВА

Архангельский лесотехнический институт

Изучение влияния лесопатологических факторов на состояние и устойчивость деревьев имеет решающее значение для разработки региональной системы мероприятий по оздоровлению древостоев [1]. Необходимость решения поставленной задачи очевидна и для лесов Европейского Севера, которые нередко существенно страдают от патологических и сопутствующих им воздействий [7]. Стационарное комплексное изучение экологии лесов Севера на территории Емцовского учебно-опытного лесхоза АЛТИ было начато коллективом лесохозяйственного факультета под руководством И. С. Мелехова в 1949 г. Результаты этих исследований, включающие материалы лесопатологического характера, полученные Ю. В. Адо, обобщены в статье руководителя работ [6] и использованы при написании одного из разделов «Практического пособия таежному лесоводу» [4]. В дальнейшем кафедрой лесной таксации и лесоустройства под руководством И. И. Гусева было изучено влияние корневой губки и ряда других фаутов на товарную структуру еловых древостоев [2]. Кафедрой лесозащиты и ботаники были проведены исследования по биологии и экологии майского хруща [5], взаимодействию лубоеда-дендроктона и деревьев ели [8], а также по патологии подроста древесных пород [3].

Учитывая, что в перечисленных источниках нашли отражение не все аспекты патологии хвойных пород в рассматриваемых условиях средней подзоны тайги, считаем целесообразным продолжить работу в этом направлении. В статье представлен наиболее типичный фрагмент результатов лесопатологических обследований спелых и перестойных хвойных насаждений Емцовского лесхоза, выполненных в течение ряда лет. При рекогносцировочном обследовании по стандартной методике, принятой в лесозащите, было определено общее санитарное состояние древостоев и выявлен видовой состав дереворазрушающих грибов, стволовых насекомых и факторов непаразитарного характера. Категорию состояния определяли по известной шкале: здоровые, ослабленные, больные, мертвые. В целях уточнения данных рекогносцировки проводили детальное лесопатологическое обследование древостоев методом непровешенной ходовой линии [9] в среднебонитетных, среднеполнотных ельниках- и сосняках-черничниках VIII класса возраста на двух наиболее характерных участках. Вдоль каждой ходовой линии выполняли ленточный пересчет по породам, ступеням толщины, категориям состояния и причинам ослабления или гибели деревьев.

Данные табл. 1 показывают, что в сосняке-черничнике преобладают здоровые деревья, что характерно как для древостоя в целом, так и для каждой породы в отдельности. Другие категории деревьев представлены в следующем нисходящем порядке: больные, мертвые, ослабленные. В этих категориях в популяции деревьев сосны доминируют мертвые и больные, ели — больные, лиственницы — ослабленные, березы — ослабленные и больные. В целом отмечен наибольший процент здоровых

Таблица 1
Распределение деревьев по категориям состояния в зависимости от типа леса

Порода	Число обле-дованных дере-вьев	Процент деревьев по категориям состояния			Порода	Число обле-дованных дере-вьев	Процент деревьев по категориям состояния		
		Зло-ровые	Ослаб-ленные	Мерт-вые			Зло-ровые	Ослаб-ленные	Мерт-вые
Сосняк-черничник (7С2Е1Л + Б)									
С	200	64,5	7,5	13,5	С	200	60,0	10,5	26,0
Е	26	61,5	11,7	23,0	Е	49	57,1	6,1	32,7
Л	14	71,6	14,2	7,1	Л	40	20,0	30,0	45,0
Б	28	39,5	28,5	3,5	Б	15	20,0	—	80,0
Итого, шт.	268	166	28	42	Итого, шт.	304	159	36	98
Итого, %	100	61,9	10,4	15,7	Итого, %	100	52,3	11,8	32,2
Сосняк-брусничник (7С2Л1Е + Б)									
С	200	53,0	4,0	41,0	С	200	74,0	7,0	14,0
Е	32	62,7	3,1	21,8	Е	90	78,9	6,7	10,0
Л	14	85,7	—	14,3	Л	60	85,0	3,3	8,4
Б	5	—	20,0	40,0	Б	—	—	—	—
Итого, шт.	251	138	10	91	Итого, шт.	350	270	22	42
Итого, %	100	55,0	4,0	36,3	Итого, %	100	77,1	6,3	12,0
Ельник-черничник (6Е2С2Л + Б)									
Е	200	53,0	4,0	41,0	Е	200	74,0	7,0	14,0
С	32	62,7	3,1	21,8	С	90	78,9	6,7	10,0
Л	14	85,7	—	14,3	Л	60	85,0	3,3	8,4
Б	5	—	20,0	40,0	Б	—	—	—	—
Итого, шт.	251	138	10	91	Итого, шт.	350	270	22	42
Итого, %	100	55,0	4,0	36,3	Итого, %	100	77,1	6,3	12,0

особей лиственницы, затем сосны, ели и березы. В совокупности мертвых деревьев преобладает сосна, отпад лиственницы ели и березы по числу стволов менее значителен.

В сосняке-брусничнике преобладают здоровые деревья, доля которых несколько выше суммарного процента растений остальных категорий. Представленность больных деревьев также значительна; далее следуют ослабленные и мертвые особи. Распределение деревьев сосны и ели по категориям состояния аналогично итоговому, но больных сосен и ослабленных елей заметно меньше. Среди деревьев лиственницы доминируют больные экземпляры, пораженные лиственничной и сосновой губками. Доля больных особей березы, зараженных ложным трутовиком и чагой, еще больше; это характерно и для сосняка-черничника. В целом среди здоровых преобладают деревья сосны, затем ели, лиственницы и березы. В группе мертвых деревьев больше экземпляров лиственницы, далее идут ель и сосна, проценты которых сравнительно близки.

В ельнике-черничнике доминируют здоровые деревья, доля которых превышает половину всех учетных растений. Отмечается значительное количество больных экземпляров, меньше мертвых и ослабленных. Распределение деревьев ели и сосны по категориям состояния близко к итоговому, но доля мертвых особей сосны больше. Среди деревьев лиственницы явно преобладают здоровые экземпляры, березы — больные и мертвые. В целом в группе здоровых доминируют деревья лиственницы, затем следуют сосна, ель и береза. В совокупности мертвых преобладают экземпляры березы, далее — лиственницы, сосны и ели.

В ельнике-брусничнике превалируют здоровые деревья, доля которых значительно выше суммарного процента растений остальных категорий. Далее в нисходящем порядке следуют больные, ослабленные и мертвые деревья, причем две последние категории представлены почти одинаково. Распределение деревьев ели и сосны по категориям состояния полностью совпадает с итоговым, лиственницы — аналогично суммарному. В целом в группе здоровых доминируют деревья лиственницы, затем следуют сосна и ель. В группе мертвых преобладают экземпляры ели, далее сосны и лиственницы, хотя разница в представленности древесных пород этой категории незначительна.

Сравнивая данные рекогносцировочного обследования сосняков-черничника и брусничника, можно отметить, что первый находится в относительно лучшем состоянии. Так, доля здоровых деревьев в нем на 9,6 % больше, чем в брусничнике, а проценты ослабленных растений отличаются несущественно. Представленность больных экземпляров в сосняке-черничнике на 16,5 % меньше, чем в брусничнике, и лишь мертвых деревьев в первом типе леса на 8,3 % больше, чем во втором. Сравнение ельников-черничника и брусничника показывает, что санитарное состояние второго типа леса значительно лучше. Так, доля здоровых деревьев в нем на 22,1 % больше, чем в черничнике, участие больных экземпляров на 24,3 % меньше, а разница в соотношении ослабленных и мертвых растений несущественна.

В целом санитарное состояние ни одного из обследованных участков нельзя признать удовлетворительным, хотя в ельнике-брусничнике оно несколько лучше, чем в остальных типах леса. Основными причинами ослабления и гибели деревьев в обследованных древостоях являются корневые и стволовые гнили, механические повреждения и пожарные травмы, а также угнетение растений и последующее заселение короедами.

Поскольку сосняки- и ельники-черничники являются наиболее распространенными типами леса и последние уступают по состоянию ельникам брусничникам, проводили детальное обследование черничных древостоев (табл. 2). Из таблицы видно, что в ельнике-черничнике явно преобладают здоровые экземпляры ели, хотя участие представителей других категорий тоже достаточно велико (36 %). Причинами ослабления деревьев ели служат угнетение соседними особями, механические повреждения природного и антропогенного характера, пожарные травмы прошлых лет. В числе факторов паразитарной группы явно доминирует корневая гниль, вызванная корневой губкой (22,5 %), второе место занимает стволовая гниль — результат деятельности еловой губки (6 % общего числа учтенных деревьев). Заселение ослабленных экземпляров ели короедами (пушистый полиграф и обыкновенный гравер) отмечено единично и хозяйственного значения в данном случае не имеет. На долю мертвых деревьев приходится 7 % из числа угнетенных, в этой группе преобладают растения, усохшие на корню под воздействием угнетения, корневой губки и короедов. Участие валежника составляет 4 % из числа проанализированных елей, первопричинами его образования являются гнили, вызванные корневой и еловой

Таблица 2

Распределение деревьев по категориям состояния и ступеням толщины в ельниках- и сосняках-черничниках

Категория состояния деревьев	Причины и следствия болезней деревьев	Ель										Сосна						
		Число обле-лованных деревьев, шт., %		Процент деревьев по ступеням толщины, см					Число обле-лованных деревьев, шт., %			Процент деревьев по ступеням толщины, см						
		12	16	20	24	28	32	12	16	20	24	28	32	36	40			
Здоровые	—	$\frac{128}{64,0}$	19,0	11,5	11,5	7,5	—	$\frac{150}{75,0}$	6,5	11,5	7,0	15,0	10,0	9,5	10,0	5,5		
Ослабленные	Механические повреждения	$\frac{7}{3,5}$	0,5	0,5	2,0	0,5	—	$\frac{8}{4,0}$	1,0	—	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	—		
	Пожарные травмы	$\frac{5}{2,5}$	—	1,5	1,0	—	—	$\frac{5}{2,5}$	—	0,5	—	1,5	—	0,5	—	—		
	Угнетение	$\frac{9}{4,5}$	0,5	—	—	—	—	$\frac{2}{1,0}$	1,0	—	—	—	—	—	—	—		
Больные	Корневая гниль	$\frac{45}{22,5}$	6,0	2,0	4,0	2,5	1,0	$\frac{8}{4,0}$	—	—	1,0	2,0	0,5	0,5	—	—		
	Столбовая гниль	$\frac{12}{6,0}$	—	1,5	1,5	0,5	—	$\frac{11}{5,5}$	—	0,5	1,0	1,5	1,0	—	1,0	0,5		
	Заселение короедами	$\frac{2}{1,0}$	—	—	—	—	—	$\frac{10}{5,0}$	—	—	1,0	3,0	1,0	—	—	—		
Мертвые	Сухостой	$\frac{10}{5,0}$	4,5	—	—	—	—	$\frac{10}{5,0}$	—	0,5	1,0	1,5	2,0	—	—	—		
	Валежник	$\frac{4}{2,0}$	—	0,5	1,0	—	—	$\frac{5}{2,5}$	—	—	—	—	0,5	1,0	—	1,0		
Итого, шт., %	—	$\frac{58}{29,0}$	$\frac{61}{30,5}$	$\frac{35}{17,5}$	$\frac{42}{21,0}$	$\frac{24}{12,0}$	$\frac{2}{1,0}$	200	$\frac{17}{8,5}$	$\frac{26}{13,0}$	$\frac{28}{11,5}$	$\frac{50}{25,0}$	$\frac{31}{15,5}$	$\frac{25}{12,5}$	$\frac{23}{11,5}$	$\frac{14}{7,0}$		

губками. На свежем валежнике зарегистрированы поселения короедов: типографа и обыкновенного гравера. Каждой ступени толщины живых деревьев ели соответствуют следующие преобладающие причины ослабления: 12 см — корневая гниль и угнетение; 16 см — корневая и стволовая гнили; 20 см — корневая и стволовая гнили, пожарные травмы; 24 см — корневая и стволовая гнили, механические повреждения; 28 и 32 см — корневая гниль. Таким образом, ведущим фактором ослабления деревьев всех ступеней толщины является корневая гниль, вызванная корневой губкой.

В сосняке-черничнике также явно доминируют здоровые деревья основной породы, хотя доля представителей других категорий тоже значительна (25 %). Причинами ослабления деревьев сосны являются механические повреждения природного и антропогенного характера, пожарные травмы и угнетение соседними особями. В числе факторов инфекционной группы преобладают стволовая гниль, вызванная сосновой губкой (5,5 %), второе место занимает корневая гниль — результат деятельности корневой губки (4,0 % общего числа учтенных деревьев). Участие ослабленных деревьев сосны, заселенных короедами (большой и малый сосновые лубоеды, шестизубый и вершинный короеды) составляет 5,0 %. На долю мертвых экземпляров сосны приходится 7,5 % из числа учтенных, в этой группе преобладают растения, усохшие на корню под воздействием преимущественно паразитарных факторов. Причинами образования валежника (2,5 %) являются гнили, вызванные корневой и сосновой губками. На свежем валежнике зарегистрированы поселения перечисленных выше короедов. Каждой ступени толщины соответствуют свои причины ослабления: 12 см — механические повреждения и угнетение; 16 см — стволовая гниль и пожарные травмы; 20 см — стволовая и корневая гнили; 24 см — корневая и стволовая гнили, пожарные травмы; 28 см — стволовая гниль; 32 см — механические повреждения; 36 и 40 см — стволовая гниль. Таким образом, ведущими факторами ослабления древостоя являются стволовая и корневая гниль, вызванные сосновой и корневой губкой, а также механические повреждения.

Итак, главной причиной повреждения деревьев ели в рассматриваемых условиях является корневая губка, а сосны — сосновая губка. Полученные нами данные могут быть использованы в проектировании и проведении санитарно-оздоровительных мероприятий в хвойных древостоях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воронцов А. И. Патология леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 272 с.
- [2]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1978.— 232 с.
- [3]. Иванова Э. А. Лесопатологическое состояние смешанных молодняков естественного происхождения на вырубках // Экология и защита леса.— Л.: ЛТА, 1980.— Вып. 5.— С. 66—69.
- [4]. Лебле Б. Б., Покровская Л. В. Защита леса от вредителей и болезней // Практическое пособие таежному лесоводу.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— С. 221—266.
- [5]. Лебле Б. Б., Покровская Л. В. О майском хруще на северном пределе его распространения // Науч. тр. / АЛТИ.— Архангельск, 1969.— Вып. 21.— С. 78—84.
- [6]. Мелехов И. С. Стационарное комплексное изучение леса в учебно-опытном лесхозе Архангельского лесотехнического института // Науч. тр. / АЛТИ.— Архангельск, 1954.— Вып. 14.— С. 76—83.
- [7]. Мелехов И. С., Чертовской В. Г., Моисеев Н. А. Леса Архангельской и Вологодской областей // Леса СССР.— М.: Наука, 1966.— Т. 1.— С. 78—156.
- [8]. Стадницкий Г. В., Душин В. П. Об условиях заселения деревьев большим еловым лубоедом // Поведение насекомых как основа для разработки мер борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства.— Минск, 1981.— С. 220—223.
- [9]. Тальман П. Н., Катаев О. А. Методы лесозащитно-патологических обследований.— Л.: Изд-во ВЗЛТИ, 1964.— 120 с.

УДК 630*845.5

**ЗАЩИТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ХВОЙНЫХ ПОРОД
ОТ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ В КОМИ ССР***Б. Н. ОГИБИН, А. В. ЛОБАНОВА, А. Д. МАСЛОВ,
Л. С. МАТУСЕВИЧ, Г. ЦАНКОВ*Архангельский институт леса и лесохимии
ВНИИЛМ
Институт леса Болгарской АН

Необходимость обеспечения ритмичных поставок древесины потребителям, значительная доля заготовок в зимний период приводят к скоплению больших объемов круглых неокоренных лесоматериалов на верхних и нижних складах. В северных районах европейской части СССР резервные запасы оказываются наибольшими к началу лета стволовых вредителей (10...15 % от годовых планов заготовки древесины). Кроме того, в процессе летних лесозаготовок не всегда удается своевременно вывозить древесину из леса и отгружать ее. В результате возникают проблемы хранения лесоматериалов в летний период, что обусловлено массовым повреждением их насекомыми и сопутствующим поражением деревоокрашивающими грибами.

Опыты по защите древесины проводились еще в 20—30-х гг. текущего столетия [2, 5, 7]. В 50—60-х гг. широко рекламировались хлорорганические инсектициды ([1, 4, 6] и др.), особенно ГХЦГ. Однако применение этого стойкого и высокотоксичного для теплокровных животных инсектицида нежелательно и в настоящее время ограничено по гигиеническим и экологическим соображениям. Высокая эффективность, доступность и оперативность химических средств борьбы побуждают к созданию новых, менее опасных для человека и окружающей среды пестицидов, в частности синтетических пиретроидов, о перспективности которых свидетельствуют данные предварительных испытаний в Прибалтике и за рубежом [3].

Нами проведены исследования в 1986—1989 гг. в Удорском районе Коми ССР. Основная задача данной работы — комплексная оценка способов штабелевки древесины и химических средств ее защиты. Из пиретроидов испытывали децис, карате, нурел, талкорд и цимбуш. Расход рабочей жидкости колебался от 0,2 до 0,5 л на 1 м² поверхности штабеля (до полного смачивания коры) при концентрациях от 0,0625 до 1 % по действующему веществу. Растворы пиретроидов наносили на боковые и торцовые поверхности штабелей с помощью ранцевых моторизованных опрыскивателей ОМР-2 и Still. Общий объем опытных партий древесины ели весенне-зимней заготовки составлял более 5 тыс. м³. Снижение сортности древесины оценивали по интенсивности повреждения ее насекомыми с учетом относительной доли наружных (два верхних ряда хлыстов или сортиментов) и внутренних слоев. Сравнительные размеры ущерба устанавливали в соответствии с ГОСТ 9463—88 и Прейскурантом № 07—03 (1988 г., с дополнением 1990 г.).

Влияние способа штабелевки древесины на пораженность ее насекомыми характеризуется данными табл. 1. Анализ показывает, что особенно сильно заселяется насекомыми древесина в штабелях-клетках (пачки хлыстов, уложенные в шахматном порядке). Ущерб от длитель-

Таблица 1

Способ штабелевки лесоматериалов, размер штабеля*	Усачи		Типограф и двойник		Ущерб от биоповреждений, %
	Встречаемость, %	Число уходов личинок в древесину на 1 дм ²	Встречаемость, %	Плотность гнезд, шт./дм ²	
Пачки сортиментов на прокладках, 4 × 20 м	48	0,21	52	0,17	26
Сортименты в пачках 1,5 × 0,8 м	54	0,20	56	0,40	26
Хлысты в малых рыхлых штабелях, 2 × 10 м	65	0,22	58	0,36	30
Пачки хлыстов в штабелях-клетках, 10 × 25 м	54	0,47	11	0,13	33

* Высота и длина штабеля.

ного хранения древесины (в течение 3-4 мес) достигает 33 % исходной преysкурантной стоимости. Основными вредителями в этом случае являются усачи рода *Tetropium*, которые поселяются главным образом во внутренних слоях штабеля-клетки. Число уходов личинок в древесину в расчете на 1 м длины лесоматериалов к концу августа составляет в среднем около 29, а общее число живых личинок — 64. Из-за больших проемов и неровностей укладки таких штабелей трудно обеспечить их дополнительную защиту.

Основными вредителями древесины, укладываемой в штабель другими способами, являются черные еловые усачи рода *Monochamus*, короеды типограф и двойник. При хранении хлыстов в малых рыхлых штабелях общие потери составляют 30 % первоначальной стоимости. Наименьший ущерб наблюдается при укладке сортиментов пачками или в плотные штабеля высотой 3...6 м. В этом случае наружные ряды штабеля повреждаются сильнее, чем внутренние. Этот вывод совпадает с известными фактами [8]. Доля сортиментов с поселениями усачей в наружных рядах составляет 75 %, внутри штабеля — 45 %. Важно, чтобы плотная укладка следовала немедленно или не позднее чем через 3 дн. после заготовки в период лёта вредителей древесины.

Таким образом, способ штабелевки древесины представляет собой некоторый элемент ее защиты, но при длительном хранении лесоматериалов необходимы дополнительные меры предупреждения поселений насекомых.

Испытания показали, что синтетические пиретроиды по отношению к жукам черного елового усача являются инсектицидами прежде всего контактного действия. На первых этапах поражения у насекомых нарушается координация движений, и через несколько часов они погибают. Спустя 2-3 дн. после обработки поверхности штабеля гибель жуков наблюдается редко. Воздействие пиретроидов на жуков сохраняется в виде нарушения поиска полового партнера, увеличения частоты и продолжительности остановок, «чистки» лапок и антенн, сокращения времени пребывания насекомых на поверхности бревен. В результате встречаемость поселений черных еловых усачей и короедов на наружных рядах штабеля уменьшается более чем в 1,5—2,0 раза. Еще резче снижается доля поврежденных сортиментов внутри штабеля. Все это свидетельствует об увеличении совокупного эффекта химической защиты и подчеркивает необходимость правильной штабелевки древесины. Например, при обработке штабелей талкордом (0,5 % по д. в.) встречаемость сортиментов, поврежденных усачами, снижается до 40 % для наружных рядов и до 13 % для внутренних, т. е. в 1,9 и 3,5 раза соответственно.

В результате использования пиретроидов ущерб от биоповреждений снижается от 12,5...13,4 до 0,4...3,5 р., особенно в вариантах штабелевки хлыстов (табл. 2). При технологических затратах на опрыскивание (с учетом стоимости препаратов) в пределах 0,4...0,8 р. на 1 м³ древесины становится несомненной экономической эффективностью использования рассмотренных средств защиты.

Таблица 2

Способ штабелевки лесоматериалов	Варианты защиты, препарат, концентрация по д. в.	Процент поврежденных сортиментов		Число уходов личинок усачей в древесину	Распределение древесины по сортам, %				Ущерб от повреждений, р. на 1 м ³
		всего	в том числе усачами		I	II	III	Дрова	
Пачки сортиментов в штабелях	Контроль	87	57	11,6	38	27	10	25	12,5
	Децис 0,125 %	47	6	4,0	85	15	—	—	0,5
	Карате 0,125 %	11	7	16,0	86	10	2	2	3,5
	Талкорд 0,5 %	20	16	4,5	45	53	1	1	1,6
	Цимбуш 0,2 %	27	2	6,0	98	1	1	—	0,4
Хлысты в малых рыхлых штабелях	Контроль	78	78	12,1	23	26	15	36	13,4
	Карате 0,125 %	15	5	7,0	84	14	1	1	1,0
	Талкорд 0,5 %	30	16	5,5	76	17	1	6	2,8
	Цимбуш 0,25 %	31	8	6,0	80	19	1	—	1,4

Дальнейшее повышение концентраций рабочих растворов или двукратное опрыскивание нерационально из-за незначительного повышения эффекта и усиления возможных отрицательных воздействий пестицидов на окружающую среду. Более того, при оставлении древесины весенне-зимней заготовки на хранение на короткий срок (1,0...1,5 мес, т. е. до лета летней подгруппы вредителей) рекомендуется уменьшить вдвое концентрацию рабочих растворов. Некоторые препараты, например нурел, оказались неэффективными.

Теоретически пораженность древесины можно уменьшить используя, например, феромонные ловушки для насекомых. Этот способ был опробован на примере короедов в течение двух сезонов из расчета 10...50 м³ древесины на одну ловушку (диспенсеры заправлены феро-, халько-, линопраксом и ферофлором УТ). Несмотря на значительный отлов жуков (до 2 тыс. шт. на 1 м³ «охраняемой» древесины), не удалось добиться снижения уровня повреждений по сравнению с контрольными вариантами, что свидетельствует о недостаточной проработке вопроса.

В заключение авторская группа отмечает, что пиретроиды не следует считать универсальным средством защиты древесины. Необходимо использовать весь комплекс способов защиты, включая санитарную профилактику, механизированную окорку и дождевание, грамотно и обоснованно сочетать их применительно к конкретным условиям, включать эти мероприятия в технологию лесозаготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Акиндинов М. В. Хранение и защита от порчи круглых лесоматериалов.—М.; Л.: Гослесбумиздат, 1957.—32 с. [2]. Вакин А. Т. Руководство по хранению круглого леса хвойных пород.—М.: Гослестехиздат, 1939.—136 с. [3]. Кутеев Ф. С., Ляшенко Л. И., Пучкова И. И. Применение пиретроидов и димлина в лесном хозяйстве СССР и за рубежом: Обзор информ. / ЦНТИлесхоз.—М., 1986.—Вып. 1.—45 с. [4]. Лебле Б. Б., Покровская Л. В. Химическая защита неокоренной древесины от энтомофитов // Некоторые вопросы развития лесного хозяйства таежной зоны.—Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1964.—С. 108—114. [5]. Орешкин С. И. О хранении леса на лесосеке при летней заготовке.—Архан-

гельск: Севкрайгиз, 1932.— 88 с. [6]. Федоренко С. И., Беленков Д. А. Биологическое повреждение хлыстов на вахтовых участках и их защита в малых штабелях // Экология и защита леса.— Л., 1980.— С. 89—94. [7]. Чеведаев А. А. Подготовка и хранение бревен летней рубки.— М.: Гослестехиздат, 1934.— 117 с. [8]. Шиперович В. Я. Защита от вторичных пороков лесоматериалов хвойных пород.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1954.— 35 с.

Поступила 3 апреля 1991 г.

УДК 630*232.311.3 : 630*4

ФАКТОРЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЧИСЛЕННОСТЬ ОПАСНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ПОЧЕК И ПОБЕГОВ В СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ КОМИ ССР

Е. В. ЮРКИНА

Сыктывкарский государственный университет

В Коми ССР, помимо естественных лесов, с 1948 г. создаются искусственные насаждения плантационного типа, лесосеменные участки и лесные культуры. Наши исследования были проведены в молодняках сосны как естественного, так и искусственного происхождения.

Комплексы насекомых, складывающиеся в таких лесных сообществах, неравнозначны. Установлено, что на сосне в республике обитает 115 видов вредных членистоногих. Ядро энтомокомплексов искусственно созданных лесных биоценозов в основном состоит из 29 доминантных видов, относящихся к 5 отрядам и 13 семействам. Все выявленные виды насекомых мы разделили на 4 экологические группы: вредители почек и побегов, хвои, стволов и ветвей, корневых систем. Наибольшую опасность представляют вредители почек и побегов (12 видов). Это большой сосновый долгоносик (*Hylobius abietis* L.), повреждающий 1—2-летние посадки сосны, сосновая побеговая огневка (*Dioryctria mutata* Fuchs.), представляющая опасность для сосен 4...6 лет, и почковый побеговьян (*Blastesthia turionella* L.).

Из вредителей хвои в искусственно созданных биогеоценозах наиболее типичны тли (р. *Cinaria*), пилильщики (*Diprion pini* L., *Neodiprion sertifer* Geoffr.) и ткачи-пилильщики (*Acantholida erythrocephala* L., *A. hieroglyphica* Christ). Их роль в ослаблении роста саженцев возросла в 1989—1990 гг.

К опасным врагам сосны на плантации относится группа вредителей стволов и ветвей. Эти насекомые повреждают саженцы с момента посадок. Из долгоносиков и смолевок (*Hylobius abietis* L., *Pissodes pini* L., *P. notatus* F. и др.) особый вред наносит *H. abietis*. В первые годы существования Сыктывкарской плантации (1979—1981 гг.), когда посадки примыкали к вырубкам, были уничтожены все саженцы.

Вредителей корневых систем — пластинчатоусых — можно считать пока лишь потенциально опасной для плантаций группой насекомых. В частности, заселенность почв восточным майским хрущом (*Melolontha hippocastani* Fabr.) здесь невелика — всего 0,07 личинок на 1 м², тогда как в культурах сосны (Эжвинское лесничество Сыктывкарского мехлесхоза) хозяйственное значение этого вредителя резко возрастает. Заселенность почв его личинками достигает 20 шт. на 1 м². В южных районах вред наносит преимущественно *Amphimallon solstitialis* L. Особую группу вредителей сосны представляют короеды — корнежилы (р. *Hylastes*), длинноусый и сосновый усачи (*Acanthocinus aedilis* L., *Monochamus galloprovincialis* Germ.), малый и большой сосновые лубоеды (*Blastophagus minor* Hart., *B. piniperda* L.), большой сосновый долгоносик (*Hylobius abietis* L.), в массе распространяющиеся с пору-

бочных остатков, несвоевременно вывезенной древесины и со свежих пней близлежащих вырубок. Удобной средой для развития насекомых ксилофагов являются валы из порубочных остатков, выкорчеванных пней, бревен и укоренившиеся после раскорчевки хвойные деревья.

Сравнительный анализ факторов смертности изучали на примере трех видов чешуекрылых, обитающих внутри побегов и почек: сосновой побеговой огневки, побеговьюнов почкового и смолевщика. Сборы на всех фазах развития побеговой огневки на плантации Сыктывкарского мехлесхоза в 1982—1983 гг. (см. таблицу) показали, что общая смертность за генерацию у *D. mutatella* Fuchs. составила 68,9 %.

Роль отдельных факторов в общей смертности сосновой побеговой огневки за генерацию

Факторы смертности	Яйцо	Гусеницы в возрасте, лет				Кукол-ки	Итого за период развития преимагинальных фаз
		1-2	3	4	5		
1982							
Эндогенные	3,2	—	—	—	—	—	3,2
Засмоление	—	29,5	7,3	—	—	—	36,8
Внутривидовая конкуренция	—	—	—	—	0,8	—	0,8
Хищники и паразиты	—	5,6	3,6	—	1,2	—	10,4
Болезни	—	—	—	—	7,7	—	7,7
Абиотические	—	—	—	—	0,4	—	0,4
Неизвестные	—	2,4	—	2,4	0,8	—	5,6
Итого	3,2	37,5	10,9	2,4	10,9	—	64,9
1983							
Эндогенные	14,7	—	—	—	—	—	14,7
Засмоление	—	30,9	3,7	—	—	—	34,6
Миграции	—	1,1	1,1	1,2	1,2	—	4,6
Внутривидовая конкуренция	—	1,1	—	—	—	—	1,1
Хищники и паразиты	—	1,1	1,5	—	1,5	—	4,1
Болезни	—	—	—	—	3,3	—	3,3
Неизвестные	—	5,4	2,9	0,5	1,2	0,5	10,5
Итого	14,7	39,6	9,2	1,7	7,2	0,5	72,9

Как видно из таблицы, на фазе яйца наибольшая смертность наблюдается от эндогенных факторов. На фазе гусениц младших возрастов основную роль играет резистентность поврежденных деревьев, в результате которой происходит гибель от засмоления. Гусеницы старших возрастов погибают от болезней. Возбудители болезней сосновой побеговой огневки из группы энтомопатогенных несовершенных грибов *Metarrhizium anisopliae* и *Beauveria bassiana* указываются впервые. На куколках отмечен куколично-личиночный наездник-паразит *Glypta resinanae* Htg. Имаго преимущественно уничтожаются птицами. Следовательно, наиболее уязвимым периодом развития огневки является стадия гусениц младшего возраста.

Анализ факторов смертности побеговьюна почкового проведен для 270 личинок, собранных весной 1990 г. в культурах сосны Сыктывкарского мехлесхоза и на Сысольской плантации. Установлено, что на личиночной фазе гибнет от 55 до 77 % особей. Такие факторы, как конкуренция с *D. mutatella*, *Petrova resinella*, паразитизм, болезни, являются

ведущими в регулировании численности вредителя и составляют соответственно 5,4; 6,3 и 16,6 %. Из возбудителей заболеваний у почкового побеговьяна выделены следующие патогены: *Metarrhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin и *Verticillium* sp. Nees. ex Wallroth (сем. *Entomophthoraceae*). От паразитов погибло 6,3 % гусениц. Самым массовым паразитом был наездник *Dlypta resinanae*. Кроме биотических регулируемыми являлись и абиотические факторы (24,2 %).

Выживаемость побеговьяна смолевщика *P. resinella* проанализирована на фазах гусеницы и куколки в те же сроки по сборам личинок (280 шт.), дважды перезимовавших на указанных площадях. Всего погибло от 55,1 до 78,6 % личинок. Основным фактором смертности были конкурентные отношения с сосновой побеговой огневкой (*Dioryctria mutarella* Fuchs.), которая уничтожает гусениц различных видов побеговьянов и почковой моли (*Heringia dodecella* L.), внедряясь в заселенные ими побеги. Гибель от этого фактора составляет от 35,1 до 59,0 %. Существенную роль в смертности играют болезни (5,9 %). Выделены следующие их возбудители: *Metarrhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin; *Metarrhizium* sp. (сем. *Entomophthoraceae*).

Однообразие древесной растительности в сосновых монокультурах, отсутствие цветущих растений и естественной подстилки, необходимых для жизни многих полезных насекомых, препятствуют эффективной реализации возможностей паразитарного комплекса. Если в других регионах видовой состав энтомофагов у побеговьяна смолевщика насчитывает 8 видов, а пораженность гусениц в среднем составляет 16,0 %, то на плантации выявлены лишь 3 вида паразитов, которые повреждали 0,8 % гусениц. На всех участках доминировал наездник *Glypta resinanae*. Смертность от абиотических факторов, в частности от неблагоприятных условий зимовки, составила 8,9 %.

Изучение факторов смертности насекомых, повреждающих почки и побеги, показало, что численность популяции зависит от конкуренции, болезней, неблагоприятных условий зимовки. Конкуренция особей вызвана не дефицитом пищевых ресурсов (которых в условиях монокультур достаточно), а желанием заселять почки и побеги, уже занятые гусеницами другого вида. Поскольку здесь смолоток ослаблен, условия заселения таких стадий оказываются благоприятнее.

Роль вредителей в естественных и искусственных сосновых молодняках в Коми ССР различна. Так, поврежденность подростка в лесу в среднем составляет 20 %. На плантации сосны в Сысольском мехлесхозе в 1989—1990 гг. насекомые заселяли 100 % деревьев. Высокая поврежденность саженцев сосны вредителями побегов и почек сохраняется на Сыктывкарской лесосеменной плантации в течение 10 лет с момента ее основания. Заселенность культур сосны Сыктывкарского мехлесхоза равна 70 %. Сильная пораженность искусственных растительных сообществ объясняется гомогенностью их строения и меньшей устойчивостью.

Учитывая высокую пораженность саженцев на плантациях и в культурах, необходимо осуществлять надзор за ними с начала первых посадок. Без учета факторов, регулирующих численность, нецелесообразно проводить защитные мероприятия, направленные против вредителей почек и побегов.

Поступила 1 марта 1991 г.

УДК 581.552 : 630*221.01

**ВОЗДЕЙСТВИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РУБОК
НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ СТРУКТУРУ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЕЛЬНИКОВ-ЧЕРНИЧНИКОВ
И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ**

Л. А. ЗУБАРЕВА, С. В. ЕЛЬШИН, А. Б. КАРАТАЕВ

Кировский педагогический институт

Сплошные концентрированные рубки леса приводят к резкой смене экологических условий, структурно-функциональной организации фитоценоотического покрова таежной зоны, коренной перестройке всего биогеоценотического комплекса [18]. Сукцессионные процессы на вырубках южнотаежной подзоны северо-востока европейской части СССР исследованы недостаточно [10, 11, 13], а горизонтальная неоднородность коренных и трансформированных сообществ специально вообще не изучалась.

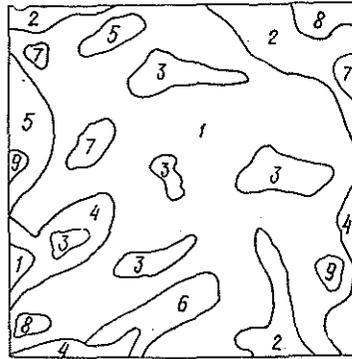
Цель нашей работы — выявить особенности парцеллярного сложения растительного покрова в плакорных сообществах сукцессионного ряда естественного возобновления в свежих ельниках-черничниках, являющихся зональным типом ельников зеленомошной группы, широко распространенных и интенсивно осваиваемых в подзоне [15, 17]. Исследования проводили на базе Омутнинского лесхоза Кировской области в 1986—1989 гг. В качестве основного методического приема изучения сукцессий использован принцип пространственно-временной связи между развивающимися биогеоценозами, согласно которому распределение элементов любого сукцессионного комплекса в пространстве повторяет последовательность их сукцессий во времени [2, 19, 20]. Контролем служили свежие ельники-черничники VI класса возраста, производными вариантами — сообщества основных возрастных стадий естественного возобновления, возникшие на месте аналогичных по составу древостоев (8Е2Б). Все варианты (стадии) рассматриваемого ряда характеризовались общностью лесозаготовительных мероприятий (разработка лесосек в зимний период с оставлением 35...45 % подроста, сохранением еловых обсеменителей, размер площадей вырубок не менее 10 га, вырубки непалевые и др.)*.

В каждом варианте закладывали по одной контрольной и две опытные (повторности) стационарные пробные площади (ПП) размером 50 × 50 м (0,25 га). Этот метод постоянных квадратов получил широкое распространение в сукцессионных исследованиях [12]. Во избежание «пограничного эффекта экотонов» [1] ПП располагались в центре ключевых участков, на расстоянии 50...70 м друг от друга. На каждой ПП выполняли масштабное картирование всех основных и допол-

* Идентификацию вариантов по принадлежности к одному ряду демуляции проводили на основе детального анализа таксационных описаний, карт и лесорубочных билетов Чернохолуницкого лесничества, особенностей современного строения модельных фитоценозов. Все варианты располагались в радиусе до 10...15 км друг от друга и имели сходное окружение, положение в рельефе, гидрологические и почвенные условия.

няющих парцелл [4—6]. Для этого ПП разделяли шнуром на 5-метровые секторы, что облегчало выделение парцелл и нанесение их контуров на картосхемы (см. рисунок). Глазомерно отмечали общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса и мхов (в целом для ПП и по анализируемым парцеллам). Обилие всех видов травянистых растений и кустарничков в парцеллах оценивали по Друде, жизненность — по трехбалльной шкале. Горизонтальная расчлененность лесных и трансформированных рубками биогеоценозов наиболее отчетливо проявляется в составе микрогруппировок нижних ярусов растительности. Эта особенность сложения фитоценотического покрова была положена нами в основу анализа парцеллярной дифференциации сообществ модельного сукцессионного ряда.

Парцеллярное сложение спелого ельника-черничника (ПП № 1, 1986 г.): 1 — елово-чернично-зеленомошная; 2 — плауновая; 3 — елово-мертвопокровная; 4 — зеленомошная; 5 — линейная; 6 — чернично-зеленомошно-линейная; 7 — кисличная; 8 — папоротниковая; 9 — копытневая парцеллы



Контрольный участок представлял собой типичный одноярусный древостой III класса бонитета с общей сомкнутостью крон 0,7. Господствующий возраст ели — 120...140 лет. Показатели древостоя: ель — 720 экз. на 1 га, средняя высота — 26,5 м; береза пушистая (195 и 24,7); осина (86 и 25,5); сосна (19 и 25,0). Еловый подрост образует плотно сомкнутые группы (количество 6140 экз. на 1 га, средняя высота 1,3 м), жизнеспособный составляет 81 %, сомнительный — 14 %, усохший — 5 %. Пихтовый подрост 96 экз. на 1 га, средняя высота 1,5 м) играет подчиненную роль. В подлеске доминирует рябина (724 экз. на 1 га, высота от 0,5 до 8,5 м). Единичны жимолость лесная, шиповник, ива козья, малина, можжевельник.

Парцеллярность спелых ельников обусловлена неравномерностью распределения эдификаторного яруса, что создает разнообразие экологических режимов под пологом, и неоднородностью структуры травяно-кустарничково-мохового покрова. Абсолютно господствует елово-чернично-зеленомошная парцелла (58,5 % площади). Участие парцелл-содоминантов невелико: плауновая в окнах древостоя занимает 7,5 %, елово-мертвопокровная в сомкнутых группах елового подраста — 6,6 %. Дополняющими парцеллами являются зеленомошная, линейная, чернично-зеленомошно-линейная, кисличная, папоротниковая, копытневая (см. рисунок). Степень проективного покрытия во всех парцеллах высокая (65...95 %), в мертвопокровных пятнах незначительная (5...15 %). Разнообразие лесного разнотравья невелико — 17 видов, от 5 в мертвопокровной до 15 в чернично-зеленомошной парцеллах, в моховом ярусе — 7 видов зеленых мхов.

Парцеллярный подход к неформальному геоботаническому описанию вырубок одним из первых применил С. А. Дыренков [7], отметивший резко выраженную мозаичность растительного покрова 4—5-лет-

них вырубок, обусловленную технологическими особенностями разработки лесосек, неравномерным распределением зачатков растений, экологической неоднородностью микроусловий и другими факторами. По его мнению, важность выявления, наряду с «фоном» (типом) рубки, дополняющих ее элементов, определяет возможность дифференциации лесовозобновления на парцеллярном уровне; что повышает эффективность планирования и реализации лесоведческих мероприятий.

В южной тайге региона после рубки коренных ельников-черничников формируются вырубки кипрейно-вейникового типа с преобладанием в травостое иван-чая, вейников лесного и наземного. Данный тип вырубок благоприятен для последующего лесовозобновления. На свежих 1—3-летних рубках преобладают кипрейная (21,5 %), злаково-разнотравная (19,4 %), землянично-вейниковая (16,9 %) и вейниковая (14,4 %) парцеллы. При отсутствии мощного средообразующего воздействия древесного полога общей тенденцией изменения структуры травяного покрова являются приобретение им большей пространственной неоднородности, мозаичности и контрастности, непрерывное замещение одних пионерных видов другими, разделение травяного яруса на достаточно четко экономически различающиеся структурные типы. Количество дополняющих парцелл возрастает в сравнении с контролем в 2 раза (14). Под влиянием агрегатной техники, сильно нарушающей растительный покров при разработке лесосек, формируются своеобразные «обнаженные» парцеллы в виде пятен голого грунта (в колеях) с покрытием костяникой (5...7 %), кучи порубочных остатков, лишенные растительности в первые годы зарастания вырубок. Парцеллы старолесья в виде разбросанных черничных, моховых и кисличных пятен сохраняются лишь у пней, стволов поваленных и брошенных деревьев, в микропонижениях. Площадь их невелика (2 %), а черника находится в угнетенном состоянии. В пионерных группировках травяно-кустарничкового яруса открытых вырубок состав растительного покрова увеличивается до 48 видов с наибольшим богатством в злаково-разнотравной парцелле (42), обедненностью в вейниковой (21) и особенно в старолесных дериватах (14) и пятнах голого грунта (6).

Основная масса всходов ели приурочена к куртинам иван-чая (до 3,5 тыс. экз. на 1 га в кипрейных парцеллах). Известно ([14] и др.), что под пологом кипрея создаются благоприятные для ели микроклиматические условия, прежде всего режим температуры и влажности приземного слоя воздуха и верхних почвенных горизонтов, радиационный режим. В вейниковых пятнах всходы ели либо единичны, либо отсутствуют вовсе (0...80 экз. на 1 га). Сходное мозаичное распределение самосева ели на рубках черничников Ленинградской области отмечал В. П. Бельков [3]. Свежие кипрейно-вейниковые вырубки интенсивно зарастают лиственными породами, преимущественно березой. Ее количество на 1 га в первый год после рубки древостоя составило 3,5, во второй 7,8, в третий 16,5, на четвертый — 24,4 тыс. экз. на 1 га. Участие осины меньше: соответственно 0,6; 1,3; 4,2 и 6,5 тыс. экз. на 1 га. В возобновлении довольно обильны ива козья, рябина, черемуха. Захламленность свежих вырубок «отходами» лесозаготовок (порубочные остатки, пни, оставленная древесина) значительна — в среднем 6,5 м³ на 1 га, что увеличивает гетерогенность травяных группировок.

Через 4-5 лет после рубки кипрейно-вейниковые вырубки переходят в зарастающие кипрейно-малиновые (с примесью вейника). Этот тип является закономерной трансформацией ельников-черничников региона в их кустарниковой стадии. Парцеллярный спектр зарастающих лесосек остается широким (16 видов), однако соотношение парцелл и «фон» вырубок изменяются. Абсолютно доминирует кипрейно-малиновая парцелла (51,3 %), содоминанты — вейниковая (15,2 %) и кип-

рейная (11,2 %). Выделено 13 дополняющих парцелл. От лесного сообщества сохраняются в виде пятен черничная (2,5 %) и малиново-черничная (2,0 %) парцеллы. На участках с нарушенным верхним слоем почвы образуются сомкнутые пятна кукушкина льна и ситника развесистого. Разрастание малины и лиственных пород создает благоприятные гидротермические условия для восстановления черники, жизнеспособность которой, начиная с данной стадии, повышается. Видовое богатство нижних ярусов зарастающих вырубок достаточно велико — 41 вид в травяно-кустарничковом ярусе и 4 в моховом (в целом для варианта). Разнообразен травостой кипрейно-малиновой (27 видов), кипрейной и вейниково-костяничной (23) парцелл. На завершающих фазах стадии состав нижних ярусов обедняется (33 вида). Из древесных пород господствует береза (28,4 тыс. экз. на 1 га). Осина (4,2 тыс. экз. на 1 га) сильно повреждается лосем, что благоприятствует росту березы и формированию в дальнейшем кипрейно-вейниковых с малиной лиственных молодняков.

Всходы ели распределены неравномерно. Максимум ее отмечен в кипрейной и кипрейно-малиновой парцеллах, минимум в черничной, малиновой и зеленомошно-ситниковой. Неблагоприятное воздействие густых зарослей малины на рост и развитие ели на вырубках хорошо известно ([16] и др.). Суммарное число всходов ели (предварительной и последующей генераций) — 3205 экз. на 1 га. Сомкнутость полога на данной стадии демутации 0,4...0,5. Подлесочные породы представлены ивой козьей (371 экз. на 1 га), рябиной (843), липой (39), черемухой (117), шиповником (25), волчьим лыком (8), жимолостью Палласа (5). Данной стадией завершается нелесной этап сукцессий на вырубках.

Примерно с 10-летнего возраста сообщества при естественном возобновлении переходят в лесной этап демутации, который включает в себя ряд стадий закрытого типа со своим экологическим диапазоном слагающих видов и структурных типов растительности [8, 9]. В южной тайге региона еловые фитоценозы на 75...85 % площадей вырубок ельников-черничников формируются со сменой пород.

В молодняках на значительный срок создается монотонный полог лиственных пород. В связи с этим видовой состав их нижних ярусов становится менее разнообразным. Так, в обследованных нами 10—13-летних березово-осиновых молодняках зарегистрировано 11 парцелл, из них две основные — кипрейно-вейниково-черничная (40,0 %) и костянично-вейниковая (24,4 %). Площадь черничных пятен увеличивается до 9 %. Усиливающееся затенение обуславливает обеднение видового состава нижних ярусов (24 вида), кипрей изреживается.

Общая сомкнутость древесного полога 0,6...0,7. Еловый подрост распределен куртинками размером около 3,5 тыс. экз. на 1 га. Максимальное количество елового подростка отмечено в кипрейно-малиновой (изреженной) и кипрейно-костяничной парцеллах (6,5 и 6,2 тыс. экз. на 1 га), минимальное — в зеленомошно-вейниковой и папоротниковой (65 и 49 экз. на 1 га). Обилие березы — 26,6, осины — 3,5 тыс. экз. на 1 га. Сгущение деревьев в молодняках проявляется в образовании большого числа микрогрупп. На средних фазах стадии молодняков начинается изреживание лиственных, которое завершается в 20—25-летних жердняках и приводит к осветлению сообществ. В обследованных нами жердняках этого возраста в горизонтальной структуре преобладали зеленомошно-черничная (38,8 %), малиново-черничная (20,7 %), мертвопокровная (16,3 %) и чернично-папоротниковая (14,9 %) парцеллы, выделено 6 дополняющих. Границы между парцеллами в мелколиственных сообществах более размыты (плавны), чем на вырубках. В травяно-кустарничковом ярусе, начиная с этой

стадии демуляции, господствует черника. В древостое жердняков преобладает береза — 6240, осина — 950, ель — 2850, пихта — 160 экз. на 1 га. Общая сомкнутость древостоя поздних жердняков 0,6...0,7. В подлеске абсолютно превалирует рябина (1220 экз. на 1 га), образующая выраженные куртины, преимущественно на открытых местах.

К 40-летнему возрасту мелколиственная «чаща» окончательно трансформируется в двухъярусные березняки чернично-разнотравные с елью (стадия средневозрастных березняков). Сомкнутость крои в 40—45-летних модельных березняках 0,4...0,5. В I ярусе преобладает береза (2950), осина немногочисленна (292), во II ярусе господствует ель (1580), ей сопутствует пихта (144 экз. на 1 га). Доминирующие породы подлеска — рябина (440) и ива козья (310 экз. на 1 га). В травяно-кустарничково-моховом покрове «фон» образует злаково-разнотравно-костяничная парцелла (51,5 %), содоминанты — костянично-черничная (19,9 %) и костянично-перловниковая (7,7 %). Зарегистрировано 16 дополняющих парцелл (в виде небольших, но достаточно выраженных пятен). Флористический состав травостоя этой стадии лесозащитно-ландшафтной сукцессии наиболее богат (55 видов), с варьированием от 6 (мертвопокровные пятна в куртинах подроста) до 46 видов в господствующей парцелле.

Двухъярусные березово-еловые древостои с 60—70-летнего возраста постепенно переходят в стадию субклимакса — елово-березовые приспевающие насаждения. Состав древостоя: I ярус 7Б1Ос2Б (обилие березы — 1120, осины — 250, ели — 430 экз. на 1 га); II ярус — 7Е2Б1Ос (ель — 1040, береза — 280, осина — 105 экз. на 1 га). Сомкнутость древостоя 0,5...0,6. «Фон» напочвенного покрова образует чернично-зеленомошная парцелла (48,1 %), содоминант — елово-мертвопокровная (10,8 %). Выделено 12 дополняющих парцелл.

Таким образом, на начальных стадиях сукцессии изменяется горизонтальная структура травяно-кустарничкового яруса, что оказывает влияние на характер естественного возобновления. Оно представлено в основном листовыми породами. Максимум всходов ели отмечен на кипрейных парцеллах, занимающих 21,5 % площади. Однако через 4-5 лет условия для развития елового возобновления ухудшаются в связи с увеличением видовой насыщенности напочвенного покрова, прежде всего, с формированием кипрейно-малиновых парцелл (более 50 % территории вырубки).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Александров Г. А. Экотон: степень изученности и подходы к моделированию // Общие проблемы биогеоценологии: Тез. докл. II Всесоюз. совещ.—М., 1986.—Т. 2.—С. 149—150. [2]. Александрова В. Д. Изучение смен растительного покрова // Полевая геоботаника.—М.; Л.: Наука, 1964.—Т. 3.—С. 300—447. [3]. Бельков В. П. Особенности главнейших видов травяного покрова вырубок в кисличниках и черничниках.—Л., 1957.—35 с. [4]. Дылис Н. В. Парцеллярная структура лесных биогеоценозов и ее лесоводственное значение // Геоботаника. Исследования.—Минск: Наука и техника, 1968.—Вып. 10.—С. 40—54. [5]. Дылис Н. В. Структура лесного биогеоценоза // Комаровские чтения. Т. 21.—М.: Наука, 1969.—55 с. [6]. Дылис Н. В., Уткин А. И., Успенская И. М. О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1964.—Т. 69, вып. 4.—С. 65—72. [7]. Дыренков С. А. Возобновление ели на вырубках, разработанных кустромским методом // Лесоведение.—1967.—№ 6.—С. 52—61. [8]. Ибрагимов А. К., Волкорезов В. И. Динамика биогеоценозов в процессе демуляции лесной растительности // Общие проблемы биогеоценологии: Тез. докл. II Всесоюз. совещ.—М., 1986.—Т. 1.—С. 99—101. [9]. Каратаев А. Б., Ельшин С. В., Аптаков А. Г. Основные стадии лесозащитно-ландшафтных сукцессий на вырубках ельников южной тайги // Экологические проблемы охраны живой природы: Тез. Всесоюз. конф.—М., 1990.—Ч. 1.—С. 21—22. [10]. Малышева Т. В. Типы концентрированных вырубков в Кировской области // Лесн. хоз-во.—1965.—№ 10.—С. 43—46. [11]. Малышева Т. В. Ритмика сезонного развития растений на концентрированных вырубках (Кировская область) // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1967.—Т. 72, вып. 4.—С. 128—131.

