

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

2

1990



АРХАНГЕЛЬСК

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), д-р хим. наук 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. Н. М. Белая, проф. С. П. Бойков, проф. Ю. Г. Бутко, проф. А. В. Веретенников, доц. Е. Д. Гельфанд, проф. И. И. Гусев, проф. Р. Е. Калитевский, проф. А. Н. Кириллов, проф. Н. П. Коваленко, проф. Э. Д. Левин, проф. Е. Г. Мозолевская, доц. О. А. Неволли, проф. А. Н. Обливин, проф. А. Р. Родин, д-р биол. наук Л. П. Рысин, проф. В. П. Рябчук, проф. Е. Д. Сабо, проф. В. И. Санев, канд. с.-х. наук С. Г. Сеницын, 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 А. И. Кольцова.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдан в набор 09.11.89. Подписан в печать 07.05.90. Ст. 03262.
Форм. бум. 70 × 108^{1/8}. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отг. 12,775. Уч.-изд. л. 15,47. Тираж 1520 экз. Заказ 1870. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

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

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

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.91 : 581.522.4

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД
К ОЦЕНКЕ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ***Б. К. ТЕРМЕНА*

Черновицкий государственный университет

Объективная характеристика адаптационных возможностей интродуцированных древесных растений осуществима только на основе исследования их биологических и экологических особенностей с точки зрения соответствия условиям региона и анализа предшествующего опыта интродукции. За основные критерии оценки успешности интродукции целесообразно принять: распространение интродуцента в исследуемом регионе, его положение в акклиматизационном процессе, характер роста, генеративное развитие, зимостойкость и засухоустойчивость.

Распространение интродуцента в исследуемом регионе характеризует его испытанность в культуре, возможность получения посевного и посадочного материала и эффективность размножения. Места произрастания древесных экзотов устанавливаются в результате изучения литературных источников, ознакомления с материалами земле- и лесоустройства, использования сведений, представленных природоохранными органами, и данных опроса местных жителей. При полевых исследованиях, кроме изучения систематического состава деревьев и кустарников, необходимо выявлять состояние интродуцентов, возраст отдельных маточников или групп растений, проводить таксационные измерения, определять обилие цветения и семеношения, зимостойкость, наличие и состояние естественного возобновления, поражаемость вредителями и болезнями, отношение к тропности и влажности почвы.

В зависимости от частоты встречаемости в культуре целесообразно выделить три группы интродуцентов: 1 — культивируется в ботанических садах, дендрариях или парках единично; 2 — изредка встречается в зеленых насаждениях населенных пунктов, на усадьбах; 3 — широко используется в зеленом строительстве или в лесных культурах.

Для оценки положения интродуцента в акклиматизационном процессе учитывают, сколько генераций данного вида встречается в культуре: 1 — первое поколение; 2 — второе, третье поколение; 3 — больше трех поколений. Число поколений устанавливают из опыта интродукционной работы в регионе, возрастного состава интродуцентов, а также при ознакомлении с ассортиментом выращиваемых растений в производственных питомниках и на частных усадьбах.

Активность ростовых процессов можно оценить сравнением максимальных размеров, достигаемых интродуцентом в исследуемом регионе и в естественных условиях, изучением феноритмики (сроки, продолжительность и интенсивность роста побегов, вторичный рост, типы вегетативных побегов и их органогенез, динамика нарастания в высоту).

Генеративное развитие — важнейший показатель адаптационных возможностей древесных интродуцентов. Цветение, семенную продуктивность и качество семян исследуемых видов оценивают путем изучения фенологии, биологии цветения и семеношения, изучают типы и органогенез генеративных побегов, динамику цветения, завязывание

плодов и семеношение, фертильность пыльцы, определяют полнозернистость, абсолютную массу семян и жизнеспособность зародышей, лабораторную и грунтовую всхожесть семян. Детальное изучение биологии семеношения дает возможность более полно характеризовать ответные реакции растений на действие изменяющихся факторов среды, выявить критические периоды в процессе формирования генеративных органов и оценить репродуктивную активность интродуцентов.

Анализ обилия и стабильности семеношения дает основание для выявления адаптационных возможностей интродуцента и сравнения с семеношением аборигенных видов. Обнаружена прямая корреляция между обилием семеношения и качеством семян [5—8]. Следовательно, по обилию и стабильности семеношения можно с определенной степенью достоверности судить о посевных качествах семян. Но такая зависимость у интродуцированных древесных растений проявляется не всегда [4, 5]. Поэтому необходимы рекогносцировочные исследования полнозернистости семян и жизнеспособности зародышей с целью уточнения их качества. Это особенно важно для видов с неустойчивым семеношением. Жизнеспособность зародышей целесообразно определять тетразолным методом [9, 10], который дает довольно надежные результаты [3, 5, 6]. При оценке жизнеспособности семян древесных интродуцентов следует учитывать совместное произрастание маточников в групповых посадках, где более полно проявляются их адаптационные возможности [5].

Генеративное развитие интродуцентов можно оценить по следующей шкале: 1 — вегетирует, не цветет; 2 — цветет, плоды не завязываются или не созревают; 3 — семеносит спорадически, $K < 0,5$; 4 — семеносит, $K = 0,5 \dots 1,2$; 5 — семеносит, $K > 1,2$ (K — показатель относительной семенной продуктивности). Семенную продуктивность удобно оценивать по шестибалльной шкале [1]. Для получения объективных показателей у деревьев с помощью подзорной трубы ЗРТ-460 подсчитывают число плодов в 12 полях зрения. Зрительную трубу устанавливают на штативе последовательно с восточной, северной, западной и южной стороны маточника на расстоянии от дерева, удобном для подсчета плодов. В каждой из этих четырех позиций замеряют расстояние от зрительной трубы до проекции кроны (L), а трубу последовательно переводят в верхнюю, нижнюю и среднюю треть кроны. В каждом из положений подсчитывают число плодов в одном поле зрения и с помощью высотомера измеряют высоту дерева до участка наблюдения (H). Площадь кроны дерева, наблюдаемую в одном поле зрения трубы (S), определяют по формуле:

$$S = 3,14 (H^2 + L^2) \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2},$$

где α — угол зрения зрительной трубы.

Затем пересчитывают число плодов на единицу площади каждого из 12 полей зрения и находят среднее, которое и является показателем относительного обилия семеношения.

Перед началом полевых работ проводили тренировочные наблюдения. Для этого подбирали деревья, отличающиеся обилием семеношения, величиной и формой плодов (соплодий). Глазомерно определяемые по шкале А. А. Корчагина [1] показатели в баллах сравнивали со средним числом плодов в одном поле зрения трубы. После подобных тренировок наблюдатель глазомерно допускал ошибки, обычно не превышающие 0,5 балла, что вполне приемлемо. При наличии определенных навыков достаточно определить с помощью зрительной трубы обилие семеношения нескольких маточников на объекте обследования и использовать их в качестве эталона.

На кустарниках срезали по 4 ветки с верхней и нижней частей куста различных экспозиций. Подсчитывали плоды и определяли среднее их число на 1 пог. м ветки [3].

Для сравнительной оценки семеношения древесных интродуцентов можно использовать предложенный нами показатель относительной продуктивности (K), представляющий собой отношение обилия семеношения интродуцента к семеношению автохтонного древесного вида, отличающегося наименьшей среди местных видов семенной продуктивностью. Этот показатель высчитывают по формуле

$$K = \frac{\bar{x} + P/10}{\bar{x}_1 + P_1/10},$$

где \bar{x} и \bar{x}_1 — средний многолетний балл семеношения интродуцента (\bar{x}) и автохтонного вида (\bar{x}_1);

P и P_1 — повторяемость среднего, хорошего и обильного урожая интродуцента (P) и автохтонного вида (P_1), %.

Биологический смысл такой оценки семеношения заключается в сравнении конкурентной способности интродуцента. Из проведенных нами исследований в Карпатах и Западном Подолье видно, что этот показатель довольно объективно и наглядно отражает относительную интенсивность семеношения древесных интродуцентов с точки зрения их адаптационных возможностей и перспективности интродукции. В качестве эталона — представителя автохтонной дендрофлоры приняты *Fagus sylvatica* L. (для лиственных) и *Pinus cembra* L. (для хвойных). Эти виды характерны для исследуемого региона и отличаются сравнительно невысокой семенной продуктивностью, что объясняется особенностями формирования урожая, детерминированными физиолого-биохимическими процессами, связанными с накоплением органических веществ и реализацией генотипических особенностей вида в условиях данной среды.

В связи с тем, что редко создаются условия для прорастания семян древесных интродуцентов в местах их культуры, не всегда возможно определить способность растений размножаться самосевом, но этот показатель имеет важное значение при оценке конкурентной способности интродуцента.

Для визуальной оценки зимостойкости удобно использовать семибалльную шкалу, разработанную в отделе дендрологии ГБС АН СССР [2]. Эта шкала достаточно подробно отражает степень повреждения древесных растений низкими зимними температурами, проста в применении. Визуальные наблюдения зимних повреждений целесообразно дополнить лабораторными исследованиями потенциальной и минимальной морозостойкости, что позволит более объективно оценить адаптационные реакции исследуемых видов по отношению к действию отрицательных зимних температур в связи со свойственным этим растениям течением физиолого-биохимических процессов в периоды глубокого и вынужденного покоя.

Кроме перечисленных показателей, в районах с недостаточным увлажнением целесообразно изучить засухоустойчивость исследуемых видов. Визуальную оценку засухоустойчивости следует дополнить данными лабораторных исследований водоудерживающей способности надземных органов опытных растений и изучением строения и распространения их корневой системы. Однако в условиях достаточного увлажнения показатели засухоустойчивости могут иметь второстепенное значение при оценке интродуцентов.