- [12]. Миркин Б. М. Антропогенная динамика растительности // Итоги науки и техники. Сер. Ботаника. Т. 5. Геоботаника.—М.: ВИНТИ, 1984.—С. 139—231. [13]. Нилов В. Н. Типы вырубок южнотасжских еловых лесов Вологодской области // Некоторые вопросы типологии леса и вырубок.—Архангельск, 1972.—С. 133—170. [14]. Протопопов В. В. Микроклиматические условия в зарослях кипрея (*Chamaenerium angustifolium* (L.) Scop.) // Ботанич. журн.—1959.—Т. 44, № 8.—С. 1143—1148. [15]. Смирнова А. Д. Типы еловых лесов крайнего севера Кировской области // Уч. зап. Горьк. гос. ун-та. Ч. 1.—1951.—Вып. 19.—С. 195—221; Ч. 2.—1954.—Вып. 25.—С. 191—226. [16]. Старостина К. Ф. Экспериментальные данные о влиянии малины *Rubus idaeus* L. на рост семян ели *Picea abies* (L.) Karst. на сплошных вырубках // Ботанич. журн.—1965.—Т. 50, № 7.—С. 971—974. [17]. Типы лесных биогеоценозов южной тайги / А. Я. Орлов, С. П. Кошельков, В. В. Осипов, А. А. Соколов.—М.: Наука, 1974.—226 с. [18]. Холопова Л. Б., Солнцева О. Н., Запрометова К. М. Особенности растительного покрова и свойств почв через 10 лет после сплошной рубки древостоя // Журн. общей биологии.—1985.—Т. 46, 13.—С. 401—408. [19]. Clements F. Plant succession an analysis of the development of vegetation.—Washington: Carnegie Inst., 1916.—512 p. [20]. Clements F. E. Plant succession and indicators.—New York: Hafner Press, 1973, 16.—453 p.

Поступила 22 марта 1991 г.

УДК 630*116

К МЕТОДИКЕ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ И ОСАДКОЙ ТОРФА ПРИ ГИДРОЛОСОМЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Н. А. ДРУЖИНИН

Архангельский институт леса и лесохимии

На избыточно увлажненных землях с поверхностным залеганием почвенно-грунтовых вод и сравнительно незначительной амплитудой колебаний их уровней требуется повышенная точность наблюдений за водным режимом. В отличие от исследований на естественно дренированных местоположениях здесь недопустимо глазомерное определение среднего уровня поверхности почвы и обязателен учет микрорельефа.

При наблюдении за почвенно-грунтовыми водами наиболее широкое применение получила методика С. Э. Вомперского [1]. Изменения, вносимые в нее другими исследователями [3, 4], касаются только устройства фиксированных точек отсчета, от которых проводятся замеры. Среднюю же отметку поверхности почвы определяют микронивелировкой участка. На подобранном объекте нивелиром (теодолитом) набирают 50...150 точек в радиальных направлениях до границ пробы. Найденную таким способом поправку вносят в показания замеров уровней почвенно-грунтовых вод. Однако методика С. Э. Вомперского довольно проста и удобна для разового определения средней отметки поверхности почвы. Ошибки, допущенные при отсчетах, в дальнейшем не контролируются. Результаты последующих съемок трудно, а чаще всего невозможно сравнить с первоначальными.

Осадку торфа после осушения определяют в основном по отдельным фиксированным точкам отсчета [2, 3], располагаемым в небольшом количестве на разном удалении от мелиоративного канала.

Предлагаемое нами изменение в проведении микронивелировки заключается в следующем. Одновременно с устройством смотровых и контрольных скважин около них по линии визира в диагональных направлениях устанавливают вешки (рис. 1), которые забивают через всю толщину торфа (на облесенных болотах обычно не более 3 м) в минеральный грунт, что обеспечивает их фиксацию для повторных съемок. Варианты схем расположения скважин и линий промеров, ука-

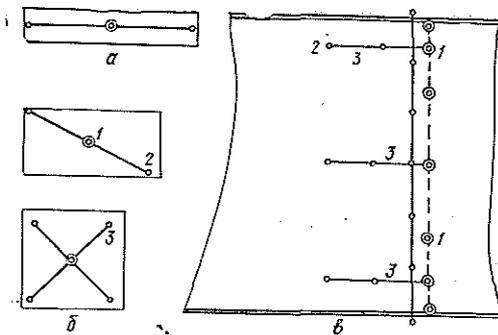


Рис. 1. Схема устройства смотровых (1) и контрольных (2) скважин и линий промеров элементов микрорельефа (3) на осушенных (а) и неосушенных (б) пробных площадях, межканальных пространствах (в)

занные на рисунке, могут быть и другими. Однако следует учитывать, что на осушенных площадях по мере удаления от канала (расстояния между осушителями до 300 м) существенно изменяется уровень почвенно-грунтовых вод и профиль поверхности почвы. Поэтому контрольные скважины и вешки здесь нужно располагать параллельно каналу.

Следующий этап работы — определение высоты натяжения капроновой нити на вешках (реперах) относительно зеркала воды в скважинах. Точки крепления нити фиксируют спиливая вешку на заданной высоте или вбивая сбоку гвоздь. Расстояние от уровня воды до точек крепления должно быть одинаковым на каждом объекте и зависеть от размеров микроповышений. Для удобства съемки желательно, чтобы все отсчеты не превышали размера деревянного метра, которым обычно измеряют уровни воды в скважинах. Высотные отметки крепления нити на вешках можно определять не только по уровню почвенно-грунтовых вод в смотровых скважинах, но и нивелиром (теодолитом) относительно горизонтальной линии.

Во время проведения съемки через установленные на вешках точки натягивают капроновую нить (рыболовную леску), от которой измеряют высотные отметки всех микроповышений и микропонижений (рис. 2). При упрощенной съемке отдельные небольшие кочки в расчет можно не принимать. Данные замеров, за вычетом расстояния от нити до фиксированной точки (вершины кола) смотровой скважины, по которой ведут наблюдения за водным режимом, суммируют со своим знаком и сумму делят на число наблюдений. Полученную поправку вносят в показания замеров уровней почвенно-грунтовых вод.

Для определения осадка торфа и проведения последующих съемок элементы микрорельефа фиксируют сторожками в виде небольших

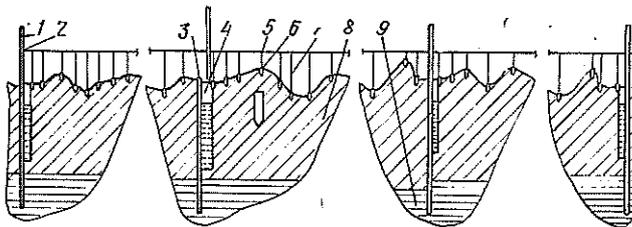


Рис. 2. Профиль устройства съемки микрорельефа: 1 — вешка; 2 — точка крепления нити на вешке; 3 — фиксированная точка смотровой скважины; 4 — скважина; 5 — капроновая нить; 6 — сторожок с порядковым номером; 7 — линия визира отсчета высоты микрорельефа; 8 — торф; 9 — минеральный грунт

колышков, на которых ставят порядковый номер. Измерительную линейку для взятия отсчетов расстояний от нити до поверхности почвы устанавливают строго вертикально рядом со сторожкой. Осадку торфа находят по разности поправок между результатами первой и последующих съемок, осадку в микроповышениях, микропонижениях и других элементах микрорельефа — по данным замеров в них.

Вариант детальной съемки, наряду с определением высотных отметок поверхности почвы, требует последовательного одноразового измерения расстояний по линии визира между скважинами от одного элемента микрорельефа до другого, т. е. расстояний между сторожками. Эти данные в масштабе откладывают на прямой линии (L_1), от которой наносят на график высотные отметки микрорельефа (H) и соединяют между собой. Разница между площадью ограниченных графиком фигур, находящихся выше и ниже прямой линии, деленная на длину промеров (L_2), является поправкой к средней отметке поверхности почвы относительно фиксированной точки смотровой скважины (рис. 3). Нулевая отметка поверхности почвы составляет половину полученной поправки.

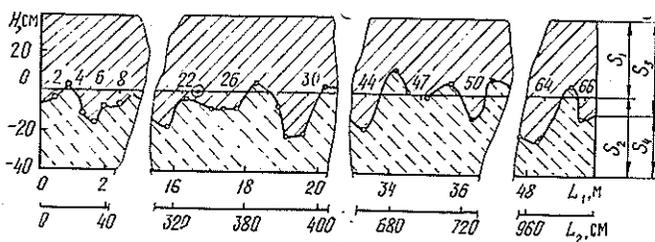


Рис. 3. График для определения площадей элементов микрорельефа и вычисления осадки торфа или поправки на среднюю отметку поверхности почвы: S_1 , S_2 — первая и вторая части прямоугольника; S_3 , S_4 — первая и вторая фигуры прямоугольника, ограниченные графиком профиля поверхности почвы; L_1 — линия визира микроинвентурки в масштабе, удобном для нанесения точек (сторожков 2—8, 22—30, ..., 64—66, ...) замеров высот микрорельефа и последующего определения площадей, L_2 — линия визира микроинвентурки, приведенная к высотному масштабу для определения площади фигур

Для упрощения вычислений площади фигур и контроля прямая линия заключается в прямоугольник и делит его на две равные части (S_1 , S_2). Площадь, ограниченную графиком фигур S_3 и S_4 , определяют планиметром (палеткой), для чего расстояние снимаемой поверхности почвы учитывают по масштабу высот микрорельефа (рис. 3).

При определении осадки торфа достаточно лишь замеров высотных отметок поверхности почвы от нити, а отметки относительно фиксированной точки смотровой скважины можно не вычислять. Разность поправок первой и последующих повторностей, найденная по этим данным, будет составлять величину осадки торфа.

По сравнению с упрощенным вариантом при детальной съемке увеличивается объем камеральных работ, в полевых же условиях возрастают затраты времени лишь на промеры расстояний между элементами микрорельефа (сторожками). Поэтому предпочтение нужно отдавать детальной съемке, ведя записи в специальном журнале, а по мере надобности используя их и в упрощенном варианте.

Предлагаемый способ позволяет выполнять работу раздельно. Вначале с устройством скважин устанавливают вешки, на них опреде-

ляют точки крепления капроновой нити; затем на линии промеров фиксируют все элементы микрорельефа и замеряют расстояния между ними; далее определяют высотные отметки микрорельефа промеряя измерительной линейкой (складной деревянный метр) расстояния от капроновой нити, натянутой через метки на вешках, до поверхности почвы; в дальнейшем выполняют камеральную обработку данных. Всю работу может выполнять один человек. Необходимость в нивелире или теодолите может возникнуть только при определении точек крепления нити на вешках.

Данный способ достаточно точен, позволяет сравнивать результаты повторных и первоначальной микронивелировок, с учетом всего многообразия микрорельефа. Наряду с определением поправки к замерам почвенно-грунтовых вод на среднюю отметку поверхности почвы, этот способ позволяет устанавливать сезонную и погодичную осадку торфа после осушения, а также определять изменения объемов верхнего слоя почвы в зависимости от его водно-воздушного режима, количества и интенсивности выпадающих осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вомперский С. Э. О методике наблюдений за почвенно-грунтовыми водами при гидролесомелиоративных исследованиях // Лесн. журн.—1964.—№ 1.—С. 48—52.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Константинов В. К. Осадка поверхности болот под влиянием осушения и деформации каналов в торфяных грунтах // Осушение лесных земель.—Л.: ЛенНИИЛХ, 1978.—С. 32—35. [3]. Пятецкий Г. Е. Научные основы лесосушения заболоченных земель Карельской АССР: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук.—Л., 1976.—39 с. [4]. Скавыш А. И., Попов Ю. А. Глубина грунтовых вод на низинных болотах Западной Сибири в условиях засушливого летнего периода // Осушение и освоение заболоченных земель в Нечерноземной зоне РСФСР.—Л.: ЛенНИИЛХ, 1976.—С. 114—116.

Поступила 12 июля 1990 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*377

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ
ПРИ АГРЕГАТИРОВАНИИ С ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

А. В. ЖУКОВ, А. Р. ГОРОНОВСКИЙ, М. К. АСМОЛОВСКИЙ

Белорусский технологический институт

В настоящее время за рубежом широкое распространение получили колесные лесозаготовительные машины. Их основными преимуществами по сравнению с гусеничными являются лучшая управляемость и маневренность, более высокие скоростные показатели, эргономические качества и надежность, относительно низкая металлоемкость, меньшие затраты на обслуживание и эксплуатацию.

Однако в нашей стране колесные лесные тракторы не получили должного распространения. Это связано с их недостаточным выпуском и низким уровнем технико-эксплуатационных показателей, что в значительной степени обусловлено несоответствием параметров машин предъявляемым требованиям.

Выбор базового шасси в сочетании с технологическим оборудованием зависит от множества факторов и возможен только при всестороннем обосновании компоновочной схемы машины, ее параметров и характеристик, технологической привязке к существующим и перспективным системам машин. При этом важно выбрать критерии эффективности трактора как базу для создания лесозаготовительных машин.

Как правило, в качестве обобщенного критерия эффективности лесозаготовительных машин используют их экономические оценки, в основном производительность машины и расход топлива. При этом техническая производительность является функцией конструкции и параметров как рабочего оборудования, так и самого базового шасси. Кроме того, на ее величину значительно влияют условия эксплуатации: время рабочего цикла в равной степени зависит от скоростей рабочего и холостого хода, являющихся функциональными показателями базового трактора, а также от среднего расстояния трелевки и характеристик дорожной поверхности, отражающих принятую технологию и эксплуатационные условия.

Отсюда очевидна сложность в выборе единого критерия, с помощью которого можно было бы оценить роль базового шасси. Традиционная оценка трактора по мощности на крюке неправомерна, так как при циклическом характере работы лесозаготовительных машин значительная часть времени приходится на холостой пробег, маневрирование и работу технологического оборудования. В этом случае эффективность лесозаготовительной машины не прямо пропорциональна мощности на крюке $N_{кр}$. Полезную работу машины A в единицу времени можно выразить по формуле [1, 2]

$$A = P_{кр} v_p \tau,$$

где $P_{кр}$ — сила тяги на крюке;

v_p — скорость рабочего хода;

τ — коэффициент использования времени.

Для лесозаготовительных машин, выполняющих переместительные операции, время цикла работы $T_{ц}$ в общем виде находим как

$$T_{ц} = T_{p.x} + T_{x.x} + T_{ост},$$

где $T_{p.x}$, $T_{x.x}$, $T_{ост}$ — время рабочего, холостого хода и остановок соответственно.

С учетом известных зависимостей для определения времени рабочего и холостого хода получаем следующие выражения для определения τ и A при выполнении переместительных операций:

$$\tau = \frac{1}{1 + (1/v_{x.x} + T_{ост}/S_{p.x}) v_p};$$

$$A = \frac{N_{кр}}{1 + (1/v_{x.x} + T_{ост}/S_{p.x}) v_p},$$

где $S_{p.x}$ — расстояние рабочего хода;

$v_{x.x}$ — скорость холостого хода.

В данном случае величина A определяет энергетический потенциал производительности (ЭПП) [1, 2]. Она представляет собой энергию, передаваемую трактором на рабочее оборудование в процессе рабочего элемента цикла, отнесенную ко времени полного технологического цикла. Очевидно, что ЭПП в том виде, как он получен для промышленных тракторов, не может быть использован при оценке эффективности работы лесных машин, у которых значительная часть времени рабочего цикла приходится на выполнение операций, не связанных с перемещениями.

Критерием их эффективности может служить полезная часть мощности двигателя, расходуемая на привод рабочих агрегатов технологического оборудования. Для ее определения нами разработана номограмма агрегатирования лесных машин (рис. 1).

Она состоит из четырех квадрантов. В I квадранте приведены зависимости подачи насосов пяти марок гидросистемы машины Q от мощ-

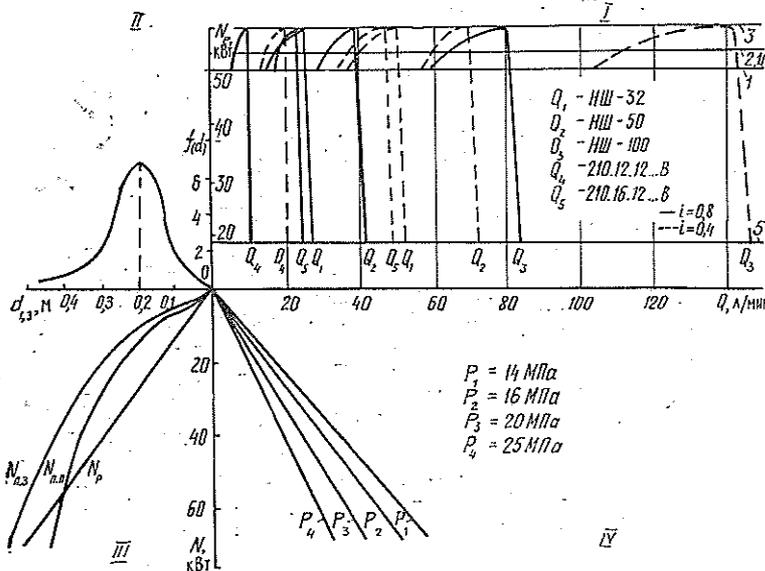


Рис. 1.

ности двигателя N_e . Они получены с помощью регуляторной характеристики двигателя для различных типов насосов с учетом возможных вариантов передаточных отношений привода i , основанных на анализе кинематической схемы трансмиссии базового шасси.

Во II квадранте номограммы помещена кривая плотности распределения деревьев $f(d)$ в зависимости от их диаметра $d_{1,3}$. При этом принят нормальный закон распределения для конкретного лесозаготовительного района.

В III квадранте построены графики необходимых затрат мощности N в зависимости от диаметра деревьев $d_{1,3}$ при пакетировании поваленных деревьев $N_{п.з}$; пакетировании деревьев, переносимых от пня до места укладки $N_{п.п}$; срезании деревьев N_p .

Квадрант IV служит для связи подачи насосов привода технологического оборудования лесозаготовительной машины Q с мощностью N , развиваемой исполнительными гидроманипуляторами или гидромоторами, при различном давлении в гидромоторе P .

В качестве базы для создания лесных машин рассмотрены тракторы Минского, Липецкого, Владимирского, Харьковского и Кировского тракторных заводов. На первом этапе работы анализировали конструктивные схемы объектов исследований и возможности создания на их основе лесных машин различного назначения. Для этого был сформирован банк данных по параметрам моторно-трансмиссионных установок и ходовой части базовых шасси, а также параметрам технологического оборудования и характеристикам условий эксплуатации. Эту структурированную информацию использовали в качестве исходных данных при построении, с помощью специально разработанного комплекса программ для ЭВМ, тяговых диаграмм и номограмм агрегатирования.

Анализ номограмм агрегатирования позволил установить необходимые значения мощности, затрачиваемой для выполнения различных технологических операций. Так, при пакетировании деревьев с земли до места укладки необходимые значения мощности лежат в пределах 25...40 кВт, а при пакетировании от пня до места укладки достигают 60 кВт. В соответствии с полученными результатами были приняты следующие значения потребной мощности N_p , которую должен развивать привод технологического оборудования: при валке, срезании сучьев и раскряжке $N_{п.в} = 70$ кВт; при подборке деревьев и укладке их в коник или другое формировочное устройство $N_{п.п} = 40$ кВт.

На основании принятых значений N_p и в соответствии с номограммами агрегатирования рекомендованы рациональные параметры гидросистем по вариантам агрегатирования базовых шасси с различным технологическим оборудованием. При этом, с учетом стандартных диапазонов давления в гидросистемах, определены типы насосов, подача и передаточные отношения привода.

Анализируя полученные результаты в целом, следует отметить, что в гидросистеме привода технологического оборудования наиболее приемлемы шестеренчатые насосы НШ-50-2 и аксиально-поршневой типа 260.16.11.01. Передаточное число трансмиссии от двигателя к ведущему валу насоса гидросистемы варьирует в пределах 0,2...0,8.

Анализ энергетических потенциалов производительности лесных машин на базе тракторов Т-25, Т-16, Т-40АМ, МТЗ-82, Т-102, Т-150К, К-701 подтвердил возможность формирования типажа машин по основным показателям. На рис. 2 приведена общая схема типажа лесных машин типа 4К4 на базе МТЗ-82. В него входят трелевочная машина с тросочкерным оборудованием 1, валочно-трелевочная 2, валочно-

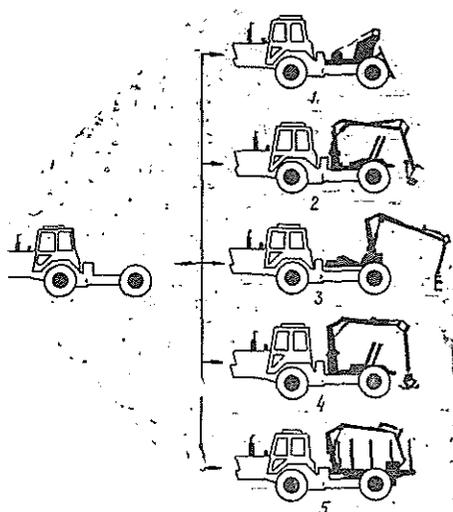


Рис. 2

сучкорезно-раскряжевочная 3, а также машина с манипулятором для бесчokerной трелевки 4 и сортиментовоз 5.

Основные параметры энергетического модуля 4К4, являющегося базой для создания перечисленных типов машин, изменяются в следующих рациональных пределах:

Масса эксплуатационная, кг	6900 . . . 7400
Удельная конструктивная масса, кг/кВт	80 . . . 100
Скорость, км/ч:	
переднего хода	2,5 . . . 33,0
заднего хода	5,0 . . . 9,0
Число передач:	
вперед	9
назад	2
Эксплуатационная мощность, кВт	62 . . . 77
Допустимая масса технологического оборудо- вания и груза, % от эксплуатационной мас- сы шасси	90 . . . 100
Допустимая нагрузка на ведущий мост прице- пной активной оси, кН	70 . . . 80
Распределение эксплуатационной массы по осям, %:	
передней	65
задней	35
База, мм	2500 . . . 2900
Предельные углы подъема и спуска, град	20
Размер шин, дюйм	23,1 . . . 26,0
Максимальная расчетная мощность насосов гидросистемы для привода технологического оборудования, % от эксплуатационной мощ- ности двигателя	40 . . . 80
Давление в гидросистеме, МПа	18

Таким образом, разработанная методика позволяет увязывать затраты мощности двигателя базового трактора и его весовые и размерные параметры с показателями рабочих циклов лесозаготовительных операций, параметрами технологического оборудования, предметами труда, условиями движения и внешнего воздействия. При этом должны соблюдаться ограничения по условиям работы операторов, сохранности окружающей среды, требованиям ГОСТ и ОСТ.

Полученные параметры машин, входящих в типаж, должны дополнительно уточняться по критерию таких эксплуатационных показателей, как плавность хода, динамическая нагруженность, устойчивость и управляемость, маневренность и опорная проходимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Мелиоративные, строительные и лесные тракторы / А. В. Жуков, Ю. И. Провоторов, В. А. Скотников и др.—Минск: Ураджай, 1989.—335 с. [2]. Промышленные тракторы / Ю. В. Гинзбург, А. И. Швед, А. И. Парфенов.—М.: Машиностроение, 1986.—296 с.

Поступила 29 апреля 1991 г.

УДК 621.316.34

**О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ КОММУТАЦИИ
КОСИНУСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ**

В. М. АЛЯБЬЕВ, Н. М. ГОРБАТОВ, Г. П. ЗНАМЕНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

В настоящее время в системах электроснабжения предприятий лесной отрасли широко применяются мощные косинусные конденсаторные установки. Их назначение — уменьшить потери электроэнергии, стабилизировать напряжение на зажимах нагрузки и оптимизировать режим электроснабжения. Существенные изменения электрических нагрузок, вызванные особенностями технологических процессов и специфическими свойствами обрабатываемых материалов, требуют установки автоматических устройств для обычного дискретного переключения косинусных конденсаторов. В связи с этим возникает необходимость исследовать режимы коммутации мощных косинусных конденсаторных устройств в целях уменьшения потерь электроэнергии при коммутациях.

Рассмотрим процессы коммутации одного из конденсаторов трехфазной батареи. Простейшая схема его электрической цепи представлена на рис. 1, где приняты следующие обозначения:

R_p — разрядное сопротивление конденсатора, определенное по известным правилам;

R — активное сопротивление, характеризующее потери в конденсаторе, $R = X_C \operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \delta / (2\pi f C)$;

C — емкость конденсатора.

В этих обозначениях

X_C — реактивное сопротивление конденсатора;

$\operatorname{tg} \delta$ — тангенс угла потерь современных отечественных конденсаторов, равный 0,002...0,004;

f — частота напряжения в сети.

Под действием синусоидального напряжения сети $u = V_m \sin(\omega t + \psi_u)$ в конденсаторе при замыкании ключа K возникает принужденный ток

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i),$$

где I_m — амплитуда принужденного тока, $I_m = V_m / \sqrt{R^2 + \frac{1}{2\pi f C}}$;

ω — угловая частота;

ψ_i — начальная фаза тока, $\psi_i = \psi_u - \varphi$;

V_m — амплитуда напряжения сети;

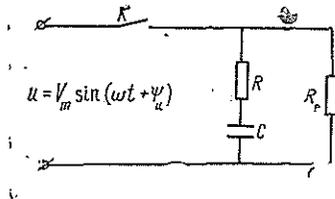


Рис. 1. Электрическая схема включения одного из конденсаторов трехфазной батареи

ψ_u — начальная фаза напряжения V_m ;

φ — угол сдвига фаз в цепи конденсатора, $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{1}{2\pi fCR} = \frac{X_C}{R}$;

X_C — реактивное сопротивление конденсатора, $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$.

В данном случае принужденное напряжение на конденсаторе можно определить по формуле

$$u_{C_{\text{пр}}} = I_m X_C \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ).$$

Согласно классическому методу расчета переходных процессов, используя второй закон коммутации, получаем напряжение на конденсаторе u_C при его включении:

$$u_C = I_m X_C \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ) - [I_m X_C \sin(\psi_i - 90^\circ)] e^{-t/T}, \quad (1)$$

где T — постоянная времени конденсатора, $T = RC$.

Ток в переходном процессе

$$i = C \frac{du_C}{dt} = I_m \sin(\omega t + \psi_i) + [I_m (X_C/R) \sin(\psi_i - 90^\circ)] e^{-t/T}. \quad (2)$$

Дополнительные потери электроэнергии при включении конденсатора $\Delta W_{\text{в}}$, вызванные наличием свободного тока, можно определить по формуле

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{в}} &= \int_0^{\infty} R i_{\text{св}}^2 dt = I_m^2 (X_C/R)^2 [\sin^2(\psi_i - 90^\circ)] R \int_0^{\infty} e^{-2t/T} dt = \\ &= CX_C^2 I_m^2 \sin^2(\psi_i - 90^\circ)/2. \end{aligned} \quad (3)$$

При разряде конденсатора напряжение в момент отключения

$$u_{C_{\text{св}}} = [I_m X_C \sin(\psi_i - 90^\circ)] e^{-t/T_0}, \quad (4)$$

где

$$T_0 = C(R + R_p).$$

Ток

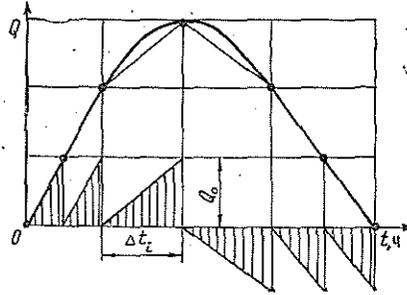
$$i = C \frac{du_{C_{\text{св}}}}{dt} = I_m \left(\frac{X_C}{R + R_p} \right) e^{-t/T_0} \sin(\psi_i - 90^\circ). \quad (5)$$

Дополнительные потери электроэнергии ΔW_0

$$\begin{aligned} \Delta W_0 &= \int_0^{\infty} i^2 (R + R_0) dt = \frac{I_m^2 X_C^2}{(R + R_p)^2} [\sin^2(\psi_i - 90^\circ)] (R + R_p) \times \\ &\times \int_0^{\infty} e^{-2t/T_0} dt = CI_m^2 X_C^2 \sin^2(\psi_i - 90^\circ)/2. \end{aligned} \quad (6)$$

Итак, при включении и отключении конденсатора с применением современной коммутационной аппаратуры возникают дополнительные потери электроэнергии, увеличивающиеся с ростом числа переключений, которое, в свою очередь, возрастает с увеличением числа переключаемых секций конденсаторной установки. Конкретную зависимость потерь

Рис. 2. Суточный график реактивной нагрузки предприятия отрасли и его линеаризация для трехсекционного переключения батарей конденсаторов



электроэнергии от числа секций переключения батареи конденсаторов можно установить, используя суточный график реактивной нагрузки предприятия отрасли (рис. 2). Пусть батарея имеет три секции переключений конденсаторов одинаковой мощности. Как известно, активная мощность потерь электроэнергии в сети ΔP_p зависит от реактивной мощности нагрузки Q :

$$\Delta P_p = Q^2 R_c / (3V^2) = kQ^2,$$

где R^c — сопротивление сети;
 V — фазное напряжение;

k — постоянная для данной сети величина, $k = \frac{R_c}{3V^2} = \text{const.}$

Осуществляя линеаризацию (спрямление) зависимости $Q(t)$ на участках Δt_i , можно написать уравнение реактивной мощности после компенсации $\Delta Q_i = C_i t$, где C_i — постоянная для данного участка величина. В этом случае потери электроэнергии при работе компенсирующего устройства ΔW_i на участке продолжительностью Δt_i определяются из выражения

$$\Delta W_i = \int_0^{\Delta t_i} \Delta P_p dt = k \int_0^{\Delta t_i} \Delta Q_i^2 dt = k C_i^2 \int_0^{\Delta t_i} t^2 dt = k C_i^2 \Delta t_i^3 / 3 = k Q_0^2 \Delta t_i / 3. \quad (7)$$

При отсутствии регулирования квадрат реактивной мощности Q_i^2 на участке продолжительностью Δt_i равен

$$Q_i^2 = (n_i Q_0 + \Delta Q_i)^2 = (n_i Q_0)^2 + 2n_i Q_0 \Delta Q_i + \Delta Q_i^2,$$

где n_i — число включенных ступеней;
 Q_0 — их мощность.

Тогда потери электроэнергии $\Delta W'_i$ от наличия реактивной мощности Q_i

$$\begin{aligned} \Delta W'_i &= k \int_0^{\Delta t_i} Q_i^2 dt = k (n_i Q_0)^2 \Delta t_i + k n_i Q_0 C_i \Delta t_i^2 + \\ &+ k C_i^2 \Delta t_i^3 / 3 = k (n_i^2 Q_0^2 \Delta t_i + n_i Q_0^2 \Delta t_i + Q_0^2 \Delta t_i / 3). \end{aligned}$$

Эффективность уменьшения потерь электроэнергии на произвольном участке продолжительностью Δt_i можно характеризовать параметром α :

$$\alpha = \Delta W_i / \Delta W'_i = \frac{1}{3n_i(n_i + 1) + 1}. \quad (8)$$

Формула (8) показывает, что эффективность переключения конденсаторов резко увеличивается с ростом числа включенных ступеней.

Выводы

1. Включение косинусных конденсаторов в сеть и их отключение при использовании имеющейся в отрасли пусковой аппаратуры вызывают дополнительные потери энергии, которые могут быть вычислены по формулам (3) и (6).

2. Поскольку при переходных процессах свободные токи имеют значительную величину, в целях уменьшения износа конденсаторов и пусковой аппаратуры интервал между повторными включениями должен превышать три постоянных времени: $t_p \gg 3C(R + R_p)$.

3. Для уменьшения числа коммутационных переключений конденсаторов и потерь электроэнергии число ступеней переключений батарей следует выбирать в соответствии с зависимостью (8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алябьев В. М., Горбатов Н. М., Знаменский Г. П. Регулирование напряжения и реактивной мощности в электрических сетях переменного тока путем стабилизации угла сдвига фаз // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА.— Л., 1990.— С. 93—95. [2]. Алябьев В. М., Горбатов Н. М., Знаменский Г. П. Исследование закономерностей колебаний напряжения у потребителей электроэнергии лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА.— Л., 1990.— С. 126—129.

Поступила 11 июня 1991 г.

УДК 630*377.45.001.57

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАКЕТА ХЛЫСТОВ

Н. И. БИБЛЮК

Львовский лесотехнический институт

Пакет длинномерных лесоматериалов, как и отдельное дерево или хлыст, представляет сложную динамическую систему с неравномерно распределенной массой и переменной жесткостью. Теоретические и экспериментальные исследования, выполненные Б. Г. Гастевым, показали, что пакет древесины можно рассматривать как балку (стержень) переменного сечения на двух опорах, с двумя, как правило, неравными консолями, со сплошной неравномерной нагрузкой от собственного веса [5].

Предположим, что в недеформированном состоянии упругая ось стержня прямолинейна, его длина значительно больше поперечных размеров и сила неупругого сопротивления пропорциональна упругой восстанавливающей силе. Тогда дифференциальные уравнения свободных колебаний такого стержня запишем в виде

$$\begin{aligned} EI\psi(1 + i\gamma) \partial^4 z / \partial x^4 + m \partial^2 z / \partial t^2 &= 0; \\ EI\psi'(1 + i\gamma') \partial^4 y / \partial x^4 + m \partial^2 [y + (h_p + z) \beta] / \partial t^2 + \\ &+ (h_p + z) \beta / \partial t^2 = 0; \\ GI_p \psi_k (1 + i\gamma_k) \partial^2 \beta / \partial x^2 - m \rho_x^2 \partial^2 \beta / \partial t^2 - \\ - m (h_p + z) \partial^2 [y + (h_p + z) \beta] / \partial t^2 &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где E , I и G , I_p — модули упругости и моменты инерции поперечного сечения стержня соответственно при изгибе и кручении в сечении x ;

ψ, γ и ψ', γ' — коэффициенты жесткости и неупругого сопротивления при изгибе соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскости;

ψ_k, γ_k — то же при кручении;

$$i = \sqrt{-1};$$

z, y, β — линейные и угловое перемещения некоторой точки оси стержня с абсциссой x в вертикальной, горизонтальной и поперечной плоскостях;

m, ρ_x — масса и радиус инерции поперечного сечения относительно оси x ;

h_z — расстояние от центра сечения до оси крена.

Алгоритм расчета колебаний лесотранспортной системы в координатах z, β , составленный на основе уравнений (1) с использованием широко распространенного в строительной механике матричного метода начальных параметров, приведен в работе [2].

При рассмотрении колебаний связанной системы транспортные звенья — пакет хлыстов представим пакет в виде дискретной модели, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

отражать реальные таксационные, механические и динамические характеристики древесины как объекта транспортирования;

адекватно воспроизводить поведение пакета во всех основных видах движения лесотранспортного средства;

учитывать существующие взаимную связь и взаимообусловленность колебаний транспортных звеньев и пакета хлыстов.

Этим требованиям в полной мере соответствует разработанная нами дискретная модель пакета длинномерных лесоматериалов, схема которой представлена на рисунке. Она состоит из упругоподвешенных сосредоточенных масс m_{xj} и масс m_{cr} ($r=1$ для первой, $r=2$ для второй опоры), приведенных к опорам пакета, с радиусами инерции

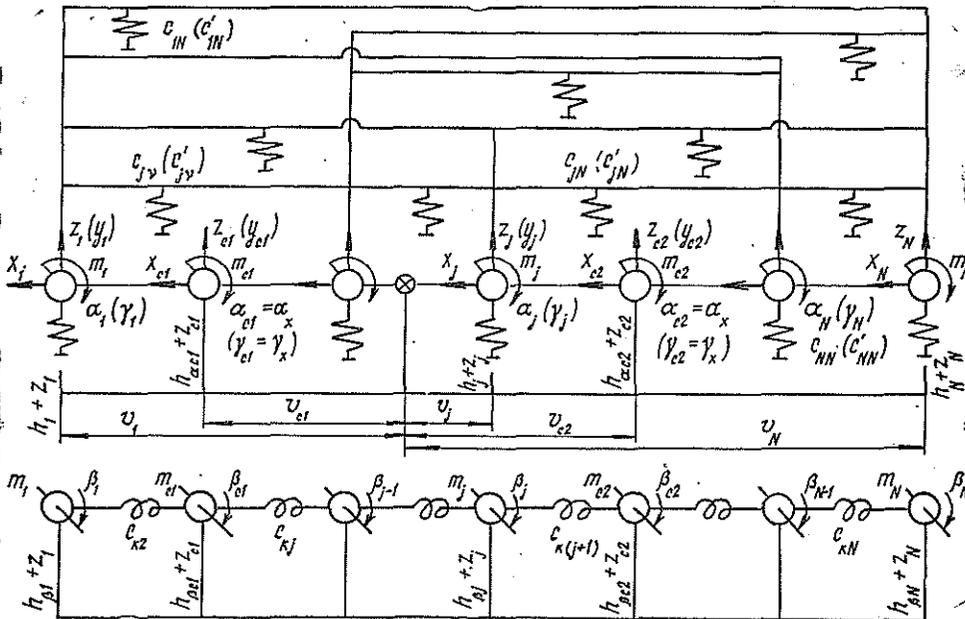


Схема модели, описывающей пространственные колебания пакета хлыстов

ρ_{xj} , ρ_{zj} , ρ_{yj} и ρ_{zcr} , ρ_{ycr} относительно продольной x , вертикальной z и поперечной y осей, и пружин с коэффициентами жесткости и сопротивления: линейными в вертикальной продольной c_{vj} , k_{vj} и горизонтальной c'_{vj} , k'_{vj} плоскостях, угловыми в вертикальной поперечной плоскости c_{kj} , k_{kj} ($j = 1, 2, \dots, N$; $\nu = 1, 2, \dots, N$, где N — число упругоподвешенных масс). Массы m_{xj} осуществляют линейные и угловые перемещения с координатами x_j , x_{cr} — вдоль продольной оси, y_j , γ_j , y_{cr} , γ_{cr} — в горизонтальной, z , a_j , z_{cr} , a_{cr} — в вертикальной продольной и β_j , β_{cr} — в вертикальной поперечной плоскостях.

Уравнения связей дискретных масс пакета хлыстов с транспортными звеньями представим в виде:
вдоль продольной оси

$$\begin{aligned} \dot{x}_{c1} &= \dot{x}_1 - \dot{y}_{c1} (\gamma_1 - \gamma_x) - h_1 \dot{a}_1; & \dot{x}_{c2} &= \dot{x}_2 + \dot{y}_{c2} (\gamma_x - \gamma_2) + h_2 \dot{a}_2; \\ \dot{x}_j &= (\dot{x}_{c1} + \dot{x}_{c2})/2; \end{aligned} \quad (2)$$

в горизонтальной плоскости

$$\begin{aligned} \dot{y}_{c1} &= \dot{y}_1 - b_1 \dot{\gamma}_1 - (h_{\beta c1} + z_{c1}) \dot{\beta}_1 + \dot{x}_1 (\gamma_1 - \gamma_x); \\ \dot{y}_{c2} &= \dot{y}_2 - b_2 \dot{\gamma}_2 - (h_{\beta c2} + z_{c2}) \dot{\beta}_2 - \dot{x}_2 (\gamma_x - \gamma_2); \\ \dot{y}_j &= (1 - \lambda_j) \dot{y}_{c1} + \lambda_j \dot{y}_{c2} + \dot{y}_{xj} + (h_{\beta j} + z_j) \dot{\beta}_{xj}; \\ \gamma_x &= (y_{c1} - y_{c2})/l_0; & \gamma_j &= \gamma_x + \gamma_{xj}; & \lambda_j &= s_j/l_0; \end{aligned} \quad (3)$$

в вертикальной продольной плоскости

$$\begin{aligned} z_{c1} &= z_1 - b_1 a_1; & z_{c2} &= z_2 - b_2 a_2; & z_j &= (1 - \lambda_j) z_{c1} + \\ &+ \lambda_j z_{c2} + z_{xj}; & a_x &= (z_{c1} - z_{c2})/l_0; & a_j &= a_x + a_{xj}; \end{aligned} \quad (4)$$

в вертикальной поперечной плоскости

$$\beta_j = (1 - \lambda_j) \beta_{c1} + \lambda_j \beta_{c2} + \beta_{xj}; \quad \beta_{c1} = \beta_1; \quad \beta_{c2} = \beta_2. \quad (5)$$

Здесь y_r , γ_r , z_r , a_r , β_r — обобщенные координаты транспортных звеньев ($r = 1, 2$);

y_{xj} , γ_{xj} , z_{xj} , a_{xj} , β_{xj} — линейные и угловые перемещения дискретных масс пакета хлыстов, обусловленные его упругими свойствами;

b_r — расстояние по горизонтали от опоры пакета до центра тяжести r -го транспортного звена;

h_r — расстояние по вертикали от центра тяжести r -го звена до горизонтальной плоскости, проходящей через опоры пакета;

l_0 — расстояние между опорами, $l_0 = v_{c1} + v_{c2}$;

s_j — расстояние от дискретной массы пакета до его передней опоры.

Остальные геометрические параметры нанесены на рисунке.

Воспользовавшись принципом Даламбера, получим следующую систему дифференциальных уравнений, описывающую пространственные колебания дискретной модели пакета хлыстов:
вдоль продольной оси

$$\sum_{j=1}^N m_{xj} (\ddot{x}_j - \dot{y}_j \dot{\gamma}_j - \dot{z}_j \dot{\alpha}_j) - \sum_{r=1}^2 F_{cr} = 0; \quad (6)$$

в горизонтальной плоскости

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^N m_{xj} (\ddot{y}_j + \dot{x}_j \dot{\gamma}_j - \dot{z}_j \dot{\beta}_j) + \sum_{r=1}^2 m_{cr} [(\ddot{y}_{cr} + \dot{x}_{cr} \dot{\gamma}_x - \\ & - \dot{z}_{cr} \dot{\beta}_r) - (h_{\beta cr} + z_{cr}) \ddot{\beta}_{cr}] - \sum_{r=1}^2 Y_{cr} = 0; \\ & \sum_{j=1}^N m_{xj} (\rho_{zj}^2 + v_j^2) \ddot{\gamma}_j + \sum_{r=1}^2 m_{cr} (\rho_{zcr}^2 + v_{cr}^2) \ddot{\gamma}_x - \\ & - \sum_{j=1}^N m_{xj} [(h_{\beta j} + z_j)(\ddot{y}_j + g\beta_j)] v_j - Y_{c1} v_{c1} + Y_{c2} v_{c2} = 0; \quad (7) \\ & m_{xj} (\ddot{y}_j + \dot{x}_j \dot{\gamma}_j - \dot{z}_j \dot{\beta}_j) + \sum_{v=1}^N c'_{vj} y_{xv} + \sum_{v=1}^N k'_{vj} \dot{y}_{xv} = 0; \\ & m_{xj} (\rho_{zj}^2 + v_j^2) \ddot{\gamma}_j - m_{xj} [(h_{\beta j} + z_j)(\ddot{y}_j + g\beta_j)] v_j + \\ & + \sum_{v=1}^N v_{vj} c'_{vj} y_{xv} + \sum_{v=1}^N v_{vj} k'_{vj} \dot{y}_{xv} = 0; \end{aligned}$$

в вертикальной продольной плоскости

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^N m_{xj} (\ddot{z}_j + \dot{x}_j \dot{\alpha}_j + \dot{y}_j \dot{\beta}_j) + \sum_{r=1}^2 m_{cr} (\ddot{z}_{cr} + \dot{x}_{cr} \dot{\alpha}_x + \dot{y}_{cr} \dot{\beta}_r) - \sum_{r=1}^2 Z_{cr} = 0; \\ & \sum_{j=1}^N m_{xj} (\rho_{yj}^2 + v_j^2) \ddot{\alpha}_j + \sum_{r=1}^2 (\rho_{yrcr}^2 + v_{rcr}^2) \ddot{\alpha}_x - \sum_{j=1}^N m_{xj} (h_{\alpha j} + z_j)(\ddot{x}_j + \\ & + g\alpha_j) - \sum_{r=1}^2 m_{cr} (h_{\alpha cr} + z_{cr})(\ddot{x}_{cr} + g\alpha_x) - z_{c1} v_{c1} + z_{c2} v_{c2} = 0; \quad (8) \\ & m_{xj} (\ddot{z}_j + \dot{x}_j \dot{\alpha}_j + \dot{y}_j \dot{\beta}_j) + \sum_{v=1}^N c_{vj} z_{xv} + \sum_{v=1}^N k_{vj} \dot{z}_{xv} = 0; \\ & m_{xj} (\rho_{yj}^2 + v_j^2) \ddot{\alpha}_j - m_{xj} (h_{\alpha j} + z_j)(\ddot{x}_j + g\alpha_j) + \\ & + \sum_{v=1}^N v_{vj} c_{vj} z_{xv} + \sum_{v=1}^N v_{vj} k_{vj} \dot{z}_{xv} = 0; \end{aligned}$$

в вертикальной поперечной плоскости

$$\begin{aligned} & m_{xj} [\rho_{xj}^2 + (h_j + z_j)^2] \ddot{\beta}_j - m_{xj} (h_{\beta j} + z_j)(\ddot{y}_j + g\beta_j) + \\ & + c_{kj} (\beta_{x(j-1)} - \beta_{xj}) - c_{k(j+1)} (\beta_{xj} - \beta_{x(j+1)}) + \\ & + k_{kj} (\dot{\beta}_{x(j-1)} - \dot{\beta}_{xj}) - k_{k(j+1)} (\dot{\beta}_{xj} - \dot{\beta}_{x(j+1)}) = 0. \quad (9) \end{aligned}$$

Продольные F_{cr} , поперечные Y_{cr} и вертикальные Z_{cr} силы в шарнирных соединениях пакета хлыстов с транспортными звеньями определяются в результате решения системы уравнений (6) — (9) совместно с дифференциальными уравнениями движения транспортных звеньев и с учетом уравнений связи (2) — (5). Входящие в уравнения (6) — (9) значения параметров дискретной модели пакета хлыстов m_{xj} , m_{cr} , v_j определяются на основании методики, изложенной в работах [3, 6].

Значения коэффициентов жесткости пакета в местах приведения сосредоточенных масс могут быть определены из следующих соображений [1]. Для удержания системы в равновесном положении, определяемом значениями обобщенных координат $z_{xj} \neq 0$, к системе необходимо приложить обобщенные силы $P_j = \sum c_{vj} z_{xv}$. Поскольку определитель этого уравнения не равен нулю, то их можно решить относительно координат $z_{xj} = \sum \alpha_{vj} P_j$. Если принять $z_{xj} = 0$, за исключением координаты z_{xv} , значение которой равно единице, и подставить выражение для P_j в выражение для z_{xj} , то получим N систем из N уравнений, решение которых дает значения коэффициентов жесткости c_{vj} (c'_{vj}). Входящие в эти уравнения коэффициенты влияния α_{vj} определяют изменение координат z_{xj} от единичной обобщенной силы $P_j = 1$, соответствующей координате z_{xv} . Они вычисляются с использованием методов строительной механики по известным значениям EI_ψ (EI'_ψ).

При использовании реальных характеристик пакета хлыстов и выборе числа дискретных масс в соответствии с методикой [1] первые три собственные частоты и формы пакета, лежащие в диапазоне колебаний транспортных звеньев, воспроизводятся с относительной погрешностью соответственно 3...7 и 5...14 %.

Разработанная математическая модель отражает переменные по длине характеристики реального пакета длинномерных лесоматериалов и основные виды движения лесотранспортной системы. Она достаточно универсальна и предназначена для использования в расчетных моделях, описывающих колебания в трансмиссии совместно с вертикальными колебаниями, переходные режимы поступательного движения с учетом продольных кренов, криволинейное движение с учетом вертикальных колебаний (кренов) в продольной и поперечной плоскостях и, наконец, вертикальные и поперечные колебания независимо от остальных видов движения для лесотранспортных средств различной структуры, комплектации и назначения [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бабак И. М. Теория колебаний.— М.: Наука, 1968.— 559 с. [2]. Библюк Н. И. Применение матричного метода начальных параметров для расчета колебаний лесовозного автопоезда // Лесн. журн.— 1977.— № 3.— С. 42—47.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Библюк Н. И. Метод расчета величины и размещения дискретных масс пакета хлыстов // Лесн. журн.— 1984.— № 3.— С. 35—39.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Библюк Н. И. Основы динамики колесных лесотранспортных машин.— Львов, 1989.— 208 с.— Деп. в УкрНИИТИ 15.01.91, № 126-Укр91. [5]. Гастев Б. Г., Мельников В. Н. Основы динамики лесовозного подвижного состава.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— 220 с. [6]. Перетятко Б. Т., Билык Б. В. Выбор параметров дискретных моделей механических систем // Лесн. журн.— 1976.— № 5.— С. 39—43.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 6 мая 1991 г.

УДК 630*377.1

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ СЖАТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ И ВЕРОЯТНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ

Д. Г. ШИМКОВИЧ

Московский лесотехнический институт

При взаимодействии рабочих органов различных лесных машин (грейферы, сплочные механизмы и др.) могут образовываться весьма

устойчивые системы контактирующих тел — «балки» [3], для разрушения которых требуются значительные усилия.

В ряде работ ([1, 4, 6] и др.) определены значения нагрузок, соответствующие предельным состояниям различных систем сжатых цилиндрических тел (лесоматериалов), однако не исследован характер потери устойчивости таких систем, их докритическое и закритическое поведение.

Рассмотрим случай сжатия идеально гладких цилиндрических тел, который позволяет выявить свойства этого явления, не зависящие от трения. Пусть имеется система цилиндрических тел одинакового диаметра d , сжатых силой N ; центры тел расположены на одной прямой, опорная поверхность также идеально гладкая (рис. 1, а). Вертикальную нагрузку на каждое тело, включающую собственную силу тяжести, обозначим Q . Наряду с прямолинейной формой равновесия при данной силе N , очевидно, существует множество других смежных форм. В частности, для конфигурации, изображенной на рис. 1, б, из уравнений равновесия

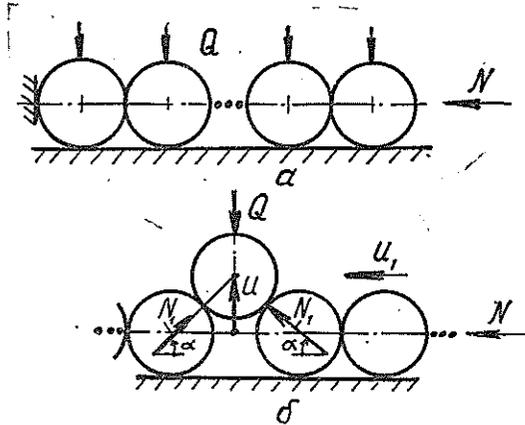
$$N - N_1 \cos \alpha = 0; \quad Q - 2N_1 \sin \alpha = 0,$$

где u — смещение тела по вертикали, получаем связь между относительной силой $\bar{N} = N/Q$ и относительным смещением $\bar{u} = u/d = \sin \alpha$:

$$\bar{N} = (\operatorname{ctg} \alpha)/2 = \sqrt{1 - \bar{u}^2} / (2\bar{u}). \quad (1)$$

Рис. 1.

Она представлена на рис. 2. Как видно, кривая $\bar{N}(u)$ не имеет точек бифуркации (разветвления) или конечных предельных точек. Это свидетельствует об отсутствии характерных значений силы \bar{N} , при которых малые возмущения тел приводят к потере устойчивости прямолинейной формы равновесия, как, например, в задаче Эйлера для сжатого упругого стержня.



Исследуем движение одного из тел массой m вблизи прямолинейной формы равновесия. Для схемы, приведенной на рис. 1, б, имеем два дифференциальных уравнения движения системы:

$$m\ddot{u} = 2N_1 u/d - Q; \quad km\ddot{u}_1 = N - N_1 \sqrt{1 - (u/d)^2},$$

где u_1 — горизонтальное смещение тел по опорной поверхности, $u_1 = d - \sqrt{d^2 - u^2}$.

Исключая N_1 и u_1 , получаем

$$m\ddot{u} \left(1 + \frac{2ku^2}{d^2 - u^2} \right) = \frac{2Nu}{\sqrt{d^2 - u^2}} - Q - \frac{2mkd^2 u \dot{u}^2}{(d^2 - u^2)^2}, \quad (2)$$

где k — число тел справа (слева) от вытесняемого.