Трофность почвы и поражаемость болезнями и вредителями также являются ограничивающими факторами при интродукции многих видов

или форм растений. Поэтому при проведении полевых исследований необходимо оценивать состояние интродуцентов в связи с эдафическими условиями и степенью повреждаемости вредителями и болезнями различных органов растений.

В зависимости от поставленной цели, имеющегося оборудования и допустимых затрат, программа исследований может быть упрощена или дополнена экспериментами, расширяющими изучение биологических и хозяйственно ценных особенностей интродуцентов и заканчивающимися созданием промышленных культур. При этом необходимо провести проверку маточников по потомству и исследовать характер наследования хозяйственно ценных и приспособительных признаков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Корчагин А. А. Методы учета семеношения древесных пород и лесных сообществ // Полевая геоботаника.— М.; Л., 1960.— Т. 2.— С. 41—133. [2]. Лапин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений.— М.: ГБС АН СССР, 1973.— С. 7—67. [3]. Мауринь А. М. Семеношение древесных экзотов в Латвийской ССР.— Рига: Звайгзне, 1967.— 208 с. [4]. Некрасов В. И., Князева О. М., Смирнова Н. Г. Из опыта проращивания пыльцы интродуцированных древесных растений // Бюл. ГБС.— 1964.— Вып. 52.— С. 76—79. [5]. Термена Б. К. Семеношение некоторых интродуцированных деревьев и кустарников на Буковине // Бюл. ГБС.— 1970.— Вып. 77.— С. 13—16. [6]. Термена Б. К. Влияние метеорологических факторов на цвітіння та плодоношення берези лікарської (*Sorbus torminalis* Crantz.) на Буковині // Укр. бот. журн.— 1972.— Т. 29, № 5.— С. 609—613. [7]. Тимофеев В. П. Плодоношение еловых насаждений // Лесн. хоз-во.— 1939.— № 7.— С. 15—22. [8]. Antosiewicz Z. Kilka spostrzezen na temat nasion brzozy i olsy // Las polski.— 1961.— 35, N 19 (462).— S. 3—5. [9]. Jähnel H. Zur frage der Bestimmung der Keimfähigkeit in der Saatgutprüfung überlegenden Forstsaatgutes // Angewandte Botanik.— 1961.— 35, N 2.— S. 107—116. [10]. Wyttenbach E. Die Bestimmung der Keimfähigkeit von Samenproben ohne Keimversuch unter besonderer Berücksichtigung des topographischen Tetrazoliumverfahrens // Mitteilungen Schweiz. Landwirt.— 1962.— Jah. 10, N 5.— S. 65—71.

Поступила 14 августа 1989 г.

УДК 630*5

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЯ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

А. Л. ГУТМАН

Воронежский лесотехнический институт

Применяемые в настоящее время методы моделирования фитоценозов отличаются от используемых в классических лесоводственных работах. Если в последних исходным является добротная статистика большого опытного материала, то первые опираются на общие биологические, физиологические и физико-химические закономерности и обладают большей общностью. Применение таких моделей в практическом лесоводстве затрудняется их относительной сложностью. Вместе с тем они могут быть использованы при решении ряда частных задач. При этом возможны упрощения общей постановки задачи.

В предлагаемой работе такая попытка предпринята на примере использования эколого-физиологической модели динамики лесных насаждений М. Д. Корзухина* для оценки оптимальной густоты древо-

* Корзухин М. Д. К эколого-физиологической модели лесной динамики // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.— Л.: Гидрометиздат, 1986.— Т. 9.— С. 259—276.

стоя. Критерием оптимальности служит максимум прироста суммы поперечных сечений $Z_G(N)$ в функции от густоты, соответствующий максимуму прироста по запасу древостоя. Он был принят при сборе и обработке экспериментального материала для проверки предложенной модели. Можно построить модель, удовлетворяющую другим критериям, например максимуму прироста суммы диаметров и т. д.

Построение модели

Для одновидового, одновозрастного древостоя эколого-физиологическая модель М. Д. Корзухина приводит к следующей системе динамических уравнений (особь — фитоценоз):

$$\left. \begin{aligned} \dot{N} &= - [1 - e^{-r_1 r_2 D^{r_1} N}] N; \\ \dot{D} &= r_3 D^{r_4} e^{-r_4 D^{r_4} N} - r_5 D^{r_6}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь

N — густота;
 D — средний диаметр;
 \dot{N} и \dot{D} — соответственно их производные по времени;

$r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7$ — числовые параметры.

Систему уравнений (1) легко преобразовать так, чтобы в ней вместо среднего диаметра D в качестве размерного параметра фигурировала средняя площадь поперечного сечения g . При этом нужно учесть, что для типовых функций распределения (Релея, Максвелла, логарифмически нормального и др.), равных нулю на отрицательной полуоси, средний квадрат случайной величины пропорционален квадрату ее среднего значения. Поэтому можно принять

$$g \sim D^2. \quad (2)$$

Теперь, умножив второе уравнение в системе (1) на D , перепишем ее в виде:

$$\left. \begin{aligned} \dot{N} &= - [1 - e^{-\alpha_1 \alpha_7 g^{\alpha_7} N}] N; \\ \dot{g} &= \alpha_3 g^{\alpha_4} e^{-\alpha_4 g^{\alpha_4} N} - \alpha_5 g^{\alpha_6}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $\alpha_1, \dots, \alpha_7$ — новые численные коэффициенты.

Для упрощения системы (3) введем два новых параметра: 1) максимальную густоту N_{max} , при которой рост древостоя прекратится ($\dot{N} = 0$); 2) максимальную скорость прироста средней площади поперечного сечения g_{max} , соответствующую $N = 0$. Первый параметр определим из уравнения

$$\alpha_3 g^{\alpha_4} e^{-\alpha_4 g^{\alpha_4} N_{max}} = \alpha_5 g^{\alpha_6}, \quad (4)$$

второй из уравнения

$$\dot{g}_{max} = \alpha_3 g^{\alpha_4} - \alpha_5 g^{\alpha_6}. \quad (5)$$

Используя выражения (5) и (4), второе уравнение в системе (3) можем переписать в следующем виде:

$$\dot{g} = \dot{g}_{max} \frac{e^{-\alpha_4 g^{\alpha_4} N} - e^{-\alpha_4 g^{\alpha_4} N_{max}}}{1 - e^{-\alpha_4 g^{\alpha_4} N_{max}}}. \quad (6)$$

Очевидно, что в области оптимальных значений густоты должно иметь место неравенство

$$N_{max} \gg N. \quad (7)$$

Отсюда уравнение (6) упрощается и принимает вид

$$\dot{g} = \dot{g}_{max} e^{-\alpha_1 g^{\alpha_2} N}. \quad (8)$$

Так как сумма поперечных сечений

$$G = Ng,$$

то, используя (8) и первое уравнение в (3), получим следующее выражение прироста суммы поперечных сечений:

$$Z_G = \dot{N}g + \dot{g}N = -Ng [1 - e^{-\alpha_1 \alpha_2 g^{\alpha_2} N}] + g_{max} N e^{-\alpha_1 g^{\alpha_2} N}. \quad (9)$$

Для отыскания оптимальной густоты, приносящей максимум функции $Z_G(N)$, приравняем нулю ее производную по N . В результате получим уравнение для величины

$$x \equiv \alpha_1 g^{\alpha_2} N_0, \quad (10)$$

содержащей оптимальную густоту N_0 :

$$\dot{g}_{max} e^{-x} (1-x) + g e^{-\alpha_1 x} (1-\alpha_1 x) - g = 0. \quad (11)$$

Приняв в качестве первого приближения уравнения (11)

$$x_1 = 1, \quad (12)$$

получим невязку

$$\Delta = g [e^{-\alpha_1} + \alpha_1 e^{-\alpha_1} - 1]. \quad (13)$$

Из расчетов М. Д. Корзухина и общих соображений следует

$$\alpha_1 \ll 1. \quad (14)$$

Заменяя на этом основании в уравнении (13)

$$e^{-\alpha_1} \approx 1 - \alpha_1,$$

получим:

$$\Delta \approx -g\alpha_1^2. \quad (15)$$

Таким образом, невязка уравнения (11) при подстановке в него в качестве решения (12) имеет второй порядок малости. Следовательно, с большой точностью из уравнений (12) и (10) можно принять:

$$N_0 = \frac{1}{\alpha_1 g^{\alpha_2}}.$$

Переходя к более удобным обозначениям, запишем:

$$N_0 = \alpha g^{-\beta}. \quad (16)$$

Таким образом, из исходной динамической системы, содержащей семь параметров, путем естественных упрощений удалось получить двухпараметрическую модель, выражающую зависимость оптимальной густоты от средней площади поперечного сечения. По определению средней площади поперечного сечения g для всякого древостоя (в том числе имеющего оптимальную густоту)

$$N = Gg^{-1}, \quad (17)$$

где G — сумма площадей поперечных сечений.

Оптимальная густота должна удовлетворять, кроме соотношения (17), еще и равенству (16), где $\alpha \neq G$, $\beta \neq -1$. Для отыскания α и β на основе опытных данных могут быть применены известные мето-

ды регрессионного анализа. Представляется, в частности, эффективным линейный метод наименьших квадратов для логарифма оптимальной густоты. Действительно, из уравнения (16) следует линейная зависимость между логарифмами оптимальной густоты и среднего диаметра:

$$\ln N_0 = \ln \alpha - \beta \ln g. \quad (18)$$

Проверка модели на опытных данных

Опытные данные представляют собой результаты обработки наблюдений за ростом культур сосны ЦЧР на постоянных пробных площадях. Объем экспериментального материала, собранного в природе В. К. Поповым и В. В. Успенским, составил 38 проб с периодом наблюдений от 10 до 40 лет. Обобщенные данные приведены в первых четырех графах таблицы. В пятой графе даны результаты вычислений по формуле (16). При этом принято $\alpha = 98$, $\beta = 0,7$. В шестой графе дано процентное отклонение расчетных результатов от опытных.