Для исследования устойчивости возмущенного движения линеаризуем уравнение (2), тогда получим уравнение $m\ddot{u} = 2Nu/d - Q$. Решение его при начальных условиях $u(0) = u_0$, $\dot{u}(0) = v_0$ имеет вид

$$\bar{u}(t) = \frac{1}{2\bar{N}} + \frac{1}{2} \left(\bar{u}_0 + \frac{v_0}{ad} - \frac{1}{2\bar{N}} \right) e^{at} + \frac{1}{2} \left(\bar{u}_0 - \frac{v_0}{ad} - \frac{1}{2\bar{N}} \right) e^{-at}, \quad (3)$$

где $\bar{u}_0 = u_0/d$; $a = \sqrt{2\bar{N}Q/(md)}$.

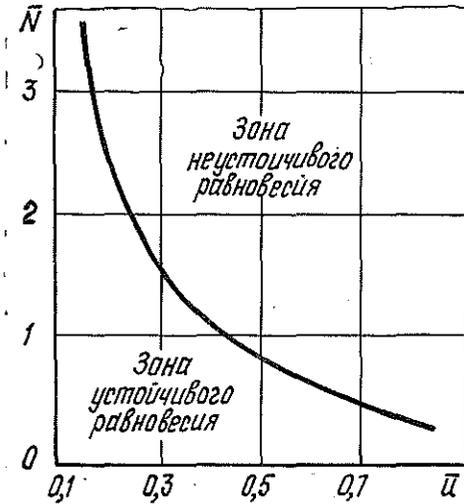


Рис. 2

Из выражения (3) видно, что при $\bar{u}_0 + v_0/(ad) - 1/(2\bar{N}) > 0$ система неустойчива, так как для $t \rightarrow \infty$ значение \bar{u} возрастает, причем смещение и скорость в закритическом состоянии (после потери устойчивости) увеличиваются экспоненциально и тем сильнее, чем больше \bar{N} . При $\bar{u}_0 + v_0/(ad) - 1/(2\bar{N}) < 0$ прямолинейная форма равновесия асимптотически устойчива, так как смещение $\bar{u}(t)$ с течением времени уменьшается.

Таким образом, прямолинейная система сжатых цилиндрических тел сохраняет устойчивость к бесконечно малым возмущениям (т. е. устойчива в «малом» [5]) и теряет ее лишь при конечных возмущениях u_0, v_0 , удовлетворяющих неравенству $\bar{u}_0 + v_0/(ad) - 1/(2\bar{N}) > 0$ (неустойчива в «большом»).

Критические значения параметров \bar{u}_0, v_0, \bar{N} определяем из равенства $\bar{u}_0 + v_0/(ad) - 1/(2\bar{N}) = 0$. Подставляя в него $a = \sqrt{2\bar{N}Q/(md)}$ и обозначая $\bar{v}_0 = v_0 \sqrt{m/(Qd)}$, получаем уравнение границы области возмущений \bar{u}_0 и \bar{v}_0 , не приводящих к потере устойчивости прямолинейной формы равновесия:

$$\bar{u}_0 + \bar{v}_0/\sqrt{2\bar{N}} = 1/(2\bar{N}). \quad (4)$$

Полагая $\bar{v}_0 = 0$, из уравнения (4) находим границу области устойчивости при статических возмущениях (смещениях): $\bar{N} = 1/(2\bar{u}_0)$. С точностью до величин второго порядка малости эта граница совпадает с полученной по формуле (1) без линеаризации. Следовательно, стационарное решение (1) динамического уравнения (2) дает границу области устойчивых статических возмущений прямоугольной системы сжатых тел (см. рис. 1, б). Равновесие может быть также нарушено, если какому-либо телу сообщается скорость $\bar{v}_0 > 1/\sqrt{2\bar{N}}$ при $\bar{u} = 0$. В этом случае движение неустойчиво при любых значениях силы \bar{N} .

Рассмотрим теперь случай вытеснения нескольких тел. Пусть на i -е тело массой m_i и радиусом r_i действует вертикальная нагрузка Q_i , включающая силу тяжести i -го тела (рис. 3). Как и в предыдущем случае, горизонтальные смещения тел являются величинами второго порядка малости. С учетом этого получаем уравнения движения i -го тела массой m_i (рис. 3):

$$\begin{cases} m_i \ddot{y}_i = -Q_i + T \sin \alpha - (T + \Delta T) \sin(\alpha + \Delta \alpha); \\ 0 = T \cos \alpha - (T + \Delta T) \cos(\alpha + \Delta \alpha), \end{cases}$$

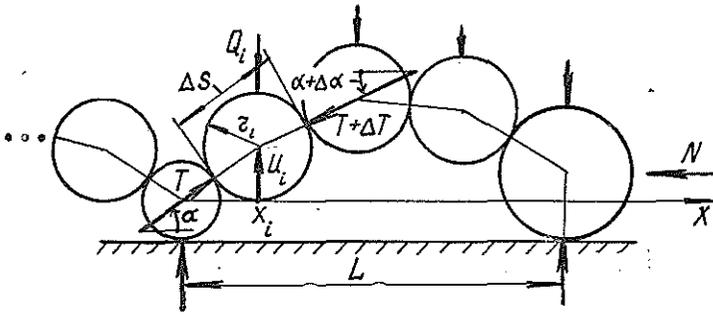


Рис. 3.

где T — сжимающая сила;
 $\Delta T, \Delta \alpha$ — приращение силы T и угла α соответственно.

Считая ΔT и $\Delta \alpha$ малыми величинами и полагая, что $m_i = \mu(x_i)\Delta s$, а $Q_i = q(x_i)\Delta s$, где $\Delta s = d$; $\mu(x_i), q(x_i)$ — удельные масса i -го тела и нагрузка, отнесенные к среднему диаметру тела d , находим

$$\begin{cases} \mu(x_i)\ddot{u}_i = -q(x_i) - \frac{\Delta\alpha}{\Delta s}T\cos\alpha - \frac{\Delta T}{\Delta s}\sin\alpha; \\ 0 = \frac{\Delta\alpha}{\Delta s}T\sin\alpha - \frac{\Delta T}{\Delta s}\cos\alpha. \end{cases}$$

Рассматривая $u_i(t)$ как некоторую непрерывную функцию $u(x, t)$ в точке с координатой x_i , т. е. $u_i(t) = u(x_i, t)$, и переходя к пределу при $\Delta s \rightarrow 0$, получаем систему уравнений в частных производных:

$$\mu \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial s}(T \sin \alpha) = -q; \quad \frac{\partial}{\partial s}(T \cos \alpha) = 0. \quad (5)$$

Эти уравнения идентичны уравнениям колебаний сжатой нити (безмоментного стержня), т. е. сжатая нить является аналогом цепочки дискретных тел. Если μ и q рассматривать как обобщенные функции ($\mu(x) = \sum m_i \delta(x-x_i)/d$; $q(x) = \sum Q_i \delta(x-x_i)/d$, где $\delta(x)$ — дельта-функция Дирака) и решение системы (5) отыскивать в классе этих функций, то уравнения (5) будут полностью эквивалентны системе дискретных уравнений движения тел.

Ограничимся ниже рассмотрением малых колебаний (т. е. $\cos \alpha \sim 1$, $\sin \alpha \approx \alpha \approx \frac{\partial u}{\partial x}$, $\frac{\partial}{\partial s} \approx \frac{\partial}{\partial x}$) и решением уравнений (5) в классе дважды дифференцируемых функций u . Считая μ и q постоянными ($\mu = m_0/d$, $q = Q/d$, где m_0, d, Q — средняя масса, диаметр и вертикальная нагрузка), получаем:

$$T = \text{const} = N; \quad \mu \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + N \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -q. \quad (6)$$

В качестве граничных условий принимаем

$$u(0, t) = u(L, t) = 0, \quad (7)$$

где L — расстояние между ближайшими телами, взаимодействующими с опорной поверхностью (рис. 3).

Стационарное решение \tilde{u} задачи (6)–(7) удовлетворяет уравнению $N \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial x^2} = -q$, получающемуся при $\partial^2 u / \partial t^2 = 0$, откуда $\tilde{u}(x) = qx(L-x)/(2N)$. Общее решение имеет вид

$$u(x, t) = qx(L-x)/(2N) + Z(t)U(x).$$

Применяя метод разделения переменных, получаем

$$\begin{aligned} u(x, t) &= \frac{\alpha x(L-x)}{2N} + \sum_{j=1}^{\infty} (c_j e^{\lambda_j t} + d_j e^{-\lambda_j t}) \sin \frac{\pi j x}{L} = \\ &= \sum_{j=1}^{\infty} (a_j + c_j e^{\lambda_j t} + d_j e^{-\lambda_j t}) \sin \frac{\pi j x}{L}, \end{aligned} \quad (8)$$

где λ_j, a_j — коэффициенты разложения функции $\tilde{u}(x) = \frac{qx(L-x)}{2N}$ в ряд Фурье по $\sin(\pi j x/L)$, $\lambda_j = \pi j \sqrt{N/\mu} / L$; $a_j = 4qL^2 \sin^2(\pi j/2) / [N(\pi j)^3]$; c_j, d_j — некоторые константы.

Задавая начальные (при $t=0$) смещения $u_0(x)$ и скорость $v_0(x)$ в виде ряда Фурье $u_0(x) = \sum_{j=1}^{\infty} u_j \sin \frac{\pi j x}{L}$, $v_0(x) = \sum_{j=1}^{\infty} v_j \sin \frac{\pi j x}{L}$ и подставляя (8) в начальные условия $u(x, 0) = u_0(x)$, $\frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = v_0(x)$, получаем систему уравнений для определения c_j, d_j :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{\infty} (a_j + c_j + d_j - u_j) \sin(\pi j x/L) = 0; \\ \sum_{j=1}^{\infty} [\lambda_j (c_j - d_j) - v_j] \sin(\pi j x/L) = 0, \end{cases}$$

откуда

$$c_j = (u_j + v_j/\lambda_j - a_j)/2; \quad d_j = (u_j - v_j/\lambda_j - a_j)/2.$$

Тогда уравнение (8) принимает вид

$$\begin{aligned} u(x, t) &= \sum_{j=1}^{\infty} \left[a_j + \frac{e^{\lambda_j t}}{2} \left(u_j + \frac{v_j}{\lambda_j} - a_j \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{e^{-\lambda_j t}}{2} \left(u_j - \frac{v_j}{\lambda_j} - a_j \right) \right] \sin \frac{\pi j x}{L}. \end{aligned}$$

Как видно, структура решения совершенно аналогична уравнению (3) для случая одного тела. Решение устойчиво при $u_j + v_j/(\lambda_j - a_j) < 0$ и неустойчиво в противном случае. Критические значения параметров u_j, v_j определяются из равенства

$$u_j + v_j/(\lambda_j - a_j) = 0, \quad j = 1, 2, \dots \quad (9)$$

Аналогично (4), соотношение (9) определяет границу области устойчивых начальных форм возмущений $u_0(x)$ и $v_0(x)$. В частности, при статических ($v_0 = 0$) возмущениях прямолинейной формы устойчивы начальные смещения $u_0(x)$, коэффициенты Фурье которых удовлетворяют условиям $u_j \leq a_j$, $j = 1, 2, \dots$. В этом случае граничная кривая области устойчивых возмущений ($u_j = a_j$) имеет вид

$$u_0^*(x) = \sum_{j=1}^{\infty} u_j \sin \frac{\pi j x}{L} = \sum_{j=1}^{\infty} a_j \sin \frac{\pi j x}{L} = \frac{\alpha x(L-x)}{2N}, \quad (10)$$

что соответствует статическому решению задачи (6) — (7).

Максимальный прогиб предельной кривой

$$u_{0 \max} = u_0(L/2) = qL^2/(8N) = Qd(L/d)^2/(8N),$$

откуда критическая нагрузка

$$\bar{N} = \frac{1}{8u_{0 \max}} \left(\frac{L}{d} \right)^2; \quad \bar{u}_{0 \max} = u_{0 \max}/d. \quad (11)$$

С увеличением L/d возрастает сила \bar{N} в предельном состоянии, поскольку требуется удержать в равновесии большее число тел. При этом, как следует из выражения (10), цепочка гладких тел должна быть симметричной относительно середины расстояния между опорными телами. В противном случае устойчивость нарушается. Наиболее вероятно в предельном состоянии система с наименьшим расстоянием $L = 2d$, соответствующим вытеснению одного тела, так как при этом, согласно (11), сила \bar{N} имеет минимальное значение $1/(2\bar{u}_{\max})$, в точности совпадающее с линеаризованным решением динамического уравнения (2).

Определим вероятность нарушения равновесия системы тел сжатой силой N . Для тел со случайными значениями радиусов r_i , расположенных на неровной поверхности случайного профиля, углы $\alpha_i, \alpha_{i+1}, \dots$ в исходном состоянии равновесия (рис. 4) являются случайными величинами. Уравнения равновесия i -го тела имеют вид

$$\begin{cases} N_i \cos \alpha_i - N_{i+1} \cos \alpha_{i+1} = 0; \\ N_i \sin \alpha_i + N_{i+1} \sin \alpha_{i+1} + N'_i - Q_i = 0. \end{cases}$$

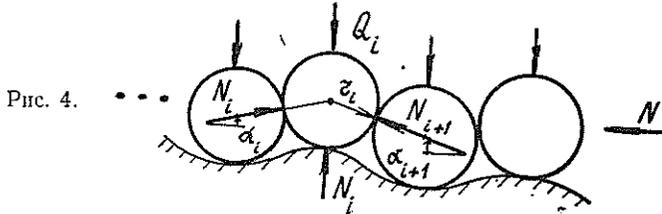


Рис. 4.

Считая, что вертикальная нагрузка Q_i для всех тел примерно одинакова и равна Q , находим

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i &= N_{i+1} \cos \alpha_{i+1} = N; \\ \bar{N}'_i &= N'_i/Q = 1 - \bar{N} (\operatorname{tg} \alpha_i + \operatorname{tg} \alpha_{i+1}). \end{aligned}$$

Условием предельного состояния (начала вытеснения i -го тела) является неравенство $\bar{N}'_i \leq 0$. Вероятность P_0 выполнения этого условия вычислим по соотношению [2]

$$P_0 = P(\bar{N}'_i \leq 0) = \int f(\alpha_i, \alpha_{i+1}) d\alpha_i d\alpha_{i+1}, \quad (12)$$

$$\varphi(\alpha_i, \alpha_{i+1}) \leq 0$$

где $f(\alpha_i, \alpha_{i+1})$ — совместная плотность распределения случайных величин α_i, α_{i+1} ;

$$\varphi(\alpha_i, \alpha_{i+1}) = 1 - \bar{N} (\operatorname{tg} \alpha_i + \operatorname{tg} \alpha_{i+1}).$$

Считая, что α_i, α_{i+1} — независимые случайные величины, равновероятностные в некотором интервале $(-\Delta, \Delta)$, имеем $f(\alpha_i, \alpha_{i+1}) = 1/(2\Delta)^2$.

Значение угла Δ (уровня возмущений) определяется параметрами распределения радиусов тел r_i и неровностей опорной поверхности.

Вычисление интеграла в выражении (12) значительно упрощается, если считать величину Δ малой и $\operatorname{tg} \alpha_i \approx \alpha_i, \operatorname{tg} \alpha_{i+1} \approx \alpha_{i+1}$. В этом случае при $\bar{N} \leq 1/(2\Delta)$ $P_0 = 0$, при $\bar{N} > 1/(2\Delta)$ $P_0 = \left(1 - \frac{1}{2\bar{N}\Delta}\right)^2/2$.

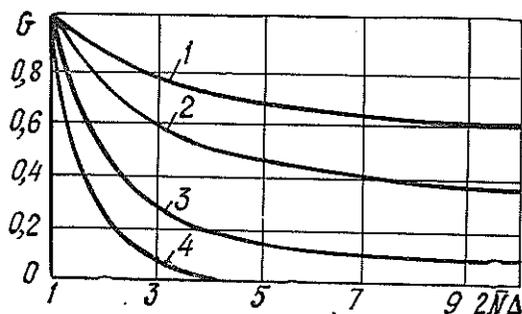


Рис. 5.

Вероятность того, что некоторое тело не будет вытеснено, равна $G_0 = 1 - P_0$, а вероятность того, что ни одно из n тел, сжатых силой \bar{N} , не будет вытеснено, $G(\bar{N}) = G_0^n = (1 - P_0)^n$. Тогда вероятность P нарушения равновесия системы $P(\bar{N}) = 1 - G(\bar{N})$.

На рис. 5 приведен график зависимости $G(2\bar{N}\Delta)$ (кривые 1—4 соответствуют числу тел 1, 2, 5 и 10). Из него видно, что с увеличением числа тел n (длины цепочки) вероятность выдерживать большие сжимающие силы (несущая способность системы тел) быстро снижается.

Полученные результаты могут быть использованы при построении моделей взаимодействия рабочих органов лесных машин с круглыми лесоматериалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Андронов В. В. О формировании пакета круглых лесоматериалов сжатием // Лесн. журн.—1975.—№ 2.—С. 59—64.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения.—М.: Наука, 1988.—480 с. [3]. Таубер Б. А. Грейферные механизмы.—М.: Машиностроение, 1985.—272 с. [4]. Труфанов А. А. Некоторые вопросы теории взаимодействия сплочных машин и сплавиваемых пучков бревен: Автореф. дис... канд. техн. наук.—Казань, 1957.—22 с. [5]. Феодосьев В. И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов.—М.: Наука, 1967.—376 с. [6]. Шимкович Д. Г. К определению усилий для разрушения «балок», образующихся при зачерпывании грейфером круглых лесоматериалов // Науч. тр. / МЛТИ.—М.: МЛТИ, 1987.—Вып. 197.—С. 22—36.

Поступила 5 ноября 1990 г.

УДК 624.072.233.5

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА НАГЕЛЯ В ДРЕВЕСИНЕ

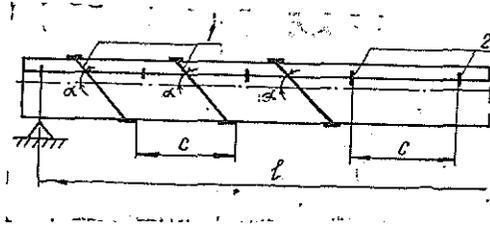
В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Нагельные соединения элементов деревянных и комбинированных конструкций получили широкое распространение благодаря простоте и надежности в работе, а также возможности механизации технологических процессов их изготовления. Они могут быть выполнены из различных материалов напрягаемыми (тип 1) и ненапрягаемыми (тип 2) — рис. 1.

Нагель в древесине работает в сложном напряженно-деформированном состоянии. В общем случае его можно рассматривать как балку, лежащую на упругом основании и нагруженную на конце изгибающим моментом M_0 , поперечной силой Q_0 и растягивающей силой N_0 .

Рис. 1. Схема размещения нагелей: 1 — напрягаемых, 2 — ненапрягаемых; l — пролет балки; c — расстояние между нагелями



Если изгиб балки сопровождается действием осевых сил или сдвигом, задача получения уравнений эйлер прогибов y , углов поворота φ , изгибающих моментов M и поперечных сил Q значительно усложняется. Непосредственное дифференцирование общего интеграла дифференциального уравнения упругой линии балки на упругом основании дает результаты, которые сложно использовать в силу громоздкости формул и большого числа промежуточных расчетов.

Однородное дифференциальное уравнение упругой оси балки, лежащей на упругом основании и работающей в условиях сложного изгиба, имеет вид [1]

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - N_0 \frac{d^2 y}{dx^2} + Ky = 0, \quad (1)$$

где E, I — модуль упругости материала и момент инерции площади поперечного сечения балки;

y — прогиб балки;

K — коэффициент жесткости линейного упругого основания — реакция, приходящаяся на единицу длины балки при прогибе, равном единице, $K = K_0 d$ (K_0 — коэффициент постели; d — диаметр нагеля).

Полагаем, что основание обладает всеми свойствами винклеровского упругого основания. Для нахождения общего интеграла уравнения (1) используется характеристическое уравнение

$$EI r^4 - N_0 r^2 + K = 0. \quad (2)$$

Решение уравнения (1) зависит от корней характеристического уравнения. Параметры EI, N_0 и K изменяются в широких пределах в зависимости от материала нагеля, размеров его поперечного сечения, угла наклона к продольным волокнам древесины. Характер корней биквадратного уравнения (2) и путь отыскания общего интеграла уравнения (1) зависят от дискриминанта

$$D = N_0^2 - 4KEI. \quad (3)$$

В таблице представлена информация о дискриминанте D при использовании нагелей типа 1, устанавливаемых с различными углами наклона α к продольным волокнам древесины.

При формировании уравнения (1) в работе [1] использовано выражение для растягивающей силы

$$N_0 = \sqrt{KEI} / (G\omega), \quad (4)$$

где G, ω — модуль сдвига материала и приведенная площадь поперечного сечения балки.

Подставив значение N_0 (4) в (3), получим выражение для дискриминанта

$$D = \sqrt{KEI} - 2G\omega. \quad (5)$$

Рассмотрим случай $D < 0$ (см. таблицу), т. е. $2G\omega > \sqrt{KEI}$.

Вид напрягаемой арматуры, используемой в нагельном соединении	Дискриминант D при угле наклона нагеля α , град		
	45	60	90
Стержни из стали классов А-IV, А-V	<0	<0	<0
Пучки малые и большие из высокопрочной проволоки классов В-II, В _p -II	<0	<0	<0
Арматурные канаты классов:			
К-7	>0	>0	<0
К-19	>0	>0	<0
Стеклопластиковая арматура (СПА)*	>0	>0	<0

* 6 СПА в арматурном элементе.

Согласно [1] общий интеграл уравнения (1)

$$y_x = e^{\alpha x} C_1 \cos \beta x + e^{\alpha x} C_2 \sin \beta x + e^{-\alpha x} C_3 \cos \beta x + e^{-\alpha x} C_4 \sin \beta x, \quad (6)$$

где

$$\alpha = \sqrt[4]{K/(4EI)} \sqrt{1 + \gamma}; \quad (7)$$

$$\beta = \sqrt[4]{K/(4EI)} \sqrt{1 - \gamma}; \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{1}{2} \sqrt{N_0/(\bar{G}\omega)}; \quad (9)$$

C_1, C_2, C_3, C_4 — постоянные интегрирования, определяемые в зависимости от условий на концах загруженного участка балки.

Для получения уравнений эюр y, φ, M и Q целесообразно использовать метод начальных параметров.

Рассмотрим балку на упругом основании, загруженную на конце изгибающим моментом M_0 , поперечной силой Q_0 и растягивающей силой N_0 (рис. 2). Начало координат поместим на левом конце балки.

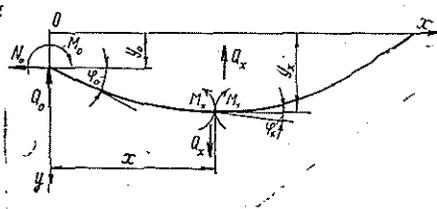


Рис. 2. Расчетная схема балки на упругом основании в случае сложного изгиба

При таком расположении координатных осей знаки деформаций и усилий считаем положительными. Введем обозначение

$$t = \alpha/\beta, \quad (10)$$

откуда

$$\alpha = t\beta. \quad (11)$$

Подставив значение α в формулу (6), получим

$$y_x = e^{t\beta x} C_1 \cos \beta x + e^{t\beta x} C_2 \sin \beta x + e^{-t\beta x} C_3 \cos \beta x + e^{-t\beta x} C_4 \sin \beta x. \quad (12)$$

Произведем дифференцирование (12) по x и запишем уравнения эюр φ_x, M_x и Q_x :

$$\varphi_x = \frac{dy}{dx} = \beta [C_1 (-e^{t\beta x} \sin \beta x + t e^{t\beta x} \cos \beta x) + C_2 (e^{t\beta x} \cos \beta x + t e^{t\beta x} \sin \beta x) + C_3 (-e^{-t\beta x} \sin \beta x - t e^{-t\beta x} \cos \beta x) + C_4 (e^{-t\beta x} \cos \beta x - t e^{-t\beta x} \sin \beta x)]; \quad (13)$$

$$M_x = -EI \frac{d^2y}{dx^2} = EI\beta^2 \{C_1 [-(t^2 - 1) e^{t\beta x} \cos \beta x + 2t e^{t\beta x} \sin \beta x] - C_2 [(t^2 - 1) e^{t\beta x} \sin \beta x + 2t e^{t\beta x} \cos \beta x] - C_3 [(t^2 - 1) e^{-t\beta x} \cos \beta x + 2t e^{-t\beta x} \sin \beta x] - C_4 [(t^2 - 1) e^{-t\beta x} \sin \beta x - 2t e^{-t\beta x} \cos \beta x]\}; \quad (14)$$

$$Q_x = -EI \frac{d^3y}{dx^3} = EI\beta^3 \{C_1 [(3t^2 - 1) e^{t\beta x} \sin \beta x - t(t^2 - 3) e^{t\beta x} \cos \beta x] - C_2 [(3t^2 - 1) e^{t\beta x} \cos \beta x + t(t^2 - 3) e^{t\beta x} \sin \beta x] + C_3 [(3t^2 - 1) e^{-t\beta x} \sin \beta x + t(t^2 - 3) e^{-t\beta x} \cos \beta x] - C_4 [(3t^2 - 1) e^{-t\beta x} \cos \beta x - t(t^2 - 3) e^{-t\beta x} \sin \beta x]\}. \quad (15)$$

Выразим постоянные интегрирования через y , φ , M , Q в начале координат, т. е. через начальные параметры, и подставим

$$C_1 = y_0 - C_3 \quad (16)$$

из выражения (12) в φ_0 , M_0 и Q_0 (при $x = 0$ $e^0 = \cos 0 = 1$, $\sin 0 = 0$):

$$\varphi_0 = \beta (ty_0 + C_2 - 2tC_3 + C_4); \quad (17)$$

$$M_0 = EI\beta^2 [y_0(1 - t^2) - 2tC_2 + 2tC_4]; \quad (18)$$

$$Q_0 = EI\beta^3 [y_0 t(3 - t^2) - (3t^2 - 1)C_2 - 2t(3 - t^2)C_3 - (3t^2 - 1)C_4]. \quad (19)$$

Запишем уравнения (17) — (19) в матричной форме

$$\begin{vmatrix} -1 & -2t & 1 \\ -2t & 0 & 2t \\ -3t^2 + 1 & -2t(3 - t^2) & -3t^2 + 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\varphi_0}{\beta} - ty_0 \\ \frac{M_0}{EI\beta^2} - (1 - t^2)y_0 \\ \frac{Q_0}{EI\beta^3} - t(3 - t^2)y_0 \end{vmatrix} \quad (20)$$

или

$$\vec{AC} = \vec{H}. \quad (20')$$

Решение системы уравнений (20) относительно C_2 , C_3 , C_4 имеет вид

$$\vec{C} = A^{-1}\vec{H}, \quad (21)$$

где A^{-1} — матрица, обратная матрице A ,

или

$$\vec{C} = \begin{vmatrix} C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{3 - t^2}{4(1 + t^2)} - \frac{1}{4t} - \frac{1}{4(1 + t^2)} \\ \frac{-3t^2 + 1}{4t(1 + t^2)} & 0 & -\frac{1}{4t(1 + t^2)} \\ \frac{3 - t^2}{4(1 + t^2)} & \frac{1}{4t} - \frac{1}{4(1 + t^2)} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \frac{\varphi}{\beta} - ty_0 \\ \frac{M_0}{EI\beta^2} - (1 - t^2)y_0 \\ \frac{Q_0}{EI\beta^3} - t(3 - t^2)y_0 \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \frac{-t^4 + 1}{4t(1+t^2)} y_0 + \frac{3-t^2}{4(1+t^2)} \frac{1}{\beta} \varphi_0 - \frac{1}{4t} \frac{1}{EI\beta^2} M_0 - \frac{1}{4(1+t^2)} \frac{1}{EI\beta^3} Q_0 \\ \frac{1}{2} y_0 + \frac{-3t^2 + 1}{4t(1+t^2)} \frac{1}{\beta} \varphi_0 - \frac{1}{4t(1+t^2)} \frac{1}{EI\beta^3} Q_0 \\ \frac{t^4 - 1}{4t(1+t^2)} y_0 + \frac{3-t^2}{4(1+t^2)} \frac{1}{\beta} \varphi_0 + \frac{1}{4t} \frac{1}{EI\beta^2} M_0 - \frac{1}{4(1+t^2)} \frac{1}{EI\beta^3} Q_0 \end{vmatrix}. \quad (22)$$

Постоянную интегрирования C_1 найдем из выражений (12), (16) и (22):

$$C_1 = \frac{1}{2} y_0 + \frac{3t^2 - 1}{4t(1+t^2)} \frac{1}{\beta} \varphi_0 + \frac{1}{4t(1+t^2)} \frac{1}{EI\beta^3} Q_0. \quad (23)$$

Введем промежуточные обозначения:

$$K_1 = \frac{3t^2 - 1}{t(1+t^2)}; \quad K_2 = \frac{2}{t(1+t^2)}; \quad K_3 = \frac{-t^4 + 1}{4t(1+t^2)}; \quad K_4 = \frac{3-t^2}{1+t^2}; \\ K_5 = \frac{1}{t}; \quad K_6 = \frac{2}{1+t^2}, \quad (24)$$

тогда выражения для постоянных интегрирования C принимают вид

$$C_1 = \frac{1}{2} y_0 + \frac{K_1}{4\beta} \varphi_0 + \frac{K_2}{8EI\beta^3} Q_0; \quad (25)$$

$$C_2 = K_3 y_0 + \frac{K_4}{4\beta} \varphi_0 - \frac{K_5}{4EI\beta^2} M_0 - \frac{K_6}{8EI\beta^3} Q_0; \quad (26)$$

$$C_3 = \frac{1}{2} y_0 - \frac{K_1}{4\beta} \varphi_0 - \frac{K_2}{8EI\beta^3} Q_0; \quad (27)$$

$$C_4 = -K_3 y_0 + \frac{K_4}{4\beta} \varphi_0 + \frac{K_5}{4EI\beta^2} M_0 - \frac{K_6}{8EI\beta^3} Q_0. \quad (28)$$

Подставим значения постоянных интегрирования C в уравнение (12) и приведем подобные члены:

$$y_x = y_0 \left(\frac{e^{t\beta x} + e^{-t\beta x}}{2} \cos \beta x + 2K_3 \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x \right) + \\ + \frac{1}{\beta} \varphi_0 \left(\frac{K_1}{2} \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \cos \beta x + \frac{K_4}{2} \frac{e^{t\beta x} + e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x \right) - \\ - \frac{1}{EI\beta^2} M_0 \frac{K_5}{2} \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x - \frac{1}{EI\beta^3} Q_0 \left(\frac{K_6}{4} \frac{e^{t\beta x} + e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x - \right. \\ \left. - \frac{K_2}{4} \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \cos \beta x \right). \quad (29)$$

Введем обозначения

$$A_x = \frac{e^{t\beta x} + e^{-t\beta x}}{2} \cos \beta x + 2K_3 \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x = \operatorname{ch} t\beta x \cos \beta x + \\ + 2K_3 \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x; \quad (30)$$

$$B_x = \frac{1}{2} \left(K_1 \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \cos \beta x + K_4 \frac{e^{t\beta x} + e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x \right) = \\ = \frac{1}{2} (K_1 \operatorname{sh} t\beta x \cos \beta x + K_4 \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x); \quad (31)$$

$$C_x = \frac{1}{2} K_5 \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x = \frac{1}{2} K_5 \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x; \quad (32)$$

$$D_x = \frac{1}{4} \left(K_6 \frac{e^{t\beta x} + e^{-t\beta x}}{2} \sin \beta x - K_2 \frac{e^{t\beta x} - e^{-t\beta x}}{2} \cos \beta x \right) =$$

$$= \frac{1}{4} (K_6 \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x - K_2 \operatorname{sh} t\beta x \cos \beta x). \quad (33)$$

Подставим гиперβολо-тригонометрические функции A_x, B_x, C_x, D_x (30) — (33) в уравнение (29), тогда уравнение эпюры прогибов примет вид

$$y_x = y_0 A_x + \frac{1}{\beta} \varphi_0 B_x - \frac{1}{EI\beta^2} M_0 C_x - \frac{1}{EI\beta^3} Q_0 D_x. \quad (34)$$

Уравнения эпюр φ_x, M_x и Q_x получим непосредственным дифференцированием выражения (34). Возьмем первые производные от функций влияния A_x, B_x, C_x, D_x :

$$\frac{dA_x}{dx} = \frac{1}{2} \beta \left[-(1+t^2) \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x + \frac{1+t^2}{t} \operatorname{sh} t\beta x \cos \beta x \right]; \quad (35)$$

$$\frac{dB_x}{dx} = \frac{1}{2} \beta \left[\frac{1+t^2}{t} \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x + 2 \operatorname{ch} t\beta x \cos \beta x \right]; \quad (36)$$

$$\frac{dC_x}{dx} = \frac{1}{2t} \beta (\operatorname{sh} t\beta x \cos \beta x + t \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x); \quad (37)$$

$$\frac{dD_x}{dx} = \frac{1}{2t} \beta \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x. \quad (38)$$

Анализ выражений (35) — (38) и (30) — (33) позволяет установить взаимосвязь $\frac{dA_x}{dx}$ и D_x ; $\frac{dB_x}{dx}$ и A_x ; $\frac{dC_x}{dx}$ и B_x ; $\frac{dD_x}{dx}$ и C_x . Здесь имеются одни и те же тригонометрические и гиперболические функции при одинаковом их сочетании. Это позволяет представить выражения (35) — (38) в следующем виде:

$$\frac{dA_x}{dx} = -\beta (1+t^2)^2 D_x; \quad (35')$$

$$\frac{dB_x}{dx} = \beta A_x; \quad (36')$$

$$\frac{dC_x}{dx} = \frac{\beta}{3t^2-1} [(1+t^2) B_x + 2(1-t^2) \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x]; \quad (37')$$

$$\frac{dD_x}{dx} = \beta C_x. \quad (38')$$

Подставив значения первых производных функций A_x, B_x, C_x, D_x в уравнение (34), получим уравнение эпюры углов поворота

$$\varphi_x = \varphi_0 A_x - \frac{1}{EI\beta} M_0 \frac{1}{3t^2-1} [(1+t^2) B_x + 2(1-t^2) \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x] - \frac{1}{EI\beta^2} Q_0 C_x - \beta y_0 (1+t^2)^2 D_x. \quad (39)$$

Вторые производные от функций A_x, B_x, C_x, D_x с учетом взаимосвязи $\frac{d^2 A_x}{dx^2}$ и C_x ; $\frac{d^2 B_x}{dx^2}$ и D_x ; $\frac{d^2 C_x}{dx^2}$ и A_x ; $\frac{d^2 D_x}{dx^2}$ и B_x имеют вид

$$\frac{d^2 A_x}{dx^2} = \beta^2 \left(-\frac{t^6 + 3t^4 + 3t^2 + 1}{1+t^2} C_x \right); \quad (40)$$

$$\frac{d^2 B_x}{dx^2} = -\beta^2 (1+t^2)^2 D_x; \quad (41)$$

$$\frac{d^2 C_x}{dx^2} = \beta^2 \left[\frac{t^4-1}{t(1+t^2)} \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x + A_x \right]; \quad (42)$$

$$\frac{d^2 D_x}{dx^2} = \beta^2 \left[\frac{2(t^2-1)}{3t^2-1} \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x + \frac{1}{t} B_x \right]. \quad (43)$$

Подставив значения вторых производных функций A_x , B_x , C_x , D_x в уравнение (34) и умножив его на $-EI$, получим уравнение эпюры изгибающих моментов

$$M_x = M_0 \left[\frac{t^2 - 1}{t(1+t^2)} \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x + A_x \right] + \frac{1}{\beta} Q_0 \left(\frac{t^2 - 1}{3t^2 - 1} \operatorname{ch} t\beta x \sin \beta x + \right. \\ \left. + \frac{1}{t} B_x \right) + \beta^2 EI y_0 \frac{t^6 + 3t^4 + 3t^2 + 1}{1 + t^2} C_x + \beta EI \varphi_0 (1 + t^2)^2 D_x. \quad (44)$$

Третьи производные от функций A_x , B_x , C_x , D_x с учетом взаимосвязи $\frac{d^3 A_x}{dx^3}$ и B_x ; $\frac{d^3 B_x}{dx^3}$ и C_x ; $\frac{d^3 C_x}{dx^3}$ и D_x ; $\frac{d^3 D_x}{dx^3}$ и A_x запишем в виде

$$\frac{d^3 A_x}{dx^3} = \beta^3 \left(\frac{t^8 + 4t^6 + 6t^4 + 4t^2 + 1}{3t^4 + 2t^2 - 1} B_x + \frac{2t^8 + 4t^6 - 4t^3 - 2}{3t^4 + 2t^2 - 1} \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x \right); \quad (45)$$

$$\frac{d^3 B_x}{dx^3} = -\beta^3 (1 + t^2)^2 C_x; \quad (46)$$

$$\frac{d^3 C_x}{dx^3} = \beta^3 \left[\frac{2(t^2 - 1)}{t} \operatorname{sh} t\beta x \cos \beta x + (t^4 - 2t^3 - 3) D_x \right]; \quad (47)$$

$$\frac{d^3 D_x}{dx^3} = \beta^3 \left[\frac{t^5 + t^4 - t - 1}{2t(1+t^2)} + A_x \right]. \quad (48)$$

Подставив значения третьих производных функций A_x , B_x , C_x , D_x в уравнение (34) и умножив его на $-EI$, получим уравнение эпюры поперечных сил

$$Q_x = Q_0 \left[\frac{t^5 + t^4 - t - 1}{2t(1+t^2)} + A_x \right] + \beta^3 EI y_0 \left(\frac{2t^8 + 4t^6 - 4t^3 - 2}{3t^4 + 2t^2 - 1} \operatorname{sh} t\beta x \sin \beta x + \right. \\ \left. + \frac{t^8 + 4t^6 + 6t^4 + 4t^2 + 1}{3t^4 + 2t^2 - 1} B_x \right) + \beta^2 EI \varphi_0 (1 + t^2)^2 C_x + \\ + \beta M_0 \left[\frac{2(t^2 - 1)}{t} \operatorname{sh} t\beta x \cos \beta x + (t^4 - 2t^2 - 3) D_x \right]. \quad (49)$$

Если в расчетной схеме (рис. 2) отсутствует растягивающее усилие N_0 , то уравнения эпюр деформаций и усилий y , φ , M и Q совпадают с решением А. А. Уманского для балки на упругом основании, загруженной на конце изгибающим моментом M_0 и поперечной силой Q_0 [2]. Эти уравнения позволяют производить расчеты нагелей типа 2 (см. рис. 1).

Для балок на упругом основании характерно проявление краевого эффекта, т. е. затухание всех элементов изгиба балки, вызванного локальными усилиями, по мере удаления от места их приложения. Согласно [1] для полубесконечной балки протяженность $l_{кр}$ участка влияния усилий на конце балки

$$l_{кр} \approx (1,5 \dots 2,0) \sqrt[4]{EI/K}. \quad (50)$$

Для различного вида нагелей $l_{кр} = 8 \dots 25$ см. Принятие длины нагеля более $l_{кр}$ в большинстве случаев связано с выполнением ими дополнительных функций и разного рода конструктивных требований.

Представление общего интеграла уравнения (1) по методу начальных параметров позволяет не только получить общий интеграл уравнения $EI \frac{d^4 y}{dx^4} - N_0 \frac{d^2 y}{dx^2} = P - Ky$, когда P дана в виде непрерывной функции x , но и учесть произвольную прерывную и сосредоточенную нагрузки, а также заранее заданную деформацию балки.

Учет растягивающей осевой силы N_0 целесообразен при $N_0 \geq \geq 0,8 \dots 1,0 \sqrt{KEI}$ [1].

Приведенное решение может быть использовано при учете влияния сдвига на изгиб. Второй член левой части формулы (1) принимает вид $\frac{KEI d^2 y}{G \omega dx^2}$, что отразится на изменении значения коэффициента γ ($\gamma = \sqrt{KEI / (2G \omega)}$). Практически сдвиг целесообразно учитывать начиная с соотношения $\gamma > 0,2 \dots 0,3$ [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Справочник по строительной механике корабля. Т. 1.—Л.: Судостроение, 1982.—376 с. [2]. Уманский А. А. Специальный курс строительной механики. Ч. 1.—М.; Л.: ОНТИ, 1935.—238 с.

Поступила 19 июля 1991 г.

УДК 625.731.001.24

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ЗИМНИХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

В. С. МОРОЗОВ

СевНИИП

К двухслойным зимним дорогам на болотах относятся конструкции, верхний слой которых представляет собой насыпь из минерального грунта, нижний — мерзлый торф. Основание дороги — талый торф, деформационные свойства которого характеризуются коэффициентом постели C .

Основные положения методики исследования напряженно-деформированного состояния зимних дорог на болотах приведены в работах [1, 2]. Для схемы, изображенной на рис. 1, имеем следующие расчетные зависимости:

нейтральная ось проходит по мерзлому минеральному грунту

$$B_1 E_0 [v^2 (3 - v) - (v - v_1)^2 (3 - v - 2v_1)] - B_2 E_{20} [(1 - v)^3 - (v - v_1)^2 (3 - v - 2v_1)] = 0; \quad (1a)$$

$$E_s = \{B_1 E_0 [v^3 (4 - v) - (v - v_1)^3 (4 - v - 3v_1)] + B_2 E_{20} [(1 - v)^4 - (v - v_1)^3 (4 - v - 3v_1)]\} / B; \quad (1b)$$

по мерзлому торфу

$$B_1 E_0 [v^2 (3 - v) - (v - v_1)^2 (3 - v - 2v_1)] + B_2 E_{10} (v - v_1)^2 (3 - v - 2v_1) - B_2 E_{20} (1 - v)^3 = 0; \quad (2a)$$

$$E_s = \{B_1 E_0 [v^3 (4 - v) - (v - v_1)^3 (4 - v - 3v_1)] + B_2 E_{10} (v - v_1)^3 (4 - v - 3v_1) + B_2 E_{20} (1 - v)^4\} / B; \quad (2b)$$

по границе между слоями

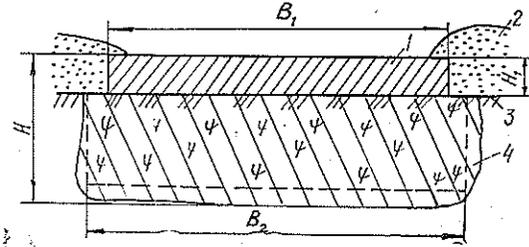
$$B_1 E_0 v^2 (3 - v) - B_2 E_{20} (1 - v)^3 = 0; \quad (3a)$$

$$E_s = B_1 E_0 v^3 (4 - v) - B_2 E_{20} (1 - v)^4. \quad (3b)$$

Здесь

B_1, B_2 — ширина верхнего и нижнего слоев насыпи;
 E_0, E_{10}, E_{20} — модули упругости соответственно грунта, мерзлого торфа на сжатие и растяжение при температуре воздуха на поверхности проезжей части дороги;

Рис. 1. Поперечный профиль двухслойной зимней автомобильной лесовозной дороги: 1 — насыпь из минерального грунта; 2 — снег; 3 — поверхность болота; 4 — мерзлый торф



$$\nu = z_1/H; \quad \nu_1 = H_1/H;$$

z_1 — расстояние от поверхности дороги до нейтральной оси;

H, H_1 — толщина дорожной одежды и верхнего слоя (насыпи);

E_s — эквивалентный модуль упругости дорожной одежды;

B — эквивалентная ширина дорожной одежды.

Уравнения (1 а), (2 а) и (3 а) служат для определения положения нейтральной оси; (1 б), (2 б) и (3 б) — для определения эквивалентного модуля упругости.

Нормальные напряжения σ в слое, отстоящем на любом расстоянии y от нейтральной оси, можно определить по формуле

$$\sigma = \frac{E_c M}{E_s I} (z_2 y + y^2), \quad (4)$$

где E_c — модуль упругости материала слоя, в котором вычисляют нормальные напряжения; для насыпи $E_c = E_0$, для мерзлого торфа в зоне сжатия $E_c = E_{10}$, в зоне растяжения $E_c = E_{20}$;

M — изгибающий момент в данном поперечном сечении,

$$M = \sum P_i \nu_i / (4k); \quad (5)$$

P_i — внешняя нагрузка на поверхность дороги от осей автомобиля;

$$\nu_i = e^{-k\xi_i} (\cos k\xi_i - \sin k\xi_i); \quad (6)$$

ξ_i — координата, определяющая расстояние от осей (сил P_i) до данного сечения;

k — коэффициент относительной жесткости,

$$k = \sqrt[4]{U/(4E_s I)}; \quad (7)$$

U — модуль упругости основания дорожной одежды,

$$U = \alpha C B; \quad (8)$$

α — коэффициент поперечного изгиба;

I — момент инерции условного поперечного сечения дороги высотой H и шириной B ,

$$I = B H^3 / 12; \quad (9)$$

$$z_2 = H - z_1.$$

Эпюры нормальных напряжений в зоне растяжения (рис. 2, а, б) имеют максимум, положение которого находим из условия $\sigma' = 0$, отсюда расстояние от точки максимума до нейтральной оси $y_0 =$

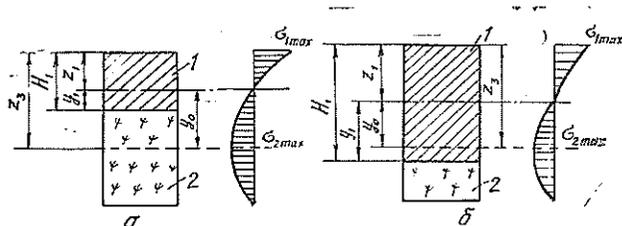


Рис. 2. Поперечные профили и эпюры нормальных напряжений: а — слой, в котором $\sigma_2 = \sigma_{2 \max}$, проходит по минеральному грунту; б — по мерзлому торфу; 1 — мерзлый грунт; 2 — мерзлый торф

$= -z_2/2$. Следовательно, максимальные растягивающие напряжения $\sigma_{p \max}$ можно найти по формуле

$$\sigma_{p \max} = -E_c M (H - z_1)^2 / (2E_3 I). \quad (10)$$

Подставив в это уравнение выражения (5) для M ; (7) — для k ; (8) — для U и (9) — для I , а также введя величину $\nu = z_1/H$, после преобразований получим

$$\sigma_{p \max} = -\frac{0,3E_c(1-\mu^2)(1-\nu)^2 \Sigma P_i \mu_i}{4BH^2 \sqrt{0,03\alpha CE_3^3 H}}, \quad (11)$$

где μ — коэффициент Пуассона материала слоя, в котором $\sigma = \sigma_{p \max}$.

Максимальную толщину дорожной одежды определим из условия

$$|\sigma_{p \max}| = [\sigma_p], \quad (12)$$

где $[\sigma_p]$ — предел прочности на растяжение материала верхнего или нижнего слоя.

Блок-схема расчета двухслойной дорожной одежды зимних дорог на болотах приведена на рис. 3. После ввода исходных данных сна-

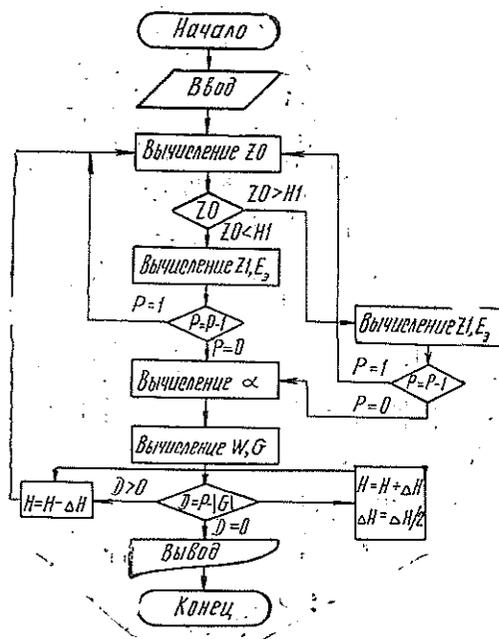


Рис. 3. Блок-схема расчета двух-
слойной дорожной одежды

чала определяют по уравнению (3 а) величину $\nu = \nu_0$, а затем $z_0 = \nu_0 H$ и сравнивают ее с заданной толщиной насыпи H_1 . При $z_0 > H_1$ нейтральная ось располагается в нижнем слое, при $z_0 < H_1$ — в верхнем. В первом случае положение нейтральной оси и эквивалентный модуль упругости находят по уравнениям (2 а) и (2 б), во втором — по уравнениям (1 а) и (1 б). Аналогично вычисляют модуль упругости при поперечном изгибе, а затем (по специальной программе) коэффициент поперечного изгиба α .

Обозначим расстояние от поверхности дороги до точки максимума эпюры напряжений как z_3 (см. рис. 2). Очевидно, что $z_3 = z_1 + y_0 = (H + z_1)/2$. Следовательно, при вычислении напряжений по формуле (11) при $z_3 < H_1$ имеем $E_c = E_0$, если $z_3 > H_1$, то $E_c = E_{20}$. В случае $z_3 = H_1$ эпюра напряжений имеет скачок, равный разности напряжений, подсчитанных при $E_c = E_0$ и $E_c = E_{20}$.

Рассмотрим пример расчета толщины дорожной одежды для следующих исходных данных: тип автопоезда МАЗ-509А + ГКБ-9383 с нагрузкой по осям $P_1 = 49,5$ кН; $P_2 = 95$ кН и $P_3 = 165$ кН; тип болота I ($C = 5$ Н/см³); скорость движения автопоезда более 10 км/ч, ширина проезжей части 700 см, температура воздуха на поверхности дороги $\theta = -1$ °С и $\theta = -5$ °С; расчетные значения модулей упругости мерзлых грунтов торфа $E_{10} = 430$ МПа и $E_{20} = 1300$ МПа, песка — 2500, супеси — 1600, суглинка — 1200, глины — 600 МПа; предел прочности на растяжение мерзлых грунтов: торфа — 1,9, песка — 0,5; супеси и суглинка — 0,7, глины — 0,9 МПа.

При вычислениях для каждого варианта толщину верхнего слоя H_1 изменяли от 0 до 50 см. Для каждого H_1 варьировали H и находили такое его значение, при котором выполнялось условие $\sigma_{p \max} = [\sigma]$.

Зависимости H от H_1 для отдельных типов грунтов показаны на рис. 4. Как видим, значение H минимально при изменении H_1 от 5 до 20 см. Для супеси, суглинка и глины наименьшее значение H_{\min} составляет примерно 30 см, что равно минимальной толщине однослойной зимней дороги из мерзлого торфа. Следовательно, отсыпка в этих условиях насыпи из минерального грунта не приводит к уменьшению минимальной толщины двухслойной дорожной одежды по сравнению с однослойной.

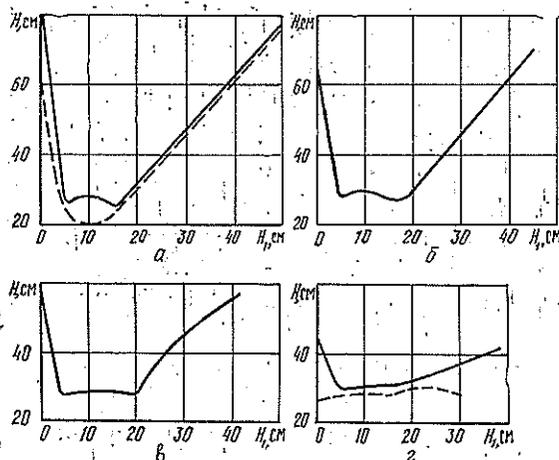


Рис. 4. Зависимость H (H_1): а — песок; б — супесь; в — суглинок; г — глина; сплошные линии — $\theta = -1$ °С; штриховые — $\theta = -5$ °С

С увеличением толщины насыпи более 20 см минимальная толщина дороги возрастает. Этот вывод справедлив, однако, для сыпучих грунтов при температуре θ , близкой к 0 °С. Для связных грунтов и особенно глин при θ меньше —5 °С минимальная толщина дороги мало зависит от толщины насыпи, оптимальное значение которой составляет примерно 27...30 см.

Зависимость H от H_1 у сыпучих грунтов имеет иной вид с минимумом H_1 около 10 см. По обе стороны от этого минимума максимальная толщина дороги резко возрастает. Однако, как и у связных грунтов, наименьшие значения H наблюдаются в диапазоне H_1 5...20 см.