Возраст, лет	Оптимальная густота, тыс. шт./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Средняя площадь сечения, м ²	Расчитанная оптимальная густота, тыс. шт./га	Относительная ошибка расчета, %
20	4,7	18	$3,83 \cdot 10^{-3}$	4,82	-2,5
30	2,8	25	$8,93 \cdot 10^{-3}$	2,66	5,0
40	2,0	27	$13,5 \cdot 10^{-3}$	1,99	0,5
50	1,6	31	$19,4 \cdot 10^{-3}$	1,55	3,1
60	1,4	32	$22,9 \cdot 10^{-3}$	1,38	1,4
70	1,2	33	$27,5 \cdot 10^{-3}$	1,21	-0,8

Из таблицы видно, что предложенная модель дает удовлетворительную точность и может быть использована в практических расчетах. Коэффициенты α и β имеют общее значение для культур сосны, для других древостоев они должны быть определены на основе опытных данных.

Поступила 7 апреля 1989 г.

УДК 630*114.351(597.3)

**ХАРАКТЕРИСТИКА
НАКОПЛЕНИЯ ОПАДА И ПОДСТИЛКИ
В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА**

ДО ДИНЬ ШАМ, НГО КИЭ

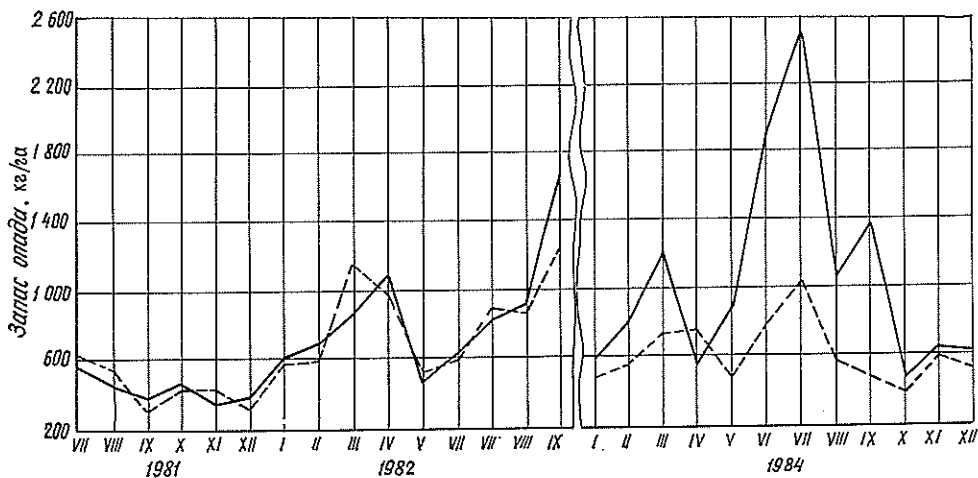
Ленинградская лесотехническая академия

Задача данной работы — изучить накопление и динамику опада, подстилок в сосновых лесах *Pinus Kesiya* Royle ex Gordon, расположенных преимущественно в провинции Лам Донг Южного Вьетнама на высоте от 1 000 до 1 900 м над уровнем моря. Средняя годовая температура — 18,3 °С, количество осадков — 1 800... 2 000 мм в год, относительная влажность воздуха — 84 %. Особенность этих лесов — накопление слоя подстилки, рассматриваемой как особый биогеогоризонт [3].

Мы изучали динамику опада в двух сосновых древостоях, которые имеют возраст: I — 30 лет, II — 40 лет, диаметр ствола соответственно — 20 и 23 см, высоту — 21 и 24 м, густоту — 400 и 450 деревьев на 1 га, полноту — 0,6. Были использованы

опадоуловители размером 1×1 м в 5-кратной повторности. Опад собирали один раз в месяц в 1981, 1982, 1984, 1985 гг. Подстилку учитывали на площадках размером 1 м^2 в 10-кратной повторности. Зольный анализ растений и подстилки проводили общепринятыми методами [1, 2].

1. Динамика накопления опада и запас химических элементов. Учет показывает, что суммарный запас опада в сосновом древостое меньшего возраста (25...30 лет) сильно колеблется (от 9,5 до 12,5 т), а в древостое 40-летнего возраста составляет приблизительно 8 т/га. Минимум опада отмечен в сухой период, особенно в январе, феврале и декабре (количество осадков составляет только 9...30 мм в месяц). Максимум опада наблюдался в конце сухого сезона (март—апрель) и в наиболее дождливые месяцы (июнь—сентябрь). Значения запаса опада в течение двух сезонов колебались незначительно, в дождливом сезоне (май—октябрь) составляли 50...65 % от общей суммы. Все это свидетельствует об относительно равном биологическом ритме в течение года (см. рисунок).