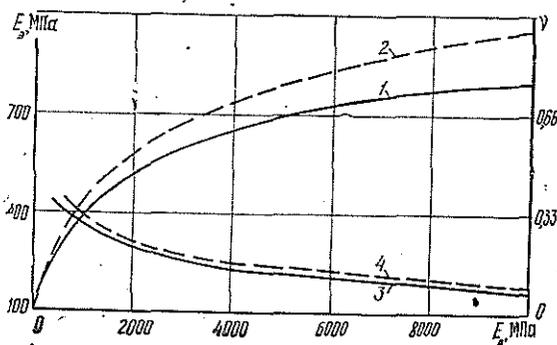
Анализируя данные расчета, приведенные на рис. 4, можно сделать вывод, что прочность двухслойных зимних дорог на болотах зависит от двух взаимосвязанных факторов: модуля упругости материала слоя и предела прочности мерзлого грунта на растяжение. Так, для рассматриваемых грунтов насыпи модуль упругости изменяется от 2500 до 600 МПа, предел прочности от 0,5 до 0,9 МПа, а итоговые результаты расчета близки. Тем не менее в качестве материала для насыпей лучше использовать частично связанные (супесь, легкий суглинок) или связанные (тяжелый суглинок, глина) грунты, так как в мерзлом состоянии они более прочны.

При малых толщинах насыпи H_1 нейтральная ось проходит по мерзлому торфу. С увеличением H_1 она приближается к слою минерального грунта, а затем переходит в него. Случай $z_1 = H_1$ зависит, при прочих равных условиях, от модуля упругости верхнего слоя E_0 . Значения $\nu = z_1/H$ и E_3 при $z_1 = H_1$ для ряда E_0 приведены в табл. 1, а зависимость $\nu(E_0)$ и $E_3(E_0)$ — на рис. 5. Из этих данных следует, что с увеличением E_0 значение $H_1 = \nu H$ уменьшается.

Таблица 1

$E_{20} = 1300$ МПа			$E_{20} = 1600$ МПа		
E_0 , МПа	ν	E_3 , МПа	E_0 , МПа	ν	E_3 , МПа
900	0,370	370,3	900	0,392	414,2
1 800	0,302	491,9	1 800	0,322	559,1
2 000	0,292	511,3	2 000	0,312	582,5
3 000	0,255	586,8	3 000	0,274	674,4
4 000	0,231	640,4	4 000	0,248	740,6
5 000	0,213	681,7	5 000	0,230	791,8
6 000	0,199	714,9	6 000	0,215	832,3
7 000	0,188	742,5	7 000	0,203	867,9
8 000	0,179	765,9	8 000	0,193	897,5
9 000	0,171	786,3	9 000	0,185	923,3
10 000	0,164	804,2	10 000	0,178	946,0

Рис. 5. Зависимости $E_3(E_0)$ — кривые 1, 2 и $\nu(E_0)$ — кривые 3, 4 при $E_{20} = 1300$ МПа (сплошные линии) и $E_{20} = 1600$ МПа (штриховые)



Величина y_0 определяет положение слоя поперечного сечения дороги, для которого нормальные растягивающие напряжения максимальны. Если $0 \leq H_1 < 20$ см, этот слой проходит по мерзлому торфу, при $H_1 = (H + z_1)/2$ — по низу насыпи, при $H_1 > (H + z_1)/2$ — по мерзлому грунту.

Особым следует считать случай $H_1 = H$ в осенний период при промерзании насыпи и талом торфе. Такая дорожная конструкция относится к однослойным. Поскольку модули упругости мерзлого грунта при сжатии и растяжении обычно принимают одинаковыми, то уравнения (3) можно решить в общем виде и найти $\nu = 1/3$; $E_s = E_0/3$. Здесь и нейтральная ось, и слой с $\sigma_{p \max}$ расположены в мерзлом грунте, поэтому основное влияние на H_{\min} оказывают прочностные свойства грунта, что наглядно видно из табл. 2.

Таблица 2

Материал	$\theta = -1^\circ \text{C}$		$\theta = -5^\circ \text{C}$		$\theta = -10^\circ \text{C}$	
	E_s , МПа	H , см	E_s , МПа	H , см	E_s , МПа	H , см
Песок	833,3	81,25	3066,7	70,00	5666,7	46,56
Супесь	533,3	67,50	2666,7	37,75	4000,0	30,00
Суглинок	400,0	58,75	1366,7	30,94	2433,3	28,28
Глина	200,0	45,00	733,3	26,72	1400,0	24,38
Снеголед	566,7	50,00	633,3	46,25	700,0	42,50
»	900,0	38,75	1000,0	35,31	1133,3	32,81
Чистый лед	2500,0	32,50	2766,7	30,94	3066,7	29,06

Приведенные результаты позволяют сделать вывод, что наименьшей прочностью обладает насыпь из песка, наибольшей — из глины. В одинаковых условиях толщина насыпи из песка должна быть примерно в 2 раза больше, чем из глины.

Работоспособность насыпей определяется не только прочностью дорожной конструкции, но и несущей способностью проезжей части. Поскольку несущая способность мерзлого песка выше, чем у мерзлой глины, то при оттепелях зимой и в весенний период в первом случае проезжая часть разрушается медленнее, чем во втором. Это снижает эффективность применения насыпи из глины. Для повышения несущей способности поверхности проезжей части можно рекомендовать устройство защитного слоя, лучше всего из снегольда.

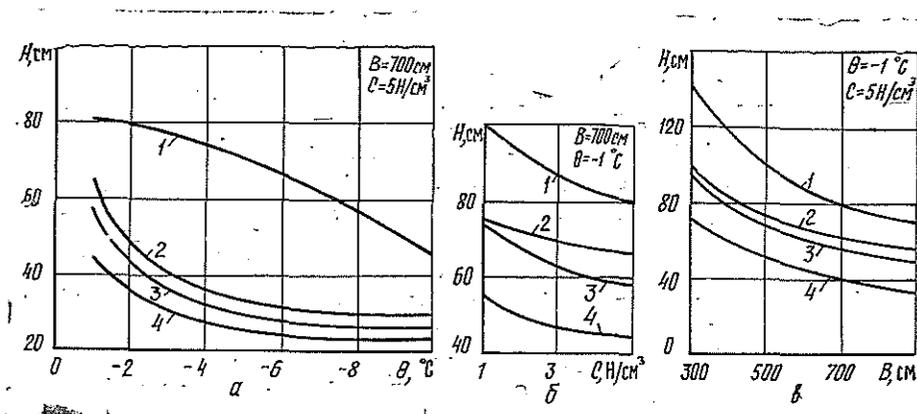


Рис. 6. Зависимость минимальной толщины насыпи от температуры (а), коэффициента постели (б) и ширины дороги (в): 1 — песок; 2 — супесь; 3 — суглинок; 4 — глина

Влияние отдельных факторов на минимальную толщину дорожной одежды зимних дорог на болотах наглядно иллюстрируется графиками, приведенными на рис. 6. Они имеют вид, который можно было спрогнозировать заранее, т. е. с уменьшением температуры, увеличением коэффициента постели и ширины проезжей части дороги минимально допустимая ее толщина уменьшается. Графики показывают закономерность такого уменьшения.

Анализ приведенных результатов позволяет сделать вывод о том, что отсыпка насыпи из минерального грунта, так же как и формирование слоя снегольда на проезжей части зимней дороги, не приводят к существенному повышению прочности зимних дорог на болотах, особенно при температурах, близких к нулю. Однако несущая способность проезжей части повышается, что существенно отражается на условиях эксплуатации зимних дорог осенью и весной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Морозов В. С. Об оценке напряженного состояния оснований зимних дорог на болотах // Лесн. журн.—1990.—№ 1.—С. 37—43.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Морозов В. С. Расчет толщины зимних лесовозных дорог на болотах // Лесн. журн.—1991.—№ 3.—С. 48—52.—(Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 24 июня 1991 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630*323.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЛЯ РАСЧЕТА КРУГЛЫХ ПИЛ
С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПОДАЧИ

А. С. ТОРОПОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Для процесса поперечного пиления лесоматериалов круглой пилой с вращательным движением подачи (МРКВ) характерно одновременное вращательное движение элементов резания (зубьев) в направлении векторов скорости резания \bar{v}_k и скорости подачи u_{ijk} .

В общем виде состояние системы определяется дифференциальным уравнением

$$I\ddot{\varphi}_k = M_{uk} - M_{gk} + \left(G_1 + \frac{G_2}{2}\right) R_0 \sin \varphi_k \cos \nu - \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{z_{ijk}} P_{vij} R_{ijk} (\alpha_0 \sin \Theta_{ijk} \pm \cos \Theta_{ijk}) \right], \quad (1)$$

где I — момент инерции подвижных частей круглой пилы относительно оси вращения рамы;

M_{uk} — крутящий момент относительно оси вращения рамы в k -й момент подачи;

M_{gk} — демпфирующий момент в k -й момент подачи;

G_1 — вес режущего инструмента;

G_2 — вес подвижной части рамы пильного механизма;

R_0 — радиус вращения (подачи) круглой пилы.

Что касается остальных величин уравнения (1), то они определены в предыдущей работе*.

Дифференциальное уравнение (1) справедливо для случаев вращения диска пилы и механизма подачи как в одном, так и в противоположном направлениях, о чем свидетельствует знак минус перед некоторыми слагаемыми.

При постоянной угловой скорости подачи круглой пилы ω_{uk} имеем

$$M_{uk} = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{z_{ijk}} P_{vij} R_{ijk} (\alpha_0 \sin \Theta_{ijk} \pm \cos \Theta_{ijk}) \right] - R_0 \left(G_1 + \frac{G_2}{2}\right) \sin \varphi_k \cos \nu + M_{gk}. \quad (2)$$

Для расчета параметров круглой пилы с постоянной скоростью подачи ω_{uk} разработана программа МРКВ 11, блок-схема которой приведена на рис. 1.

* Торопов А. С. К определению параметров процесса раскряжевки при вращательной подаче круглой пилы // Лесн. журн.—1991.—№ 2.—С. 68—74.—(Изв. высш. учеб. заведений).

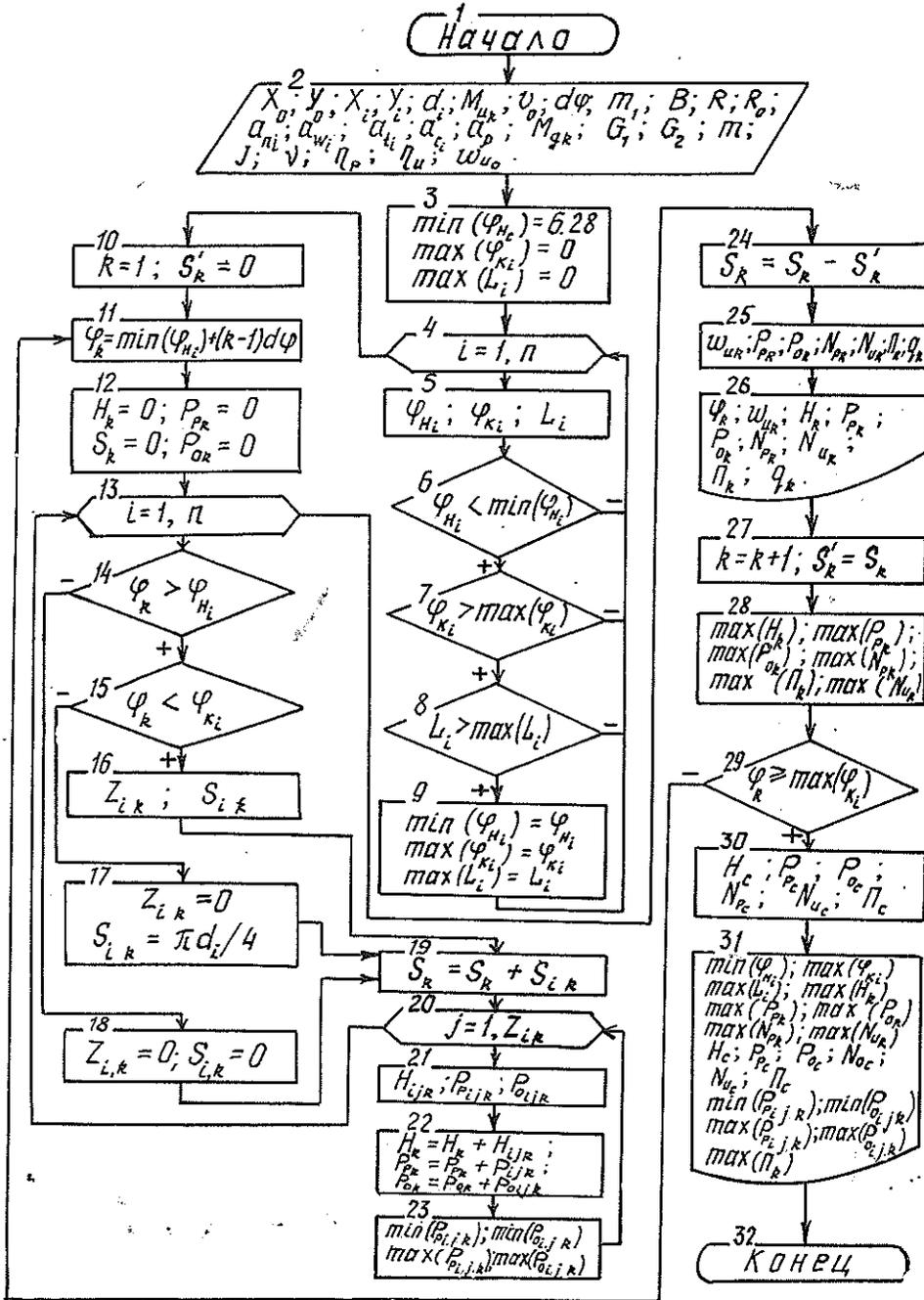


Рис. 1.

Допустим, что подача круглой пилы осуществляется с постоянным крутящим моментом $M_{ук}$. Тогда, подставив в уравнение (1)

$$\frac{d\varphi_k}{dt} = \omega_{ук}; \quad \frac{d^2\varphi_k}{dt^2} = \frac{d\omega_{ук}}{d\varphi_k} \frac{d\varphi_k}{dt} = \omega_{ук} \frac{d\omega_{ук}}{d\varphi_k},$$

получим

$$\frac{d\omega_{uR}}{d\varphi_R} = \left\{ M_{uR} - M_{gR} + R_o \left(G_1 + \frac{G_2}{2} \right) \sin \varphi_R \cos \nu - \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{z_{ijk}} P_{vijk} R_{ijk} (\alpha_0 \sin \Theta_{ijk} \pm \cos \Theta_{ijk}) \right] \right\} / I \omega_{uR} \quad (3)$$

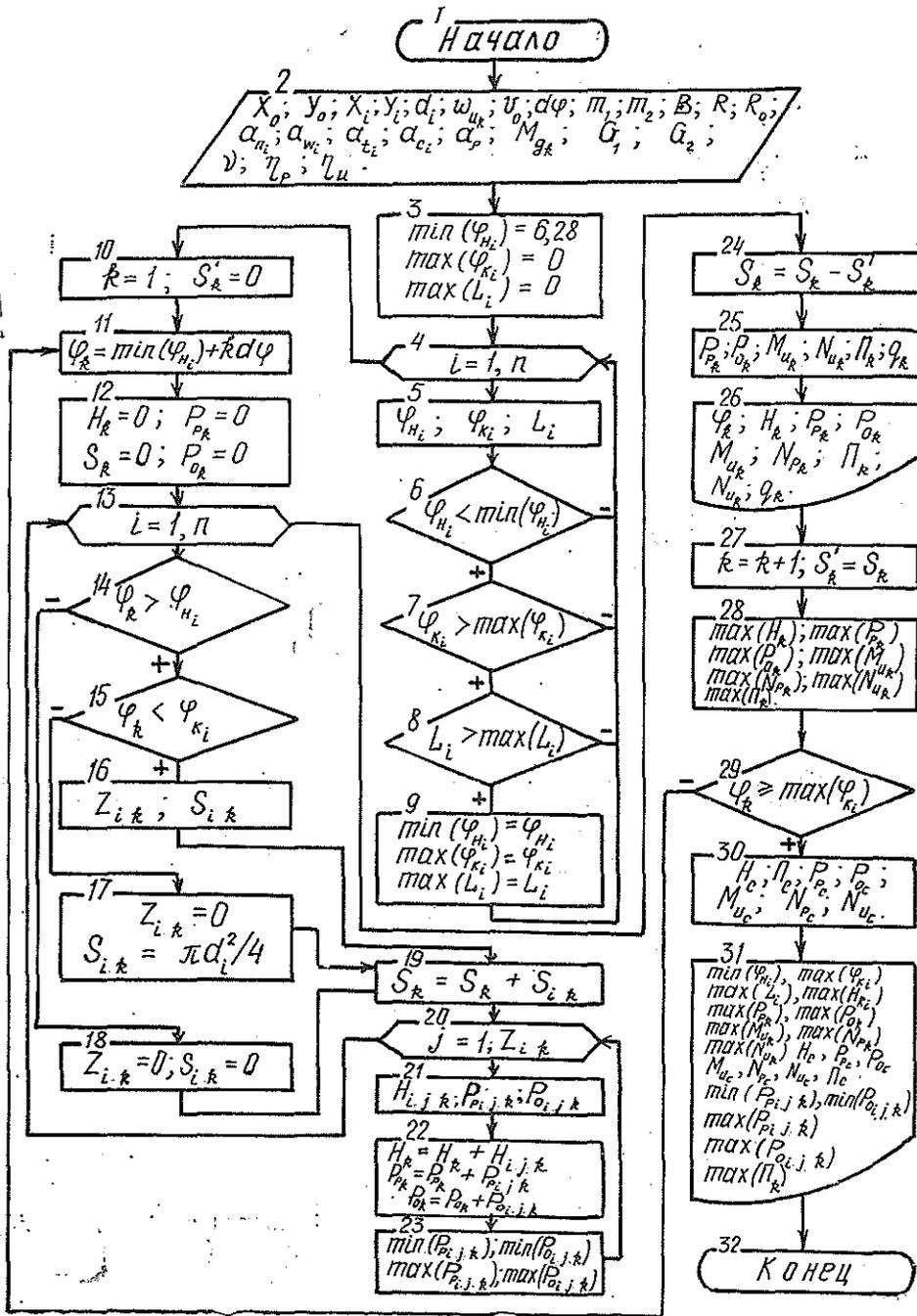


Рис. 2.

По методу Эйлера имеем

$$\omega_{uk} = \omega_{uk-1} + \frac{d\omega_{uk-1}}{d\varphi_{k-1}} (\varphi_k - \varphi_{k-1}),$$

а при $k = 1$

$$\omega_{u1} = \omega_{u0} + \frac{d\omega_{u0}}{d\varphi_0} (\varphi_1 - \varphi_0),$$

где ω_{u0} — угловая скорость подачи в начале пиления;

$$\varphi_0 = \min(\varphi_{ni});$$

φ_{ni} — величина подачи круглой пилы от исходного положения до начала пиления i -го лесоматериала.

В случае подачи круглой пилы с постоянным моментом M_{uk} разработана программа расчета МРКВ 12, блок-схема которой приведена на рис. 2.

При работе круглой пилы с постоянной расходуемой мощностью на подачу N_{uk} состояние системы определяется дифференциальным уравнением (1) с учетом равенства

$$M_{uk} = N_{uk} \eta_u / \omega_{uk}, \quad (4)$$

где η_u — кпд привода подачи круглой пилы.

Для варианта подачи круглой пилы с постоянной мощностью на подачу N_{uk} разработана программа расчета МРКВ 13.

Возможна подача круглой пилы с постоянной расходуемой мощностью на резание N_{pk} , которая связана с силой резания

$$P_{pk} = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{z_{ik}} P_{pijk} \right) = N_{pk} \eta_p / v_k, \quad (5)$$

где η_p — кпд привода резания круглой пилы.

На малом участке подачи можно принять, что $\omega_{uk} = \text{const}$, следовательно, $d\omega_{uk}/d\varphi_k = 0$. Тогда получим вариант подачи с постоянным моментом M_{uk} :

$$M_{uk} = \frac{N_{pk} \eta_p}{v_k} R_{ck} (\alpha_0 \sin \Theta_{ck} \pm \cos \Theta_{ck}) - R_0 \left(G_1 + \frac{G_2}{2} \right) \sin \varphi_k \cos \nu + M_{gk}, \quad (6)$$

где
$$R_{ck} = \left[\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{z_{ik}} R_{ijk} \right) \right] / \sum_{i=1}^n Z_{ik};$$

$$Q_{ck} = \left[\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{z_{ik}} \Theta_{ijk} \right) \right] / \sum_{i=1}^n Z_{ik}.$$

Для определения параметров круглой пилы с постоянной мощностью N_{pk} разработана программа МРКВ 14.

При обеспечении подачи с постоянными мощностями N_{uk} и N_{pk} уравнение (1) изменится с учетом равенств (4) и (5). Для расчета такого варианта пилы разработана программа МРКВ 15.

Следует отметить, что наличие математических зависимостей, определяющих величины ω_{uk} , M_{uk} , N_{uk} , N_{pk} и др., входящие в уравнение (1), позволяет выполнять расчеты по разработанным программам с учетом этих зависимостей.

Предложенное математическое и программное обеспечение дает возможность определять параметры круглых пил с вращательным движением подачи при поштучной, групповой и пачковой поперечной распиловке лесоматериалов, причем разных пород в группе (пачке). Кроме того, блок-схемы могут быть использованы при организации системы автоматизированного проектирования пильных механизмов и оптимизации их параметров, а также при разработке программ управления процессами поперечной распиловки лесоматериалов.

Поступила 11 декабря 1990 г.

УДК 624.011.1 : 674.028.9

РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ МЕСТНОМ СМЯТИИ

Б. В. ЛАБУДИН

Ленинградский инженерно-строительный институт

В действующих нормах [8] отсутствуют рекомендации для расчета на местное смятие элементов клееных деревянных конструкций (КДК) с произвольно ориентированной нагрузкой по отношению к волокнам и, следовательно, слоям, за исключением узлов соединений КДК [4], работающих под углами от 0 до 45° при отношении размеров штампа d и опорной площадки l в диапазоне $0,25 \leq d/l \leq 0,50$.

При действии нагрузки поперек волокон на части длины элемента (при длине незагруженных участков не менее длины площадки смятия и толщины элементов), за исключением оговоренных в п. 4, табл. 3, нормы напряжения местного смятия рассматривают по формуле (1) [8]. Это, на наш взгляд, некорректно, поскольку при этом не учитываются такие факторы, как относительные размеры штампа, угол приложения силы к волокнам или слоям, характер работы материала в зависимости от этого угла.

Исследования, выполненные нами в Архангельском лесотехническом и Брестском политехническом институтах [2], позволили сформулировать более общие подходы к оценке сопротивления клееной древесины местному смятию при варьировании относительных размеров жесткого штампа и направления действия вектора внешних сил по отношению к волокнам (слоям).

При этом исходили из того, что справедливы следующие гипотезы и допущения:

материал является сплошной средой ввиду весьма малой толщины жестких клеевых прослоек, соединяющих слои пиломатериала между собой;

различие упругих характеристик для отдельных слоев пиломатериала, произвольно ориентированного в поперечном сечении пакета, находится в пределах статистического разброса, т. е. справедливо осреднение физико-механических свойств материала в пределах сечения образца;

влиянием специфических для клееной древесины локальных дефектов (сучки, наклон волокон, зубчато-шиповые стыки с местным ослаблением и др.), находящихся в пределах норм, пренебрегаем;

компоненты напряжений и деформаций считаем связанными линейно, т. е. в соответствии с обобщенным законом Гука;

напряжения, возникающие при изменении эксплуатационных воздействий (температура, влажность и др.), учитываются только на стадии конструктивного расчета в соответствии с нормами [4, 8].

Таким образом, клееную древесину считаем трансверсально-изотропной (транстропной), упругой, однородной средой, что соответствует выводам других исследователей [1, 7, 9].

Испытания клееной сосновой древесины производили на образцах, выпиленных из заводских элементов КДК в виде призм с размерами в основании $b \times l = 60 \times 100$ мм и высотой $h = 90$ мм (рис. 1). Толщина ламелей $(20,0 \pm 0,5)$ мм; клей ФРФ-50. Отношение размеров штампа к ширине образца d/l принимали равным 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; угол наклона действующей нагрузки к слоям α варьировали от 0 до 90° .

Для исследований использовали пресс МУП-50. Скорость нагружения $(15,0 \pm 2,5)$ кН/мин. В каждой точке испытывали не менее 5 образцов.

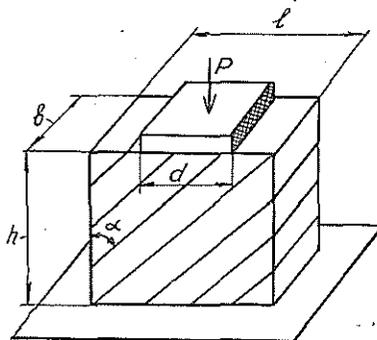


Рис. 1. Форма и размеры опытных образцов клееной древесины

После статистической обработки результатов и определения средних значений предела прочности $\sigma_{см \alpha}$ в зависимости от соотношения d/l и угла α представилась возможность выявить закономерности изменения не только прочностных характеристик клееной древесины, но и расчетных сопротивлений смятию под углом к волокнам (слоям) $R_{см \alpha}$.

С этой целью за Y принимали механические характеристики $\sigma_{см \alpha}$, а за X — отношение размеров штампа и образца d/l . Используя математический аппарат метода наименьших квадратов (МНК), получили уравнения связи между указанными параметрами Y и X .

Как известно [3], наиболее трудным является выбор вида уравнений связи. Воспользуемся набором стандартных программ, имеющихся в блоке расширения памяти (БРП-3) для микрокалькулятора МК-52, специальной программой «Статан» для микроЭВМ и получим коэффициенты A и B , а также ошибку уравнения. По величине ошибки можно судить о приемлемости аппроксимирующих выражений, часть из которых имеет линейную зависимость параметров, а другая представлена нелинейными уравнениями:

$$\begin{aligned} Y &= AX + B; & Y &= AX^B; \\ Y &= AB^X; & Y &= A + B/X; \\ Y &= 1/(AX + B); & Y &= X/(AX + B). \\ Y &= A \ln X + B; \end{aligned} \quad (1)$$

Значения X , Y , α , коэффициентов A и B , а также 7 уравнений связи с ошибками приведены в таблице. Экспериментальные пары X и Y использовали для получения каждого из уравнений. Было рассмотрено 16 уравнений связи, но в данной работе они все не приведены.

Из данных таблицы видно, что наиболее близкими и точно отражающими количественные изменения $\sigma_{см \alpha}$ в зависимости от d/l при постоянных параметрах внешней среды являются следующие уравнения: $Y = AX + B$ (линейное) и $Y = A \ln X + B$ (нелинейное).

Учитывая, что для нелинейного уравнения наименьшая погрешность получена при углах $45 \dots 90^\circ$, данное уравнение связи принимаем в качестве исходного для последующих вычислений.

α , град	X	Y	Аппроксимирующие уравнения	Ошибка уравнения
0,0	0,25	54,0	$Y = -16x + 58$	0,00000
	0,50	50,0	$Y = 58,9188 \cdot 0,7154^X$	0,16827
	0,75	46,0	$Y = 1/(0,00705X + 0,0166)$	0,34447
	1,00	42,0	$Y = -8,4197 \ln X + 43,017$	0,88588
			$Y = 43,0903X^{-0,17495}$	1,04940
		$Y = 40,564 + 3,5692/X$	1,65792	
		$Y = X/(0,0255X - 0,00227)$	3,73202	
22,5	0,25	34,0	$Y = -15,8286X + 38,7857$	1,78992
	0,50	—	$Y = 40,691 \cdot 0,5621^X$	2,07353
	0,75	29,4	$Y = 1/(0,02136X + 0,02255)$	2,42679
	1,00	21,3	$Y = -7,7813 \ln X + 23,8914$	2,44056
			$Y = 23,7011X^{-0,2805}$	2,61020
		$Y = 21,3274 + 3,2712/X$	2,87647	
		$Y = X/(0,0504X - 0,0070)$	6,92809	
30,0	0,25	26,2	$Y = -15,520X + 31,350$	1,25080
	0,50	24,9	$Y = 34,2156 \cdot 0,4622^X$	1,67071
	0,75	20,9	$Y = 1/(0,03946X + 0,0240)$	2,32243
	1,00	14,6	$Y = -7,6965 \ln X + 17,0954$	2,08000
			$Y = 16,8909X^{-0,3778}$	2,43006
		$Y = 15,2462 + 3,0738/X$	2,75456	
		$Y = X/0,07706X - 0,01466)$	14,32955	
45,0	0,25	20,5	$Y = -9,88X + 22,20$	0,90595
	0,50	16,7	$Y = 22,9713 \cdot 0,548^X$	0,74229
	0,75	13,6	$Y = 1/(0,0371X + 0,0411)$	0,61649
	1,00	13,3	$Y = -5,5099 \ln X + 12,7643$	0,46680
			$Y = 12,9604X^{-0,3321}$	0,41837
		$Y = 10,9128 + 2,4538/X$	0,54124	
		$Y = X/(0,0857X - 0,0104)$	1,30237	
67,5	0,25	11,0	$Y = -9,16X + 12,60$	0,64167
	0,50	7,2	$Y = 14,7580 \cdot 0,2628^X$	0,29575
	0,75	5,3	$Y = 1/(0,2108X + 0,0353)$	0,19814
	1,00	4,0	$Y = -5,0642 \ln X + 3,878$	0,12434
			$Y = 4,187X^{-0,7173}$	0,25477
		$Y = 2,1923 + 2,2477/X$	0,35420	
		$Y = X/(0,3015X - 0,0675)$	10,47012	
90,0	0,25	8,8	$Y = -7,68X + 10,30$	0,45497
	0,50	6,1	$Y = 12,344 \cdot 0,2415^X$	0,15851
	0,75	4,0	$Y = 1/(0,285X + 0,03431)$	0,40298
	1,00	3,1	$Y = -4,205 \ln X + 3,0115$	0,14887
			$Y = 3,2465X^{-0,7564}$	0,39283
		$Y = 1,6538 + 1,8461/X$	0,44678	
		$Y = X/(0,395X - 0,0919)$	13,71570	

В дальнейшем, используя численные значения коэффициентов уравнений связи (см. таблицу) и применяя аппарат двойной аппроксимации, получаем выражение для вычисления предела прочности смятию (сжатию) клееной древесины при различных соотношениях размеров штампа и площадки смятия (0,25; 0,50; 0,75; 1,00) в диапазоне углов 0...90°:

$$\sigma_{см \alpha} = B + (-A \ln X), \quad (2)$$

где

$$B = N e^{-n\alpha} = 47,352 e^{-0,0324\alpha};$$

$$A = M\alpha^m = 34,173\alpha^{-0,462}.$$

В формуле (2) второй член учитывает увеличение предела прочности клееной древесины при уменьшении относительных размеров площадки смятия в зависимости от угла α . При $X = d/l = 1$ он равен

нулю, а выражение (2) определяет предел прочности на смятие (сжатие) по всей поверхности, при $d/l < 1$ он имеет отрицательные значения, поэтому в формуле (2) появляется знак минус.

Ранее нами [2] была апробирована степенная функция с логарифмическим показателем степени, удачно аппроксимирующая кривые изменения пределов прочности при растяжении клееной древесины под различными углами к волокнам (слоям). С учетом полученных результатов выражение (2) можно записать в виде уравнения, которое позволяет вычислять меняющиеся значения $\sigma_{см\alpha}$ при наличии данных в трех характерных точках для углов 0, 45 и 90°, т. е. строить кривые по реперным экспериментальным или взятым из справочной литературы значениям:

$$\sigma_{см\alpha} = \frac{\sigma_{см0}}{1 + \beta\alpha^m} + (-D \ln \varphi), \quad (3)$$

где $\sigma_{см0}$ — предел прочности на смятие (сжатие) клееной древесины вдоль волокон, МПа;

$$\beta = (c - b) \sigma_0 / 45^k;$$

$$k = \lg(a - b) / (c - b);$$

$$a = 1/\sigma_{90}; \quad b = 1/\sigma_0; \quad c = 1/\sigma_{45};$$

D — коэффициент, учитывающий изменение прочности в зависимости от угла α (получен после обработки экспериментальных результатов),

$$D = 100 / (0,164\alpha + 9,15);$$

φ — относительные размеры площадки смятия, $\varphi = d/l$.

Выражение (3) нами использовано для построения графических зависимостей $\sigma_{см\alpha}$ от угла α и относительных размеров штампа φ (рис. 2).

Из графиков видно, что все кривые хорошо вписываются в границы доверительного интервала, обозначенные на рис. 2 штриховкой, и область фактического рассеяния результатов эксперимента с вероятностью $p_v = 0,95$. Лишь при относительных размерах штампа, равных 0,75 и 0,50, кривые приближаются к нижней доверительной границе, что вполне допустимо.

Кратковременные значения пределов прочности могут служить основой для получения расчетных сопротивлений $R_{см\alpha}$ клееной древесины на указанные воздействия. Поэтому необходимо во вторую часть выражения (3) ввести коэффициент надежности материала, учитывающий ранее выявленный характер разрушения образцов (хрупкое разрушение при $\alpha = 0 \dots 45^\circ$, а пластичное — $45 \dots 90^\circ$). Используя исследования Ю. М. Иванова и рекомендации ЦНИИСК [5, 6], имеем уравнение для коэффициента надежности:

$$K_\alpha = K_1(t) \beta K_2 K_3,$$

где $K_1(t)$ — коэффициент длительной прочности узлов и соединений,

$$K_1(t) = B_1 - C_1 \lg t_s = 1,84;$$

B_1 — коэффициент, учитывающий расчетный срок эксплуатации конструкции, $B_1 = 17,1 / (17,1 - \lg t_s)$;

t_s — эквивалентное время действия максимальной нагрузки, лет, $t_s = 0,167t$;

t — нормативный срок эксплуатации КДК в нормальных условиях ($t = 50$ лет);

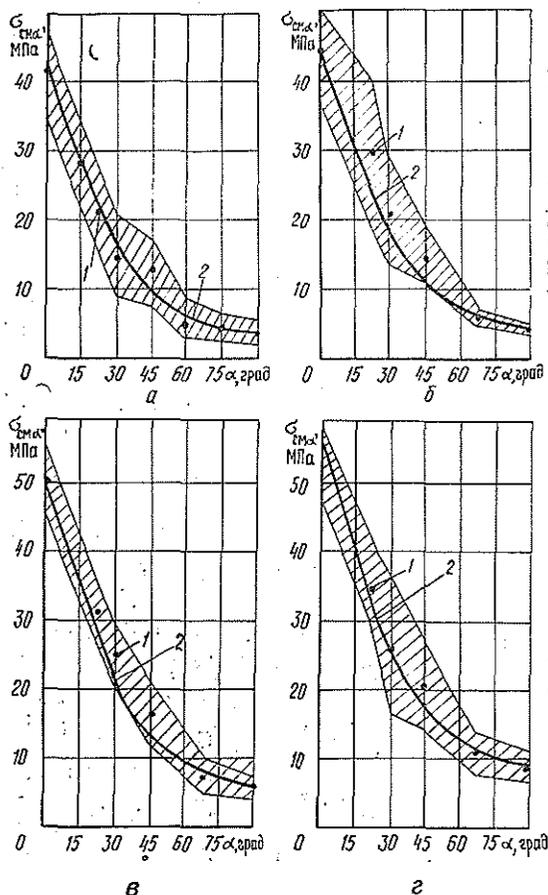


Рис. 2. Зависимость анизотропии предела прочности $\sigma_{см \alpha}$ клееной древесины при смятии от угла наклона слоев (волокон) α для различных значений ψ : а — 1,00; б — 0,75; в — 0,50; г — 0,25; 1 — средние значения $\sigma_{см \alpha}$; 2 — кривые, построенные по формуле (3)

$$C_1 = (B_1 - 1) / \lg t_3;$$

β — множитель, учитывающий периодичность действия расчетной нагрузки, $\beta = 0,8$;

K_2 — компонента коэффициента надежности, учитывающая разброс опытных значений несущей способности в соединении (узле), $K_2 = 1 / (1 - 1,65 \sigma)$;

σ — среднее квадратичное отклонение ($\sigma = 0,22$);

K_3 — коэффициент, зависящий от характера разрушения соединения, а также учитывающий возникновение концентрации напряжений, дополнительные и остаточные напряжения и др. При $C_{21}^{пл} = 0,13$ и $C_{22}^{хр} = 0,20$

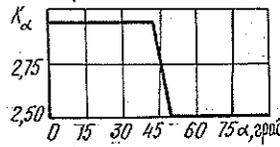
$$K_3 = 1,10 (1,00 - 1,65 C_{21}^{пл}) / (1,00 - 1,65 C_{22}^{хр}).$$

С учетом нормального распределения прочностных показателей при доверительной вероятности $p_b = 0,95$, предельной относительной ошибке $\delta = 10\%$, $K_1(t) = 1,84$ и $\beta = 0,8$ были вычислены переменные коэффициенты для хрупкого и пластичного разрушений: $K_2^{хр} = K_2^{пл} = 1,57$; $K_3^{хр} = 1,3$ и $K_3^{пл} = 1,1$. Значения этих коэффициентов, зависящих от эмпирической дисперсии, объема выборки и распределения точек по закону χ^2 (хи-квадрат), близки к заданным в работе [5], что позволило принять их в качестве базовых.

Таким образом, принимаем следующие значения коэффициентов надежности материала для хрупкого и пластичного разрушений: $K_\alpha^{хр} = 2,97$; $K_\alpha^{пл} = 2,50$.

Очевидно, что при построении графических зависимостей K_α (рис. 3) в точке $\alpha = 45^\circ$ будет резкое изменение значений K_α , преодолеть которое можно путем сглаживания результатов в диапазоне $40 \dots 50^\circ$.

Рис. 3. Зависимость K_α от характера разрушения и угла α



Принимая во внимание сказанное выше, а также предполагая, что изменение расчетных сопротивлений качественно не будет отличаться от изменения кратковременных сопротивлений клееной древесины, можно преобразовать выражение (3). Для этого в первое слагаемое подставляем нормируемые значения расчетных сопротивлений [8], а во второе — коэффициент надежности. Тогда формула расчетного сопротивления, учитывающая величину прикладываемой через штамп нагрузки в зависимости от его относительных размеров и угла наклона силы по отношению к волокнам (слоям) при $0,1 \leq \psi \leq 1,0$ примет следующий вид:

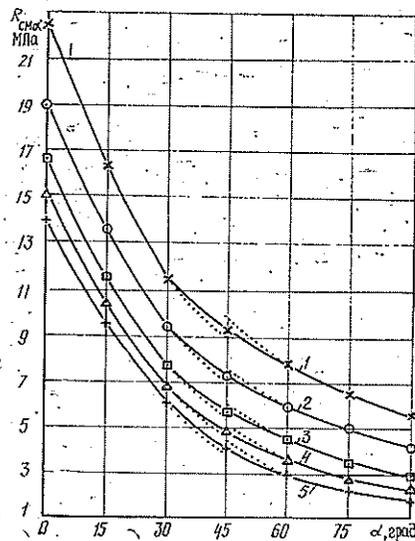
$$R_{сма\alpha} = \frac{R_0}{1 + \beta\alpha^{k_1}} + \left(-\frac{1}{K_\alpha}\right) D \ln \psi, \quad (4)$$

где R_0 — расчетное сопротивление смятию вдоль волокон, МПа;

$$\beta = (C_2 - B_2) R_0 / 45^{k_1}; \quad C_2 = 1/R_{45}; \quad B_2 = 1/R_0;$$

$$k_1 = \lg(A_2 - B_2) / (C_2 - B_2); \quad A_2 = 1/R_{90}.$$

Рис. 4. Изменение расчетных сопротивлений клееной древесины смятию под углом α к слоям (волокон) при различных значениях ψ : 1—0,10; 2—0,25; 3—0,50; 4—0,75; 5—1,00



На рис. 4 приведены графические зависимости $R_{сма\alpha} = f(\alpha, \psi)$, построенные для пяти вариантов загрузки при нормируемых [8] расчетных сопротивлениях клееной древесины $R_0 = 14$ МПа; $R_{90} = 1,8$ МПа; $R_{45} = 4,2$ МПа, а также показано сглаживание результатов в диапазоне углов $30 \dots 60^\circ$.

Выводы

1. Полученные результаты существенно расширяют диапазон использования прочностных характеристик и расчетных сопротивлений клееной древесины сосны при работе на местное смятие (сжатие) в за-

висимости от угла приложения нагрузки и относительных размеров штампа и могут быть использованы при подготовке новых норм.

2. Методика расчета и обработки результатов может быть использована при соответствующем обосновании для других пород древесины и условий нагружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.—М.: Лесн. пром-сть, 1978.—224 с. [2]. Лабудин Б. В., Орлович Р. Б., Базенков Т. Н. Сопrotивление элементов клееной древесины местному смятию под углом к волокнам // Лесн. журн.—1991.—№ 3.—С. 59—63.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений.—2-е изд., испр. и доп.—М.: Лесн. пром-сть, 1966.—250 с. [4]. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25—80) / ЦНИИСК.—М.: Стройиздат, 1986.—216 с. [5]. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций / ЦНИИСК.—М.: Стройиздат, 1976.—28 с. [6]. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК.—М.: Стройиздат, 1980.—40 с. [7]. Светозарова Е. И., Серов Е. Н., Лабудин Б. В. Некоторые вопросы совершенствования клееных деревянных конструкций в процессе изготовления // Лесн. журн.—1985.—№ 2.—С. 65—68.—(Изв. высш. учеб. заведений). [8]. СНиП II-25—80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.—Введ. 01.01.82.—М.: Стройиздат, 1982.—65 с. [9]. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—248 с.

Поступила 19 июля 1991 г.

УДК 674.09

НОРМИРОВАНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОЧНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КЛЕЕННЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В. В. ОГУРЦОВ

Сибирский технологический институт

Для оценки эффективности использования прочности древесины пиломатериалов клееных несущих конструкций (КНК) применяют коэффициент полезного использования прочности (КПИ_с), физический смысл и математическое описание которого даны в работах [2, 4].

При расчете КПИ_с условно принимают, что при идеальном расположении пиломатериалов по слоям, когда прочность пиломатериалов пропорциональна расстоянию от нейтрального слоя, относительная прочность КНК, выраженная в стандартных отклонениях, равна единице. При этом используют гарантированные значения прочности КНК и показателей посортного выхода конструкционных пиломатериалов, найденные методом имитационного моделирования при различных значениях сортовых градаций $L_{\sigma 1}$, $L_{\sigma 2}$, относительных ошибках измерения модуля упругости E и коэффициента корреляции r между E и σ . Алгоритм модели формирования и испытания представлен в работе [4].

Целью данной работы является обоснование эффективных методов формирования многослойных несущих конструкций с обеспечением заданной их прочности.

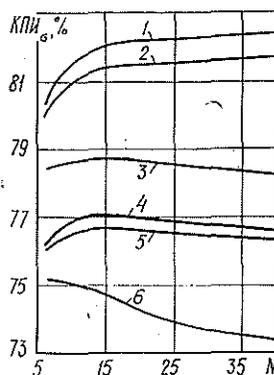
На ЭВМ ЕС-1036 имитировали четыре типа КНК при следующих условиях: 1) без учета результатов прочностной сортировки; 2) из пиломатериалов одного прочностного сорта (однозонные); 3) при формировании наружных слоев из пиломатериалов первого сорта, а внутренних — из второго сорта (трехзонные); 4) при формировании наружных слоев балки из пиломатериалов первого сорта, промежуточные — из второго, а внутренние — из третьего сорта (пятизонные).

Результаты расчетов при $\sigma_{изм}^E/\sigma_E = 0,6$ представлены на рис. 1—3 для оптимальных сортовых градаций: 0; —1,5 [3].

Исследования показывают, что использование пиломатериалов только первого сорта для формирования однозонных КНК обеспечивает увеличение их прочности (по сравнению с пятизонными) на 7...13%. Применение пиломатериалов первого и второго сортов для формирования трехзонных КНК увеличивает их прочность менее чем на 3%. Таким образом, повышение прочности за счет использования пиломатериалов только высших сортов следует считать нецелесообразным, поскольку это приводит к дополнительным потерям древесины. Многослойные балки необходимо формировать по пятизонной схеме, регулируя их прочность путем подбора размеров поперечного сечения.

Предположение о том, что взаимная компенсация различной прочности пиломатериалов (при наличии метода определения интегральной прочности КНК) исключает необходимость сортировки по прочности, частично подтверждается для однозонных КНК (при $N > 10$ потери древесины не превышают 1%) и не подтверждается для пятизонных. Наибольший экономический эффект приносит сортировка пиломатериалов по прочности для пятизонных КНК, а отказ от сортировки приводит к дополнительным потерям 4,5% пиломатериалов. Переход к трехзонным КНК при сортировке снижает КПИ_с до 1,5%, а к однозонным — до 4%.

Рис. 1. Зависимость КПИ_с от числа слоев (N) для пятизонных (кривые 1, 4), трехзонных (кривые 2, 5), однозонных (кривые 3, 6) КНК при $r = 0,8$ (кривые 1, 2, 3) и $r = 0,6$ (кривые 4, 5, 6)



Из рис. 1 видно, что КПИ_с в значительной мере зависит от числа слоев КНК. Для пятизонных КНК при $r > 0,7$ КПИ_с резко возрастает с увеличением N до 10...15 и затем достигнув максимума, стабилизируется. Для других типов балок и при аналогичных условиях наблюдается менее интенсивное повышение КПИ_с, после чего происходит его плавное снижение до минимального установившегося значения. Чем меньше r и число зон КНК, тем в большей мере с увеличением числа слоев снижается КПИ_с, принимая меньшее установившееся значение. Объясняется это следующей композицией случайных процессов. При высоких значениях r и наличии принудительного распределения пиломатериалов по слоям доминирует взаимная компенсация послойной прочности. При низких значениях r и случайном распределении по слоям взаимная компенсация прочности преобладает лишь на участке интенсивного ее роста. С затуханием роста взаимной компенсации (кривые 1, 2) сказывается увеличение вероятности попадания слабых пиломатериалов во внешние зоны КНК, которые в основном определяют прочность многослойных балок и имеют тенденцию к увеличению относительной высоты с увеличением числа слоев до 30...40.

Коэффициент корреляции влияет не только на характер зависимости эффективности сортировки от числа слоев, но и непосредственно на величину КПИ_с при любом значении N . Так, при $N = 25$ увеличение r с 0,6 до 0,8 обеспечивает экономию 5...7% пиломатериалов.

Менее чувствителен КПИ_г к погрешности измерения модуля упругости $PI_{изм}^E = \sigma_{изм}^E / \sigma_E$. При $PI_{изм}^E \leq 0,6$ он варьирует около некоторых средних значений и не реагирует на изменение ошибки измерения E . И только при значениях $PI_{изм}^E$ 0,6 и выше наблюдается регулярное снижение КПИ_г. Поэтому имеет смысл установить максимальное допустимое значение погрешности измерения модуля упругости $PI_{изм}^E = 0,6$. Тем более, что оно совпадает с ранее рекомендованным для сортировки пиломатериалов по модулю упругости [4].

Имитация КНК из нерассортированных по прочности пиломатериалов показывает, что в расчеты следует закладывать не минимальные ее значения ($-3,0$), а расчетные ($-1,9 \dots -1,4$). В результате этого может быть сэкономлено 12...17 % пиломатериалов.

Следует отметить, что прочность многослойных балок зависит от коэффициента корреляции r даже в том случае, когда прочностную сортировку не применяют. Это объясняется следующим. Напряжения σ_i , возникающие в i -м слое КНК, пропорциональны деформации в этом слое ε_i и модулю упругости древесины E_i , т. е. $\sigma_i = \varepsilon_i E_i$. Наихудшим сочетанием E_i и σ_i является случай, когда древесина имеет максимальное значение E_i и минимальную прочность σ_i . Но вероятность такого сочетания тем меньше, чем выше r .

Исследования имитационной модели сортировки пиломатериалов по прочности и их испытания показывают, что достоверность прочности КНК $D_{КНК}^2$ (в отличие от модуля упругости [5]) всегда ниже достоверности сортировки. Разность указанных достоверностей зависит от $PI_{изм}^E$, r , гарантированной прочности $\sigma_{КНК}^g$, N (рис. 2), типа КНК и может достигать 20 %. Поэтому установить нормативную достоверность сортировки пиломатериалов по прочности, автоматически обеспечивающую 95 %-ю достоверность, не представляется возможным.

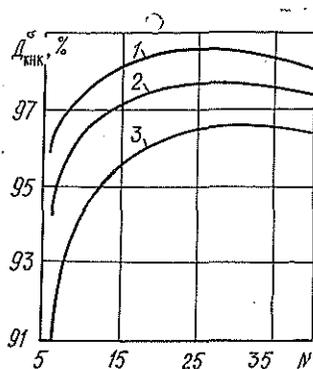


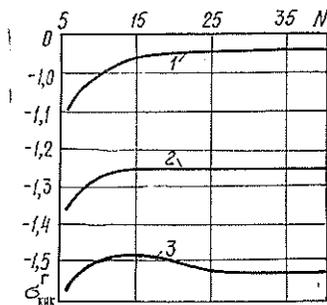
Рис. 2. Зависимость $D_{КНК}^2$ пятизональных КНК от N при $r = 0,8$ и гарантированных значениях $\sigma_{КНК}^g$:
—1,2 (1); —1,1 (2); —1,0 (3)

Предлагаются два варианта обеспечения 95 %-й достоверности прочности КНК.

Вариант 1. Нормируют допустимую погрешность измерения модуля упругости ($PI_{изм}^E = 0,6$). В паспорте на партию пиломатериалов указывают фактический коэффициент корреляции, который в установленном порядке периодически контролируют. Гарантированную прочность КНК определяют по графикам, представленным на рис. 3. Этот вариант главным образом можно рекомендовать для предприятий, производящих КНК и имеющих лесопильное производство.

Вариант 2. Нормируют прочность пиломатериалов с 95 %-й достоверностью, которая обеспечивается введением ужесточающих допусков [1]. Для установленных сортовых градаций определяют относи-

Рис. 3. Зависимость гарантированного значения $\sigma_{\text{КНК}}^{\Gamma}$ от N при различных значениях r : 0,8(1); 0,7(2); 0,6(3)



тельную ошибку измерения прочности $\sigma_{\text{изм}}^{\sigma}/\sigma_{\sigma}$. Гарантированную прочность КНК находят по графикам, аналогичным представленным в работе [4] для модуля упругости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Огурцов В. В. Принципы определения допусков при автоматической сортировке пиломатериалов по механическим свойствам // Лесн. журн.—1980.—№ 1.—С. 98—102.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Огурцов В. В. Коэффициент полезного использования конструктивных пиломатериалов как критерий оптимизации процесса их сортировки по прочности // Там же.—1980.—№ 4.—С. 97—102. [3]. Огурцов В. В. Определение оптимальных величин градаций при сортировке конструктивных пиломатериалов по прочности // Там же.—1980.—№ 5.—С. 91—96. [4]. Огурцов В. В. Принципы нормирования достоверности сортировки пиломатериалов по механическим свойствам // Там же.—1989.—№ 5.—С. 59—63. [5]. Огурцов В. В. Нормирование достоверности модуля упругости пиломатериалов для клееных несущих конструкций // Там же.—1989.—№ 6.—С. 68—71.

УДК 630*812

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ ЕЕ ПЛОТНОСТИ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Ранее [4] было показано, что зависимости пределов прочности и модуля упругости чистой древесины от ее влажности можно выразить функцией вида:

$$Y_w = Y_{\min} + (100 - Y_{\min}) \exp(-w^2/C_w^2), \quad (1)$$

где Y_w — показатель при влажности древесины w , %;
 Y_{\min} — показатель при $w > 30$ %;
 C_w — эмпирический коэффициент.

Уравнение (1) действительно для любого значения влажности w и хорошо отражает факт стабилизации механических показателей древесины при увеличении ее влажности свыше 30 %.

На рис. 1 представлен график функции $Y(w)$, где за 100 % принят показатель для абсолютно сухой древесины ($Y_0 = 100$ %).

Из литературных источников [1, 9] известно, что характер кривых $Y(w)$ может отличаться от графика, показанного на рис. 1. На наш взгляд, это связано с появлением внутренних напряжений при высокотемпературной сушке образцов для влажности, близкой к нулю. Поэтому сжатие вдоль волокон дает завышенные результаты из-за того, что волокна древесины предварительно деформированы, а растяжение вдоль

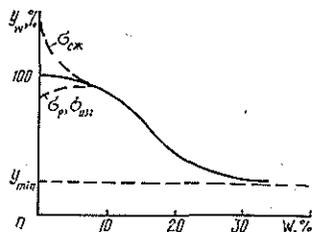


Рис. 1. Зависимость механических показателей древесины от влажности: $\alpha_{сж}$, σ_p , $\sigma_{изг}$ — пределы прочности соответственно при сжатии, растяжении и изгибе

волокон и изгиб по этой же причине — заниженные. Можно предположить, что при мягких режимах сушки процесс изменения механических показателей должен стабилизироваться.

Следует обратить внимание на то, что $Y_{min} < Y_{30}$, так как он является асимптотой функции (1) при w , стремящейся к максимальной. Эта разница невелика и составляет 1...3%. Расчеты, проведенные с применением данных [5], показывают, что коэффициенты C_w в уравнении (1) не зависят от плотности древесины и равны 16...17 для пределов прочности и примерно 19,5 для модуля упругости при изгибе (температура 20 °С). Согласно [5], показатель Y_{min} для всех видов испытаний увеличивается с возрастанием плотности древесины.

Для того чтобы уточнить зависимости Y_{min} от базисной плотности древесины, воспользовались рекомендациями справочника [3], где приведены значения Y_{12} и Y_{30} для различных пород древесины с указанием базисной плотности. Значения Y_{min} определены, исходя из двух уравнений:

$$Y_{12} = Y_{min} + (100 - Y_{min}) \exp(-12^2/C_w^2); \quad (2)$$

$$Y_{30} = Y_{min} + (100 - Y_{min}) \exp(-30^2/C_w^2).$$

Решая их совместно, получили выражение

$$Y_{min} = \frac{B - AC}{B - AC + A - 1}, \quad (3)$$

где

$$A = Y_{12}/Y_{30};$$

$$B = \exp(-12^2/C_w^2);$$

$$C = \exp(-30^2/C_w^2).$$

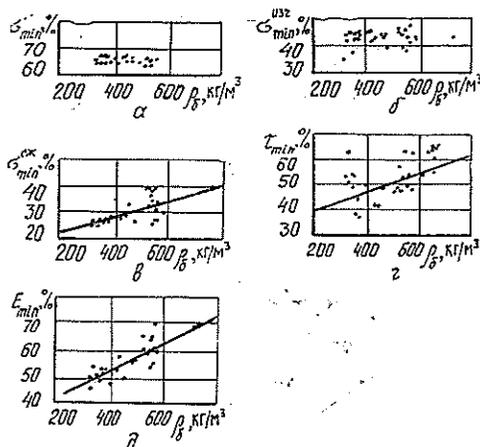


Рис. 2. Зависимость предела прочности при растяжении (а), изгибе (б), сжатии (в), скальвания вдоль волокон (г) и модуля упругости при изгибе (д) от плотности

Затем рассчитали коэффициенты корреляции r и уравнения связи показателей Y_{\min} с базисной плотностью ρ_0 для различных пределов прочности и модуля упругости при изгибе. Результаты показаны на рис. 2 и в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	$M_{\text{ср}}, \%$	$V, \%$	$n, \text{шт.}$	Коэффициент корреляции	Уравнение связи $Y_{\min} = f(\rho_0)$
Предел прочности:					
при растяжении	63,2	1,0	18	—	—
при изгибе	42,7	6,8	25	—	—
при сжатии	30,8	15,7	24	0,541	$18,4 + 0,027\rho_0$
при скалывании	52,1	14,8	29	0,472	$37,0 + 0,030\rho_0$
Модуль упругости при изгибе	56,4	12,2	24	0,799	$33,5 + 0,049\rho_0$

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что влияние плотности на Y_{\min} , т. е. на степень снижения механических показателей древесины при ее полном увлажнении, различно. Для растяжения вдоль волокон этот показатель очень стабилен ($V = 1,0 \%$) в широком диапазоне плотности ($310 \dots 760 \text{ кг/м}^3$). Это же относится и к пределу прочности при изгибе ($V = 6,8 \%$). Поэтому при расчете влияния влажности на эти два показателя можно пользоваться средними значениями Y_{\min} , не учитывая плотности древесины.

У пределов прочности при сжатии и скалывании вдоль волокон изменчивость расчетных показателей выше и наблюдается слабая взаимосвязь их с плотностью древесины. Для модуля упругости при изгибе E_{\min} выявлена четкая зависимость его от ρ_0 по линейному уравнению связи ($r = 0,799$). Кроме того, можно использовать и нелинейное уравнение степенного вида при $r = 0,79$:

$$E_{\min} = 0,0484\rho_0^{0,4}.$$

Полученные результаты позволяют внести уточнения в таблицы пересчетных коэффициентов влажности [4]. В справочнике дана дифференциация по плотности для всех показателей древесины, в том числе для предела прочности при растяжении вдоль волокон, но, как установлено нами, влияние плотности на пределы прочности невелико. Только при сжатии вдоль волокон и скалывании имеет смысл учитывать плотность древесины, а в остальных случаях можно пользоваться средними арифметическими значениями.

Анализ данных [6, 7] о влиянии температуры на пределы прочности и модуль упругости древесины показал, что нет оснований отказываться от применения линейной зависимости. Поэтому формулу (1) можно представить как

$$Y_w = Y_{\min} + (100 - Y_{\min}) \exp(-w^2/C_w^2) - K_T T, \quad (4)$$

где K_T — температурный коэффициент, %/град;
 T — температура, °С.

Данные по температурному коэффициенту довольно многочисленны, хотя и несколько противоречивы. Например, Ф. Кольман [9] указывает на зависимость K_T , кгс/(см² · град), от плотности древесины:

$$K_T = \Delta\sigma/\Delta T = 4,76\rho_0,$$

где $\Delta\sigma$ — изменение прочности, %;
 ΔT — изменение температуры, °С;
 ρ_0 — плотность абсолютно сухой древесины, г/см³.

Пересчет температурного коэффициента на размерность $\%/град$ показал, что он не зависит от плотности древесины и составляет примерно $0,3 \%/град$.

Согласно последним работам, в частности Т. П. Хмелидзе и др. [7], величина K_T составляет $0,2 \dots 0,3 \%/град$ для пределов прочности при сжатии; растяжении, скальвании и $0,6 \dots 0,7 \%/град$ при изгибе. В табл. 2 приведены значения K_T , рассчитанные по данным работы [7].

Таблица 2

Порода	K_T , $\%/град$, для пределов прочности при			
	растя- жении	изгибе	сжатии	скаль- вании
Сосна	0,30	0,68	0,25	0,22
Лиственница	0,36	0,72	0,17	0,36

Ф. П. Белянкиным [1] для предела прочности при сжатии древесины дуба различной влажности (0; 9; 15; 30; 45; 60 %) получены соответствующие значения K_T : 0,34; 0,48; 0,42; 0,32; 0,33; 0,33 $\%/град$.

Установлено, что влияние температуры на модуль упругости при изгибе проявляется в более мягкой форме ($K_T = 0,1 \dots 0,3 \%/град$) [6, 8, 9], а модуль упругости при сжатии вдоль волокон, согласно [8], увеличивается с возрастанием влажности. При этом имеем соответственно для влажности 0; 15; 30 % следующие значения температурных коэффициентов [8]: 0,09; 0,22; 0,33 $\%/град$.

Коэффициент C_w , входящий в формулы (1), (4), также зависит от температуры, о чем свидетельствуют исследования [2] о влиянии температуры и влажности на динамические модули упругости древесины вдоль волокон. Полученная зависимость $E(T, w)$ аналогична формуле (1), а эмпирический коэффициент $C_w = 23,0 - 0,012T$. Для пределов прочности и статического модуля упругости подобная связь не выявлена, но ясно, что с увеличением температуры C_w должен уменьшаться, так как при этом будет наблюдаться более резкое снижение показателей Y_{min} , что соответствует падению предела гигроскопичности древесины с возрастанием температуры.

Выводы

1. Зависимость механических показателей чистой древесины от влажности и температуры выражается уравнением (4), где за 100% принят показатель абсолютно сухой древесины при температуре $0^\circ C$. C_w — эмпирический коэффициент, не зависящий от плотности древесины, но связанный с T .

2. Значения коэффициентов, входящих в формулу (4), даны в табл. 3.

Таблица 3

Показатель	Y_{min} , %	C_w	K_T , $\%/град$
Предел прочности:			
	при растяжении	$69,2 \pm 1,4$	16,5
при изгибе	$56,7 \pm 7,7$	16,5	0,7
при сжатии	$24,4 + 0,027 \rho_6 \pm 8,1$		
	или $36,8 \pm 11,5$	16,5	0,3
при скальвании	$43,1 + 0,03 \rho_6 \pm 12,5$		
	или $58,1 \pm 17,1$	17,5	0,3
Модуль упругости при изгибе	$39,5 + 0,049 \rho_6 \pm 8,2$	19,5	0,3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Белянкин Ф. П. Механические характеристики древесины дуба.— Киев: Наук. думка.— 1939.— 133 с. [2]. Боровиков А. М. Влияние температуры и влажности на упругость, вязкость и пластичность древесины: Дис. ... канд. техн. наук.— Воронеж, 1970.— 310 с. [3]. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине.— М.: Лесн. пром-сть, 1989. 294 с. [4]. Волынский В. Н. О форме зависимости механических показателей древесины от влажности // Лесн. журн.— 1990.— № 5.— С. 59—64.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. ГСССД 69—84. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов.— М.: Изд-во стандартов, 1985.— 30 с. [6]. Хмелидзе Т. П. и др. Изменение модуля упругости древесины сосны и лиственницы при тепловых воздействиях // Деревообаб. пром-сть.— 1986.— № 7.— С. 8—9. [7]. Хмелидзе Т. П., Романенков И. Г., Шенгелия А. К. Влияние температуры на прочность и деформативность древесины сосны и лиственницы // Деревообаб. пром-сть.— 1986.— № 10.— С. 15—16. [8]. Gałowicz R. Einfluss der Temperatur auf den Elastizitätsmodul parallel zur Faserrichtung des Holzes // Holztechnologie.— 1980.— N 1.— S. 5—8. [9]. Kollmann F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffen.— Auflage: Berlin, 1951.— Bd. 1, 2.— 1050 p.

Поступила 13 мая 1991 г.

УДК 674.824 : 621.928.1

МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ МУКИ

В. Н. ВОЛЫНКИН

Сибирский технологический институт

С каждым годом в нашей стране увеличивается потребность в выпуске пластмасс, особенно наиболее распространенных и дешевых фенопластов. При их производстве качество наполнителя (древесной муки) зависит от однородности, качества и вида сырья, используемого для ее производства. Согласно ГОСТ 16361—87 содержание коры в древесной муке для марок 140 и 180 высшего, первого и второго сортов составляет соответственно 0,1, 0,2 и 4,0 %.

По данным ЦНИИМОДа, на 10 из 19 предприятий, выпускающих древесную муку, нет полной и постоянной окорки пиловочного сырья, а 9 из них используют отходы лесопиления с большой примесью коры, являющейся одним из основных сортообразующих показателей [2]. Для очистки опилок используют механические вибрационные сепараторы, конструкция которых не позволяет полностью избавиться от коры.

В настоящее время для разделения мелкодисперсных материалов на фракции, наряду с механическими способами, используют методы трибоэлектрической, пьезоэлектрической, диэлектрической сепарации, а также сепарации по электрической проводимости [1]. Разделение происходит в электрическом поле коронного разряда с напряженностью от 1 до 5 кВ/см, что практически неприемлемо для органических мелкодисперсных веществ ввиду возможности их воспламенения.

Магнитная сепарация древесной муки с использованием трибоэлектрического эффекта, основанная на замене электрического поля коронного разряда магнитным полем, позволяет отделить кору непосредственно от муки. При этом частицы мелкодисперсного вещества мельче 50 мкм в процессе трения приобретают электрический заряд. Известно, что на движущуюся частицу массой m , имеющую заряд q , в магнитном поле с индукцией B действует сила

$$F = qvB, \quad (1)$$

где v — скорость движения частицы.

Эта сила направлена перпендикулярно силовым линиям поля и движению частицы (рис. 1).

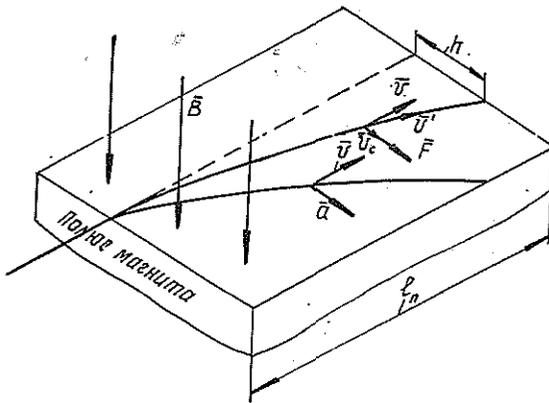


Рис. 1. Схема движения заряженной частицы в магнитном поле

Под действием силы \vec{F} частица получает ускорение

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qvB}{m} = \frac{q}{m} vB. \quad (2)$$

Следовательно, она участвует в двух движениях: равномерном (вдоль магнитного полюса со скоростью v) и равноускоренном (перпендикулярно направлению первоначального движения со скоростью v_c и ускорением a). Пройдя над полюсом, частица отклоняется от прямолинейного пути на расстояние h , которое и определяет процесс сепарации. Если l_n — длина полюса магнита, то время движения частицы над ним

$$t = l_n/v, \quad (3)$$

тогда

$$h = \frac{at^2}{2} = \frac{qvBl_n^2}{m2v^2} = \frac{q}{m} \frac{Bl_n^2}{2v}. \quad (4)$$

Частицы древесины и коры имеют разные q/m , поэтому они отклоняются в магнитном поле на разные расстояния с возможным рассевом:

$$\Delta h = \left[\left(\frac{q}{m} \right)_d - \left(\frac{q}{m} \right)_k \right] \frac{Bl_n^2}{2v}. \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что величина Δh зависит от длины полюсов магнита и скорости движения частиц. Для улучшения сепарационного эффекта может быть использовано встречное бегущее магнитное поле со скоростью движения v_n . При этом

$$\Delta h' \approx \Delta h \frac{v_n}{v}. \quad (6)$$

Если $v_n \gg v$, то $\Delta h'$ изменяется в широких пределах.

Величину возможного рассева частиц древесины и коры в значительной степени определяет отношение заряда частиц к ее массе, для нахождения которого может быть использована установка, представленная на рис. 2.

Навеску массой m_0 помещают в барбатер установки:

$$m_0 = Nm_{cp}, \quad (7)$$

где N — число частиц;
 m_{cp} — средняя масса частицы.

Каждая частица в электризационной трубке установки приобретает некоторый трибозаряд q и переносит его к циклону. Следовательно,

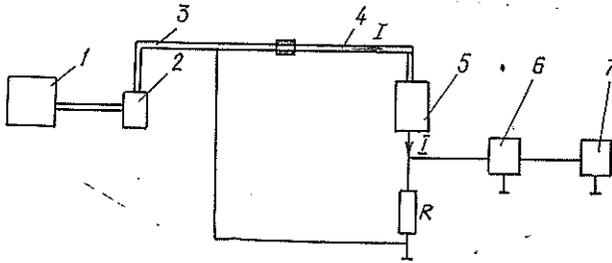


Рис. 2. Блок-схема установки для определения заряда частиц древесной муки: 1 — компрессор; 2 — барбатер; 3 — электризационная трубка; 4 — диэлектрическая трубка; 5 — циклон; 6 — преобразователь напряжения в частоту; 7 — счетчик импульсов

в диэлектрической трубке проходит электрический ток I . Обратная ветвь для тока включает резистор R , напряжение на котором пропорционально току:

$$U = RI. \quad (8)$$

Преобразуя его в частоту, получаем

$$f = KU = KRI, \quad (9)$$

где K — коэффициент преобразования, Гц/В.

Из уравнения (9) следует, что

$$I = \frac{1}{KR} f. \quad (10)$$

Если проинтегрировать выражение (10), т. е. подсчитать число импульсов с преобразователя, получим величину общего заряда Q , приобретаемого частицами навески:

$$\int Idt = \int \frac{1}{KR} f dt; \\ Q = \frac{1}{KR} \int f dt = \frac{1}{KR} n. \quad (11)$$

Здесь n — общее число импульсов, зафиксированное счетчиком.

Кроме того, Q можно рассматривать как

$$Q = Nq_{\text{ср}}, \quad (12)$$

где $q_{\text{ср}}$ — средний заряд одной частицы.

Подставляя (12) в (11), получаем

$$Nq_{\text{ср}} = \frac{1}{KR} n; \\ q_{\text{ср}} = \frac{1}{KR} \frac{n}{N}. \quad (13)$$

Разделив (13) на среднюю массу частицы, рассчитанную по уравнению (7), определим искомое отношение:

$$\frac{q_{\text{ср}}}{m_{\text{ср}}} = \frac{1}{KR} \frac{n}{N} \frac{N}{m_0} = \frac{h}{KRm_0}. \quad (14)$$

Таким образом, найдя величины, входящие в выражение (14), можно вычислить $q_{\text{ср}}/m_{\text{ср}}$ для исследуемой фракции частиц.

Предлагаемая методика дает только общий вид зависимостей. Характер движения частиц древесной муки в магнитном поле и параметры установки по определению заряда частиц подлежат дальнейшему изучению.

Метод магнитной сепарации мелкодисперсных органических веществ может быть использован для разделения на фракции веществ, состав которых нельзя узнать другими известными методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Физические основы электрической сепарации / А. И. Ангелов, М. П. Верещагин, В. С. Ершов и др.; Под ред. В. И. Ревнивцева.—М.: Недра, 1983.—271 с.
[2]. Цывин М. М., Котцов С. Г. О качестве древесной муки // Деревообраб. пром-сть.—1977.—№ 5.—С. 13—14.

Поступила 17 января 1990 г.

УДК 674.053 : 621.933.6.02

БОКОВЫЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РАМНЫЕ ПИЛЫ, И ВЛИЯНИЕ ИХ НА ТОЧНОСТЬ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Точность размеров пиломатериалов — один из главных показателей рамного пиления. Для ее повышения приходится снижать скорость подачи, что уменьшает производительность рам; применять толстые пилы и увеличивать поле допуска со смещением его центра, что приводит к снижению выхода пиломатериалов; усиливать натяжение пил, что сокращает срок их службы.

Точность толщины пиломатериалов складывается из точности настройки лесопильной рамы на заданные размеры и точности пиления. Повышение точности настройки рассмотрено в работе [5]. Условие точного пиления имеет вид

$$y = \frac{Q}{j_n \left(1 - \frac{P_{\max}^2}{P_{кр}^2} \right)} \leq [y], \quad (1)$$

- где y — отклонение пилы в процессе пиления, мм;
 Q — результирующая боковая составляющая силы сопротивления резанию (в дальнейшем просто боковая сила), Н;
 j_n — начальная жесткость рамной пилы, Н/мм;
 P_{\max} — максимальная нормальная составляющая силы сопротивления резанию, Н;
 $P_{кр}$ — критическая сила, т. е. действующая в плоскости наибольшей жесткости предельная сила, при достижении которой пила теряет устойчивость плоской формы изгиба, Н;
 $[y]$ — допустимое отклонение пилы, мм.

Рекомендации по определению j_n и $P_{кр}$ даны в работе [4]. Максимальная нормальная составляющая силы сопротивления резанию может быть найдена из выражения

$$P_{\max} = q_p R_{ср.р.х} \quad (2)$$

- где q_p — коэффициент, зависящий от кинематики лесопильной рамы и жесткости механизмов резания и подачи;
 $R_{ср.р.х}$ — средняя касательная сила резания за рабочий ход пилы, Н.

Величину $R_{\text{ср. п. х}}$ можно вычислить по формуле

$$R_{\text{ср. п. х}} = Kb'h\Delta/H, \quad (3)$$

где K — удельная работа резания, МПа;
 b' — ширина пропила, мм;
 h — высота пропила, мм;
 Δ — подача за двойной ход пил (посылка), мм;
 H — ход пильной рамки (пил), мм.

Удельную работу резания определим по методике, предложенной в работе [1]. При распиловке сосны, ели и пихты

$$K = 37 + \frac{0,2h}{b'} + \frac{7,2a_p}{U_{z \text{ ср. п. х}}}, \quad (4)$$

где a_p — коэффициент затупления зубьев, методика определения его величины приведена в работе [1];
 $U_{z \text{ ср. п. х}}$ — средняя подача на зуб, мм.

Допускаемое отклонение пилы

$$[y] = \sqrt{\frac{A_{\tau}^2 - A_{\text{поз}}^2 - 2A_{\text{уш}}^2 - A_{\text{ус}}^2}{8}}, \quad (5)$$

где A_{τ} , $A_{\text{поз}}$, $A_{\text{уш}}$, $A_{\text{ус}}$ — поля допуска (в мм) толщины пиломатериалов, позиционирования пил (толщины межпильных прокладок), уширения зубьев, усушки пиломатериалов.

Согласно нормам [3, 6, 7], имеем $A_{\tau} = 3$ мм (при толщине пиломатериалов < 50 мм) и $A_{\tau} = 5$ мм (при толщине пиломатериалов ≥ 50 мм); $A_{\text{поз}} = 0,4$ мм; $A_{\text{уш}} = 0,1$ мм. Поле допуска усушки можно определить, используя зависимость среднеквадратичного отклонения усушки от ее величины [7]:

$$A_{\text{ус}} = 6\sigma_{\text{ус}} = 1,68\bar{y}, \quad (6)$$

где $\sigma_{\text{ус}}$ — среднеквадратичное отклонение усушки, мм;
 y — усушка, мм.

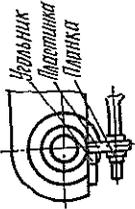
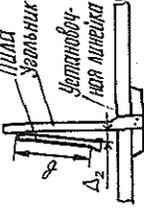
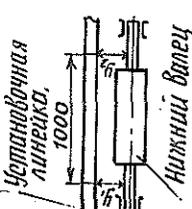
Из формулы (1) видно, что сила Q оказывает большое влияние на точность пиления. Поэтому необходимо дать методику ее расчета. Основные причины возникновения боковых сил приведены в таблице и показаны на рисунке. Они поддаются количественной оценке и на них можно воздействовать.

На величину и направление боковых сил влияют также положение пил в поставе и особенности строения древесины. Правильная и своевременная заточка зубьев пил позволяет свести эти факторы к минимуму и не учитывать в расчетах.

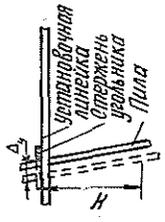
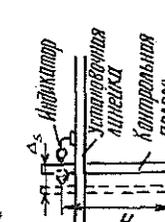
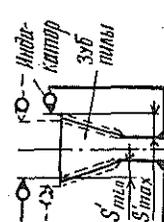
Результирующая боковая сила может быть определена по формуле

$$Q = P_{\text{max}} \text{tg } \theta + R_{\text{max}} \text{tg } \varphi + \frac{P_{\text{max}}(S'_1 - S'_2)}{b} + \frac{T_n \text{tg } \beta}{z}, \quad (7)$$

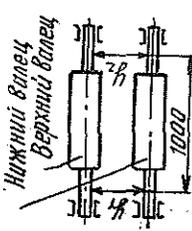
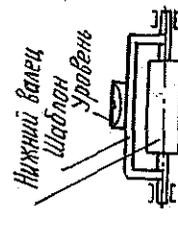
где θ — угол между продольной осью лесопильной рамы и равнодействующей горизонтальной силой сопротивления резанию, равный алгебраической сумме углов θ_1 , θ_2 и θ_3 (рис. а, б, в), рад;
 φ — угол между вертикальной осью лесопильной рамы и равнодействующей вертикальной силой сопротивления резанию, равный алгебраической сумме углов φ_1 , φ_2 и φ_3 (рис. г, д, е), рад;

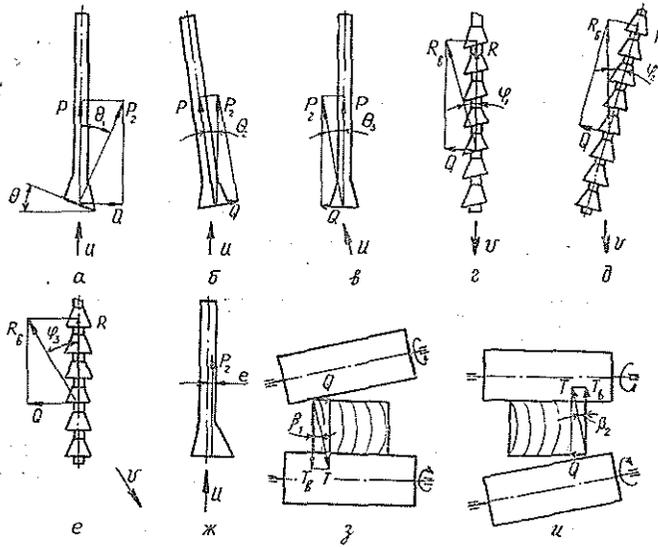
Причина возникновения боковой силы	Что проверяется	Схема проверки	Допуск	Нормативный документ, устанавливающий допуск	Формула для определения боковой силы
Неперпендикулярность передней грани зубьев боковой поверхности пилы	Перпендикулярность опорной поверхности фланца шлифовального круга опорной поверхности зажимной планки станка		$[\Delta_1] = 0,05$ мм на длине $l = 50$ мм	ГОСТ 18209—72 «Станки для заточки рамных и ленточных пил»	$Q = P \operatorname{tg} \theta_1$; $Q = R \operatorname{tg} \varphi_1$, где $\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{Q}{P}$ $= \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\Delta_1}{l}$ (при нормативных значениях $\operatorname{tg} \theta_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,0008$)
Непараллельность установки пил продольной оси лесопильной рамы	Отклонение стержня поперечного угольника плоскости полотна пилы		$[\Delta_2] = 0,2 \dots 0,3$ мм на ширине полотна пилы b	Технологические рекомендации РПИ 6.1—00 «Подготовка рамных пил»	$Q = P \operatorname{tg} \theta_2$, где $\operatorname{tg} \theta_2 = \frac{Q}{P}$ $= \frac{\Delta_2}{b}$ (при $\Delta_2 = 0,2$ мм и $b = 100$ мм $\operatorname{tg} \theta_2 = 0,002$)
Непараллельность направления подачи продольной оси лесопильной рамы	Параллельность установочной линейки оси переднего подающего вальца		$[\Delta_3] = y_2 - y_1 = 0,25$ мм на длине $l = 1000$ мм	ГОСТ 16415—70 «Работы лесопильные вертикальные двухэтажные для распиловки бревен и брусьев. Нормы точности»	$Q = P \operatorname{tg} \theta_3$, где $\operatorname{tg} \theta_3 = \frac{Q}{P}$ $= \frac{\Delta_3}{1000}$ (при нормативном значении $\Delta_3 = 0,25$ мм $\operatorname{tg} \theta_3 = 0,00025$)

Продолжение таблицы

Причина возникновения боковой силы	Что проверяется	Схема проверки	Допуск	Нормативный документ, устанавливающий допуск	Формула для определения боковой силы
Непараллельность установки пил вертикальной оси лесопильной рамы	Отклонение стержня поперочного угольника от плоскости полотна пилы на величине хода пил H		$[\Delta_4] = 0,5$ мм на величине хода пил H	Технологические режимы РПМ 6.1—00 «Подготовка рамных пил»	$Q = \frac{R}{\Delta_4} \operatorname{tg} \varphi_2$ <p>где $\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{P}{b}$ на $H = 600$ мм $\varphi_2 = 0,0008$</p>
Неточность движения пил	Вертикальность перемещения пильной рамки в направляющих		$[\Delta_5] = 0,4$ мм на длине $l = 1000$ мм	ГОСТ 16415—70 «Рамы лесопильные вертикальные двухэтажные для распиловки бревен и брусьев. Нормы точности»	$Q = \frac{R}{\Delta_5} \operatorname{tg} \varphi_3$ <p>где $\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{P}{b}$ (при нормативном значении $\Delta_5 = 0,4$ мм $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,0004$)</p>
Несимметричность уширения зубьев пил	Симметричность уширения зубьев с двух сторон пилы		$[\Delta_6] = S'_{\max} - S'_{\min} = 0,16$ мм	ТУ на плоскостные станки ПХФ-2	$Q = \frac{P \Delta_6}{b}$ <p>(при нормативном значении $\Delta_6 = 0,16$ мм $Q = 0,16 \frac{P}{b}$)</p>

Продолжение таблицы

Причина возникновения боковой силы	Что проверяется	Схема проверки	Допуск	Нормативный документ, устанавливающий допуск	Формула для определения боковой силы
Непараллельность осей верхних и нижних валцов между собой	Параллельность обрабатываемых верхних и нижних подающих валцов между собой		$[\Delta_7] = 0,5 \text{ мм}$ на длине $l = 1000 \text{ мм}$	ГОСТ 16415—70 «Работы лесопильные вертикальные двухэтажные для распиловки бревен и брусков. Нормы точности»	$Q = \frac{T_v}{\Delta_7} \text{tg } \beta_1$, где $\text{tg } \beta_1 = \frac{\Delta_7}{1000}$ (при нормативном значении $\Delta_7 = 0,5 \text{ мм}$ $\text{tg } \beta_1 = 0,0005$)
Негоризонтальность осей нижних подающих валцов	Горизонтальность нижних подающих валцов		$[\Delta_8] = 0,4 \text{ мм}$ на длине $l = 1000 \text{ мм}$	ГОСТ 16415—70 «Работы лесопильные двухэтажные для распиловки бревен и брусков. Нормы точности»	$Q = \frac{T_v}{\Delta_8} \text{tg } \beta_2$, где $\text{tg } \beta_2 = \frac{\Delta_8}{1000}$ (при нормативном значении $\Delta_8 = 0,0004$)



Причины возникновения боковых сил: неперпендикулярность передней грани зубьев полотну пилы (а, е); неточность установки пил в горизонтальном направлении (б), подачи распиливаемого материала (в), установки пил в вертикальном направлении (д), движения пил (е); несимметричность уширения зубьев (ж); непараллельность верхних и нижних подающих валцов (з), негоризонтальность нижних подающих валцов (и)

- β — угол между вертикальной осью лесопильной рамы и нормалью к образующей вальца, равный алгебраической сумме углов β_1 и β_2 (рис. з, и), рад;
- R_{\max} — максимальная касательная составляющая силы сопротивления резанию, Н;
- s_1 и s_2 — уширения зубьев на одну и другую стороны, мм;
- b — ширина пилы, мм;
- $T_{\text{в}}$ — сила прижима вальцов к распиливаемой древесине, Н;
- z — число пил в поставе.

Уменьшить силу Q можно как за счет компенсации одних погрешностей другими (они дают боковые силы разных знаков), так и за счет уменьшения величины погрешностей.

Первый способ зависит от профессионального уровня персонала, обслуживающего станок, и может быть исключением, но не правилом. Необходимо развивать второй способ снижения Q , повышая точность подготовки к работе пил и механизмов станка.

При замерах погрешностей подготовки пил и механизмов станка к работе Δ_i можно вычислить силы Q_i , вызванные отдельными факторами (см. таблицу). Складывая их (с учетом знака) получаем результирующую боковую силу:

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i. \tag{8}$$

Нормативные значения погрешностей (допусков) приведены в таблице. Рассматривая погрешности как случайные величины, в пределах допустимых значений $\pm[\Delta_i]$, можно прогнозировать силу Q из следующих выражений:

$$Q_1 = P_{\max} \sqrt{\text{tg}^2\theta_1 + \text{tg}^2\theta_2 + \text{tg}^2\theta_3}; \tag{9}$$

$$Q_2 = R_{\max} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi_1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_3}; \quad (10)$$

$$Q_3 = P_{\max} \bar{\Delta}_0 / b; \quad (11)$$

$$Q_4 = \frac{T_{\text{в}}}{z} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta_1 + \operatorname{tg}^2 \beta_2}; \quad (12)$$

$$Q = \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 + Q_3^2 + Q_4^2}. \quad (13)$$

Используя нормативные значения допустимых погрешностей (допуск) $[\Delta]_i$ и формулы (9) — (13), получим уравнение для прогнозирования боковой силы в зависимости от режимов пиления (R_{\max} , P_{\max} , $T_{\text{в}}$):

$$Q = 10^{-3} \sqrt{5,66 \rho_{\max}^2 + 1,44 R_{\max}^2 + 0,41 (T_{\text{в}}/z)^2}. \quad (14)$$

Силу P_{\max} и R_{\max} можно определить по выражениям $R_{\max} = q_R R_{\text{ср. р. х}}$ и $P_{\max} = q_P R_{\text{ср. р. х}}$. Коэффициенты q_R и q_P зависят от кинематики лесопильных рам и жесткости механизмов резания и подачи. Для лесопильных рам, выпускаемых в настоящее время, можно принять средние значения $q_P = 2,5$ и $q_R = 3,5$ [8]. При изменении кинематики лесопильных рам эти коэффициенты должны быть уточнены путем проведения экспериментальных исследований сил резания.

Сила прижима верхних вальцов к распиливаемому материалу $T_{\text{в}}$ (бревну или брусу) должна удовлетворять двум условиям. Во-первых, она должна обеспечивать такое сцепление подающих вальцов с древесиной, чтобы тяговое усилие могло преодолевать горизонтальные составляющие от сил резания и сопротивления в направляющих ножках; во-вторых, исключать подбрасывание распиливаемого материала при холостом ходе пил.

Расчеты показывают, что во втором случае требуется большее усилие прижима $T_{\text{в}}$. При определении его следует брать случай, когда распиливаемый материал находится в одной паре вальцов. Силу $T_{\text{в}}$, приходящуюся на одну пилу, найдем как

$$T_{\text{в}}/z = R_{\max} \text{ или } T_{\text{в}}/z = 3,5 R_{\text{ср. р. х}}$$

Пример. Распиливаем еловые брусья высотой 200 мм на доски толщиной 25 и 50 мм с посылкой $\Delta = 39$ мм. Ширина пропила $b' = 3,6$ мм; ход пильной рамки $H = 600$ мм. Рамные пилы с шагом зубьев $t = 26$ мм, толщиной 2,0 мм и шириной 140 мм натянуты с силой $N = 50$ кН при оптимальном эксцентриситете линии натяжения $\mathcal{E}_{\text{опт}}$. Свободная длина пил (расстояние между верхними и нижними межпильными прокладками) $l = 800$ мм. Время упряга $t_y = 140$ мин, что соответствует коэффициенту затупления зубьев $a_p = 1,6$.

Требуется дать прогноз о величине боковых сил в конце упряга и установить, обеспечивается ли качество пиления по точности при условии, что выполнены требования к качеству подготовки пил и узлов станка к работе.

По методике, изложенной в работе [4], определяем начальную жесткость пил $j_{\text{п}} = 87,5$ Н/мм; величину оптимального относительного эксцентриситета линии натяжения пил $\mathcal{E}_{\text{опт}} = 0,13$; критическую силу пилы $P_{\text{кр}} = 9,96$ кН.

Подачу на зуб находим как $U_{z \text{ ср}} = \Delta t / H = 39 \cdot 26 / 600 = 1,7$ мм. По формуле (4) вычисляем удельную работу резания $K = 54,9$ МПа, а по формуле (3) — $R_{\text{ср. р. х}} = 2,57$ кН. Максимальные вертикальная и горизонтальная силы резания составляют соответственно 8,99 и 6,42 кН. Сила прижима вальцов к древесине, отнесенная к одной пиле, $T_{\text{в}}/z = R_{\max} = 8,99$ кН.

Подставляя P_{\max} , R_{\max} и T_v/z в формулу (14), получаем значение боковой силы 19,56 Н. Из формулы (1) имеем $y = 0,38$ мм.

Величина усушки досок \bar{y} толщиной 25 мм, согласно [2], составляет 0,80 мм. Тогда поле допуска усушки $A_{yc} = 1,34$ мм.

Допускаемая величина отклонения пила $[y]$, определяемая по формуле (5), равна 0,94 мм. Так как $y < [y]$, то считаем, что качество распиловки по точности обеспечивается.

Материалы, представленные в статье, могут быть использованы в следующих случаях:

оценка влияния погрешностей подготовки пил и узлов лесопильной рамы на величину боковых сил и точность пиления;

прогнозирование качества пиления по точности при обеспечении нормативных значений погрешностей подготовки пил и узлов лесопильной рамы к работе;

обоснование норм точности подготовки пил и узлов лесопильной рамы к работе;

определение эффективности мероприятий по повышению точности подготовки пил и узлов лесопильной рамы к работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бершадский А. Л. Расчет режимов резания древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1967.—175 с. [2]. ГОСТ 6782.1—75 (СТ СЭВ 1148—78). Пилопродукция из древесины хвойных пород. Величина усушки.—Взамен ГОСТ 6782—67; Введ. 01.07.76.—М.: Изд-во стандартов, 1980.—10 с. [3]. ГОСТ 26002—83. Пиломатериалы хвойных пород северной сортровки, поставляемые для экспорта. Технические условия.—Введ. 01.01.85.—М.: Изд-во стандартов, 1985.—33 с. [4]. Прокофьев Г. Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами.—М.: Лесн. пром-сть, 1990.—240 с. [5]. Прокофьев Г. Ф. Повышение точности размеров пиломатериалов при рамном пилении: Обзор. инф.—М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987.—32 с. [6]. Прокофьев Г. Ф. Технологические режимы РПИ 6.1-00. Подготовка рамных пил.—Архангельск: ЦНИИМОД, 1987.—40 с. [7]. ТУ 13-0273675-25—89. Прокладки межпилные для вертикальных лесопильных рам.—Взамен ОСТ 13-6—78; Введ. 01.01.90 до 01.01.95.—Архангельск, 1989.—13 с. [8]. Хасдан С. М. и др. Экспериментальные исследования сил резания в двухэтажных лесопильных рамах серийных конструкций // Науч. тр. / ЦНИИМОД.—1965.—Вып. 18.—С. 117—193.

Поступила 26 марта 1991 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16.023.143

ОТБЕЛКА РАФИНЕРНОЙ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ
ДЕАЭРИРОВАННЫМ ВОДНЫМ РАСТВОРОМ
ДИТИОНИТА НАТРИЯТ. А. ТУМАНОВА, А. Р. ГАБРИЕЛЯН, Ю. И. ДЬЯЧЕНКО,
В. А. ЧАСОВЕННАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

При систематическом исследовании сложного комплекса — водного раствора дитионита натрия (ДН) — необходимо выявить участие кислорода в реакциях диспропорционирования и окисления ДН, а также отбельном процессе. Ранее нами [1] были изучены реакции в водных растворах ДН при отбелке рафинерной древесной массы (РДМ) в присутствии кислорода воздуха, распределенного между жидкой и газовой фазами системы. Другие исследователи [5, 7, 9] для снижения потерь ДН на саморазложение и увеличение эффективности отбелки древесной массы рекомендуют создавать «подушку» из инертного газа (азот, гелий) в отбельных башнях над волокнистой суспензией [3, 5, 7].

Цель данной работы — исследовать состав деаэрированного водного раствора ДН при отбелке, а также влияние условий отбелки на белизну и реверсию белизны РДМ.

В качестве полуфабриката использовали РДМ Сыктывкарского ЛПК из древесины ели при степени помола 65 °ШР, белизне 48,9 %, массовой доле лигнина, смол и жиров, зольных веществ соответственно 30,0; 4,2; 0,8 %. Навески небеленой РДМ предварительно в течение 30 мин обрабатывали раствором ЭДТА при заданной температуре и рН, затем всю систему продували гелием 15 мин, вносили сухую навеску препарата ДН, перемешивали потоком гелия и создавали подушку инертного газа над раствором. В этих условиях систему выдерживали в течение 15...120 мин. Спыты проводили при температуре 20, 35 и 70 °С. Необходимое значение рН отбельного раствора (5, 6 или 7) поддерживали с помощью буферного раствора. Во всех опытах после внесения сухого препарата ДН в суспензию РДМ использовали отбельный раствор следующего состава: дитионит 15,6; сульфит и гидросульфит 6,9; тиосульфат 1,1; сульфат 5,3 ммоль/л. Массовые доли РДМ и ЭДТА в расчете на массу абс. сухого волокна составляют 3,00 и 0,25 % соответственно.

По истечении заданного времени массу извлекали из сосуда и промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции. В отработанном отбельном растворе определяли содержание остаточного дитионита, гидросульфита, тиосульфата, сульфата. Образование коллоидной серы фиксировали турбидиметрическим методом [3]. Приготовленные отливки из РДМ использовали для определения белизны на лейкометре фирмы «Carl Zeiss Jena». Для изучения зависимости реверсии белизны РДМ от условий отбелки воздействовали УФ-излучением (осветитель КФ-4 со светофильтром УФС-6, диапазон длин волн 340...390 нм, продолжительность освещения 15 ч).

Экспериментальные данные (рис. 1) аппроксимировали уравнениями кубической параболы. Полученные уравнения регрессии харак-

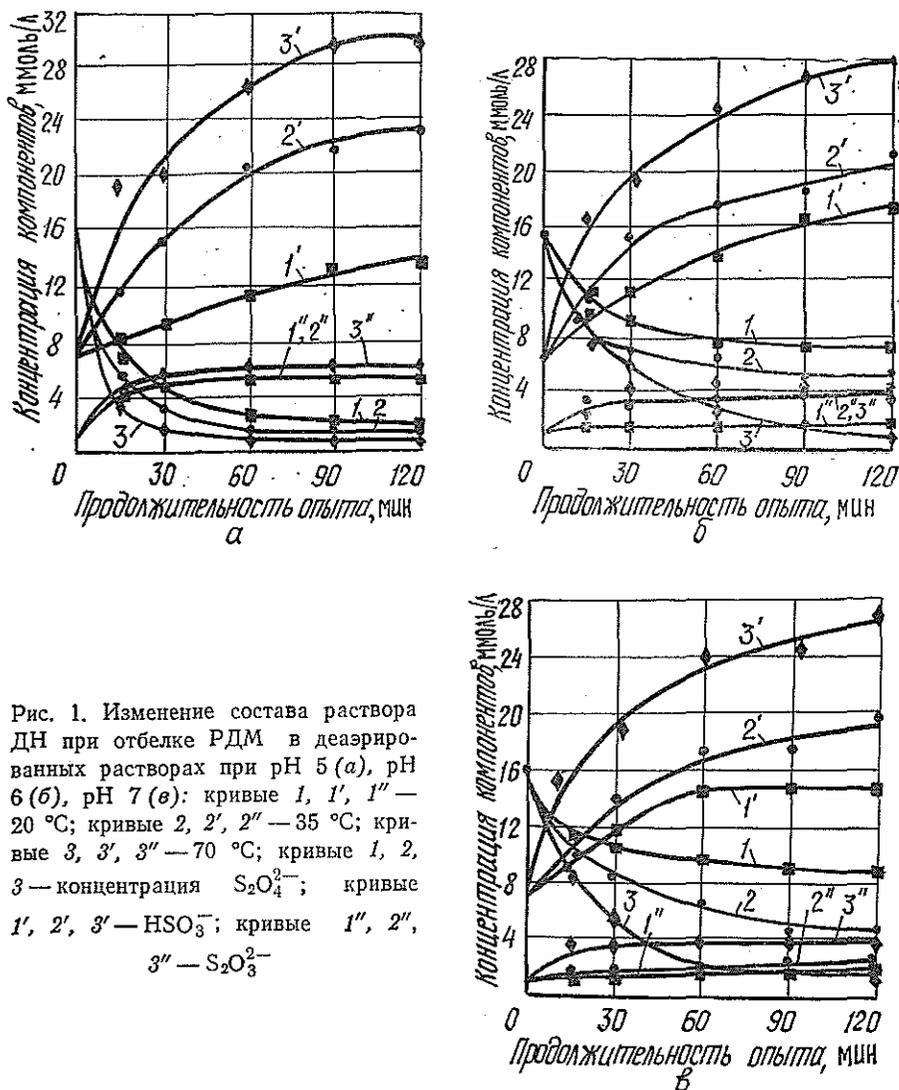


Рис. 1. Изменение состава раствора ДН при отбелке РДМ в деаэрированных растворах при pH 5 (а), pH 6 (б), pH 7 (в): кривые 1, 1', 1'' — 20 °С; кривые 2, 2', 2'' — 35 °С; кривые 3, 3', 3'' — 70 °С; кривые 1, 2, 3 — концентрация $S_2O_4^{2-}$; кривые 1', 2', 3' — HSO_3^- ; кривые 1'', 2'', 3'' — $S_2O_3^{2-}$

теризуются коэффициентами множественной детерминации (0,95... 0,99) и проверены на адекватность по критерию Фишера (табл. 1).

Сравнение результатов расчета показывает, что коэффициенты b_1 , отвечающие начальной скорости разложения ДН, возрастают по модулю при снижении pH и в целом с увеличением температуры. При сопоставлении значений коэффициентов b_1 для деаэрированных растворов и растворов, контактировавших с воздухом, следует, что в отсутствие кислорода процесс разложения ДН замедляется (коэффициенты уменьшаются по модулю примерно в 2 раза). Значения коэффициентов b_1 , отвечающих начальной скорости образования HSO_3^- , растут с увеличением температуры, причем без кислорода они ниже.

При определении эффективного временного порядка процесса разложения ДН была вычислена скорость этого процесса для некоторых значений времени отбелки исходя из уравнений регрессии. Аналогичные расчеты [1] проведены для отбелки РДМ в условиях доступа воздуха. Оказалось, что временной порядок для растворов, находившихся в контакте с воздухом, близок к 0,8. При pH 7 и температурах отбелки

Таблица 1

рН отбелного раствора	Температура отбелки, °С	$S_2O_4^{2-}$				HSO_3^-			
		b_0	$b_1 \cdot 10^2$	$b_2 \cdot 10^4$	$b_3 \cdot 10^5$	b_0	$b_1 \cdot 10^2$	$b_2 \cdot 10^4$	$b_3 \cdot 10^5$
5	20	15,4	-75,9	172,3	-135	6,8	9,8	-5,2	1
	35	15,1	-92,6	229,6	-190	6,9	33,7	-24,6	6
	70	15,7	-143,0	450,9	-428	7,3	61,7	-63,0	22
6	20	15,2	-40,1	73,4	-42	6,9	16,6	-9,5	2
	35	15,4	-87,4	277,2	-263	6,7	36,2	-39,7	16
	70	15,1	-57,1	92,6	-50	8,1	60,4	-70,3	28
7	20	15,6	-44,4	125,6	-112	6,9	12,6	21,2	-36
	35	15,3	-41,1	69,7	-40	6,8	26,5	-20,0	5
	70	15,4	-64,1	124,1	-89	7,6	73,9	-130,4	83

20 и 35 °С, а также при рН 6 и 20 °С разложение ДН происходит в режиме самоторможения. Деаэрирование растворов усиливает тенденцию к самоторможению: при температурах 20 и 35 °С оно наблюдается для всех значений рН и лишь при 70 °С и рН 5, 6 и 7 уступает место временному порядку $n \approx 1$. Таким образом, снижение рН, повышение температуры и наличие кислорода способствуют устранению самоторможения, что можно объяснить облегчением образования интермедиа-тов, обладающих каталитическим действием.

По результатам анализа рассчитан баланс соединений серы в ходе разложения ДН при продолжительности отбелки 60 мин, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Температура отбелки, °С	рН отбелного раствора	Расход $S_2O_4^{2-}$, %									
		общий		HSO_3^-		$S_2O_3^{2-}$		SO_4^{2-}		неидентифицированные и S^0	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
20	5	82,1	85,2	13,4	31,6	25,4	24,1	0,0	9,3	43,3	20,2
	6	47,4	85,2	22,7	27,8	4,5	27,6	1,3	11,8	18,9	18,0
	7	35,9	62,6	23,7	25,5	1,6	5,1	1,3	14,1	9,3	18,2
35	5	91,0	89,6	41,3	38,3	25,4	27,0	0,0	8,3	24,3	16,0
	6	61,5	89,6	33,6	33,3	16,6	23,5	1,6	7,8	9,7	25,0
	7	57,7	60,7	31,1	29,2	7,0	5,1	1,9	13,2	17,7	13,2
70	5	92,3	94,7	61,5	55,6	32,0	29,7	0,0	7,8	—	1,6
	6	80,1	93,5	56,1	46,3	17,9	24,1	1,9	12,0	4,2	10,9
	7	85,3	94,4	53,2	49,3	17,3	20,3	2,6	10,1	12,2	14,7

Примечание. Здесь и далее, в табл. 3—5: 1 — отбелка РДМ в деаэрированных растворах; 2 — в контрольных растворах.

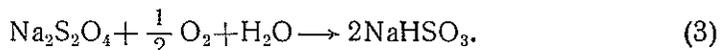
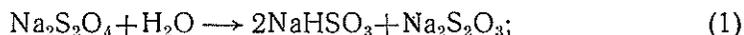
Установлено, что доля разложившегося ДН увеличивается с ростом температуры и уменьшается с ростом рН (особенно при температуре 20 и 35 °С). При повышенной температуре (70 °С) рН раствора слабо влияет на разложение ДН. В таблице для сравнения приведены данные об отбелке РДМ в тех же условиях, но при контакте с воздухом (контрольные растворы). В отсутствие кислорода более всего проявляется воздействие рН раствора на разложение ДН при рН, равном 6 и 7. В этом случае расход ДН на разложение уменьшается от 10 % (для рН 7 и температуры 70 °С) до 38 % (для рН 6 и 20 °С). Разница между расходами ДН в деаэрированных и контрольных рас-

ворах снижается с ростом температуры. Отсутствие кислорода практически не влияет на степень разложения ДН при рН 5.

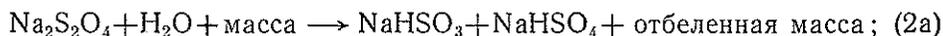
Основным продуктом разложения ДН являются гидросульфит-ионы. Доля расхода дитионита на их образование увеличивается с ростом температуры. Образование HSO_3^- слабо зависит от рН и наличия кислорода.

С увеличением температуры и снижением рН растет доля расхода ДН на образование тиосульфата. Проведение отбелки в отсутствие кислорода уменьшает долю разложения ДН с образованием $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (рН 6 и 7), особенно при 20 °С. В бескислородных условиях значительно снижается доля ДН на окисление до сульфата (1...2 %), причем в кислой среде реакция окисления практически не протекает.

Ранее было показано, что процессы разложения ДН сводятся в основном к трем брутто-реакциям:



В присутствии волокнистой массы возможны также реакции



Как видно из табл. 3, основной при отбелке является реакция (1). Ее доля увеличивается с ростом температуры и переходом в слабокислую среду до 50 %. Отсутствие кислорода практически не влияет на вклад этой реакции в общий отбельный процесс.

Таблица 3

рН отбельного раствора	Температура отбелки, °С	Доля расхода ДН на реакции							
		общего разложения		(1)		(2) + (2a)		(3) + (3a)	
		1	2	1	2	1	2	1	2
5	20	0,82	0,85	0,62	0,60	0,00	0,06	0,00	0,00
	35	0,91	0,90	0,55	0,60	0,00	0,06	0,17	0,03
	70	0,92	0,95	0,70	0,57	0,00	0,08	0,32	0,15
6	20	0,47	0,85	0,16	0,57	0,06	0,16	0,35	0,00
	35	0,62	0,90	0,54	0,55	0,05	0,08	0,25	0,00
	70	0,80	0,94	0,45	0,49	0,05	0,11	0,45	0,11
7	20	0,36	0,62	0,07	0,22	0,07	0,19	0,50	0,09
	35	0,58	0,61	0,24	0,20	0,06	0,21	0,38	0,10
	70	0,85	0,94	0,40	0,43	0,06	0,19	0,39	0,12

Реакция окисления дитионита (2) сильно подавлена в деаэрированном растворе; небольшое количество образовавшегося сульфата можно отнести за счет реакции (2a). Ее доля составляет в общем процессе 5...6 %.

Реакция (3) в условиях опыта при отсутствии кислорода не протекает, поэтому рассчитанную долю можно отнести к реакции (3a). Доля этой реакции в общем процессе составляет 20...45 %; скорость ее сильно зависит от рН при температуре 20 и 35°, но мало — при 70 °С. Отсутствие кислорода увеличивает долю реакции (3a) в общем процессе разложения ДН.