Динамика опада в исследуемых сосновых лесах: сплошная линия — древостой I; штриховая — древостой II

Химический состав листового опада показывает (табл. 1), что преобладающими элементами являются азот, кремний, кальций и алюминий. Зольность в опаде и хвое сосны почти одинакова (2,69 %). Химический состав изменяется: в опаде убывает азот, калий, кальций, магний, сера и относительно накапливаются алюминий и железо. Содержание кремния и фосфора мало изменяется. В составе золы содержание SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 равно 55 %, CaO , MgO — только 25 %. Сумма зольных элементов, возвращаемых с опадом, в среднем достигает 250 и азота 45 кг/га. По запасу зольных элементов на первом месте стоит кремний (45 кг/га), на втором — кальций (35 кг/га), на третьем — алюминий (20 кг/га), затем магний и фосфор и на последнем — калий (табл. 2).

2. Запасы и химический состав подстилок. Запасы подстилок колеблются от 8,5 до 22 т/га (в среднем 16 т/га), при этом запасы слоя A_0'' занимают 85...90 % от суммы (табл. 3). Отношение запаса подстилки к запасу опада составляет 1...2, что показывает среднюю интенсивность разложения растительных остатков. В составе зольных элементов подгоризонта A_0'' доминирует SiO_2 , количество которого составляет 42 %, содержание CaO и MgO — 30 % и полуторных окислов (R_2O_3) — 10 %. Незначительная доля в составе золы прихо-

Таблица 1
Химический состав хвои, опада и подстилки (средние данные)

Объект изучения	Сы- рая зола, %	N	Si	Al	Fe	Ca	Mg	S	Mn	P	K	$\sum_{элементы} +$ $+N$
Хвоя сосны	2,69	1,16	$\frac{0,467}{37,1}$	$\frac{0,08}{5,6}$	$\frac{0,02}{1,1}$	$\frac{0,41}{21,1}$	$\frac{0,15}{10,0}$	$\frac{0,015}{1,4}$	$\frac{0,07}{3,4}$	$\frac{0,08}{6,8}$	$\frac{0,15}{6,7}$	2,60
Опад	2,62	0,481	$\frac{0,467}{38,1}$	$\frac{0,21}{15,1}$	$\frac{0,037}{2,2}$	$\frac{0,37}{19,7}$	$\frac{0,10}{6,3}$	$\frac{0,005}{0,48}$	$\frac{0,013}{0,61}$	$\frac{0,07}{6,1}$	$\frac{0,02}{1,0}$	1,77
Подстилка A ₀	1,60	0,330	$\frac{0,23}{30,90}$	$\frac{0,038}{4,5}$	$\frac{0,026}{2,3}$	$\frac{0,38}{33,2}$	$\frac{0,045}{4,7}$	$\frac{0,004}{0,62}$	$\frac{0,022}{1,77}$	$\frac{0,07}{10,0}$	$\frac{0,04}{3,0}$	1,18
A ₀ ^н	2,93	0,379	$\frac{0,58}{42,3}$	$\frac{0,13}{8,4}$	$\frac{0,047}{2,3}$	$\frac{0,35}{16,7}$	$\frac{0,23}{13,2}$	$\frac{0,005}{0,41}$	$\frac{0,019}{0,86}$	$\frac{0,06}{4,7}$	$\frac{0,02}{0,85}$	1,74
Отношение элементов в A ₀ ^н к A ₀		1,15	1,3	1,8	1,0	0,50	2,8	0,66	0,48	0,47	0,28	

Примечание. В числителе — содержание элементов; % на абс. сухое вещество; в знаменателе — содержание окислов, % на золу.

Таблица 2
Запасы азота и зольных элементов в опаде и подстилках, кг/га
(абс. сухое вещество)

Объект изучения	Зола	N	Si	Al	Fe	Ca	Mg	S	Mn	P	K
Опад	253,0	46,0	45,0	20,0	3,60	35,7	9,6	0,48	1,25	6,70	1,90
Подстилка:											
A ₀	22,0	4,8	2,8	0,5	0,47	4,4	0,8	0,06	0,20	0,86	0,28
Ветви	12,4	3,5	2,8	0,8	0,23	2,6	0,3	0,03	0,45	0,65	0,26
A ₀	397,2	52,2	64,0	25,4	6,10	47,2	28,2	0,50	2,11	1,48	2,90
Итого	431,6	60,5	69,6	26,7	6,8	54,2	29,3	0,59	2,76	2,99	3,44

дится на P_2O_5 — 5 % и K_2O — 1 %. В подгоризонте A₀^н отмечается снижение содержания SiO_2 , R_2O_3 и возрастание содержания кальция, фосфора и калия. Это подтверждается отношением элементов, рассчитанных на золу, в подгоризонте A₀^н к их содержанию в A₀ (табл. 1).