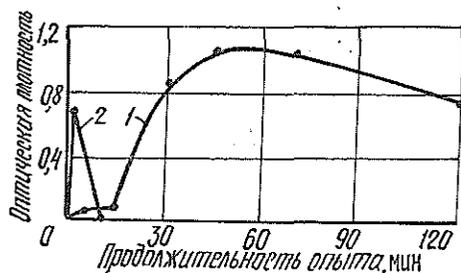
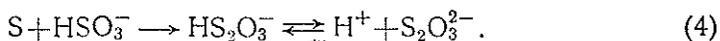


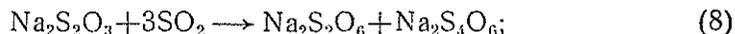
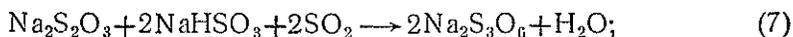
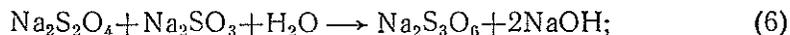
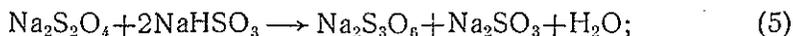
Рис. 2. Изменение оптической плотности ($\lambda = 400$ нм) деаэрированных растворов ДН при отбелке РДМ и pH 5: 1 — 20; 2 — 70 °С

Доля неидентифицированных соединений серы (см. табл. 2) доходит до 43 %; с повышением температуры и при переходе к нейтральной среде она уменьшается. Как показали турбидиметрические определения (рис. 2), коллоидная сера образуется в отбельных растворах ДН только при pH 5 и пониженных температурах. При 70 °С в первые 3 мин наблюдается появление серы, которая взаимодействует с гидросульфит-ионами, образуя тиосульфат:



Полиитионаты в отбельных растворах были определены методом тонкослойной хроматографии [6, 8, 9] на пластинках «Silufol UV 254». Использована элюентная система пропанол — 25 %-й раствор аммиака — вода в соотношении 88:5:7; обнаруживающий реагент — свежеприготовленный раствор нитрата диаминсеребра [9].

Во всех отработанных отбельных растворах ДН выявлены ионы $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$ (коэффициент разделения $R_f = 0,09$), $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ($R_f = 0,20$). При повышенной температуре и pH 6 и 7 в растворах установлено преобладание ионов $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, а при pH 5 и всех исследуемых значениях температуры — $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$. Появление полиитионатов можно показать на следующих реакциях [2, 4, 10]:



Образование ионов $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$ можно объяснить протеканием реакций (5), (8) и (9), а ионов $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ — (8) и (9).

Данные табл. 4 позволяют количественно оценить содержание сухого остатка в растворе ДН после отбелки РДМ в деаэрированных и контрольных растворах. Общее количество сухого остатка в присутст-

Таблица 4

pH отбельного раствора	Сухой остаток, г/100 г РДМ					
	Всего		Минеральная часть		Органическая часть	
	1	2	1	2	1	2
5	11,4	52,1	5,0	27,1	6,4	25,0
6	18,7	36,6	1,4	15,0	17,3	21,6
7	17,8	39,0	2,4	15,7	15,4	23,3

вни кислорода в 2—4 раза больше, чем в деаэрированных растворах. Изменение механизма отбелки отражается и на соотношении органической и минеральной частей остатка. При рН 5 это соотношение близко к 1:1 в деаэрированных и контрольных растворах. При других значениях в контрольных растворах оно остается неизменным, а в деаэрированных смещается в сторону преобладания органической части.

Зависимость прироста белизны ΔB от условий отбелки показана на рис. 3. Наибольший прирост белизны при отбелке РДМ как в деаэрированных, так и в контрольных растворах, приходится на первые 60 мин отбелки; в дальнейшем она может снижаться, особенно в растворах с рН 5. Проведение отбелки в деаэрированном растворе не влияет на прирост белизны при температуре 20 °С, но увеличивает его при 35 °С и уменьшает при 70 °С.

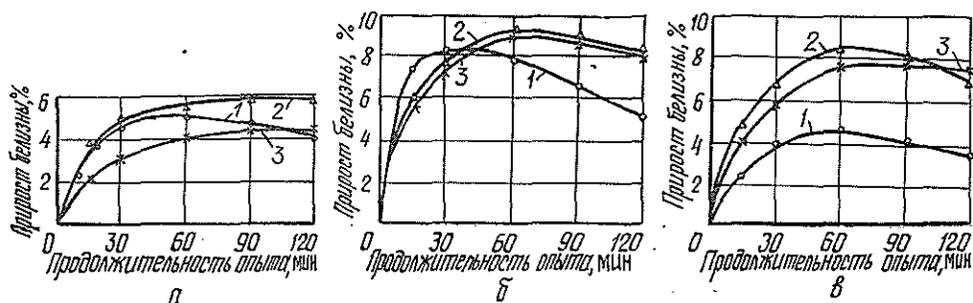


Рис. 3. Влияние продолжительности отбелки на прирост белизны РДМ при температуре отбельного раствора 20 (а), 35 (б) и 70 °С (в) и рН 5 (кривая 1), рН 6 (кривая 2) и рН 7 (кривая 3)

В табл. 5 приведены данные о влиянии параметров процесса на прирост и реверсию белизны образцов РДМ при времени отбелки 60 мин. Образцы, отбеленные в деаэрированном растворе при рН 5 и 6, подвергаются большей реверсии, чем контрольные, тогда как при рН 7 влияние деаэрирования является противоположным. Максимальная белизна образцов наблюдается при всех значениях рН и температуре 35 °С. Повышение температуры отбельных растворов способствует образованию хромофоров.

Таблица 5

рН отбельного раствора	Прирост белизны (числитель) и реверсия белизны (знаменатель) при температуре отбелки, °С					
	20		35		70	
	1	2	1	2	1	2
5	4,9	2,8	8,0	5,2	6,9	8,7
	5,3	2,5	5,0	3,1	4,4	3,3
6	5,1	4,2	9,3	6,1	8,4	11,1
	5,7	1,7	6,8	2,1	6,1	3,8
7	4,7	5,6	9,0	7,3	7,7	12,4
	4,6	6,0	3,2	4,8	2,8	5,0

Выводы

1. Кислород участвует в отбельном процессе, особенно при повышенных температурах, при этом скорость реакции разложения дитионита с образованием гидросульфита увеличивается.

2. Ведение отбелки в деаэрированном растворе изменяет соотношение основных реакций, протекающих при отбелке РДМ дитионитом натрия. При 20 °С основной реакцией следует считать реакцию гидролиза дитионита с образованием гидросульфита и тиосульфата. При повышенной температуре ДН расходуется на отбелку с образованием тиосульфата.

3. Температура отбелки 35 °С, дающая наибольший прирост белизны при одновременном снижении реверсии, является оптимальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние хелатного соединения на процесс отбелки древесной массы растворами дитионита натрия / Т. А. Туманова, А. Р. Габриелян, В. А. Часовенная и др. // Лесн. журн.—1991.— № 3.— С. 81—86.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Зильберман Я. И., Фридман В. М. О взаимодействии сероводорода с солями сернистой кислоты. III. Влияние концентрации водородных ионов на направление процесса // Журн. общей химии.—1941.— Т. II, вып. 5, 6.— С. 363—370. [3]. Vil Z. Stabilizacja roztworu dwutlonyinu sodowego stosowanego do bielenia Scieru // Prz. Pap.—1983.— Т. 39, N 5.— С. 163—167. [4]. Cermák V., Smutek M. Mechanism of decomposition of dithionite in aqueous solutions // Coll. Czech. Chem. Commun.—1975.— Vol 40, N 11.— P. 3241—3264. [5]. Fluet A. Formation de thiosulfate dans les systems de blanchiment des pates mecaniques // Conf. technol. estivale Pointe-an-Pic, 28—29 Mai, 1987.— S. 1, s. a.— P. 43—52. [6]. Kelly D. P. Thin-layer chromatography of inorganic sulfur compounds // T. Chromatog.—1970.— Vol. 51, N 3.— P. 343—345. [7]. Medium consistency hydrosulphite brightening of mechanical pulp / D. M. Mc. Arthur, A. E. Willoeghby, S. H. Baldwin, P. Whiting // Paperi ja Puu.—1988.— Vol. 70, N 6.— P. 528—533. [8]. Naito K., Takei S., Okabe T. The chemical behaviour of low valence sulfur compounds. II. Thin-layer chromatographic separation and photometric determination of low valence sulfur compounds // Bull. Chem. Soc. Jap.—1970.— Vol. 43, N 5.— P. 1360—1364. [9]. Seiler H., Erlenmeyer H. Dünnschichtchromatographische Trennung von Sulfaten und Polythionaten // Helv. Chim. Acta.—1964, Vol 47, Fasc. 1.— P. 264—266. [10]. Spencer M. S. Chemistry of sodium dithionite. Part I. Kinetics of decomposition in aqueous bisulphite solutions // Trans. Faraday Soc.—1967.— Vol. 63, N 538, pt. 10.— P. 2510—2515.

Поступила 22 апреля 1991 г.

УДК 547.916

ХВОЙНЫЙ ВОСК КЕДРА

Г. В. ТИХОМИРОВА, О. И. ЛЕБЕДЕВА, Л. П. РУБЧЕВСКАЯ

Сибирский технологический институт

В данной работе представлены результаты исследований воскообразных веществ, полученных экстракцией древесной зелени кедр.

Модельные деревья отбирали обычными методами [3, 4] в естественных древостоях III класса возраста, III класса бонитета, произрастающих на дерново-подзолистых почвах в южной подзоне тайги (Емельяновский лесхоз Красноярского края). Отбор древесной зелени производили во второй декаде декабря 1989 г. с каждой трети кроны дерева. Данные усредняли, а затем составляли общую пробу для 30 моделей. Полученная зелень соответствовала требованиям ГОСТ 21769—84 и по своим характеристикам относилась к первому сорту [1].

Измельченную древесную зелень кедр исчерпывающе экстрагировали бензином в аппарате Сокслета. Для выделения воскообразных веществ бензиновые экстракты выдерживали в течение 24 ч при температуре 10 °С, осадок отфильтровывали. Выход воскообразных веществ, определенный весовым методом, составил 5,5 % в пересчете на абс. сухую зелень. Для удаления примесей полученные воскообразные вещества пересаждали в бензине, в результате чего получали осадок

нерастворимый в бензине, но полностью растворимый в этиловом спирте.

Как бензиновый, так и спиртовой фильтраты для лучшего осаждения воска выдерживали 1 сут в холодильнике при температуре 10 °С. Осадок отфильтровывали, после высушивания усредняли растиранием. Таким образом извлекали две полученные переосаждением фракции: в бензине (воск 1) и в этиловом спирте (воск 2). Воск 2 составляет 30 % от общего объема воска. Обе фракции представляют собой светло-зеленый порошок с приятным хвойным запахом.

Определяли основные физико-химические показатели полученных препаратов воска, а также содержание омыляемых и неомыляемых веществ, йодное число.

Показатели	Численные значения показателей		
	ОСТ 56-65—82	Воск 1	Воск 2
Внешний вид	Светло-зеленый или темно-зеленый сплав	Светло-зеленый порошок	
Запах	Специфический хвойный		
Массовая доля, %, не более: механических примесей воды и летучих веществ	0,5 2,00	0,0 0,26	0,0 0,29
Кислотное число, мг КОН на 1 г продукта	30,00... 65,00	44,08	38,05
Эфирное число, мг КОН на 1 г продукта, не менее	150,00	186,15	156,13
Температура плавления, °С	70,0... 76,0	75,0	77,0
Йодное число, мг/г	—	26,92	10,52
Групповой состав веществ, %: неомыляемых	—	10,99	13,71
омыляемых	—	76,66	74,44

Из приведенных в таблице данных видно, что обе фракции кедрового воска по основным физико-химическим характеристикам соответствуют требованиям ОСТ 56-65—82 [2].

Помимо основных характеристик, рассмотрен групповой состав фракций, установлены омыляемые и неомыляемые компоненты. Индивидуальный состав кислот омыляемой части выделенных восков определяли после их предварительной очистки методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Биохром-1». Идентифицировали кислоты методом добавок чистых веществ-стандартов, а также по времени удерживания.

Кислоты исследовали в виде метиловых эфиров, метилирование проводили диазометаном. В воске 1 обнаружено девятнадцать кислот, идентифицировано около 65 % от объема кислот: лауриновая, пальмитиновая, линоленовая, олеиновая, стеариновая. В ходе испытаний показано, что лауриновая кислота является основной как в первой, так и во второй фракциях воска (соответственно 55 и 95 % от объема кислот).

Методом колоночной хроматографии определен групповой состав неомыляемой части высокообразных веществ. Установлено соответственно для воска 1 и 2 присутствие углеводородов (4,00 и 9,95 %), спиртов (3,36 и 2,61 %) и стеренов (53,25 и 58,34 %).

Для выделенных фракций воска, спиртов, углеводородов, стеренов были сняты ИК-спектры, подтверждающие их природу.

Из древесины зелени кедра экстрагируется бензином 5,5 % воска, который по основным показателям соответствует требованиям ОСТ 56-65—82.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 21769—84. Зеленъ древесная. Технические условия.— Введ. 23.03.84.— М.: Изд-во стандартов, 1984.— 5 с. [2]. ОСТ 56-65—82. Воск хвойный. Технические условия.— Введ. 01.01.83.— М.: Изд-во ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983.— 10 с. [3]. Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базелевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах.— Л.: Наука, 1968.— 143 с. [4]. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методика технологических исследований в лесу.— М.: Наука, 1961.— 56 с.

Поступила 9 апреля 1991 г.

УДК 676.163.036.082 : 628.3

ВЛИЯНИЕ РАСХОДА ЩЕЛОЧИ ПРИ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКЕ НА СОРБЦИЮ ЕЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМИ ВОЛОКНАМИ

Л. И. ЛУЗИНА, Л. А. МОСУР

ВНПОбумпром

В процессе сульфатной варки происходит взаимодействие компонентов варочного раствора (NaOH , Na_2S) и древесины (лигнин, целлюлоза, гемицеллюлозы, смолистые вещества). Почти все компоненты древесины подвергаются щелочному гидролизу с частичным разрушением и переходят в раствор.

Большая часть щелочи в ходе варки остается в растворе, остальная поглощается компонентами целлюлозных волокон (целлюлоза, лигнин). Эта часть щелочи не поддается разграничению (условно названа сорбируемой).

Сорбцию щелочи в процессе промывки целлюлозы рассматривали многие исследователи [1, 2, 3], в то время как сорбция в ходе варки исследована недостаточно. Количество сорбированной щелочи может существенно влиять на эффективность промывки, что в свою очередь определяет потери химикатов и степень загрязненности сточных вод на последующих технологических стадиях. При получении целлюлозы различного назначения безвозвратные потери щелочи со сточными водами и готовой продукцией могут изменяться.

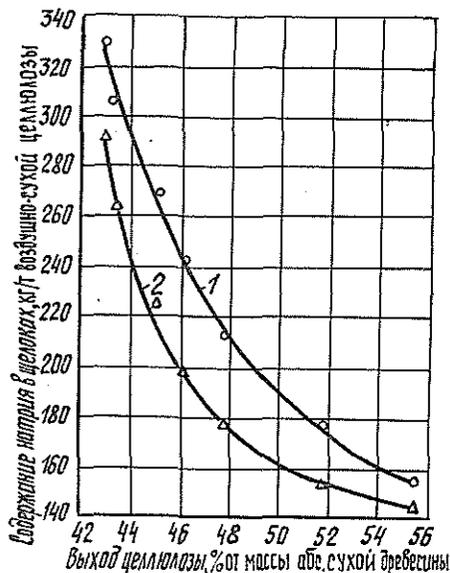
Цель исследований — изучить сорбцию щелочи (натрия) целлюлозными волокнами при варках с различным выходом целлюлозы.

Для исследований использовали древесину сосны, в состав которой входят: целлюлоза — 46,5 %, лигнин — 27,2 %, пентозаны — 8,0 %, смолы и жиры — 3,0 %, экстрагируемые горячей водой вещества — 2,9 %, зольные вещества — 0,4 %. Варку проводили в автоклавных стаканах, помещенных в глицириновую ванну с электрообогревом, при гидромодуле 4,5:1,0, сульфидности белого щелока 25,7 % и конечной температуре варки 170 °С.

Сорбцию натрия определяли по изменению его содержания в варочном щелоке в начале и в конце процесса методом пламенной фотометрии. В первой серии опытов (рис. 1, 3) выход целлюлозы изменяли от 4,28 до 55,2 %, регулируя продолжительность варки при температуре 170 °С (до 90 мин) и расход активной щелочи (от 12,5 до 21,5 % от массы абс. сухой древесины).

Из приведенных зависимостей видно, что при варках с меньшим расходом активной щелочи концентрация сорбируемого целлюлозными волокнами натрия составляет примерно 10 кг/т. Наиболее высокое содержание сорбируемого натрия (40...45 кг/т) получено при расходе активной щелочи 17,0...21,5 %.

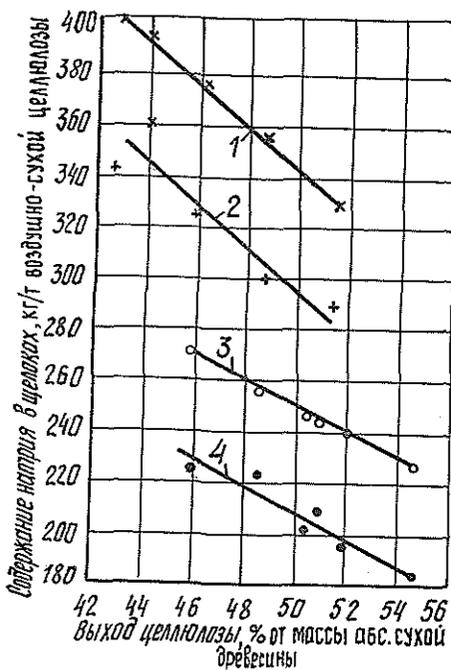
Рис. 1. Зависимость содержания натрия в белых (1) и черных (2) щелоках от выхода целлюлозы



При проведении второй серии опытов ставилась задача проверки выявленной закономерности при более высоких расходах активной щелочи (18,0 и 25,0 % Na_2O от массы абс. сухой древесины). Снижение выхода целлюлозы достигали увеличением продолжительности варки при конечной температуре 170 °С.

Из представленных на рис. 2 данных следует, что содержание натрия в щелоках, рассчитанное на 1 т воздушно-сухой целлюлозы, снижается с увеличением выхода целлюлозы.

Рис. 2. Зависимость содержания натрия в белых (кривые 1, 3) и черных (кривые 2, 4) щелоках от выхода целлюлозы при расходе активной щелочи 25 % (кривые 1, 2) и 18 % (кривые 3, 4)



Поскольку в первой и во второй сериях опытов регулирование выхода целлюлозы производили разными способами, то интересно было сравнить количество натрия, сорбированного целлюлозными волокнами при варках с разными режимами и расходом активной щелочи 18,0 %. Проанализировав результаты сорбции натрия (см. рис. 1, 2), можно отметить, что при разных режимах варки, но одинаковых расходе активной щелочи (18,0 %) и выходе целлюлозы 46 % получили 46 кг сорбированного натрия на 1 т целлюлозы, а при расходе щелочи 25 % — 47 кг/т целлюлозы.

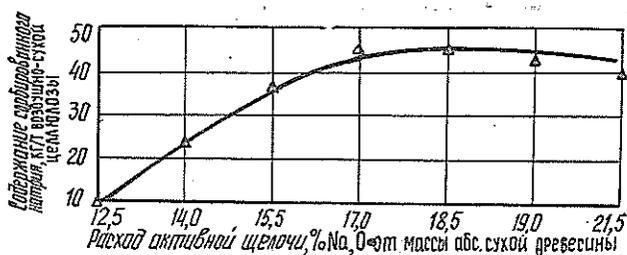


Рис. 3. Зависимость содержания сорбированного целлюлозными волокнами натрия от расхода активной щелочи на варку

Данные, приведенные в статье, могут быть использованы при обосновании рациональных систем водопользования для дополнительной характеристики загрязненности оборотных и сточных вод минеральными веществами, а также при уточнении существующих балансов варочно-промывного отдела, учитывающих сорбцию натрия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ohlsson Anders, Rydin Sture. Washing of pulps. P. 2. The sorption of Na, Mg and Ca on kraft pulp // Svensk papperst.—1975.—Vol. 78, N 15.—P. 549—552. [2]. Rosen Allen Adsorption of sodium ions on Kraft pulp fibers during washing // Tappi.—1975.—Vol. 58, N 9.—P. 156—161. [3]. Rydin Sture Washing of pulps. P. 3. Transfer rates of dissolved sodium and lignin from pulps in a ditute agitated suspension // Svensk papperst.—1975.—Vol. 78, N 16.—P. 577—581.

Поступила 17 января 1990 г.

УДК 676.021.36

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОРЫ И ТОЛЩИНЫ ЩЕПЫ НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО НЕБЕЛЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Т. Ф. ЛИЧУТИНА, М. Н. НИКИТИНСКАЯ, Т. М. НОВОСЕЛОВА

ПО Соломбальский ЦБК
ВНПО Союзнауцдревпром

Основные требования, предъявляемые в ГОСТ 15815—83 к качеству технологической щепы при производстве сульфатной небеленой целлюлозы установлены в 60-е годы. За тридцатилетний период менялись состав и качество сырья для изготовления щепы, совершенствовались технология и оборудование для переработки, но нормативы по качеству щепы не пересматривались.

Проблема окорки древесины, особенно тонкомерной, и достаточно высокие потери ее с отходами в процессе окаривания вызывают необходимость дополнительного обоснования норм на содержание коры в технологической щепе [5, 6].

Некоторые авторы рекомендуют перерабатывать тонкомерную древесину, особенно лиственных пород, в неокоренном виде, чтобы исключить потери при окорке; другие отмечают, что при варке неокоренной древесины наблюдается повышение расхода щелочи и отбеливающих реагентов, снижение выхода и качества целлюлозы, увеличение отходов сортирования.

По сравнению с варкой окоренной древесины сосны для варки неокоренной тонкомерной древесины сосны и березы требуется щелочи на 5...6 % больше. При этом получают выход целлюлозы меньше, непровара больше, но практически одинаковую или большую прочность. В отличие от целлюлоз из сосны присутствие коры (13,6 %) в древесине тонкомерной березы снижает показатели прочности целлюлозы [2].

Кроме того, кора влияет и на другие стадии переработки целлюлозы и черного щелока, чему до сих пор не уделено достаточного внимания. Кора — источник загрязнения черных щелоков минеральными элементами, особенно кальцием и магнием. Степень загрязненности резко возрастает при систематическом использовании неокоренной древесины и наличии замкнутого цикла водопотребления. Все это создает трудности при регенерации черных щелоков от варки щепы из неокоренной древесины или с повышенным содержанием коры [1].

Варка с корой целесообразна для тех пород древесины, в лубе которых содержание волокна составляет более 40 % (дуб, бук и тополь), а не для хвойных пород древесины [4].

Исследования влияния геометрических размеров щепы на качество целлюлозы при сульфатной варке как в лабораторных, так и в производственных условиях показывают, что прочностные характеристики полученной целлюлозы зависят от толщины щепы [3].

Все это убедительно подтверждает необходимость более требовательной оценки качества технологической щепы для целлюлозно-бумажной промышленности. ВНПОбумпром, ВНПО Союзнауцдревпром и ПО СЦБК (г. Архангельск) для выполнения исследований в этом направлении разработана совместная программа.

Для варки использовали производственную щепу Соломбальского ЛДК от рубки отходов лесопиления сосновой и еловой древесины ручной выборки. Для каждой серии лабораторных варок готовили 6 образцов щепы с различным содержанием исследуемой фракции (табл. 1). Пределы изменения по каждому параметру определены сотрудниками ВНПО Союзнауцдревпром. Варки проводили серийно в автоклавных стаканчиках, закрепленных на вращающемся диске и обогреваемых горячим воздухом. В качестве варочной жидкости использовали производственный белый щелок, расход активной щелочи на варку составлял 18 % от абс. сухой древесины. Варку вели по следующему графику, мин:

Подъем температуры до 130 °С	45
Стоянка при 130 °С	45
Подъем до 175 °С	70
Стоянка при 175 °С	55

По окончании варки автоклавные стаканчики охлаждали водой, полученную целлюлозу промывали проточной водопроводной водой. Анализы целлюлозы проводили по действующим ГОСТам. Обработку результатов исследований выполняли на ЭВМ ЕС-1022*.

Таблица 1

Состав коры в лабораторной щепе, %		
Корка	Луб	Итого
1,2	1,8	3,0
2,0	3,0	5,0
2,9	0,1	3,0
4,9	0,1	5,0
0,1	2,9	3,0
0,1	4,9	5,0

Таблица 2

Содержание в технологической щепе, %*	
коры	нормальной фракции
5,0	95,0
5,0	95,0
0,1	99,9
0,1	99,9
3,0	97,0
3,0	97,0

* Опыт выполнен 2 раза.

* Обработка выполнена доцентом В. И. Комаровым.

По определению влияния содержания корки и луба в технологической щепе на результаты сульфатной варки для каждой серии из 6-ти вариантов было проведено 5 параллельных определений. На основании полученных данных рассчитаны уравнения зависимости степени делигнификации и выхода целлюлозы, показателей прочности и сорности целлюлозы от содержания корки и луба.

Экспериментальные данные представлены графически на рис. 1. Увеличение массовой доли корки (луба) на 1 % вызывает возрастание выхода целлюлозы на 0,2 % и снижение степени делигнификации на 0,1...0,2 ед. Каппа. Изменение показателей механической прочности целлюлозы в пределах вариации массовой доли корки и луба от 0 до 5 % можно считать несущественным.

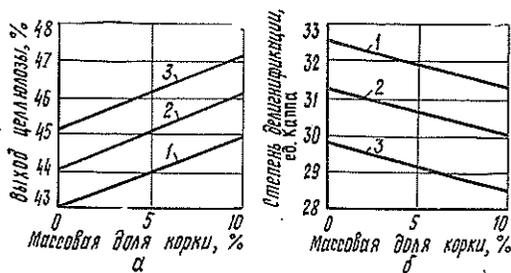


Рис. 1. Зависимость выхода (а) и степени делигнификации (б) целлюлозы от массовой доли корки в технологической щепе при массовой доле луба 0(1), 5(2), 10 % (3)

Наибольшее влияние содержание корки и луба оказывает на сорность целлюлозы. Причем влияние содержания луба в щепе на количество крупного сора в целлюлозе в 2 раза больше, чем влияние содержания корки. На основании экспериментальных данных определена линейная зависимость сорности целлюлозы после варки (сор./м²) от содержания коры:

а) содержание крупного сора (площадью более 5 мм²)

$$C_k = 230,7 + 38,7X, \quad (1)$$

где X — суммарное содержание коры, %;

б) общая сорность целлюлозы

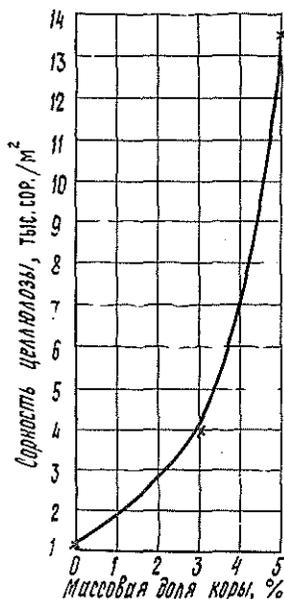
$$C_o = 10678 + 539X. \quad (2)$$

Повторные варки промышленной технологической щепы с содержанием коры 3 и 5 % (табл. 2) подтверждают определяющее влияние коры на общую сорность целлюлозы. Увеличение ее содержания от 0 до 5 % приводит к возрастанию сорности целлюлозы в 10 раз (рис. 2).

Для окончательного заключения об оптимальном содержании коры в технологической щепе, поставляемой для сульфатной варки целлюлозы, целесообразно проводить промышленные испытания и анализ работы действующего предприятия в течение длительного периода в целях изучения особенностей регенерации черных щелоков в замкнутом цикле водопотребления.

В последние годы технологическая щепка, поступающая на варку, имеет большой диапазон колебаний по толщине (табл. 3, 4). Поэтому следующий этап работы был посвящен изучению влияния мелкой фракции (толщина менее 2 мм), стружки и толстой щепы (толщина более 7 мм) на результаты сульфатной варки. Анализ полученных уравнений регрессии показывает, что наличие в сосновых и еловых отходах лесопиления фракции толщиной менее 2 мм и содержании стружки до 5 % вызывает снижение выхода целлюлозы при варке на 0,25...0,30 %, а увеличение на 5 % содержания щепы толщиной более 7 мм — рост вы-

Рис. 2. Зависимость сорности целлюлозы от массовой доли коры



хода целлюлозы на 0,45 % и степени де-лигнификации на 1,2...1,5 ед. Каппа.

Увеличение на 5 % в сырье из сосновых отходов лесопиления фракций щепы толщиной более 7 мм и менее 2 мм не влияет на показатели прочности целлюлозы (разрывная длина и сопротивление продавливанию). Сопротивление раздиранию снижается на 200 мН при повышении стружки в сырье на 5 % и возрастает на 130 мН при увеличении мелкой фракции в тех же пределах.

Таблица 4

Содержание фракций щепы, %, по толщине, мм		
бо- лее 7	ме- нее 2	от 2 до 7

Таблица 3

Содержание фракции щепы, %, по толщине, мм*		Содержание стружки, %
ме- нее 2	от 2 до 7	
0,1	94,9	5,0
0,1	89,9	10,0
5,0	94,9	0,1
10,0	89,9	0,1

* Опыт выполнен 3 раза для сосны.

Сосновая щепа*

5,0	5,0	90,0
10,0	10,0	80,0
0,1	5,0	94,9
0,1	10,0	89,9

Еловая щепа**

0,1	4,0	95,9
0,1	5,0	94,9
5,0	3,5	91,5
8,1	5,5	86,4
10,0	3,2	86,8
5,0	7,4	87,6

* Опыт выполнен 3 раза.

** Опыт выполнен 4 раза.

Толщина щепы, так же как и добавка коры главным образом влияет на общую сорность целлюлозы. Для сосновой щепы рост на 5 % содержания фракции толщиной более 7 мм приводит к увеличению сорности на 160 сор./м², а возрастание на 5 % фракции толщиной менее 2 мм — к снижению сорности на 125 сор./м² (рис. 3, а). При варке еловых отходов повышение содержания мелкой фракции на 5 % вызывает рост сорности целлюлозы в 3 раза, что выше, чем для щепы толщиной более 7 мм (рис. 3, б). Увеличение на 10 % содержания фракции щепы толщиной менее 2 мм (при отсутствии в сырье фракции более

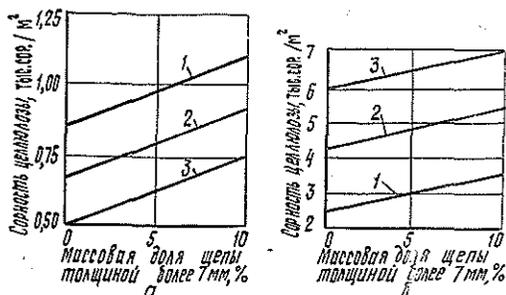


Рис. 3. Зависимость сорности целлюлозы из соснового (а) и елового (б) сырья от массовой доли щепы толщиной более 7 мм при массовой доле щепы толщиной менее 2 мм 0 (1), 5 (2), 10 % (3)

7 мм) повышает сорность целлюлозы в 2 раза, а рост содержания стружки в тех же пределах снижает сорность целлюлозы в 2 раза (рис. 4).

Выполненные исследования показывают большее влияние на конечный продукт варки мелкой фракции и стружки, нежели толстой щепы. Увеличение на 5 % содержания стружки в сосновой щепе снижает выход целлюлозы и все показатели механической прочности.



Рис. 4. Зависимость сорности целлюлозы из соснового сырья от массовой доли щепы толщиной менее 2 мм при массовой доле стружки 0 (1), 5 (2), 10 % (3) (щепы толщиной более 7 мм отсутствует)

Результаты производственных и лабораторных испытаний указывают на необходимость сортирования щепы по толщине. Сложность решения этого вопроса определяется не только отсутствием лабораторного анализатора и промышленных сортировок щепы по толщине, но и тем, что практически не существует способа выделения стружки из производственной щепы и не решена проблема использования отходов сортирования на одном предприятии с ограниченным ассортиментом выпускаемой продукции. По-нашему мнению, эту проблему необходимо решать совместно с изготовителями технологической щепы: мелкую щепу и стружку концентрировать в месте их образования и использовать централизованно для производства ДВП и ДСП, а ни в коем случае не подавать в поток щепы для сульфатной и сульфитной варок. Это позволит всему лесопромышленному комплексу сохранить высокие коэффициенты использования древесины для получения качественной продукции.

Проблема выделения щепы толщиной более 7 мм и измерение ее размеров требует своего разрешения. ПО СЦБК совместно с ВНПОбумпром продолжают работы по созданию лабораторного анализатора щепы по толщине, по выделению из основного потока и измельчению щепы толщиной более 7 мм.

Выводы

1. По результатам лабораторных варок установлено, что увеличение содержания коры от 0 до 5 % приводит к повышению сорности целлюлозы в 10 раз.

2. Для определения оптимально допустимого содержания коры в щепе для сульфатной варки необходимо проанализировать работу предприятия в периоды, характеризующиеся максимальным (зима) и минимальным (лето) содержанием коры в поступающем сырье.

3. Результаты экспериментальных и производственных варок щепы различной толщины указывают на необходимость сортирования ее по толщине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. К вопросу варки неокоренной тонкомерной древесины сосны и березы / И. С. Гелес, З. А. Коржицкая, М. И. Агеева, Л. В. Голубева // Влияние условий произрастания и лесохозяйственных мероприятий на свойства древесины и целлюлозы.—Петрозаводск, 1980.—С. 114—135. [2]. Коржицкая З. А., Голубева Л. В. Свойства небеленой и беленой сульфатных целлюлоз из тонкомерной древесины, получаемой от рубок ухода в сосново-лиственных молодняках // Физико-химические исследования древесины и ее комплексное использование.—Петрозаводск, 1978.—С. 91—106. [3]. Akhtaruzaman A. F., Virkola N. E. Influence of chip dimension in Kraft pulping. Part I—VI // Paperi ja Puh. — 1979.—N 9.—P. 578—580, —N 10.—P. 629—634, —N 11.—P. 737—758;—1980.—N 1.—P. 15—18, —N 2.—P. 70—79, —N 3.—P. 133—134. [4]. Prokopowski P. Sulfat Zellstoff — heute und morgen // Wochenblatt für Papierfabrikation.—1982.—N 6.—S. 182—185. [5]. Rogn R., Auchter R. Kraft pulping of pulpwood chips containing bark // Paper Trade Journal.—1972.—Vol. 156, N 46.—P. 55—59. [6]. Wawer A. Bark in hardwood chips effect on mill operations // Pulp a Paper Canada.—1975.—Vol. 76, N 7.—P. 51—54.

Поступила 8 мая 1990 г.

УДК 676.16.022.62

ДЕЛИГНИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ В УСЛОВИЯХ КИСЛОРОДНО-СПИРТОВОЙ ВАРКИ

А. Б. НИКАНДРОВ, И. П. ДЕЙНЕКО

Ленинградская лесотехническая академия

В настоящее время одной из важнейших задач, стоящих перед целлюлозно-бумажной промышленностью, следует считать разработку и внедрение принципиально новых, более современных процессов получения целлюлозы. Это обусловлено тем, что традиционные способы варки являются энергоемкими, дорогостоящими, а также не отвечают требованиям экологической безопасности, предъявляемым к современным технологиям. Поэтому у нас и за рубежом проводятся работы по созданию новых способов, к числу которых можно отнести кислородно-щелочной способ варки и делигнификацию древесины в органических растворителях.

Изучение делигнификации древесины кислородом в водных растворах оснований вскрыло ряд серьезных трудностей, возникающих при практической реализации этого способа. Основные из них связаны с низкой растворимостью кислорода в варочных растворах, необходимостью проведения варки при высоком гидромодуле, проблемой регенерации варочных реагентов и невозможностью использовать компоненты древесины, в частности лигнин.

Делигнификация древесины в органических растворителях открывает перспективы создания экологически чистой и безотходной технологии. Однако предлагаемые органосольвентные способы варки характеризуются высокими температурами (до 200 °С) и необходимостью применения минеральных веществ или введения дополнительных стадий варки древесины хвойных пород.

На основании разработок, выполненных на кафедре органической химии Ленинградской лесотехнической академии, предложен новый способ получения целлюлозы путем кислородно-органо-сольвентной варки [1—3], заключающийся в окислении древесины, кислородом в водно-органических средах без добавок каких-либо других реагентов. Наиболее перспективны органические растворители на основе растительного сырья (уксусная кислота, этиловый спирт), являющиеся многотоннажными, относительно дешевыми продуктами лесохимии и биохимической переработки древесины.

Нами была изучена возможность получения целлюлозы из древесины лиственных (осина, береза, тополь), и хвойных (ель, сосна, лиственница) пород в условиях кислородно-спиртовой варки.

Варку технологической щепы проводили в 2-литровом качающемся (50 мин^{-1}) автоклаве в водных растворах этилового спирта (60 %). Температура 155°C ; гидромодуль 10:1; начальное давление кислорода 1,4 МПа (20°C); навеска абс. сухой щепы 100 г. По окончании процесса волокнистый полуфабрикат отделяли от щелока, промывали сначала шесть раз водным раствором этилового спирта (60 %) для удаления лигнина, сорбированного на волокне, а затем водой. Целлюлозу сушили на воздухе, находили выход и содержание лигнина по методу Кенига — Комарова. Размол целлюлозы осуществляли в мельнице ЦРА. Определение альфа-целлюлозы, смол и жиров, белизны, а также изготовление и испытание лабораторных отливок (75 г/см^2) проводили согласно ГОСТу, а поглощенный кислород, выход диоксида и оксида углерода — по методике описанной в работе [4]. Спирт из отработанного варочного щелока отгоняли под вакуумом при температуре 50°C . Из оставшегося раствора центрифугированием отделяли лигнин, водную фракцию анализировали на содержание редуцирующих веществ (РВ) [6].

В табл. 1 приведены результаты кислородно-спиртовых варок. Как видно из таблицы, за 2...4 ч варки при температурах 155°C можно получить целлюлозу как из щепы лиственных, так и хвойных пород древесины. Выход полуфабриката из лиственной щепы заметно выше, чем из хвойной. При этом древесина лиственных пород проваривается значительно легче хвойной, что можно объяснить различием в строении лигнинов. Расход кислорода на варку лиственной древесины примерно в 2 раза меньше, чем при варке хвойной. Кроме того, расход кислорода при окислении в среде спирта более чем в 1,5 раза ниже, чем при окислении в водных растворах щелочей [5]. Выход диоксида углерода также относительно невысок.

В табл. 2 представлены показатели физико-механических свойств сваренной целлюлозы*.

Результаты таблицы свидетельствуют о том, что проведение кислородно-спиртовой варки в данных условиях не позволяет получить целлюлозу, полностью удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к волокнистым полуфабрикатам. Но по такому показателю, как разрывная длина, она не уступает некоторым маркам сульфатной целлюлозы по ГОСТ 6501—82. Низкое содержание α -целлюлозы указывает на частичную деградацию целлюлозы при варке. По-видимому, изучение влияния основных параметров процесса на свойства полуфабрикатов даст возможность в дальнейшем улучшить их прочностные характеристики. Получаемая целлюлоза характеризуется низким содержанием смолы и относительно высокой белизной.

* Авторы выражают благодарность за помощь в определении свойств целлюлозы сотрудникам научно-исследовательской лаборатории Котласского ЦБК под руководством Н. В. Балакшиной.

Таблица 1

Порода древесины	Содержание лигнина в древесине, %	Продолжительность варки, ч	Расход O ₂ на варку, % от а.с.д.	Характеристика древесного остатка			Выход, % от а.с.д.		Содержание в отработанном щелоке, % от а.с.д.	
				Выход целлюлозы, %	Содержание лигнина, %	Степень делигнификации, ед. Калпа	СО	СО ₂		
										РВ***
Ель	27,6	4,0	12,8	49,2	4,3	23,0	0,4	5,2	14,4	4,6/9,7
Сосна	27,8	3,5	14,8	45,2	4,1	28,1	0,6	5,2	13,7	5,9/11,0
Лиственница	27,4	3,7	11,5	41,0	6,8	35,8	0,6	5,6	14,1	7,6/13,1
Осина*	18,5	2,0	4,4	60,0	3,9	31,2	0,3	3,2	4,4	2,1/8,0
Осина*	18,5	2,0	5,6	45,0**	4,6	32,6	0,2	2,2	5,3	1,3/3,9
Береза	19,5	3,0	6,8	58,3	4,3	34,6	0,5	2,4	7,9	3,4/12,3
Тополь	25,3	2,5	9,0	60,0	6,4	48,0	0,3	1,8	7,5	1,4/4,2

* Варка при гидромодуле 4 : 1.

** Выход неварара 18,5.

*** В числителе приведены данные до инверсии, в знаменателе — после инверсии.

Таблица 2

Порода древесины	Содержание в целлюлозе, %		Продолжительность разложения до 60 °СР, мин	Разрывная длина, м	Число двойных переломов	Сопротивление		Беллизна, %
	α-целлолозы	смолы				разрывная, мН	продолжительная, кПа	
Ель	71,8	0,38	14	7900	330	390	280	45
Сосна	71,1	0,22	13	7800	290	420	310	43
Лиственница	71,7	0,20	10	5700	40	410	190	33
Осина	75,2	0,46	25	7900	190	440	250	61
Осина*	74,5	0,34	28	7900	360	420	270	48
Береза	64,4	0,16	25	9900	670	330	410	59
Тополь	70,6	0,21	33	9500	660	320	370	57

* Варка при гидромодуле 4 : 1.

Из варочного щелока после кислородно-спиртовой варки можно выделить лигнин, при этом его количество после варки хвойной древесины в 2—3 раза больше, чем в случае с лиственной древесиной. Следует отметить, что лиственный лигнин является более окисленным, о чем свидетельствует меньшее, по сравнению с хвойным, количество высаживаемого лигнина по отношению к содержащемуся в исходной древесине (30...40 % против 55...60 %). Аналогичные результаты были получены при делигнификации кислородом в водно-ацетионовой среде [7]. Количество извлекаемого из щелока лигнина можно увеличить путем проведения промывки целлюлозы в несколько ступеней, включая промывку в варочном котле. Предложенная шестикратная обработка уменьшает содержание лигнина в целлюлозе примерно в два раза (с 6,7 до 3,7 %). В связи с высокой химической активностью лигнина, по-видимому, он может быть использован в различных отраслях

народного хозяйства, однако, этот вопрос требует специального изучения.

Кроме лигнина, в водно-спиртовых щелоках определено от 100 до 300 кг РВ на 1 т целлюлозы. Углеводы, вероятно, можно перерабатывать на дрожжи или этиловый спирт для восполнения потерь растворителя в процессе производства целлюлозы.

В целях проверки возможности получения целлюлозы при традиционном гидромодуле (4:1) была проведена варка древесины осины. Сравнение результатов варок (см. табл. 1 и 2) показывает, что свойства целлюлоз, полученных при гидромодуле 4:1 и 10:1, близки. Высокое содержание непровара в первом случае можно объяснить тем, что часть щепы оставалась непогруженной в варочный раствор в процессе варки.

Выводы

1. Кислородно-спиртовая варка позволяет получить целлюлозу из щепы как хвойных, так и лиственных пород древесины.
2. Делигнификацию целлюлозы можно вести при гидромодуле 4:1.
3. Из отработанного щелока после кислородно-спиртовой варки можно выделить и направить на дальнейшую переработку лигнина и углеводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. № 1397581, МКИ⁴ Д 21С 3/20. Способ получения целлюлозного полуфабриката / И. П. Дейнеко, Д. В. Евтюгин, М. Я. Зарубин (СССР).— Оpubл. 25.05.88. Бюл. № 19 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 19.— С. 133. [2]. А. с. № 1440995, МКИ⁴ Д 21С 3/20. Способ получения целлюлозного полуфабриката / И. П. Дейнеко, О. В. Никитина, М. Я. Зарубин. (СССР).— Оpubл. 30.11.88. Бюл. № 44 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 44.— С. 135. [3]. А. с. № 1490199, МКИ⁵ Д 21С 3/20. Способ получения целлюлозы / И. П. Дейнеко, Н. Г. Костюкевич (СССР).— Оpubл. 30.06.89. Бюл. № 24 // Открытия. Изобретения.— 1989.— № 24.— С. 131. [4]. Дейнеко И. П., Никольский С. Н., Зарубин М. Я. О количественном определении кислорода при кислородной варке // Химия древесины.— 1983.— № 1.— С. 54—57. [5]. Никольский С. И. Изучение механизма делигнификации древесины кислородом в щелочной среде: Дис. ... канд. хим. наук.— Ленинград, 1982.— 160 с. [6]. Холькин Ю. И., Скачков В. М. Лабораторный практикум по гидролизным производствам // Учеб. пособие.— Л.: ЛТА, 1978.— С. 87. [7]. Delignification by oxygen in acetone-water media / M. Ya. Zarubin, I. P. Deineko, D. V. Evtuguine, A. Robert // Tappi J.— 1989.— November. P. 163—168.

Поступила 11 июня 1991 г.

УДК 628.312.2

КОАГУЛЯЦИЯ ГИДРОЗОЛЕЙ ТЕРПЕНОМАЛЕИНОВЫХ СМОЛ

А. И. ЛАМОТКИН, Т. А. БУТЬКО, С. И. КАЛЕННИКОВА,
А. Н. ПРОНЕВИЧ, Э. Н. ПРОСКУРЯКОВА

Белорусский технологический институт

Терпеномалеиновые смолы (ТМС) находят широкое применение в различных отраслях промышленности (производство шин, резинотехнических изделий, лакокрасочных материалов, антисептиков и др.). В связи с этим возникает проблема очистки производственных сточных вод, загрязненных ТМС и их производными. Нами установлено [4], что ТМС растворяются в воде, образуя молекулярные и коллоидные растворы с массовой долей соответственно 0,005...0,020 и 0,2...0,8 % (табл. 1).

Размер частиц дисперсной фазы коллоидных растворов составляет $1,3 \cdot 10^{-7}$ м [1, 3].

С учетом данных работы [2] о коагуляции синтетических и натуральных латексов с размерами частиц порядка 10^{-7} м, нами предложено использовать метод коагуляции для очистки воды от гидрозолей ТМС.

Нами установлены общность закономерностей коагуляции латексов и гидрозолей ТМС, основные факторы коагуляции и агрегативной устойчивости гидрозолей, а также изучена кинетика коагуляции при разных температурах. Тип терпеновых углеводородов для получения образцов ТМС при температуре 150...170 °С и основные характеристики гидрозолей ТМС представлены в табл. 1.

Таблица 1

Номер образца ТМС	Терпеновый углеводород	Кислотное число, мг КОН/г	Температура размягчения ТМС, °С	Массовое содержание ТМС, %, образующих в воде раствор	
				молекулярный	коллоидный
1	СЖО	386	50	0,005	0,2
2	Δ ³ -карен	354	70	0,020	0,8
3	СЭ	362	74	0,015	0,6
4	СЖ	356	70	0,010	0,4

Примечание. СЖО — скипидар живичный без пинена; СЭ — скипидар экстракционный; СЖ — скипидар живичный.

Коагуляцию гидрозолей ТМС проводили водными растворами электролитов NaCl, BaCl₂ и FeCl₃ с молярной концентрацией соответственно 3,0; 0,2 и 0,002 моль/л, содержащих разнозарядные катионы: Na⁺, Ba²⁺, Fe³⁺. Пороги медленной и быстрой коагуляции (ПМК и ПБК) 0,05 %-х растворов гидрозолей ТМС, полученных методом замены растворителя из этилового спирта [5], определяли фотоэлектродиметрически на КФК-2-УХЛ 4.2 [1, 3].

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что соотношение ПБК всех образцов гидрозолей ТМС электролитами, содержащими ионы Na⁺, Ba²⁺ и Fe³⁺, удовлетворительно подчиняются закономерностям, вытекающим из теории устойчивости лиофобных дисперсных систем Дерягина — Ландау и обобщенным в правиле Шульце — Гарди [6]. Это указывает на то, что агрегативная устойчивость гидрозолей ТМС определенным образом связана с существованием на поверхности

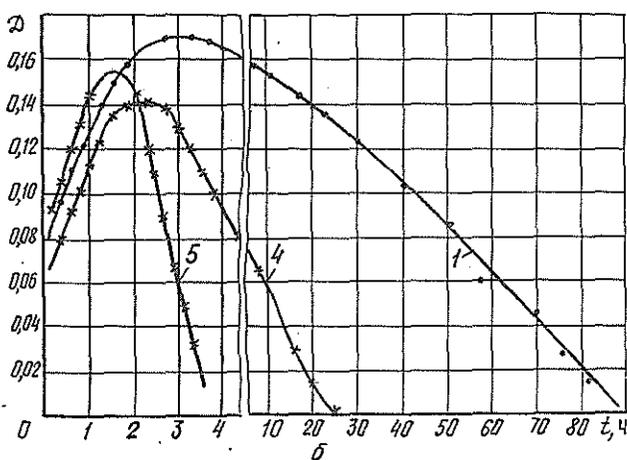
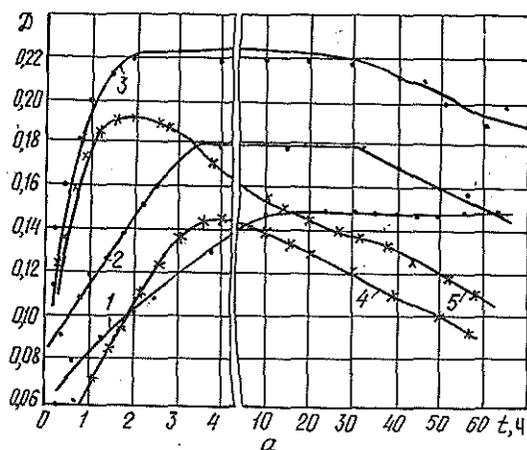
Таблица 2

Номер образца ТМС	ПМК, моль/л золя		ПБК, моль/л золя			Соотношение ПБК электролитов, содержащих ионы соответственно Na ⁺ , Ba ²⁺ , Fe ³⁺
	Na ⁺	Ba ²⁺	Na ⁺	Ba ²⁺	Fe ³⁺	
1	0,045	0,0032	0,420	0,020	0,0007	600 : 28 : 1
2	0,040	0,0014	0,300	0,014	0,0007	430 : 20 : 1
3	0,054	0,0034	0,450	0,022	0,0007	640 : 30 : 1
4	0,048	0,0030	0,440	0,021	0,0008	550 : 26 : 1

* Значения ПМК определены через 2 мин после добавления электролита.

частиц дисперсной фазы отрицательного электрического заряда и двойного электрического слоя (ДЭС) ионов. Видимо, механизм образования ДЭС на частицах дисперсной фазы гидрозолей ТМС требует особого исследования, так как образование и стабилизация компактного агрегата в процессе получения золей методом замены растворителя могут протекать по-разному. Однако, учитывая неодинаковую растворимость в воде изученных образцов ТМС, можно предположить, что полученные из них гидрозоли характеризуются разной устойчивостью к действию электролитов. Действительно, ПБК гидрозолей образца 2 (максимальная растворимость в воде) заметно ниже, чем у гидрозолей из других образцов ТМС. Аналогичная зависимость прослеживается и для значений ПМК.

Некоторое объяснение этого явления можно получить, измерив методом микроэлектрофореза [1, 3] электрокинетический потенциал дисперсной фазы гидрозолей. Этот показатель для образцов 1, 2, 3 и 4 равен соответственно 53, 28, 39 и 42 мВ. Низкий электрокинетический



Кинетика коагуляции гидрозоля ТМС (образец 1) при массовой концентрации дисперсной фазы 0,05 %, температурах 20 °С (а) и -4 °С (б) и концентрации коагулянтов: 1—0,075; 2—0,280; 3—0,420...0,460 моль/л (NaCl); 4—0,008; 5—0,020...0,025 моль/л (BaCl₂)

потенциал частиц дисперсной фазы гидрозолей образца 2 свидетельствует о более низком значении порога коагуляции (табл. 2).

Кинетические кривые коагуляции гидрозолей ТМС и адсорбционно-ненасыщенных латексов при различных температурах (см. рисунок) аналогичны [2, 3, 6]. При добавлении электролита к гидрозолям ТМС, как и в случае с латексами, происходит резкое возрастание оптической плотности D , характеризующее агрегацию и рост частиц. Через некоторое время оптическая плотность принимает постоянное значение, наступает индукционный период скрытых изменений, после которого агрегация частиц дисперсной фазы возобновляется, происходит их осаждение, а оптическая плотность падает в результате осветления раствора.

Замораживание гидрозолей ТМС до температуры -4°C способствует их коагуляции. Интересен тот факт, что золи ТМС образца 2 коагулируют за 70 ч при этой температуре без добавления электролита, чего не наблюдается, например, для золь образца 1. Не одинаковую устойчивость к коагуляции можно объяснить разными значениями электрокинетического потенциала частиц дисперсной фазы гидрозолей.

Кривые кинетики коагуляции гидрозолей ТМС при температуре -4°C в присутствии электролитов сохраняют общий вид, однако, длительность индукционного периода становится значительно короче, чем при 20°C , быстрее наступает полная коагуляция и осветление раствора.

Выводы

1. ТМС при растворении в воде образуют гидрозоли, закономерности коагуляции которых подчиняются основным положениям, вытекающим из теории устойчивости лиофобных дисперсных систем Дерягина — Ландау.

2. Кинетика коагуляции гидрозолей ТМС и синтетических адсорбционно ненасыщенных латексов электролитами описывается аналогичными зависимостями.

3. Агрегативная устойчивость гидрозолей ТМС связана с существованием на поверхности частиц дисперсной фазы отрицательного электрического заряда и двойного электрического слоя ионов.

4. Метод коагуляции электролитами может быть использован для очистки сточных вод, образующихся в процессе получения ТМС и их производных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. / Под ред. проф. Ю. Г. Фролова.—М.: Химия, 1986.—213 с. [2]. Нейман Р. Э. Очерки коллоидной химии синтетических латексов.—Воронеж: ВГУ, 1980.—158 с. [3]. Практикум по коллоидной химии. / Под ред. И. С. Лаврова.—М.: Высш. школа, 1983.—214 с. [4]. Растворимость терпеномаленновых смол в воде / Ламоткин А. И., Бутыко Т. А., Каленикова С. И., Проневич А. Н. // Лесн. журн.—1990.—№ 4.—С. 89—91.—(Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии.—М.: Химия, 1974.—367 с. [6]. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы.—М.: Химия, 1989.—462 с.

Поступила 1 декабря 1989 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.26 : 630*3

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ
КОМПЛЕКСНОГО ЛЕСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ (ОБЪЕДИНЕНИЯ)

П. С. ГЕЙЗЛЕР

Белорусский технологический институт

Радикальная экономическая реформа, переход к рыночному хозяйству предусматривают широкую самостоятельность предприятий и объединений, в первую очередь в вопросах номенклатуры и ассортимента выпускаемой продукции. Такая самостоятельность, однако, не будет в полной мере реализована на практике, если руководство предприятий не получит действенного инструмента для решения реальных задач управления производством. Следовательно, в конкретных условиях необходимо принимать оперативное решение вопросов о выборе номенклатуры и ассортимента продукции, обеспечивающих наилучшие конечные хозяйственные результаты.

В связи с этим следует шире применять методы оптимизации принимаемых решений, тем более что многие предприятия оснащены современной вычислительной техникой, персональными компьютерами.

Конкретной задачей оптимизации номенклатуры продукции комплексного лесного предприятия или объединения является определение производственной программы, которая позволит предприятию получить максимум прибыли или объема товарной продукции при выделенных ресурсах лесосечного фонда и имеющихся производственных фондах, обеспечивив выполнение госзаказа и прямых договоров.

По результатам учета лесосечного фонда, выделенного в рубку на рассматриваемый период, определяют объемы ресурсов древесины по породам и размерно-качественным характеристикам (деловая крупная, средняя, мелкая; дровяная). Первый передел работ предполагает получение из древесины на корню различных сортиментов круглого леса по сортам, либо подлежащих дальнейшей обработке на данном предприятии (в частности пиловочника). Второй передел заключается в выработке из части сортиментов продукции первичной переработки (например пиломатериалов) с распределением по сортам и видам, в подсчете вторичных ресурсов — кусковых отходов (горбыль, рейки, отрезки) и опилок. В третьем переделе из образовавшейся продукции первичной переработки (пиломатериалов) различных сортов и видов изготавливают продукцию деревообработки, одновременно часть пиломатериалов направляют на реализацию.

В зависимости от состава производства, имеющегося оборудования могут быть и другие переделы вплоть до выпуска конечной продукции (мебель и т. д.). На последнем переделе конечную продукцию направляют на реализацию.

Целевую функцию исчисляют только по реализуемой продукции. Это могут быть круглые лесоматериалы, продукция первичной обработки, деревообработки и конечная (мебель и т. д.). Исследуют также производства, использующие вторичные ресурсы древесного сырья, образующиеся в процессе переработки древесины.

Рассмотрим экономико-математическую модель. Введем обозначения.

Индексы:

- i, r — индексы размерно-качественной группы лесосырьевых ресурсов, лесозаготовительного предприятия и породы древесины;
- j, q — индексы сортиментов и их сортности;
- k, p — индексы продукции первичной переработки древесины и ее сортности;
- l — индекс изделий деревообработки;
- s, t — индексы вторичных ресурсов и продукции из них.

Ограничения:

- R_{ir} — объем сырья размерно-качественной группы i породы r ;
- A_{jrq}^0, A'_{jrq} — минимально допустимый и максимально возможный объемы товарного выпуска (для реализации на сторону) сортимента j породы r сорта q ;
- B_{krp}^0, B'_{krp} — то же продукции первичной обработки k породы r сорта p ;
- D_l^0, D'_l — то же изделий деревообработки l .

Нормы расхода:

- $b_{jrpk}^{(1)}$ — норма расхода сортимента j породы r сорта q на производство единицы продукции первичной переработки k ;
- $b_{krpl}^{(2)}$ — норма расхода продукции первичной переработки k породы r сорта p на производство единицы изделия деревообработки l ;
- $b_{rst}^{(3)}$ — норма расхода вторичного сырья s породы r на выпуск единицы продукции из отходов t .

Нормы образования:

- $n_{irjq}^{(1)}$ — норма образования сортимента j сорта q из размерно-качественной группы i породы r ;
- $n_{jrpkp}^{(2)}$ — норма образования продукции первичной переработки k сорта p при переработке сортимента j породы r сорта q ;
- $n_{jrpkls}^{(3)}$ — норма образования вторичного сырья s при переработке сортимента j породы r сорта q на продукцию первичной переработки k ;
- $n_{krplts}^{(4)}$ — то же при изготовлении изделия l из продукции первичной переработки k породы r сорта p .

Переменные:

- $X_{irj}^{(1)}$ — объем сырья размерно-качественной группы i породы r , израсходованный на изготовление сортимента j ;
- $X_k^{(2)}, X_l^{(3)}, X_t^{(4)}$ — объем валового выпуска соответственно продукции первичной переработки древесины k , изделий деревообработки l и продукции из отходов t ;

$Y_{jrq}^{(1)}, Y_{krp}^{(2)}$ — объем реализации сортимента j породы r сорта q и продукции первичной переработки k породы r сорта p ;
 $Y_l^{(3)}, Y_t^{(4)}$ — то же изделий деревообработки l и продукции из отходов t .

Коэффициенты функционала:

$C_{jrq}^{(1)}, C_{krp}^{(2)}$ — прибыль или товарная продукция, получаемые при реализации единицы сортимента j породы r сорта q и продукции первичной переработки k породы r сорта p ;
 $C_l^{(3)}, C_t^{(4)}$ — то же при реализации единицы изделия деревообработки l и продукции из отходов t .

Примем следующие ограничения и соотношения.

1. Объем выпуска сортимента j из размерно-качественной группы сырья i породы r не должен превышать ресурсов сырья (R_{ir}) в лесосечном фонде рассматриваемого периода породы r и размерно-качественной группы i :

$$\sum_j X_{irj}^{(1)} \leq R_{ir}. \quad (1)$$

Здесь может быть применено и строгое равенство, требующее полного использования всех видов ресурсов.

2. Круглые лесоматериалы выпускают в соответствии с нормами образования сортимента j сорта q из размерно-качественной группы i породы r ($n_{irjq}^{(1)}$). Полученные объемы сортиментов направляют на производство изделий первичной переработки древесины (k) (пиломатериалов и др.) в соответствии с нормой расхода $b_{jrkh}^{(1)}$, а также на реализацию ($Y_{jrq}^{(1)}$):

$$\sum_j X_{irj}^{(1)} n_{irjq}^{(1)} - \sum_k X_k^{(2)} b_{jrkh}^{(1)} - Y_{jrq}^{(1)} = 0. \quad (2)$$

3. Изделия первичной обработки древесины (в частности пиломатериалы) выпускают в соответствии с нормами образования продукции k сорта p из круглых лесоматериалов (сортиментов) породы r сорта q ($n_{jrqp}^{(2)}$). Образовавшиеся изделия первичной обработки (пиломатериалы) направляют на производство изделий деревообработки l по норме $b_{krpl}^{(2)}$ либо непосредственно на реализацию ($Y_{krp}^{(2)}$):

$$\sum_{j,q} X_k^{(2)} n_{jrqp}^{(2)} - \sum_l X_l^{(3)} b_{krpl}^{(2)} - Y_{krp}^{(2)} = 0. \quad (3)$$

4. Изделия деревообработки полностью реализуют:

$$X_l^{(3)} - Y_l^{(3)} = 0. \quad (4)$$

Здесь в зависимости от состава производства и видов выпускаемой продукции могут быть введены дополнительные условия, описывающие процесс производства продукции, образования различных ее видов по сортам, расхода на изготовление последующих изделий вплоть до получения конечной продукции.

В целях управления выпуском конечной продукции применяют выражения:

для круглых лесоматериалов

$$A_{jrq}^{0'} \leq Y_{jrq}^{(1)} \leq A_{jrq}^{1'}; \quad (5)$$

для продукции первичной обработки

$$B_{krp}^0 \leq Y_{krp}^{(2)} \leq B'_{krp}; \quad (6)$$

для продукции деревообработки

$$D_l^0 \leq Y_l^{(3)} \leq D'_l. \quad (7)$$

При этом могут допускаться не только двусторонние, но и односторонние ограничения.

В процессе производства продукции первичной обработки древесины и изделий деревообработки образуются вторичные ресурсы вида s в соответствии с нормами образования $n_{jrqs}^{(3)}$ и $n_{krpls}^{(4)}$, использующиеся на изготовление продукции из отходов t :

$$\sum_{j, q, k} X_k^{(2)} n_{jrqs}^{(3)} + \sum_{k, p, l} X_l^{(3)} n_{krpls}^{(4)} - \sum_t X_t^{(4)} b_{rst}^{(3)} \geq 0. \quad (8)$$

Вся продукция из отходов направляется на реализацию:

$$X_t^{(4)} - Y_t^{(4)} = 0. \quad (9)$$

Целевая функция максимизирует конечные результаты (прибыль, товарная продукция), которые образуются только за счет реализации продукции:

$$\sum_{j, r, q} C_{jrq}^{(1)} Y_{jrq}^{(1)} + \sum_{k, r, p} C_{krp}^{(2)} Y_{krp}^{(2)} + \sum_l C_l^{(3)} Y_l^{(3)} + \sum_t C_t^{(4)} Y_t^{(4)} \rightarrow \max. \quad (10)$$

При решении задач на ЭВМ по такой модели можно использовать стандартные алгоритмы и программы симплексного метода. Схема матрицы приведена в таблице. В литературе мы не встретили подобных моделей для условий комплексных лесных предприятий и объединений. Рассмотренная модель применена для решения реальной задачи оптимизации номенклатуры продукции ПЛО Лунинецлес (Белоруссия). Матрица включала около 300 столбцов и 175 строк и увеличивалась по мере введения новых видов продукции. Предприятие выпускает круглые лесоматериалы (сортименты) 15 видов, обрезные и необрезные пиломатериалы хвойных, мягколиственных и твердолиственных пород, изделия деревообработки в виде черновых мебельных заготовок, фрезы, обода, ящичные комплекты и т. д., всего около 20 наименований. Задача решена на ЭВМ ЕС-1033 по стандартной программе симплексного метода из ППП ЛП АСУ. Дисплейный ввод данных позволяет

Схема матрицы задачи

Элемент матрицы	Производство			Реализация		
	сортиментов	продукции первичной переработки древесины	изделий деревообработки	сортиментов	продукции первичной переработки древесины	изделий деревообработки
Сырье	н. р					
Производство: сортиментов продукции первичной переработки изделий деревообработки	н. о	н. р н. о	н. р н. о	н. р	н. р	н. р
Реализация: сортиментов продукции первичной переработки изделий деревообработки				н. о	н. о	н. о

Примечание: н. р — нормы расхода; н. о — нормы образования.

быстро вносить в задачу изменения и дополнения. Полученное решение позволило сформулировать практические рекомендации руководству объединения.

Поступила 27 августа 1991 г.

УДК 630*4 : 658.155

УСЛУГИ ПО ОХРАНЕ И ЗАЩИТЕ ЛЕСА КАК ОСОБЫЙ ВИД ПРОДУКЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. Н. ПЕТРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В современной лесозоономической литературе нет единого мнения о характере охраны и защиты леса, неясен вопрос, что считать результатом (продукцией) этого вида деятельности. От правильности определения продукции зависят себестоимость, цена, прибыль и др.

Деятельность по охране и защите леса имеет двойственный характер. С одной стороны, она включает работы и мероприятия производственного характера. Результатом таких работ является, как правило, материальный продукт. Пример тому — создание сооружений в лесу, препятствующих распространению лесных пожаров (противопожарные барьеры, заслоны и т. п.), способствующих своевременному их тушению и борьбе с вредителями (пожарно-химические станции, противопожарные водоемы и т. д.). С другой стороны, мероприятия непроизводственного характера предусматривают мобилизационную работу среди организаций и населения, охрану от хищений и др. Поэтому охрану и защиту леса нередко относят к непроизводственным функциям лесного хозяйства [3].

Однако за последние десятилетия характер и значение этих функций значительно изменились. Они становятся все более производственными, включают противопожарную и лесозащитную профилактику, в том числе работы производственного характера (почвенные раскопки, устройство минерализованных полос и т. п.).

Сказанное подтверждается литературными данными. По материалам ежегодника Лесного департамента, в 1913 г. в лесном управлении находилось на рассмотрении 815 577 дел по нарушению лесного устава, в том числе 415 509 возникших в отчетном году. В 1913 г. было 1 500 лесничеств, следовательно, в среднем за год на одно лесничество приходилось 277 дел. Общий убыток определялся в 8,8 млн р. (в ценах того времени). В этом же году было окончено 503 415 дел, в том числе 303 тыс. дел — самовольные порубки, 61 тыс. — незаконная пастьба скота и 30 тыс. — прочие лесонарушения. Осуждено 326 814 человек [8].

В 30-х гг., по данным проф. М. М. Орлова, число лесонарушений несколько уменьшилось, но еще оставалось на довольно высоком уровне. По этому поводу он писал: «Работа нашего лесного управления по преследованию нарушений Лесного кодекса за 1925/26 хоз. год определялась 520 тыс. дел, по которым был нанесен ущерб лесному хозяйству на 5 млн. руб. Относя это к 2 тыс. лесничеств, найдем, что в среднем в каждом лесничестве возникло 260 дел, т. е. по одному случаю правонарушения почти в каждый рабочий день» [8].

По данным Минлесхоза РСФСР, общее число всех лесонарушений в 1985—1988 гг. колебалось от 1080 до 1638, что подтверждает вывод о возрастании роли производственных функций в деятельности государственной лесной охраны.

Другие функции носят двойственный характер, например, организация службы своевременного обнаружения и тушения лесных пожаров и др. Эти функции имеют место в деятельности по охране и защите леса. Они тесно переплетаются, дополняют друг друга и зачастую осуществляются одним и тем же должностным лицом. По данным Латвийского ЛХПО «Межа лес» и в целом Госкомлеса СССР, доля затрат на защиту лесов от вредителей и болезней в общей сумме затрат на охрану и защиту леса не превышает 2 %. Практически и теоретически охрана и защита леса неразделимы, поэтому их необходимо рассматривать как две стороны единого процесса — сбережения лесного фонда.

В общем виде результат деятельности предприятий лесного хозяйства, являющийся следствием услуг государству, материализуется в лесном фонде в виде сбереженного лесного угодия.

Анализируя характер этих услуг, К. Маркс писал: «Известного рода услуги, иными словами: потребительные стоимости, представляющие собой результат известных видов деятельности или труда, воплощаются в товарах, другие же услуги, напротив, не оставляют осязательных результатов, существующих отдельно от исполнителей этих услуг» [1, с. 414]. Согласно этому высказыванию услуги по охране и защите леса, носящие непроектный характер, являются выражением особой потребительной стоимости труда, поскольку они полезны не как вещь, а как деятельность.

В качестве обобщающего показателя результата можно принять услуги по охране и защите на 1 га лесной площади предприятия. Их заказчиком является государство, в собственности которого находится лесной фонд.

Можно согласиться с мнением ряда авторов [5, 6], что охрана и защита леса представляют собой один из основных видов лесохозяйственной деятельности лесохозяйственного предприятия, поскольку выполняются им от лица государства и имеют общую цель — сбережение лесного фонда.

То обстоятельство, что улучшенные и сохраненные леса не могут стать предметом купли — продажи, а остаются собственностью государства, не мешает применению стоимостной категории к услугам как особому виду лесохозяйственной продукции.

Высказываются возражения против включения услуг по охране и защите леса в состав продукции, так как они не могут быть реализованы и не поступают в потребление [7]. Как правило, эти возражения возникают в результате отождествления понятий «продукция» и «товар», хотя это не одно и то же. В отличие от продукции товар есть продукт труда, предназначенный для обмена. К. Маркс указывал: «Вещь может быть полезной и быть продуктом человеческого труда, но не быть товаром... Для того чтобы стать товаром, продукт должен быть передан в руки того, кому он служит в качестве потребительной стоимости, посредством обмена» [2, с. 49].

Результат услуг по охране и защите леса включает в себе определенную потребительную стоимость, производимую по заказу государства и ему передаваемую. Затраты должны оплачиваться государством как по количеству, так и по качеству услуг через механизм цен.

В лесоэкономической литературе неоднократно поднимались вопросы об экономической стороне деятельности по охране и защите леса и определении продукции лесного хозяйства. Особенно много публикаций появлялось в периоды дискуссий, связанных с проведением экономических реформ в стране.

Впервые эта тема была затронута проф. М. М. Орловым в работе «Лесоуправление как исполнение лесоуправительного планирования» [8]. Анализируя состояние германского лесного хозяйства, он от-

мечал, что необходимой предпосылкой реформы лесного управления является экономический момент. По мнению М. М. Орлова, при существовавшей тогда «форме государственного лесного управления его смета целиком входит в государственный бюджет, где все операции подводится под понятие дохода или расхода; для производственных организаций эти понятия слишком узки, и в лесном хозяйстве надо различать издержки производства и выручку, или результат производства... Устранение всех перечисленных недостатков и предоставление возможности свободного развития лесному хозяйству требует коренной его реорганизации. Поэтому первым шагом реформы лесного управления должно быть предоставление ему самостоятельности, обеспечивающей проведение в нем принципа хозяйственного расчета» [8].

Экономическая сторона деятельности по охране и защите леса затрагивалась в связи с переводом лесного хозяйства на хозрасчет. В свое время проф. Т. С. Лобовиков выдвинул предложение о переводе лесного хозяйства на хозрасчет [4]. Т. С. Лобовиковым и В. А. Ильиным [5] была высказана мысль о возможности осуществления функций по охране и защите леса в хозрасчетных формах путем финансирования по гектарным ставкам. Были и другие точки зрения. В дальнейшем теоретические аспекты этой проблемы нашли отражение в ряде наших работ [9, 10]. В условиях перехода к рынку этот вопрос не снимается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Маркс К. Капитал // Маркс К., Энгельс Ф.— Соч.— 2-е изд.— Т. 26, ч. 1.— С. 3—426. [2]. Маркс К. Капитал // Маркс К., Энгельс Ф.— Соч.— 2-е изд.— Т. 23.— С. 43—787. [3]. Кислова Т. А. Классификация лесохозяйственных мероприятий в зависимости от характера их эффективности // Материалы международ. семинара (3—8 июня 1968 г.).— Варшава: ВСХА, 1968.— С. 3. [4]. Лобовиков Т. С. Продукция лесного хозяйства и вопросы возмещения затрат в нем // Лесн. хоз-во.— 1964.— № 5.— С. 50—54. [5]. Лобовиков Т. С., Ильин В. А. Хозрасчетная организация лесохозяйственного производства как условие повышения его эффективности // Основы лесной экономики: Материалы международ. координацион. совещания (22—28 авг. 1976 г.) / ЦБНТИлесхоз.— М.: Гослесхоз 1976.— С. 32—40. [6]. Мезенова В. В. Вопросы экономической организации охраны и защиты леса: Дис. ... канд. экон. наук.— Л., 1976.— 289 с. [7]. Овчинников Л. В. Продукция лесохозяйственного производства // Лесн. хоз-во.— 1984.— № 10.— С. 34—37. [8]. Орлов М. М. Лесопромышленное управление как исполнение лесохозяйственного планирования // Лесн. хоз-во и лесн. пром-сть.— Л., 1930.— С. 305—306. [9]. Петров В. Н. Ценообразование на услуги по охране и защите леса // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 7.— С. 18—20. [10]. Петров В. Н. Экономическое стимулирование охраны и защиты леса // Лесн. хоз-во.— 1990.— № 2.— С. 6—8.

Поступила 6 мая 1991 г.

УДК 658.155.4 : 630*79

СОСТОЯНИЕ И ИСТОЧНИКИ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И. В. СМЕРНОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Основными причинами высокой текучести кадров, острой нехватки рабочих и специалистов в лесной промышленности являются недостаточная обеспеченность тружеников леса жильем, детскими дошкольными учреждениями, низкий уровень культурно-бытового, медицинского и торгового обслуживания. Так, на одного работника лесозаготовительной промышленности приходится всего 8,7 м² жилой площади против 10 м² в угольной и 13,4 м² в нефтяной промышленности. Водопровод

имеет всего 28 % жилого фонда, канализацию — 21 %, центральное отопление — 27 %, горячее водоснабжение — 18 %. В ветхом и аварийном жилье лесных поселков проживают 277 тыс. человек [1]. Для достижения нормативов обеспеченности работников отрасли социальными объектами не достает 37 тыс. мест в общеобразовательных школах, 43 тыс. — в клубах, 65 тыс. — в детских дошкольных учреждениях. Большинство магазинов, столовых, складов расположены в аварийных помещениях [2].

Такое положение объясняется, прежде всего, ограниченным сроком действия предприятий лесной промышленности и строительством в лесных поселках недолговечных щитовых домов. При создании леспромов предполагался максимальный износ объектов социальной инфраструктуры к моменту исчерпания запаса ликвидной древесины, поскольку их перебазирование из одного лесного массива в другой невозможно [3]. В результате степень износа непроизводственных основных фондов (НОФ) в ряде лесозаготовительных предприятий превышает 85 %.

Анализ состояния НОФ в 11 лесозаготовительных предприятиях производственного объединения Вельсклес показал, что за 5 лет их износ возрос на 14 % и в 1989 г. составил 68 % (см. таблицу).

Показатель	1985 г.			1989 г.		
	Всего, тыс. р.	В том числе		Всего, тыс. р.	В том числе	
		на одного работника, р.	на одного проживающего в жил- фонде, р.		на одного работника, р.	на одного проживающего в жил- фонде, р.
НОФ:						
среднегодовая стоимость	55 840	4775	2035	83 649	6319	2402
ввод	1 416	121	52	1 688	128	48
выбытие	146	12	5	285	22	8
износ всего	32 026	2739	1167	57 225	4323	1644
в том числе за год	3 355	287	122	4 063	307	117
процент износа	57,4	—	—	68,4	—	—
Балансовая прибыль (+), дотация (—)	—4 398	—376	—160	27 234	2057	782
Отчисления в фонды экономиче- ского стимулирования	877	75	32	9 852	744	283
в том числе в фонд социаль- ного развития	211	18	5	7 920	598	227
Израсходовано:						
на капитальное строи- тельство	—	—	—	1 237	93	36
на покрытие убытков ЖКХ	2 847*	243	104	3 923	296	112
на содержание детских дошкольных учрежде- ний	—	—	—	2 331	176	67
на содержание социаль- но-культурных объектов	103*	9	3	387	29	11
Централизованные капиталь- ные вложения в социальную сферу	1 482	127	54	—	—	—
Финансирование из гос- бюджета содержания дет- ских дошкольных учреж- дений	1 669	142	61	—	—	—

* В 1985 г. убытки ЖКХ и расходы на содержание социально-культурных объектов покрывались за счет расчетной прибыли (дотации).

Стоимость НОФ за 5 лет по объединению увеличилась на 149,8 %, но это объясняется не столько вводом фондов, сколько структурными изменениями и укрупнением объединения за счет присоединения к нему нескольких предприятий. В расчете на одного работника НОФ возросли на 32,3 %, однако с учетом остаточной стоимости этот показатель снизился на 2 %.

Коэффициент обновления НОФ за рассматриваемый период составил 2,0...2,5 %, а выбытия — до 0,4 %, что свидетельствует о стойкой тенденции к их старению. Причина заключается в недостатке средств для строительства объектов социальной инфраструктуры, поэтому размеры ежегодного ввода и выбытия НОФ не согласуются с суммами начисленного за год износа. Так, в 1989 г. лишь 7 % всех изношенных НОФ было ликвидировано, а введено всего 41 % от суммы износа. При таких соотношениях на предприятии постоянно накапливаются изношенные фонды, для замены которых требуются большие капитальные вложения.

С переходом предприятий на самофинансирование (1988—1989 гг.) единственным источником капитальных вложений в социальную сферу стал фонд социального развития (ФСР), образуемый из прибыли предприятий. Однако за счет этого фонда предприятия Вельсклеса в 1989 г. в первую очередь покрывали затраты, связанные с убытками ЖКХ (49,5 %), содержанием детских дошкольных учреждений (29,4 %), других объектов социальной сферы (4,9%). На капитальное строительство осталось лишь 16 % ФСР (123,7 тыс. р.), что в 3,2 раза меньше годовой суммы износа НОФ, минимально необходимой для обновления. Реальные потребности предприятий в обновлении фондов социальной инфраструктуры значительно выше, что связано с накоплением изношенных фондов и необходимостью резкого ухудшения социально-бытовых условий жизни работников.

С развитием рыночных отношений основным источником средств на социальное развитие останется прибыль. Однако, по нашему мнению, минимум средств на эти цели должен быть гарантирован каждому предприятию, так же как и средства на покрытие убытков ЖКХ, содержание детских дошкольных учреждений и других социальных объектов. Прибыль, направляемая на эти цели, не должна облагаться налогом.

Большие суммы расходует предприятие на покрытие убытков ЖКХ. Так, по предприятиям объединения Вельсклес в 1989 г. квартирная плата в расчете на одного человека составляла в среднем за месяц всего 2,2 р. и покрывала около 20 % расходов ЖКХ. На наш взгляд, плата за жилье должна быть дифференцирована в зависимости от его качества. Проживающие в ветхих домах могут быть освобождены от квартплаты. Такие дома целесообразно передать в собственность жильцам, при этом на первых порах возмещать им в определенных размерах затраты на ремонт и оказывать помощь в приобретении и доставке строительных материалов. В то же время жители новых современных квартир должны возмещать не менее 50 % расходов на их содержание, иначе возрастут убытки ЖКХ и предприятию станет невыгодно строить новое жилье.

В качестве дополнительных источников строительства жилья следует шире привлекать личные средства работников предприятия, развивать кооперативное и индивидуальное строительство. С возникновением рынка жилья работники лесной промышленности, как и все граждане, должны иметь право на приобретение жилья в личную собственность.

Для того чтобы увеличить темпы строительства культурно-бытовых, оздоровительных объектов, предприятиям необходимо использовать

заемные средства: ссуды банков, временно свободные средства финансовых резервов. Следует установить льготы в кредитовании капитальных вложений в социальную сферу: увеличивать сроки кредитов, снижать плату за пользование ими.

Необходимо активно использовать все способы строительства: подрядный, хозяйственный, индивидуальный, наладив обеспечение лесозаготовительных предприятий строительными материалами в рамках госзаказов на период до насыщения рынка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бурдин Н. А., Рыженков А. И. Развитие лесозаготовок: проблемы и перспективы // Лесн. пром-сть.— 1990.— № 8.— С. 1—2. [2]. Новосельцева А. И. Профсоюз и решение социальных проблем // Лесн. пром-сть.— 1990.— № 1.— С. 4—5. [3]. Романов Е. С., Новгородова Т. И. Динамика жилого фонда и ее взаимосвязь с объемами производства // Лесн. журн.— 1973.— № 2.— С. 147—151.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 27 мая 1991 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЁН ОПЫТОМ

УДК 581.55

ИЗМЕНЕНИЕ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
В СТАРЫХ КУЛЬТУРАХ ЗА ПЯТЬ ЛЕТ

П. Н. МЕЛАНХОЛИН

Лаборатория лесоведения АН СССР

Для наблюдения за динамикой лесных сообществ и в целях мониторинга необходимо сравнивать описания элементов растительного покрова, сделанные в разное время. Первоначальные описания имеются в материалах лесоводственных, типологических, таксационных и других работ. При характеристике напочвенного покрова обычно указывают видовой состав травяно-кустарничкового яруса, доминирующие виды и участие разных экологических групп.

В нашей работе использованы геоботанические описания 1980 и 1985 гг., выполненные на пробных площадях в культурах сосны, дуба и ели с сосной примерно 100-летнего возраста в Хлебниковском лесопарке Московской области [3]. Культуры расположены в пределах одного моренного всхолмления в однородных лесорастительных условиях и резко различаются только по породному составу, что является главной причиной различий сложившихся здесь фитоценозов. Участок по условиям местообитания соответствует сложным ельникам или свежему сугрудку [4]. На каждой пробной площади величиной 0,5 га произведено по 100 описаний на одних и тех же зафиксированных квадратах в 1980 и 1985 гг. Полученные материалы позволили сделать статистически обоснованные сравнения участков трех фитоценозов, достаточно представительных как по площади, так и по числу описаний. На табл. 1 показано соотношение площадей с доминированием ведущих видов по годам.

Таблица 1

Вид-доминант	Процент описаний в культурах					
	сосны		дуба		ели с сосной	
	1980	1985	1980	1985	1980	1985
Зеленчук желтый	12	19	21	31	43	42
Осока волосистая	35	42	10	12	11	12
Кислица кислая	30	40	—	—	17	25
Сныть обыкновенная	5	0	29	4	2	1
Медуница неясная	1	2	33	48	—	—
Щитовник Линнея	2	2	—	—	10	13
Звездчатка дубравная	0	1	—	—	16	14

Изучение антропогенных факторов показало, что они не оказывают определяющего влияния на растительный покров пробных площадей [1]. Главными факторами развития и формирования фитоценоза остаются физико-географические условия и особенности древесного яруса.

Изменения в напочвенном покрове за 5 лет определяли по отношению процента исчезнувших и появившихся видов к исходному их количеству в отдельных описаниях и для пробной площади в целом. Изме-

нения в составе господствующих видов оценивали по общей площади с участием отдельных видов (табл. 1), а также по проценту описаний, в которых произошла смена доминант. Участие отдельных экологических групп видов напочвенного покрова оценивали по их вкладу [5] в общее проективное покрытие. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Изменение травяно-кустарничкового яруса, %, в культурах		
	сосны	дуба	ели и сосны
Относительное число видов: на пробных площадях в среднем описании	12,0	8,5	19,0
	43,0	30,0	42,0
Площадь: с доминированием видов со сменой доминант	19,0	27,0	15,0
	43,0	52,0	41,0
Суммарное соотношение экологических групп: на пробных площадях в среднем описании	8,0	4,0	4,0
	13,0	8,0	12,0

Данные таблицы свидетельствуют о довольно значительных изменениях (сопоставимых с отмеченными в Краснопахорском лесхозе за 20 лет [2]). Более высокую динамичность изучаемых нами сообществ можно объяснить приближением анализируемых насаждений к возрасту естественного распада.

Существенной особенностью приведенных данных является меньшая динамичность травяно-кустарничкового яруса пробных площадей в целом по сравнению с отдельными описаниями. Это объясняется взаимной компенсацией разнонаправленных изменений отдельных частей фитоценоза. Так, виды, исчезающие в одних описаниях, за тот же период времени появляются в других. В дубняке за 5 лет вороний глаз пропадает в 8 % описаний, но появляется в 10 %, в елово-сосновой культуре золотарник не обнаруживается в 8 % описаний, в которых раньше присутствовал, но определяется вновь в 11 % и т. д. Такова же динамика доминант. Например, в елово-сосновой культуре зеленчук доминирует в 43 % описаний в 1980 г. и в 42 % в 1985 г., однако теряет господствующее положение в 16 % и приобретает его в 15 % описаний.

Как видно из табл. 2, наибольшей динамичностью отличается доминирование видов, а самым стабильным оказывается соотношение экологических групп в травяно-кустарничковом ярусе.

Изменения в культурах разного состава имеют одинаковую или разную направленность. На всех участках возрастает встречаемость крупных папоротников, звездчатки жестколистной и костяники, а снижается доля перловника поникшего, иван-чая и живучки. На всех пробных площадях увеличивается площадь с доминированием осоки волосистой (см. табл. 1), везде уменьшается вклад видов таежной, боровой и березняковой экологии в общее проективное покрытие. Такие общие для всех насаждений изменения связаны в первую очередь с климатическими особенностями сезонов периода наблюдений. Возрастание доли папоротников, по-видимому, определяется высокой влажностью воздуха, снижение участия боровых и березняковых видов — уменьшением освещенности в результате отрастания лещины, вымерзшей в сильные морозы. Для всех насаждений характерны высокий возраст и умеренная рекреация.

Изменения разной направленности связаны прежде всего со специфическим воздействием породы-эдификатора на травяно-кустарничковый ярус. В дубовых культурах они наиболее своеобразны. В отличие от хвойных культур здесь возрастает доля копытня и дудника, снижается участие ландыша, бора развесистого, майника и сочевичника. На значительной площади теряется доминирующее положение сныти и увеличивается площадь с доминированием медуницы. За 5 лет здесь возрастает участие неморальных и резко падает доля лугово-лесных видов.

В близких по составу травяно-кустарничкового яруса сосновой и елово-сосновой культурах, наоборот, уменьшается встречаемость дудника и копытня, возрастает участие бора развесистого, цирцеи и зеленчука. В обеих культурах увеличивается площадь с доминированием кислицы и уменьшается площадь с господством зеленчука и вейника наземного (см. табл. 1). Таежные виды встречаются несколько чаще, тогда как в дубовой культуре их доля снижается вдвое. В сосновой культуре увеличивается участие сочевичника и неморально-бореальных видов, елово-сосновая доля этих видов уменьшается.

Характерной особенностью изменения нижнего яруса дубовой культуры является усиление неморальных признаков, в сосновой прогрессируют виды хвойно-широколиственных лесов, в елово-сосновой сохраняют свои позиции таежные и боровые виды. Однако в большинстве описаний заменяющие друг друга виды напочвенного покрова относятся к одной экологической группе, а доминанты сменяются видами сходной экологии.

Значительные изменения в изучаемых насаждениях, близких к возрасту естественного распада, мы связываем с богатством почвы элементами минерального питания, разнообразием видового состава всех ярусов и сложностью горизонтальной структуры фитоценозов. Большую динамичность травяно-кустарничкового яруса на площадках в 25 м² по сравнению с площадями в 2500 м² мы объясняем близостью первых к характерным размерам более изменчивых элементов внутри фитоценоза. Небольшие площадки удобнее для наблюдений за динамикой, мониторинга, крупные — для выявления постоянных характеристик фитоценозов.

Наши исследования показывают, что сравнение сводных описаний, выполненных на одних и тех же участках в разные годы, позволяет выявить динамику напочвенного покрова в различных насаждениях. Это позволяет применять широко доступные материалы лесоводственных, типологических, таксационных и других исследований для анализа динамики и мониторинга в лесных сообществах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Докукина Е. А. Меланхолин П. Н. Влияние дорог и просек на нижний ярус в рекреационных лесах / Лаборатория лесоведения АН СССР.— М., 1986.— Деп. в ВИНТИИ 12.09.86, № 6642—В. [2]. Дылис Н. В., Жукова В. М. Изменение парцеллярной структуры широколиственно-елового леса с возрастом древостоя // Лесоведение.— 1984.— № 3.— С. 14—21. [3]. Меланхолин П. Н. Влияние эдификаторной синузны на нижние ярусы лесных экосистем // География экосистем: Тез. докл.— М., 1984.— С. 155—156. [4]. Погребняк П. С. Основы лесной типологии.— Киев: Изд-во АН УССР, 1955.— 456 с. [5]. Типы леса / С. А. Ильинская, А. А. Матвеева, С. П. Речан и др. // Леса Западного Подмосковья.— М.: Наука, 1982.— С. 20—150.

УДК 630*23 : 630*425

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ В ЗОНЕ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р. П. ПАНКРАТОВА

Мурманская научно-исследовательская лаборатория
Архангельского института леса и лесохимии

Под воздействием промышленных выбросов горнометаллургических предприятий разрушаются лесные экосистемы. Участки леса в течение 40...50 лет превращаются в техногенные пустыни. В решении проблемы оздоровления окружающей среды важное место занимает восстановление растительности. Изучались различные варианты лесовыращивания в зоне сильного аэротехногенного загрязнения. Опытный участок расположен в 2...3 км от комбината «Североникель» (г. Мончегорск Мурманской области), перерабатывающего сульфидные медно-никелевые руды. Здесь на 1 км² ежегодно выпадает около 5 т серы, 2,5...4,0 т меди, никеля и кобальта. Исходная почва — подзол иллювиально-гумусово-железистый — в настоящее время значительно разрушена. В ней отсутствуют органогенный и подзолистый горизонты, продолжает разрушаться иллювиальный. Для минеральных почв характерна значительная уплотненность, сильноокислая реакция, ненасыщенность поглощающего комплекса, бедность питательными веществами, накопление тяжелых металлов в поверхностном слое (содержание никеля в 6—12, меди — в 15—30 раз выше фонового). Естественное восстановление растительности на таких площадях исключается. Предотвращение дальнейшего разрушения природных экосистем и оздоровление среды в таких условиях возможно лишь на основе рекультивации земель.

На опытном участке выполнено пять вариантов подготовки почвы: 1 — удаление верхнего 15-сантиметрового слоя почвы, рыхление последующих 20...25 см; 2 — то же, с внесением полных минеральных удобрений и извести; 3—5 — дополнительное внесение в почву соответственно сфагнового торфа, смеси торфа с навозом и смеси торфа с активным илом. Лесорастительные свойства сформированных субстратов оценивались показателями роста и состоянием сеянцев древесных и кустарниковых пород. Опыт предусматривал посевы семян и посадку выращенных в теплице однолетних сеянцев сосны и ели обыкновенных, лиственницы даурской, караганы древовидной, березы пушистой, жимолости золотистой, сирени венгерской, спиреи средней.

Сеянцы выращивали на подготовленных субстратах непосредственно под факелом дымо-газовых эмиссий и вне зоны промышленного загрязнения. Такая схема эксперимента давала возможность оценить влияние разных приемов технико-химических рекультиваций на лесорастительные свойства исходных загрязненных почв при сохранении текущего аэротехногенного загрязнения и при его устранении.

Исследовали всхожесть семян и сохранность всходов, приживаемость сеянцев. Основные биометрические показатели, а также массу надземных и подземных частей сеянцев в посевах определяли в конце первой, в посадках — в конце второй вегетации. Оценивали жизненное состояние растений на разных этапах их роста.

Показатели некоторых физико-химических свойств подготовленных почвенных субстратов к моменту посева семян и посадки сеянцев приведены в таблице.

Вариант опыта	рН солевой вытяжки	Кислотность		Сумма обменных оснований	Емкость обмена	Насыщенность, %	NH ₄ + NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
		обменная	гидролитическая						
1	4,3	2,3	6,8	1,5	8,3	18	0,7	17,3	2,6
2	4,9	0,3	4,5	5,2	9,7	54	0,5	33,3	18,3
3	5,6	0,2	11,3	29,2	40,5	72	1,8	103,4	27,3
4	5,7	0,2	8,4	17,0	25,4	67	1,4	209,7	22,8
5	4,8	1,0	15,0	16,4	31,4	52	3,2	196,5	23,1

В эксперименте с посадками на исходном почвогрунте после простейшей обработки (вариант 1) в зоне постоянного воздействия газов не смогли прижиться сеянцы ни одной из испытываемых древесных и кустарниковых пород. Через 5...9 дн. отмечено скручивание листьев и хвои и полное их отмирание. Отпад сеянцев начался через 2 нед после посадки, в первую очередь у сосны. До конца вегетации сохранили жизнеспособность 60 % сеянцев ели, 30 % сеянцев лиственницы и березы, однако их состояние оценивалось как крайне неудовлетворительное. Зимой все они погибли.

При посевах на этой же делянке редкие всходы появились только у сосны и лиственницы (всхожесть 11...13 %). Развитие проростков закончилось образованием деформированного каллюсного корешка, совершенно не заглубившегося в субстрат.

Внесение извести, минеральных удобрений и органики в исходный почвогрунт способствовало значительному увеличению приживаемости сеянцев в посадках. К концу первого вегетационного периода сохранили жизнеспособность 66 % растений, к концу второго — 31 %. Самая высокая приживаемость отмечена у лиственницы (72,5 %), затем у березы (57,5 %), ели (7,0 %), сосны (2,5 %); кустарники погибли полностью в год посадки. Во всех вариантах рекультивации под факелом с первых дней посадки наблюдалось повреждение сеянцев газами, вырвавшееся в некрозах листьев и хвои, скручивании листовых пластинок и верхушек главных побегов. Наиболее устойчивыми к текущим газовым эмиссиям оказались лиственница и береза. Сеянцы этих пород не только сохранили жизнеспособность, но и дали прирост (1,2...5,0 см). Однако в течение всего периода наблюдений состояние сеянцев оценивали как ослабленное и неудовлетворительное.

Рекультивация обеспечила повышение всхожести семян всех испытываемых пород. По вариантам опыта она составила: у жимолости 6...59 %, у лиственницы 8...34 %, у сосны 8...57 %, у ели и сирени не более 32 %. Однако во всех вариантах отпад растений был очень высоким. К концу вегетации погиб каждый второй сеянец лиственницы и сирени, каждый третий — сосны, каждый пятый — ели. Сохранность сеянцев жимолости составила 99 %.

Лучшим ростом отличались сеянцы лиственницы и сосны. В конце сезона высота первых изменялась в разных вариантах от 0,97 до 1,48 см, вторых — от 0,76 до 1,28 см. Высота сеянцев ели, сирени, жимолости не превышала 1 см. У всех сеянцев были мелкие листья (короткая хвоя) с признаками некроза. Жизненное состояние большинства пород в конце сезона вегетации оценено как ослабленное, лиственницы — как удовлетворительное.

Вынесение опыта (те же варианты подготовки почвы, посев, посадка) за пределы действия факела промвыбросов способствовало существенному изменению результатов. Эффективность всех испытываемых приемов технико-химических рекультиваций повысилась. Однако по-прежнему самые плохие результаты получены на исходных грунтах (вариант 1). Из 90 семян (ель, сосна, лиственница, береза и др.) к концу вегетации сохранилось только 18 (20 %). Состояние всех семян было крайне неудовлетворительным, при перезимовке все они погибли.

Всхожесть семян на исходном грунте вне зоны влияния промвыбросов у разных пород колебалась от 20 до 55 %. Самой высокой была приживаемость ели (88 %), затем жимолости (61 %), лиственницы (57 %), сосны (49 %). Всходы сирени, караганы погибли полностью. Показательно, что все сохранившиеся к концу вегетации растения были сильно подавлены и отличались медленным ростом.

Таким образом, даже при снятии пресса газов исходные грунты, прошедшие лишь механическую подготовку, непригодны для роста и развития древесной и кустарниковой растительности.

На рекультивированных субстратах вне зоны задымления были получены вполне удовлетворительные результаты. Наиболее информативными оказались опыты с посадками. Из 360 семян в конце первой вегетации сохранилось 295 (82 %), к концу второго сезона 254 (76 %). Самую высокую приживаемость имела лиственница (100 %), затем береза (90 %), ель (80...100 %), жимолость (40...60 %), сосна (20...80 %). Сеянцы всех пород хорошо росли. Текущий прирост второго года составил у березы 10...30 см, у лиственницы 3...20 см, у ели 3...10 см, у сосны 2...4 см. Медленнее всех росла жимолость. Практически у всех семян отсутствовали признаки поражения токсикантами.

Таким образом, отсутствие аэротехногенного загрязнения существенно повысило эффективность приемов рекультивации. У семян березы и лиственницы в лучшем варианте (внесение извести, минеральных удобрений и смеси сфагнового торфа с навозом) прирост в высоту увеличился в 7—15 раз по сравнению с аналогичным вариантом под факелом, масса семян в посевах возросла в 1,4—4,6 раза.

Выводы

В зоне дымо-газовых эмиссий сильно загрязненные почвы непригодны для выращивания рассматриваемых пород. Агрехимические мероприятия (удаление верхнего, наиболее загрязненного металлами слоя, рыхление, известкование, внесение минеральных удобрений и органики) способствовали существенному снижению фитотоксичности почв по отношению к растениям, однако при сохранении задымления испытываемые древесные и кустарниковые породы как в посевах, так и в посадках сильно повреждаются и погибают. Следовательно, неизменными условиями успешного восстановления растительности в зоне активного аэротехногенного загрязнения являются резкое снижение выбросов газов и сложные технико-химические рекультивации почв. В этом случае в промышленной зоне возможно выращивание всех анализируемых в эксперименте древесных и кустарниковых пород. Наиболее приемлемы посадки семян с уже сформировавшимися корневыми системами, в первую очередь березы пушистой и лиственницы даурской.

УДК 662.63

ГОРЕНИЕ ЛЕГУЧИХ ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ

В. И. НАЙДЕНОВ, Ю. В. ОТРАШЕВСКИЙ

ЦНИИМЭ

В настоящее время низкокачественные древесные отходы оцениваются как один из возможных дополнительных источников энергии [15]. Использование отходов позволит лесной промышленности удовлетворить значительную часть своих потребностей в топливе.

Тепловая мощность паровых и водогрейных котлоагрегатов существенно зависит от фракционного состава топливной щепы, так как по своему физическому смыслу представляет собой величину, пропорциональную скорости выгорания топлива в заданном объеме или на заданной площади колосникового полотна.

Интенсификация тепломассообменных процессов, характеризующих горение в топочном объеме, возможна лишь при детальном изучении воспламенения летучих и выгорания коксового остатка древесного топлива. Эти процессы для достаточно крупных древесных частиц лимитируются физическими факторами (конвективной диффузией кислорода и продуктов сгорания), а для очень мелких частиц — кинетическими факторами (температурой и энергией активации суммарных химических реакций).

Как известно [4, 6, 12], древесина имеет высокий (наибольший из всех твердых органических топлив) процент выхода летучих, величина которого слабо зависит от породы, места произрастания, географических условий и т. д. Физико-химический процесс выхода и сгорания летучих определяет реакционную способность древесины.

Цель настоящего исследования — изучить выделение из древесной биомассы летучих и определить время их видимого горения, а также влияние на эти процессы геометрических размеров щепы.

Горение летучих рассматривается как диффузионное пламя [11]. Летучие, выделяясь из щепы, образуют вокруг нее бесконечно тонкую пленку с концентрацией C_l^0 , равной плотности летучих при данной температуре, из которой они распространяются в окружающую среду путем молекулярной диффузии и конвекции и сгорают на границе области, реагируя с кислородом, поступающим из окружающего пространства (рис. 1).

Уравнения конвективной диффузии примем в приближении диффузионного пограничного слоя [7, 9], т. е. будем считать, что длина щепы вдоль волокон будет значительно больше толщины. Топливная щепка, получаемая в современных рубительных машинах, обычно удовлетворяет этому требованию.

При постоянной эффективной скорости воздушного потока уравнения массообмена с краевыми условиями, соответствующими заданию концентраций летучих и кислорода у поверхности щепы и на бесконечности, имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} D_l \frac{\partial^2 C_l}{\partial y^2} &= v \frac{\partial C_l}{\partial x}; & C_l(0) &= C_l^0; & C_l(y^*, x) &= 0; \\ D_k \frac{\partial^2 C_k}{\partial y^2} &= v \frac{\partial C_k}{\partial x}; & C_k(\infty) &= C_k^0; & C_k(y^*, x) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

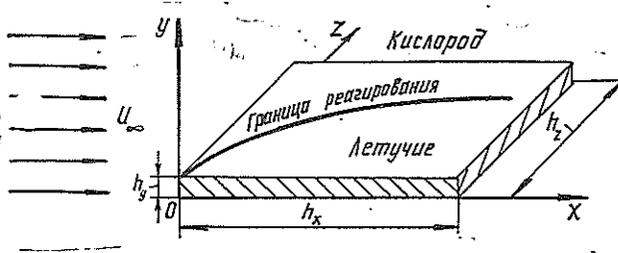


Рис. 1. Расчетная схема реагирования

где D_l, D_k — соответственно коэффициенты молекулярной диффузии летучих и кислорода;
 C_l, C_k — концентрация летучих и кислорода;
 v — скорость потока;
 $y^*(x)$ — граница реагирования летучих и кислорода.

Вводим автомодельную переменную $\eta = y/\delta(x)$ ($\delta(x) = 2\sqrt{D_k x/v}$ — толщина диффузионного пограничного слоя). При помощи традиционной для таких задач замены переменных [7, 9] система уравнений в частных производных сводится к обыкновенным дифференциальным уравнениям:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 C_l}{d\eta^2} &= -2\eta \frac{dC_l}{d\eta}; & C_l(0) &= C_l^0; & C_l(\eta^*) &= 0; \\ \frac{d^2 C_k}{d\eta^2} &= -\frac{2\eta}{Le} \frac{dC_k}{d\eta}; & C_k(\infty) &= C_k^0; & C_k(\eta^*) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь η^* — автомодельная переменная на границе диффузионного пограничного слоя;
 $Le = D_k/D_l$ — число Льюиса, характеризующее отношение толщин пограничного слоя для концентрации кислорода и летучих.

Границу реагирования $y^* = \eta^* \delta(x)$ находят из условия равенства диффузионных потоков летучих и кислорода:

$$M D_l \frac{dC_l}{d\eta}(\eta^*) = -D_k \frac{dC_k}{d\eta}(\eta^*), \quad (3)$$

где M — стехиометрический коэффициент.

Уравнения (2) имеют точное решение:

$$\begin{aligned} C_l &= C_l^0 \left(1 - \frac{\text{erf } \eta}{\text{erf } \eta^*} \right); \\ C_k &= C_k^0 \left[1 - \frac{\text{erf } c(\eta/\sqrt{Le})}{\text{erf } c(\eta^*/\sqrt{Le})} \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь

$$\text{erf } \eta = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\eta e^{-t^2} dt; \quad \text{erf } c = 1 - \text{erf } \eta \text{ — функции ошибок [10].}$$

Используя точные решения (4), для определения границы реагирования получаем трансцендентное уравнение вида

$$\frac{\sqrt{Le} e^{\eta^{*2} \left(\frac{1-Le}{Le} \right)} \text{erf } \eta^*}{\text{erf } c(\eta^*/\sqrt{Le})} = \frac{M C_l^0}{C_k^0}. \quad (5)$$

Учитывая формулы (3) — (5), рассчитываем поток летучих с поверхности пластинки:

$$q_{\text{л}} = -h_z \int_0^{h_x} D_{\text{л}} \frac{dC_{\text{л}}}{dy}(0) dx;$$

$$q_{\text{л}} = h_z D_{\text{л}} C_{\text{л}}^0 \frac{2}{\sqrt{\pi} \operatorname{erf} \eta^*} \sqrt{\frac{v h_x}{D_{\text{л}}}},$$

где h_x , h_y , h_z — параметры пластины.