Таблица 3

Запас подстилки, т/га
(на абс. сухое вещество)

Высота над уровнем моря, м	A' ₀		A'' ₀ — листья	Всего
	Листья	Ветви		
1 000	0,78	0,84	6,88	8,50
1 200	1,17	1,41	20,28	22,86
1 400	0,71	0	8,77	9,48
1 500	1,77	0,60	11,96	14,33
1 500	1,81	0,91	19,96	22,68
1 700	2,16	0	14,08	16,24
1 900	1,53	1,55	12,92	16,00
Среднее	1,42	0,75	13,55	15,73

Примечание. Характеристика древостоя на высоте 1 000 м над уровнем моря: возраст — 40 лет, густота — 250 деревьев на 1 га; 1 200 м — 50 лет и 400 деревьев на 1 га; 1 400 м — 40 лет и 300 деревьев на 1 га; 1 500 м — а) 30 лет и 400 деревьев на 1 га; б) 40 лет и 450 деревьев на 1 га; 1 700 м — 45 лет и 400 деревьев на 1 га; 1 900 м — 40 лет и 400 деревьев на 1 га.

Полученные нами данные показывают, что процессы разложения и превращения растительных остатков тропических сосновых лесов Южного Вьетнама приводят к потерям Ca, K, P, Mg и относительному накоплению Si, Al, Fe. Это согласуется с имеющимися в литературе данными [3—5]. Запасы зольных элементов главным образом содержатся в горизонте A''₀, их сумма составляет 410 кг/га и колеблется от 260 до 500 кг/га; при этом кремний занимает первое место (до 70 кг/га), кальций — второе (50 кг/га); магний и алюминий — третье (27... 29 кг/га); количество азота в опаде достигает 60 кг/га (табл. 2).

Изучение химического состава хвои сосны *Pinus Kesiya* в провинции Лам Донг показывает, что в наибольшем количестве аккумулируются в хвое азот, кремний и кальций, при этом азота в 2,5—3 раза больше, чем кремния и кальция. Элементы по убыванию содержания можно расположить в следующий ряд: N > Si > Ca > Mg ≥ K > P > Al > Mn > Fe ≥ S. По классификации Л. Е. Родина и М. И. Базилевича [5] мы определяем круговорот зольных элементов и азота в сосновых лесах *Pinus Kesiya* как кальциево-кремниевый-азотный тип.

Таким образом, запас опада и подстилки сосновых лесов *Pinus Kesiya*, химический состав хвои, опада и подстилки, общие для хвойных пород, одновременно отражают условия формирования этих лесов в тропической зоне Вьетнама.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бобринская М. А. Методика зольного анализа растений.— М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1958.— 39 с. [2]. Гришина Л. А., Самойлова Е. М. Учет биомассы и химический анализ растений.— М.: МГУ, 1971.— 98 с. [3]. Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 262 с. [4]. Родин Л. Е., Базилевич М. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара.— М.; Л.: Наука, 1965.— 252 с. [5]. Фирсова В. П., Павлова Т. С. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах.— М.: Наука, 1983.— 165 с.

Поступила 15 ноября 1988 г.

УДК 630*907

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В СЕВЕРНОЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ

А. В. ЛЕБЕДЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изучение влияния рекреационных нагрузок на лесные биогеоценозы — весьма актуальная проблема в нашей стране и за рубежом [2, 12, 14, 15]. Один из возможных путей решения этого вопроса — выявление связей между интенсивностью смолывыделения у ели как наиболее очевидного фактора ее биотической резистентности [1, 3, 4, 6, 7, 9, 10] и основными биометрическими и морфологическими параметрами дерева.

Исследования проводили в 1985—1986 гг. на территориях Архангельского и Усть-Двинского лесничеств Архангельского лесхоза в спелых, среднеполютных ельниках черничных V класса бонитета, на 12 безразмерных пробных площадях, по 100 деревьев на каждой. Пробные площади закладывали в наиболее типичных участках леса, в соответствии с их посещаемостью и степенью рекреационной нагрузки (незначительная, умеренная, повышенная). Зоны посещаемости выделяли по плотности одновременно отдыхающих, определяемой подсчетом в выходные дни в 10-кратной повторности. При этом использовали следующую шкалу: 1...10 чел./га — посещаемость незначительная; 11...20 чел./га — умеренная; 21...30 чел./га — повышенная. Степень рекреационной нагрузки устанавливали по совокупности показателей [8], числовые характеристики которых получали по стандартным методикам, принятым в ботанике, почвоведении и лесоводстве [13] (табл. 1). Зона незначительной посещаемости и рекреационной нагрузки была принята в качестве контрольной.