Полный поток за время горения $\tau_{\text{л}}$ представим выражением

$$Q_{\text{л}}^1 = q_{\text{л}} \tau_{\text{л}},$$

а количество летучих в пластинке

$$Q_{\text{л}}^2 = h_x h_y h_z \rho_{\text{т}} \frac{V_0^c}{100} \Psi a.$$

Здесь $\rho_{\text{т}}$ — плотность сухой древесины;

V_0^c — выход летучих;

Ψ — степень выгорания летучих за время видимого горения;

a — содержание горючей части летучих.

Приравнявая $Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^2$, вычисляем $\tau_{\text{л}}$ с учетом горения пластинки с обеих сторон:

$$\tau_{\text{л}} = \frac{\rho_{\text{т}} \frac{V_0^c}{100} \Psi a \frac{\sqrt{\pi}}{2} \operatorname{erf} \eta^* h_x h_y}{2 D_{\text{л}} C_{\text{л}}^0 \sqrt{v h_x / D_{\text{л}}}}. \quad (6)$$

Формулу (6) можно упростить в случае, когда $Le = 1$ и $D_{\text{л}} = D_{\text{к}}$ (такое предположение обычно хорошо соответствует действительности). Тогда уравнение для определения границы реагирования (5) принимает вид

$$\operatorname{erf} \eta^* = \frac{M C_{\text{л}}^0}{M C_{\text{л}}^0 + C_{\text{к}}^0}.$$

С увеличением стехиометрического коэффициента и концентрации летучих у поверхности щелы область реагирования достаточно быстро расширяется. Время горения в этом случае

$$\tau_{\text{л}} = \frac{\sqrt{\pi}}{4} \rho_{\text{т}} \frac{V_0^c}{100} \Psi a \frac{h_x h_y}{\left(D_{\text{л}} C_{\text{л}}^0 + \frac{D_{\text{к}} C_{\text{к}}^0}{M} \right) \sqrt{\frac{v h_x}{D_{\text{л}}}}}. \quad (7)$$

Как следует из формулы (7) время горения зависит от геометрических размеров топливной щелы. Оно прямо пропорционально толщине щелы h_y и связано с ее длиной по закону $\tau_{\text{л}} \sim \sqrt{h_x}$. Так как в выражение (7) входит плотность и концентрация летучих, то, соответственно, время горения зависит от породы древесины.

Аналогично может быть построена аналитическая формула для тел цилиндрической формы (сучья, элементы кроны и т. д.):

$$\tau_{\text{л}} = \frac{\sqrt{\pi}}{4} \rho_{\text{т}} \frac{V_0^c}{100} \Psi a \frac{h_x R}{\left(D_{\text{л}} C_{\text{л}}^0 + \frac{D_{\text{к}} C_{\text{к}}^0}{M} \right) \sqrt{\frac{v h_x}{D_{\text{л}}}}}.$$

Здесь h_x и R — длина и радиус цилиндра соответственно.

Таким образом, при горении летучих образуется вокруг древесной частицы неравномерная оболочка, геометрические размеры которой оце-

нивают по количеству выделившихся летучих. Время исчезновения этой оболочки рассматривают как функцию от скорости подачи воздуха и коэффициента диффузии кислорода через продукты горения.

Используя данные по выходу и составу неконденсированных газов [1, 5] в зависимости от конечной температуры пиролиза древесины, можно оценить время горения летучих сосновой щепы при температуре 700 °С и атмосферном давлении.

1. Принимаем следующие мольные концентрации газов пиролиза [5]: CO_2 — 38,56 %; CO — 25,19 %; CH_4 — 24,94 %; C_2H_4 — 8,50 %; H_2 — 2,81 %.

2. Определяем плотность газов пиролиза при заданных условиях по справочнику [8]: $\rho_{\text{CO}_2} = 0,555$ кг/м³; $\rho_{\text{CO}} = 0,351$ кг/м³; $\rho_{\text{CH}_4} = 0,201$ кг/м³; $\rho_{\text{C}_2\text{H}_4} = 0,351$ кг/м³; $\rho_{\text{H}_2} = 0,0252$ кг/м³.

3. Вычисляем массовую концентрацию летучих у поверхности щепы по следующей формуле:

$$C_{\lambda}^0 = \rho_{\text{CO}} \text{CO} + \rho_{\text{CH}_4} \text{CH}_4 + \rho_{\text{C}_2\text{H}_4} \text{C}_2\text{H}_4 + \rho_{\text{H}_2} \text{H}_2 = 16,9 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3.$$

Здесь CO , CH_4 , C_2H_4 , H_2 — мольные концентрации газов пиролиза в долях единицы.

4. Концентрацию кислорода находим аналогично:

$$C_{\kappa}^0 = \rho_{\text{O}_2} \text{O}_2 = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3,$$

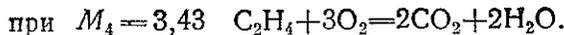
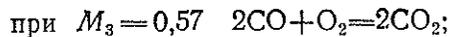
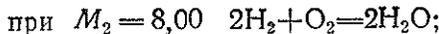
где ρ_{O_2} — плотность кислорода;

O_2 — мольная концентрация кислорода в долях единицы.

5. Определяем коэффициент диффузии кислорода, подставляя температуру в градусах Кельвина:

$$D_{\kappa} = 0,16 (T/273)^2 = 2,032 \text{ см}^2/\text{с}.$$

6. Принимаем, что горение летучих происходит по реакциям окисления с соответствующими стехиометрическими коэффициентами:



Тогда получаем эффективный стехиометрический коэффициент:

$$M_{\lambda} = \sum_{i=1}^4 M_i \mu_i = 2,125 (\mu_i — \text{весовая доля компонента}).$$

7. Находим долю горючей части летучих:

$$\alpha = \frac{\rho_{\text{CO}} \text{CO} + \rho_{\text{CH}_4} \text{CH}_4 + \rho_{\text{C}_2\text{H}_4} \text{C}_2\text{H}_4 + \rho_{\text{H}_2} \text{H}_2}{\rho_{\text{CO}_2} \text{CO}_2 + \rho_{\text{CO}} \text{CO} + \rho_{\text{CH}_4} \text{CH}_4 + \rho_{\text{C}_2\text{H}_4} \text{C}_2\text{H}_4 + \rho_{\text{H}_2} \text{H}_2} = 0,441.$$

8. Коэффициент молекулярной диффузии летучих вычисляем по формулам теории переноса в многокомпонентных системах [13]: $D_{\lambda} = 2,107 \text{ см}^2/\text{с}$.

Так как $Le \approx 1$, то расчет времени выгорания в секундах можно производить по упрощенной формуле (7), учитывая, что для сосновых частиц $\rho_{\tau} = 470$ кг/м³, $V_0^c = 85$ %, $\psi = 0,85$:

$$\tau_{\lambda} = 151 h_x h_y / \sqrt{v h_x D_{\lambda}},$$

где $v h_x / D_{\lambda}$ — диффузионное число Пекле (геометрические размеры, см).

Следует отметить, что проблеме пиролиза и термогравиметрического анализа посвящен целый ряд работ зарубежных [14, 16—18] и отечественных [1—3, 6] авторов. Результаты этих исследований в большей или меньшей степени подтверждают правильность определения физико-химической сущности процессов, происходящих с древесной частицей. Однако в этих работах не дана ясная картина влияния размеров щепы на время горения древесных частиц, а именно этот вопрос является самым важным при конструировании рабочих органов рубительных машин для производства топливной щепы.

Для проверки теоретических выводов о влиянии геометрических размеров щепы на динамику процессов сушки, термоллиза и горения коксового остатка в ЦНИИМЭ создан экспериментальный стенд (рис. 2).

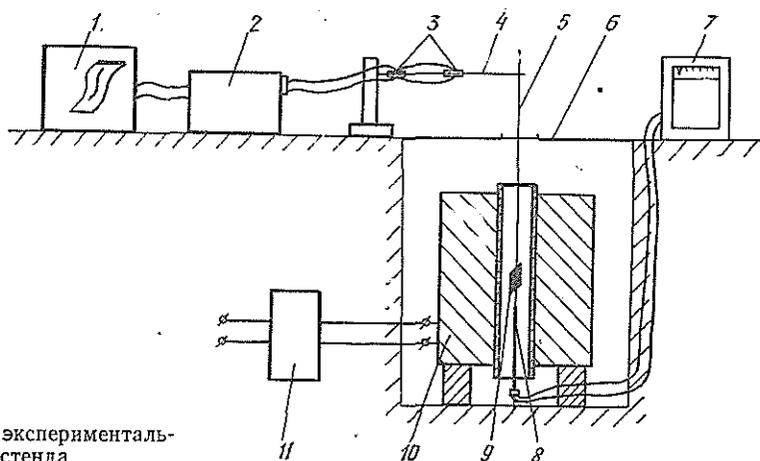


Рис. 2. Схема экспериментального стенда

Исследуемый образец 9 на термостойкой нити 5 подвешивают в трубчатой муфельной электропечи 10, температура в которой регулируется автотрансформатором 11, измеряется термопарой ТПП 8 и фиксируется автоматическим самопишущим потенциометром 7 типа КСП 2 с диапазоном рабочих температур от 0 до 1200 °С. Термостойкая нить связана со свободным концом жестко закрепленной упругой пластины 4. От теплового воздействия пластина защищена экраном 6. При уменьшении веса образца происходит деформация пластины, приводящая к изменению сопротивления тензодатчиков 3. Сигнал от разбаланса моста поступает в тензоусилитель 2 «Топаз-1А», а затем на самопишущий осциллограф 1 марки Н-117. На фотобумаге фиксируются термограммы — кривые уменьшения веса образца во времени $G = f(\tau)$. Вид тер-

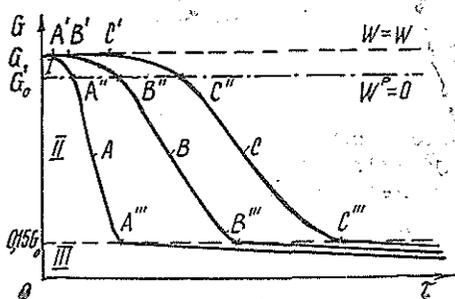
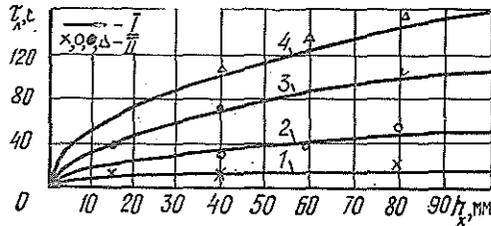


Рис. 3. Термограммы элементов щепы: I — сушка; II — выход летучих; III — горение коксового остатка

мограмм для трех типов частиц (одного веса и влажности, но разных геометрических пропорций) приведен на рис. 3.

Угол наклона кривых характеризует интенсивность процессов сушки, термолиза, горения летучих и углерода. В опытах исследовали древесные частицы длиной от 5 до 100 мм из ствола и сучьев ели, сосны, березы, осины при влажности $W^p = 0 \dots 60\%$ и температуре среды $T = 500 \dots 800^\circ\text{C}$.

Рис. 4. Зависимость времени выхода летучих τ_{λ} от размеров сосновой щепы h_x при различных значениях h_y ($t = 700^\circ\text{C}$): 1—2; 2—5; 3—10; 4—15 мм; I—расчетные зависимости; II—экспериментальные точки



Графики, представленные на рис. 4, иллюстрируют удовлетворительное согласование теоретических и экспериментальных результатов.

Таким образом, рассмотренные в статье методики расчета процесса горения летучих веществ подтверждаются теоретическими данными и экспериментальными исследованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Багрова Р. X. Исследование выходов продуктов пиролиза березы, сосны, ели в зависимости от конечных температур пиролиза: Дис. ... канд. техн. наук.— Свердловск, 1953.—170 с. [2]. Букин В. Д. Исследование и совершенствование котельно-топочного оборудования для комплексного энергохимического использования древесных отходов: Дис. ... канд. техн. наук.—Л., 1979.—163 с. [3]. Вознесенский Н. П., Чернышев А. Б. О структуре пограничного слоя при горении твердого топлива // Докл. АН СССР.—1951.—Т. 77, № 3.—С. 433—434. [4]. Головкин С. И., Коперин И. Ф., Найденов В. И. Энергетическое использование древесных отходов.—М.: Лесн. пром-сть, 1987.—224 с. [5]. Козлов В. Н., Нимвицкий А. А. Технология пирогенетической переработки древесины.—М.; Л.: Гослесбумиздат, 1954.—618 с. [6]. Корчунов Ю. Н. Кинетика суммарного процесса термического разложения древесины, целлюлозы и лигнина // Гидролиз и лесохим. пром-сть.—1969.—№ 7.—С. 10—12. [7]. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена.—М.: Атомиздат, 1979.—415 с. [8]. Кутателадзе С. С. Справочник по теплопередаче.—М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959.—402 с. [9]. Левич В. Г. Физико-химическая гидромеханика.—М.: Физматгиз, 1959.—659 с. [10]. Никифоров А. Ф., Уваров В. Б. Основы теории специальных функций.—М.: Наука, 1974.—302 с. [11]. Новые методы сжигания топлива и вопросы теории горения. / Под ред. Б. В. Канторовича.—М.: Наука, 1972.—236 с. [12]. Померанцев В. В. Основы практической теории горения.—Л.: Энергия, 1973.—264 с. [13]. Рид Р., Праусниц Дж. Свойства газов и жидкостей: Справоч. пособие / Пер с англ. под ред. Б. И. Соколова.—Л.: Химия, 1982.—592 с. [14]. Christoph N. Untersuchungen über die thermische Stabilität nativer hochpolymerer Werkstoffe: Dis.—Hamburg: Universität, 1966.—S. 231. [15]. Energie aus Biomasse.—Münster-Hiltzup: Landwirtschaftvert, 1985.—217 S. [16]. Kollmann F. Vergleichende Prüfungen des Brandgeschehens bei Holz und Holzwerkstoffen // Svensk Papperstidning.—1960.—63, N 7.—S. 208/17. [17]. Magnus G. Kritische Beurteilung der Verfahren zur Untersuchung der Selbstentzündungsneigung // AGF-Forschungsbericht.—Univ. Karlsruhe, 1966.—N 8.—S. 9—17. [18]. Patzak W. Zur Theorie des Brandgeschehens von Holz // VDI-Forschungsheft.—Düsseldorf, 1972.—552.—S. 52.

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*81

**ВЫДАЮЩИЙСЯ ДРЕВЕСИНОВЕД
ЛЕОНИД МИХАЙЛОВИЧ ПЕРЕЛЫГИН
(к 100-летию со дня рождения)**

Профессор Л. М. Перелыгин родился 8 ноября 1891 г. в г. Липецке. В 1906—1911 гг. он учился в Саратовском механико- и химико-техническом училище. Продолжил свое образование М. Л. Перелыгин в Лесном институте С.-Петербурга, по окончании которого в 1915 г. получил звание ученого лесовода первого разряда.

Уже в стенах института проявилось стремление Леонида Михайловича к научной деятельности. Он вел внепрограммную работу под руководством проф. В. Н. Крестинского в лаборатории органической химии. Результаты работы легли в основу его первой и весьма обстоятельной статьи «Мочальное производство», опубликованной в «Лесном журнале» № 3 за 1918 г.

Трудовую деятельность М. Л. Перелыгин начал в 1918 г. в качестве таксатора. Свое стремление к педагогической работе он смог осуществить только в 1922 г., когда был избран ассистентом кафедры технических свойств древесины Московского лесотехнического института.

В 1931 г. Леонид Михайлович был назначен доцентом, а потом утвержден заведующим кафедрой древесиноведения МЛТИ и проработал в этой должности до 1935 г. После закрытия института он преподавал в других вузах (МИСИ, МЭМИИТ, МАТИ) и вернулся после реорганизаций в МЛТИ в 1945 г.

Педагогическую деятельность Л. М. Перелыгин совмещал с научно-исследовательской работой в Институте древесины, впоследствии ЦНИИМОД (1930 г.), ЦНИЛХИ, ВНИЭКИН, ВНИИЛХ, ЦНИИМЭ, лаборатории авиационного завода. Он изучал физико-механические свойства древесины различных пород; решал проблему замены дефицитных пород менее ценными; впервые разработал стандарт (ОСТ ВКС 7653) на методы испытаний древесины. Пять лет упорного труда завершились написанием монографии и докторской диссертации, защищенной в 1938 г. В том же году ему было присвоено звание профессора. В результате этой работы был создан расширенный ОСТ НКЛ 250. Стандартизация методов испытаний сыграла огромную роль в накоплении объективных и вполне сравнимых данных о физико-механических свойствах древесины. Методы испытаний, разработанные Л. М. Перелыгиным, легли в основу международных стандартов.

Большой цикл работ был выполнен им по исследованию влияния пороков и других факторов на свойства древесины. До сих пор широко используются его результаты воздействия скорости нагружения на прочность древесины. Л. М. Перелыгиным изучены причины анизотропии усушки, заложены основы технической анатомии древесины, успешно развиты в трудах В. Е. Вихрова, В. Е. Москалевой и др.

Проф. Перелыгин опубликовал более 160 работ. Среди них капитальный труд (совместно с А. Х. Певцовым) «Механические свойства и испытания древесины» (1934 г.); учебное пособие для вузов «Древесиноведение» (1949 г.); монографии «Влияние пороков на технические свойства древесины» (1949 г.) и «Строение древесины» (1954 г.); учебники для техникумов «Древесиноведение и лесное товароведение» (1954 г.) и вузов «Древесиноведение» (1957 г.) и др.

Последние 14 лет своей жизни Леонид Михайлович работал в МЛТИ. Скончался он в апреле 1959 г.

Отдавая долг памяти своему учителю, хочется отметить его преданность науке, выдающиеся способности экспериментатора, глубину и строгость научного мышления, великолепный литературный стиль и, наконец, удивительное трудолюбие. Велико и непреходящее научное наследие проф. Л. М. Перелыгина. До сих пор студенты пользуются собранными им коллекциями древесных пород и пороков древесины. Четырежды (1960, 1964, 1969 и 1971 гг.) вышли посмертные издания его учебников.

Имя Леонида Михайловича Перелыгина — общепризнанного авторитета в области механических испытаний древесины, глубокого знатока ее строения и свойств, выдающегося педагога, вошло в историю отечественной науки.

Б. Н. Уголев

Московский лесотехнический институт

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3 : 674.031.632.26

ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ДУБРАВАМ

Среди проблем лесного хозяйства особую сложность представляют восстановление и устойчивость дубрав. Этим вопросам был посвящен ряд всесоюзных научно-практических конференций: в Воронежском лесотехническом институте (1960 г.), в Красно-Гростянецкой ЛОС (1964 г.), в Винницкой ЛОС (1978, 1983, 1988 гг.). Очередная конференция «Научные основы ведения лесного хозяйства в дубравах» состоялась в Воронеже (ВЛТИ) 5—7 июня 1991 г. Ее организаторами были Госкомитет СССР по лесу, Госкомитет РСФСР по науке и высшей школе, научный совет АН СССР по программе «Проблемы лесоведения».

Были представлены доклады 170 ученых, в том числе 11 на пленарном заседании.

В докладе Госкомлеса СССР «О состоянии и мерах по улучшению ведения хозяйства в дубравах СССР» впервые представлено обобщенное мнение ведомства. Выступивший с этим докладом А. А. Яблоков привел данные учета гослесфонда, согласно которым на 1 января 1988 г. древостоев с главной породой дуб насчитывалось 9669,9 тыс. га, или 1,4 % покрытой лесом площади. Подробно, по регионам, он охарактеризовал состояние дубрав, их экологический и генетический потенциал. Констатировал, что за 1983—1988 гг. площадь дубовых насаждений в СССР уменьшилась на 90,4 тыс. га, расчетная лесосека в ряде регионов не используется, зато в других запасы спелых древостоев составляют лишь 6,0... 11,4 %. Рубки ухода в молодняках не достигают поставленной цели. В дубравных типах леса зачастую формируются насаждения, в которых дуб не является главной породой. В связи с этим необходимо в сжатые сроки завершить разработку Всесоюзной научно-технической программы «Дубравы» с последующей ее детализацией по регионам.

Министр лесного хозяйства РСФСР В. А. Шубин, отметив имеющиеся достижения российских лесоводов, основное внимание сосредоточил на еще не решенных задачах: повышении урожайности дуба (даже в генетических резерватах она не превышает 10 кг желудей на 1 га), создании эффективных способов его размножения и технологий восстановления дубрав, механизмов для сбора желудей и защиты их от вредителей, разработке расчетно-технологических карт для пойменных и байрачных дубрав, а также нормативных и инструктивных материалов. Он высказал ряд предложений по формированию научно-технической программы «Дубравы» (для РСФСР).

В. Д. Новосельцев (ВНИИЦлесресурс) в докладе «Проблемы воспроизводства высококачественных дубрав» подчеркнул особенности современного этапа хозяйствования в дубравах, заключающиеся в чередовании успехов с депрессиями, сопровождающимися массовым усыханием дуба. Последнее он объясняет, прежде всего, накоплением антропогенных воздействий (параллельно с экологическими и биологическими). Предлагает выделять площади для выращивания высокоствольного дубового леса и получения определенных сортиментов. Повышение биологической устойчивости дубрав является основой формирова-

ния высококачественных долговечных и продуктивных насаждений. Беды современного лесного хозяйства докладчик видит в отсутствии длительных программ по формированию насаждений (квартала, лесничества и т. д.), программ, обеспеченных необходимыми ресурсами, управляемых и поддающихся контролю.

Проф. В. А. Бугаев (ВЛТИ) дал характеристику дубрав ЦЧО, классифицировал их по категориям и направлению ведения хозяйства, отметил, что размещение дубовых насаждений должно соответствовать их биологическим особенностям и лесорастительным условиям.

Доклад проф. И. П. Коваля (ВНИИЛМ) был посвящен экологическим основам ведения хозяйства в дубравах Северного Кавказа. Предусматривается учет экологического потенциала лесов на локальном (элементарный водосбор), региональном (формация, речной водосбор лесорастительная зона) и глобальном (биосфера) уровнях. Докладчик привел теоретическое обоснование выделенных уровней и примеры организации ведения хозяйства.

Руководитель союзной тематики по ведению хозяйства в дубравах Н. П. Калининченко (ВНИИЛМ) осветил результаты исследований институтов-соисполнителей. Раскрыл причины неудач в создании культур дуба, уходе за ними, а также рубках ухода. Отметил необходимость дифференциации систем ведения хозяйства в дубравах по зонам, предложил использовать интенсивные технологии выращивания дуба в качестве радикальной меры по повышению устойчивости и продуктивности древостоев.

Ф. С. Кутяев (ВНИИЛМ) охарактеризовал защитные мероприятия, проводимые в дубовых насаждениях на площади более 1 млн га, наиболее опасных вредителей и болезни дуба (непарный шелкопряд, сосудистый микоз), раскрыл особенности профилактических и радикальных мер борьбы с ними.

А. М. Шутяев (ЦНИИЛГиС) коснулся вопросов семеноводства и селекции дуба, показал, что его формовое разнообразие, а точнее внутривидовой полиморфизм, можно и необходимо использовать в практике ведения хозяйства. Действующее «Лесосеменное районирование» (1982 г.) требует усовершенствования с позиций популяционной структуры дубрав и внутривидовой структуры популяций.

С обобщенным докладом группы ученых УкрНПОлес и УкрСХА (И. Н. Патлай, И. Ф. Федец, В. П. Ткач, А. Г. Щербина, П. И. Лакида, Л. Л. Зятьков) выступил В. П. Ткач. Он констатировал ухудшение состояния дубрав Украины в связи с нерегулируемым и возрастающим антропогенным воздействием, предложил технологии и модели формирования биологически устойчивых и высокопродуктивных древостоев, затронул вопросы о сохранении генофонда дуба, регулировании продуктивности смешанных дубовых древостоев, состоянии пойменных дубрав.

Проблемы восстановления дубрав Среднего Поволжья осветил А. С. Яковлев (МарПИ). Об оценке лесохозяйственной роли копытных животных доложил Н. А. Харченко (ВЛТИ), который отметил необходимость четких требований к регулированию их численности с учетом площади и пространственной структуры молодняков конкретных лесных массивов, новых технологий создания лесных культур с учетом влияния копытных.

Проблемы, затронутые в докладах на пленарном заседании, и многие другие более подробно рассматривались на секциях конференции. Секция «Анатомо-физиологические особенности дуба» объединила специалистов, изучающих транспирацию, фотосинтез, дыхание, биоэлектрические реакции, особенности формирования листовой массы, ранней и поздней древесины. Основное число докладов было представлено сотрудниками Лаборатории лесоведения АН СССР.

На секции «Лесоводственные основы выращивания леса» обстоятельно обсуждались вопросы ведения хозяйства в дубравах разных регионов, естественного и искусственного возобновления, состояния и оптимизации дубовых лесов. П. Н. Алентьев предложил меры по восстановлению дубрав Северного Кавказа: широкое применение как искусственного, так и естественного возобновления (последнее возможно на 45 % площади вырубок). В докладах Н. П. Ананьева, В. Д. Бондаренко, Ф. В. Вольвача, В. К. Мякушко, Ю. М. Дебринюка, В. В. Дуды, В. А. Игнатенко, М. И. Калинина, А. А. Орлова, Б. Ф. Остапенко, Н. С. Пастернака, П. А. Трибуна, Н. В. Чернявского и др. рассматривались вопросы ведения хозяйства в водоохранных дубравах Украины, рубок ухода, рекреационного пользования, оптимизации состава древостоев. В основном излагались результаты длительных исследований, выполненных в УкрНПОлес, УкрСХА, ЛЛТИ. Предложены рекомендации по способам рубок, размещению лесосек, интенсивности рубок ухода, способам содействия естественному возобновлению. Обращено внимание на необходимость комплексных рекомендаций производству с приложением программ выращивания дубовых древостоев разных типов. Материалы, касающиеся различных регионов РСФСР, представили Д. И. Ащеулов, В. Г. Лотыш, О. Н. Беспаленко, Е. Г. Гнатенко, А. С. Тихонов, В. И. Гаранков, В. Г. Шаталов и др. Проблемы азербайджанских дубрав изложены в докладе Ф. А. Амирова.

На секции «Искусственное лесовосстановление в дубравах» обсуждались вопросы реконструкции малоценных молодняков, улучшения качественного состава дубовых лесов, создания семенной базы дуба, роста и состояния культур, особенностей ведения хозяйства в ползащитных лесах. Н. М. Ведмидь (ПЛО Харьковлес) предложил технологию реконструкции малоценных молодняков в дубравах Левобережной Украины коридорным способом с использованием крупномерного посадочного материала. И. В. Делеган (ЛЛТИ) обратил внимание на возможность улучшения качественного состава древостоев дубрав, более эффективного использования лесорастительного потенциала дубравных типов леса путем введения в лесные культуры перспективных и ценных интродуцентов. В докладах В. В. Иевлева, В. В. Крюкова, В. М. Михалкива с соавторами, А. П. Новомлинцева, Г. И. Редько, В. К. Ширина с соавторами (ЦНИИЛГиС, УкрНПОлес, ЛТА, ВЛТИ) рассматривались вопросы генетических резервов дуба черешчатого, семенных и вегетативных потомств, ведения хозяйства на селекционной основе. Рост и состояние культур дуба разных возрастов и в различных регионах охарактеризовали И. Я. Казанцев, К. Г. Косарев и А. Д. Лозовой (ВЛТИ), А. И. Мурзов (ТатЛОС), Р. Р. Олийнык (Карпатский филиал УкрНПОлес), В. И. Савич (Крымская ЛОС УкрНПОлес), И. В. Сухов (ВЛТИ). Т. Ф. Стельмахова и В. П. Ворон (УкрНПОлес) представили материалы о росте культур дуба в условиях Донецкого бассейна, охарактеризовав дуб черешчатый как породу, устойчивую к промышленным выбросам.

Вопросы, рассмотренные на секции «Организация и ведение хозяйства в дубравах», касались нормативов оценки производительности дубрав (П. М. Верхунов, МарПИ), моделирования их роста (А. Ю. Гусак, А. А. Дзедзюля, УкрНПОлес; В. И. Лисицын, ВЛТИ; В. Е. Удод, ВНИИЛМ), роста, состояния, продуктивности дубовых лесов отдельных регионов (В. А. Волянский, В. Е. Лебедев, Н. П. Савущик, М. Ю. Попков, В. А. Головашкин, УкрНПОлес; М. И. Калинин, ЛЛТИ; А. Х. Газизуллин, А. З. Нагимов, МарПИ; П. И. Лагунов, Н. П. Гусев, ВО Леспроект; В. В. Успенский, М. Т. Сериков, ВЛТИ и др.).

На секции «Санитарное состояние и защита дубрав от лесных насекомых-фитофагов и возбудителей болезней», обсуждались вопросы:

зооиндикация лесорастительных условий дубрав (Л. Г. Апостолов, В. Б. Пышкин, Симферопольский ГУ; видовой состав и влияние грибной флоры и фауны беспозвоночных на состояние дубовых лесов (С. В. Басова, ЦНИИЛГиС; М. М. Дворовская, ВЛТИ; В. В. Рубцов с соавторами, Н. Н. Селочник, Лаборатория лесоведения АН СССР; А. Б. Дмитриев, Минлесхоз БССР; Н. И. Федоров, БТИ и др.); биологическая защита дубрав (Е. Н. Малий, В. Г. Кобечинская, Симферопольский ГУ; М. В. Прибылова, Северо-Кавказская ЛОС; Г. Я. Тягунова, ЦНИИЛГиС и др.).

Почти во всех материалах речь шла о дубе черешчатом, лишь А. И. Ивченко (ЛЛТИ), А. Н. Кривошея и Е. И. Вологуева (Северо-Кавказская ЛОС) представили материалы по дубу красному, Н. Г. Васильев (МСХА) по дубу монгольскому. Безусловно, и обсуждение проблем дубрав, и принятые конференцией рекомендации были бы более полными, если бы не был обойден вниманием дуб скальный, дуб пушистый, ряд интродуцированных видов. Вопросы естественного возобновления дубрав затрагивали в своих сообщениях А. Ф. Ильяшенко (Лаборатория лесоведения АН СССР), П. Н. Алентьев (ЦНИИЛГиС), В. Д. Бондаренко (ЛЛТИ), В. А. Бузун и Г. К. Приступа (УкрНПОлес), Ю. Г. Гринюк (ЛЛТИ), В. И. Порва (УкрНПОлес). Однако этой проблеме не было уделено должного внимания. По-видимому, целесообразно рассмотреть ее на специальной конференции, которую провести на базе ЛЛТИ или одной из опытных станций УкрНПОлес.

На конференции были представлены практически все научные центры, изучающие проблемы дубрав. Не участвовали только исследователи, работающие в Молдове. В принятых рекомендациях обобщен научный и производственный опыт ведения лесного хозяйства в дубравах, определены направления деятельности на ближайший период, в частности объединение усилий научно-исследовательских организаций и учреждений, дальнейшее совершенствование опытного дела, разработок научно-технических программ, финансирование исследований. Тезисы докладов конференции опубликованы (15 печ. л.). По опыту предыдущих конференций было бы целесообразно издать также полный текст докладов и сообщений.

В завершение конференции состоялись экскурсия в «Шипов лес», осмотр объектов и опытных участков Воронцовского мехлесхоза, обмен мнениями с лесоводами-практиками. Особое внимание участников привлек участок снытьевой дубравы на темно-серой лесной почве в квартале 57 Краснянского лесничества. Среди 170-летних могучих деревьев, составляющих древостой, здесь выделен «идеальный дуб» — дерево высотой 35 м, диаметром 70 см, ширина кроны 16 м. Ствол его — почти 20-метровый цилиндр без единого сучка. Увидят ли такие деревья потомки участников конференции?

В. Д. Бондаренко, Н. В. Чернявский

Львовский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Е. И. Цурик. Способ определения параметров функции Дракина — Вуевского	3
Э. С. Гусейнов. Микромитцы дуба в Азербайджане (сумчатые)	7
А. В. Лебедев, Э. А. Иванова. Патология хвойных пород в типичных средне-таежных древостоях	11
Б. Н. Огибин, А. В. Лобанова, А. Д. Маслов, Л. С. Матусевич, Г. Цанков. Защита круглых лесоматериалов хвойных пород от вредных насекомых в Коми ССР	16
Е. В. Юркина. Факторы, регулирующие численность опасных вредителей почек и побегов в сосновых молодняках Коми ССР	19
Л. А. Зубарева, С. В. Ельшин, А. Б. Каратаев. Воздействие концентрированных рубок на горизонтальную структуру растительного покрова ельников-черничников и их производных в южной тайге	22
Н. А. Дружинин. К методике наблюдений за почвенно-грунтовыми водами и осадкой торфа при гидролесомелиоративных исследованиях	27

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

А. В. Жуков, А. Р. Гороновский, М. К. Асмоловский. Оценка параметров колесных тракторов при агрегатировании с лесозаготовительным технологическим оборудованием	31
<u>В. М. Алябьев</u> , Н. М. Горбатов, Г. П. Знаменский. О некоторых особенностях коммутации косинусных конденсаторов на предприятиях лесной отрасли	35
Н. И. Библиок. Математическая модель пакета хлыстов	38
Д. Г. Шимкович. Об устойчивости системы сжатых цилиндрических тел и вероятных значениях критической силы	42
В. П. Стуков. Теоретические основы расчета нагеля в древесине	48
Б. С. Морозов. Исследование напряженно-деформированного состояния двухслойных зимних дорог на болотах	55

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

А. С. Торопов. Математическое и программное обеспечение для расчета круглых пил с вращательным движением подачи	62
Б. В. Лабудин. Расчетные сопротивления клееной древесины при местном смятии	66
В. В. Огурцов. Нормирование достоверности прочности пиломатериалов для клееных несущих конструкций	72
В. Н. Вольнский. Влияние влажности и температуры на механические показатели древесины с учетом ее плотности	75
В. Н. Вольнкин. Магнитная сепарация древесной муки	79
Г. Ф. Прокофьев. Боковые силы, действующие на рамные пилы, и влияние их на точность пиления древесины	82

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Т. А. Туманова, А. Р. Габриелян, Ю. И. Дьяченко, В. А. Часовенная. Отбелка рафинерной древесной массы деаэрированным водным раствором дитионита натрия	90
Г. В. Тихомирова, О. И. Лебедева, Л. П. Рубчевская. Хвойный воск кедр	96
Л. И. Лузина, Л. А. Мосур. Влияние расхода щелочи при сульфатной варке на сорбцию ее целлюлозными волокнами	98
Т. Ф. Личуткина, М. Н. Никитинская, Т. М. Новоселова. Влияние содержания коры и толщины щепы на выход и качество небеленой сульфатной целлюлозы	100
А. Б. Никандров, И. П. Дейнеко. Делигнификация древесины в условиях кислородно-спиртовой варки	105

- А. И. Ламогкин, Т. А. Бутько, С. И. Каленникова, А. Н. Проневич, Э. Н. Про-
скурякова. Коагуляция гидрозолей терпеномалеиновых смол 108

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- П. С. Гейзлер. Модель оптимизации производственной программы комплексного
лесного предприятия (объединения) 112
- В. Н. Петров. Услуги по охране и защите леса как особый вид продукции лес-
ного хозяйства 116
- И. В. Смирнова. Состояние и источники развития социальной инфраструктуры
лесозаготовительных предприятий 118

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- П. Н. Меланхолин. Изменение напочвенного покрова в старых культурах за
пять лет 122
- Р. П. Панкратова. О возможностях лесовыращивания в зоне горнометаллурги-
ческих предприятий 125
- В. И. Найденов, Ю. В. Отрашевский. Горение летучих топливной щепы 128

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Б. Н. Уголев. Выдающийся древесиновед Леонид Михайлович Перелыгин (к 100-
летию со дня рождения) 134

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- В. Д. Бондаренко, Н. В. Чернявский. Всесоюзная конференция по дубравам . . 135

- Рефераты 143

CONTENTS

FORESTRY

<i>E. I. Tsurik</i> . Parameter determination method of the Drakin--Vuevsky function	3
<i>E. S. Guseinov</i> . Micromycetes of oak in Azerbaïdzhan (Ascomycetes)	7
<i>A. V. Lebedev, E. A. Ivanova</i> . Pathology of coniferous species in Middle taiga typical forest stands	11
<i>B. N. Ogibin, A. V. Lobanova, A. D. Maslov, L. S. Matusevich, G. Tsankov</i> . Destructive insects protection of softwood round timber in the Komi SSR	16
<i>E. V. Yurkina</i> . Factors regulating the quantity of dangerous pests in the Komi SSR	19
<i>L. A. Zubareva, S. V. El'shin, A. B. Karataev</i> . Influence of concentrated cuttings on horizontal plant cover structure of bilberry spruce forests and their derivatives in South taiga	22
<i>N. A. Druzhinin</i> . On observation method of soil-subsoil waters and peat subsidence at hydroreclamative explorations	27

FOREST EXPLOITATION

<i>A. V. Zhukov, A. R. Goronovsky, M. K. Asmolovsky</i> . Parameter evaluation of wheeled tractors when aggregating them with harvesting processing equipment	31
<i>V. M. Aljab'ev, N. M. Gorbatov, G. P. Znamensky</i> . On some features of cosine condensers commutation at timber industrial enterprises	35
<i>N. I. Bibljuk</i> . Mathematical model of tree length logs bunch	38
<i>D. G. Shimkovich</i> . On stability of compressed cylindrical bodies system and probable critical force values	42
<i>V. P. Stukov</i> . Principles of thole calculation	48
<i>V. S. Morozov</i> . Investigation of stressed-strained condition of bod two-layered winter roads	55

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>A. S. Toropov</i> . Software for rotating circular saws calculation	62
<i>B. V. Labudin</i> . Calculated local crumpling resistance of glued timber	66
<i>V. V. Ogurtsov</i> . Normalization of sawn timber strength reliability for glued supporting structures	72
<i>V. N. Volynsky</i> . Influence of moisture content and temperature on densed wood mechanical properties	75
<i>V. N. Volynkin</i> . Magnet separation of wood flour	79
<i>G. F. Prokof'ev</i> . Side forces affecting frame saws and their influence on wood cutting precision	82

CHEMICAL PROCESSING OF WOOD

<i>T. A. Tumanova, A. R. Gabrielyan, Yu. I. D'yachenko, V. A. Chasovennaya</i> . Deaerated aqueous dithionate sodium bleaching of refiner pulp	90
<i>G. V. Tikhomirova, O. I. Lebedeva, L. P. Rubchevskaya</i> . Coniferous cedar wax	96
<i>L. I. Luzina, L. A. Mosur</i> . Effect of alkali consumption at sulfate pulping on cellulose fibers sorption	98
<i>T. F. Lichutina, M. N. Nikitinskaya, T. M. Novoselova</i> . Effect of bark content and chip thickness on yield and quality of unbleached sulfate pulp	100
<i>A. B. Nikandrov, I. P. Deineko</i> . Wood delignification in oxygen-alcohol pulping	105
<i>A. I. Lamoitkin, T. A. But'ko, S. I. Kalennikova, A. N. Pronevich, E. N. Proskuryakova</i> . Caogulation of terpene-maleic resins' hydrosols	108

 ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>P. S. Geizler.</i> Model of production program optimization of integrated forest enterprises	112
<i>V. N. Petrov.</i> Services on conservation and forest protection as a special form of forestry produce	116
<i>I. V. Smirnova.</i> State and sources of social infrastructure development of logging enterprises	118

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>P. N. Melankholin.</i> Change of ground cover in older cultures during five years	122
<i>R. P. Pankratova.</i> On possibilities of forestation in mining and smelting areas	125
<i>V. I. Naidenov, Yu. V. Otrashvsky.</i> Burning of chip fuel volatiles	128

HISTORY OF SCIENCE

<i>B. N. Ugolev.</i> Leonid M. Perelygin — the distinguished wood scientist (for the 100 th anniversary of birthday)	134
--	-----

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

<i>V. D. Bondarenko, N. V. Chernyavsky.</i> All-union conference on oakeries	135
--	-----

Précis	143
------------------	-----

РЕФЕРАТЫ

УДК 630*51:681.3

Способ определения параметров функции Дракина-Вуевского. ЦУРИК Е. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 3—7.

Разработан способ упрощенного определения параметров и значений функции роста Дракина-Вуевского по трем узловым точкам. Применительно к ЭКВМ составлены программы для автоматизированных вычислений, которые рекомендуют использовать в лесотаксационных исследованиях. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 582.28

Микромицеты дуба в Азербайджане (сумчатые). ГУСЕЙНОВ Э. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 7—10.

Приведен список сумчатых хемнаскомицетов, плектомицетов и пиреномицетов, развивающихся на разных видах дуба в условиях Азербайджана. Список включает 45 видов сапрофитов и патогенных видов.

УДК 630*453

Патология хвойных пород в типичных среднетаежных древостоях. ЛЕБЕДЕВ А. В., ИВАНОВА Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 11—15.

Рассмотрены результаты изучения патологии и устойчивости сосняков и ельников черничных и брусничных в Емцовском учебно-опытном лесхозе АЛТИ. Установлены основные причины ослабления и гибели деревьев. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*845.5

Защита круглых лесоматериалов хвойных пород от вредных насекомых в Коми ССР. ОГИБИН Б. Н., ЛОБАНОВА А. В., МАСЛОВ А. Д., МАТУСЕВИЧ Л. С., ЦАНКОВ Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 16—19.

Приведены результаты опытов по защите неокоренной древесины. Дана оценка эффективности различных способов штабелевки и обработки штабелей растворами синтетических пиретроидов. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*232.311.3:630*4

Факторы, регулирующие численность опасных вредителей почек и побегов в сосновых молодняках Коми ССР. ЮРКИНА Е. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 19—21.

Изложен материал по экологическим комплексам насекомых-вредителей сосновых молодняков как естественного, так и искусственного происхождения. Проанализированы факторы смертности доминантных вредителей насекомых, повреждающих почки и побеги. Табл. 1.

УДК 581.552:630*221.01

Воздействие концентрированных рубок на горизонтальную структуру растительного покрова ельников-черячничков и их производных в южной тайге. ЗУБАРЕВА Л. А., ЕЛЬШИН С. В., КАРАТАЕВ А. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 22—27.

Изучено парцеллярное сложение сообществ сукцессионного ряда естественного возобновления ельников-черячничков южной тайги Кировской области. Выявлены основные и дополняющие парцеллы в спелых ельниках и на разных стадиях лесовосстановления. Установлена полидоминантность фитопенозов вырубков, динамичность и невыработанность

характера их структуры. Ил. 1. Библиогр. список: 20 назв.

УДК 630*116

К методике наблюдений за почвенно-грунтовыми водами и осадкой торфа при гидросомелиоративных исследованиях. ДРУЖИНИН Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 27—30.

Рассмотрена методика определения осадка торфа и средней отметки поверхности почвы, предусматривающая копирование элементов микрорельефа по данным замеров высотных отметок. Ил. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*377

Оценка параметров колесных тракторов при агрегатировании с лесозаготовительным технологическим оборудованием. ЖУКОВ А. В., ГОРОНОВСКИЙ А. Р., АСМОЛОВСКИЙ М. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 31—35.

Предложена методика оценки эффективности работы колесных лесозаготовительных машин. Установлены рациональные пределы изменения основных параметров энергетического средства при его агрегатировании с различным лесотехнологическим оборудованием. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 621.316.34

О некоторых особенностях коммутации косинусных конденсаторов на предприятиях лесной отрасли. АЛЯБЬЕВ В. М., ГОРБАТОВ Н. М., ЗНАМЕНСКИЙ Г. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, с. 35—38.

Получены формулы, позволяющие вычислить потери энергии а также интервал времени при коммутации косинусных конденсаторов. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*377.45.001.57

Математическая модель пакета хлыстов. БИБЛЮК Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 38—42.

Приведено описание математической модели хлыстов с сосредоточенными параметрами, адекватно отражающей переменные по длине характеристики стволовой древесины и предназначенной для использования в расчетных моделях, описывающих основные виды движения лесотранспортных средств. Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*377.1

Об устойчивости системы сжатых цилиндрических тел и вероятных значениях критической силы. ШИМКОВИЧ Д. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 42—48.

Показано, что система сжатых круглых лесоматериалов с центрами на одной прямой устойчива к бесконечно малым возмущениям и неустойчива при конечных возмущениях. Найдена связь между критической силой, длиной пеньки тел и смещениями их центров. Определена функция распределения критической силы при случайном характере возмущений. Ил. 5. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 624.072.233.5

Теоретические основы расчета нагеля в древесине. СТУКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., № 5, с. 48—55.

Приведен расчет нагеля в древесине как балки на упругом основании при действии изгиба с растяжением. Расчет выполнен методом начальных параметров в матричной форме и позволяет определять деформации и усилия в произвольном сечении нагеля. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 625.731.001.24

Исследование напряженно-деформированного состояния двухслойных зимних дорог на болотах. МОРОЗОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 55—61.

Предложены математические зависимости для определения эквивалентного модуля упругости и напряжений в любом поперечном сечении двухслойной дорожной одежды. Рассмотрен пример расчета. Ил. 6. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*323.4

Математическое и программное обеспечение для расчета круглых пил с вращательным движением подачи. ТОРОПОВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 62—66.

Предложено математическое и программное обеспечение для определения параметров круглых пил с вращательным движением подачи при индивидуальной, групповой и пачковой поперечной распиловке лесоматериалов с учетом динамики процесса. Ил. 2.

УДК 624.011.1:674.028.9

Расчетные сопротивления клееной древесины при местном смятии. ЛАБУДИН Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 66—72.

Получены графические зависимости предела прочности клееной древесины как трансверсально-изотропного материала при изменении относительных параметров штампа Φ и направления действия вектора внешней нагрузки по отношению к направлению слоев (волокон) клееной древесины α . Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 674.09

Нормирование достоверности прочности пиломатериалов для клееных несущих конструкций. ОГУРЦОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 72—75.

Определены наиболее эффективные варианты формирования многослойных балок с позиции их начальной прочности. Разработаны способы обеспечения требуемой достоверности прочностных параметров конструкций. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*812

Влияние влажности и температуры на механические показатели древесины с учетом ее плотности. ВОЛЫНСКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 75—79.

Получены зависимости для расчета пределов прочности и модуля упругости малых чистых образцов древесины, учитывающие ее влажность, температуру и плотность. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 674.824:621.938.1

Магнитная сепарация древесной муки. ВОЛЫНСКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 79—82.

Предложена методика экспериментального определения основного фактора сепарации — отношения заряда частиц древесной муки к их средней массе. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.053:621.938.6.02

Боковые силы, действующие на рамные пилы, и влияние их на точность пиления древесины. ПРОКОФЬЕВ Г. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 82—89.

Указаны причины возникновения боковых сил при рамном пилене. Даны зависимости, позволяющие определить их влияние на точность пиления. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 676.16.023.143

Отбелка рафинерной древесной массы деаэрированным водным раствором дитионита натрия. ТУМАНОВА Т. А., ГАБРИЕЛЯН А. Р., ДБЯЧЕНКО Ю. И., ЧАСОВЕННАЯ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 90—96.

Показано, что в отсутствие кислорода уменьшается скорость разложения дитионита натрия с образованием гидросульфита, а также изменяется соотношение основных реакций, протекающих при отбелке рафинерной древесной массы. Рекомендованы условия проведения процесса, обеспечивающие наибольший прирост белизны при одновременном снижении реверсии белизны РДМ. Ил. 3. Табл. 5. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 547.916

Хвойный воск кедра. ТИХОМИРОВА Г. В., ЛЕБЕДЕВА О. И., РУБЧЕВСКАЯ Л. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 96—98.

Модельные деревья отбирали обычными методами [3, 4] в естественных древостоях III класса возраста, III класса бонитета, произрастающих на дерново-подзолистых почвах в южной подзоне тайги (Емеляновский лесхоз Красноярского края). Отбор древесной зелени производили во второй декаде декабря 1989 г. с каждой трети кроны дерева. Данные усредняли, а затем составляли общую пробу для 30 моделей. Полученная зелень соответствовала требованиям ГОСТ 21769-84 и по своим характеристикам относилась к первому сорту [1].

УДК 676.163.036.082:628.3

Влияние расхода щелока при сульфатной варке на сорбцию ее целлюлозными волокнами. ЛУЗИНА Л. И., МОСУР Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 98—100.

Установлены количественные зависимости между расходом активной щелочи на варку и щелочью, сорбируемой целлюлозой. Данные могут быть использованы для составления балансов варочно-промывного отдела. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676.021.36

Влияние содержания коры и толщины щепы на выход и качество небеленой сульфатной целлюлозы. ЛИЧУТИНА Т. Ф., НИКИТИНСКАЯ М. Н., НОВОСЕЛОВА Т. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 100—105.

Изучено влияние содержания коры и толщины щепы на выход и качество небеленой сульфатной целлюлозы. Показано, что наибольшее влияние содержание коры оказывает на сорность целлюлозы. Установлено большее влияние на конечный продукт варки содержания мелкой фракции и стружки, чем толстой щепы. Экспериментальные варки щепы с различной толщиной указывают на необходимость сортирования щепы по толщине. Ил. 4. Табл. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.16.022.62

Делигнификация древесины в условиях кислородно-спиртовой варки. НИКАНДРОВ А. В., ДЕЙНЕКО И. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 105—108.

Показано, что кислородно-спиртовая варка позволяет получать целлюлозу из щепы как хвойных, так и лиственных пород древесины, а из отработанного щелока в процессе регенерации выделять лигнин и углеводы для дальнейшей переработки. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 628.312.2

Коагуляция гидрозолей терпеномаленовых смол. ЛАМОТКИН А. И., БУТЬКО Т. А., КАЛЕННИКОВА С. И., ПРОНЕВИЧ А. Н., ПРОСКУРЯКОВА Э. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 108—111.

Установлено, что для очистки сточных вод, образующихся при получении терпеномалеиновых смол (ТМС), можно применять метод коагуляции электролитом, а зависимости, описывающие кинетику коагуляции гидрозолей ТМС, аналогичны зависимостям для синтетических адсорбционно ненасыщенных латексов. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 338.26:630*3

Модель оптимизации производственной программы комплексного лесного предприятия (объединения). ГЕРЗЛЕР П. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 112—116.

Дано описание модели, опробованной в реальных условиях ПЛО Лунинецлес, с использованием показателей норм расхода и норм образования продукции. Табл. 1.

УДК 630*4:658.155

Услуги по охране и защите леса как особый вид продукции лесного хозяйства. ПЕТРОВ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 116—118.

Рассмотрен характер и содержание деятельности по охране и защите леса. Определена их продукция как услуги собственнику лесов. Предложен обобщающий показатель результата этого вида деятельности. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 658.155.4:630*79

Состояние и источники развития социальной инфраструктуры лесозаготовительных предприятий. СМЕРНОВА И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 118—121.

На основе анализа состояния и источников развития социальной инфраструктуры предприятий лесной промышленности показана необходимость совершенствования существующей системы формирования средств на социальное развитие предприятий. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 581.55

Изменение напочвенного покрова в старых культурах за пять лет. МЕЛАНХОЛИН П. Н.

Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 122—124.

Рассмотрена динамика напочвенного покрова на трех пробных площадях в 100-летних искусственных древостоях Хлебниковского лесопарка Московской области. Показано относительное изменение числа видов, площади их доминирования и других показателей за 5 лет в однородных лесорастительных условиях. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*23:630*425

О возможностях лесовыращивания в зоне горнометаллургических предприятий. ПАНКРАТОВА Р. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 125—127.

Показана необходимость сложных технико-химических рекультиваций исходных почвогрунтов и резкого снижения выбросов газов при искусственном лесовыращивании в зоне абротогенного загрязнения. Рекомендуются породы — береза пушистая и лиственница даурская. Табл. 1.

УДК 662.63

Горение летучих топливной щепы. НАИДЕНОВ В. И., ОТРАШЕВСКИЙ Ю. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 128—133.

Найдена аналитическая формула расчета времени выгорания в зависимости от породы древесины, скорости подачи кислорода, температуры и геометрических размеров древесных частиц. Приведено сравнение теоретических экспериментальных данных. Ил. 4. Библиогр. список: 18 назв.

УДК 630*81

Выдающийся древесиновед Леонид Михайлович Перельгин (к 100-летию со дня рождения). УГОЛЕВ Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 134.

УДК 061.3:674.031.632.26

Всесоюзная конференция по дубравам. БОНДАРЕНКО В. Д., ЧЕРНЯВСКИЙ Н. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 5, с. 135—138.