Таблица 1

Показатели степени рекреационной нагрузки

Показатели	Степень рекреационной нагрузки		
	незначительная	умеренная	повышенная
Площадь тропинойной сети, %	0...5	6...8	9...11
Площадь нарушенного напочвенного покрова, %	11...20	21...30	31...40
Плотность почвенного слоя 0...5 см, г/см ³	0,5...0,6	0,7...0,8	0,9...1,0
Влажность почвенного слоя 0...5 см, %	46...60	31...45	16...30
Видовая насыщенность напочвенного покрова, шт.	22...25	18...21	14...17
Проективное покрытие лесных видов напочвенного покрова, %	71...80	61...70	51...60
Благонадежность подроста, %	51...60	41...50	31...40

На каждой пробной площади проводили сплошной пересчет деревьев по 4-сантиметровым ступеням толщины. Для каждого дерева отмечали класс Крафта, категорию состояния и степень механического повреждения. Категорию состояния определяли по шкале, принятой в «Санитарных правилах в лесах СССР»: условно здоровые, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие. Степень механических повреждений регистрировали в соответствии с травмированием сектора флоэмы: мелкие — до 25 %, средние — 25...50 %, крупные — более 50 %. У каждого дерева через 24 ч после ранения определяли интенсивность смолывыделения по 5-балльной шкале [9]: 0 — живица не выделялась, место ранения сухое; 1 — живица выделялась в виде разрозненных точек или пленки; 2 — живица выделялась в виде крупных капель; 3 — живица выделялась обильно, но не вытекает; 4 — живица из ранки вытекает или каплет.

Анализ полученных результатов показал, что с усилением антропогенного влияния доля участия условно здоровых экземпляров ели постепенно уменьшается и составляет: при незначительной посещаемости — 55 %, при умеренной — 38 %, при повышенной — 17 % от общего числа учтенных деревьев. Однако, несмотря на явное ухудшение внешнего состояния насаждения, средняя интенсивность смоловыделения до предела утраты устойчивости лесным биогеоценозом постепенно увеличивается, а затем падает. Так, интенсивность смоловыделения составляет в баллах: в зоне незначительной посещаемости — $3,04 \pm 0,02$; умеренной — $3,22 \pm 0,02$; повышенной — $2,64 \pm 0,03$. Вскрытая закономерность объясняется включением механизмов самозащиты деревьев при воздействии неблагоприятных факторов и ограниченными ее возможностями при их усилении.

Во всех зонах рекреации прослеживается явная тенденция к постепенному возрастанию балла смоловыделения в связи с увеличением диаметра дерева (табл. 2).

Таблица 2

**Интенсивность смоловыделения
у деревьев ели разных диаметров
при различной рекреационной нагрузке**

Рекреационная нагрузка	Интенсивность смоловыделения по категориям крупности		
	Мелкие (12...16 см)	Средние (20 см)	Крупные (24...28 см)
Незначительная	$2,68 \pm 0,05$	$3,14 \pm 0,04$	$3,29 \pm 0,05$
Умеренная	$2,82 \pm 0,06$	$3,36 \pm 0,05$	$3,49 \pm 0,06$
Повышенная	$2,03 \pm 0,06$	$2,74 \pm 0,06$	$3,16 \pm 0,06$

Отмеченное явление обусловлено большей развитостью крон и корневых систем у более крупномерных экземпляров, а следовательно, и большей функциональной активностью древесных организмов.

В связи с усилением рекреационной нагрузки наблюдается общая тенденция возрастания исследуемого показателя в зоне умеренной посещаемости для каждой категории крупности. В зоне повышенной рекреационной нагрузки уменьшается балл смоловыделения по каждой категории крупности, в том числе и по сравнению с зоной незначительной посещаемости. Во всех зонах рекреационного лесопользования средние показатели интенсивности смоловыделения выше у деревьев более высокого ранга (табл. 3).

Таблица 3

**Интенсивность смоловыделения
у деревьев ели разных высотных рангов
при различной рекреационной нагрузке**

Рекреационная нагрузка	Интенсивность смоловыделения по рангам высот		
	Низкий (IV-V)	Средний (III)	Высокий (I-II)
Незначительная	$2,63 \pm 0,05$	$3,19 \pm 0,04$	$3,31 \pm 0,05$
Умеренная	$2,77 \pm 0,06$	$3,36 \pm 0,05$	$3,53 \pm 0,06$
Повышенная	$2,06 \pm 0,06$	$2,69 \pm 0,06$	$3,18 \pm 0,06$

Примечание. I—V — классы Крафта.

Выявленная зависимость объясняется тем, что экземпляры ели более высокого ранга находятся в наиболее благоприятных световых

условиях и обладают большими ассимиляционными возможностями, а следовательно, и большей энергией смолообразования.

В связи с усилением рекреационной нагрузки наблюдается общая тенденция возрастания исследуемого показателя в зоне умеренной посещаемости для каждого ранга высот. В зоне повышенной рекреационной нагрузки балл смоловыделения уменьшается по каждому рангу высот, в том числе по сравнению с зоной незначительной посещаемости.

Взаимосвязь балла смоловыделения с состоянием кроны наиболее очевидна в условиях незначительной рекреационной нагрузки. С увеличением последней обнаруживается явная разноречивость указанных показателей, особенно в зоне повышенной посещаемости (табл. 4).

Таблица 4

**Интенсивность смоловыделения
у деревьев ели разных категорий состояния
при различной рекреационной нагрузке**

Рекреационная нагрузка	Интенсивность смоловыделения у деревьев		
	условно здоровых	ослабленных	сильно ослабленных
Незначительная	$3,29 \pm 0,04$	$3,13 \pm 0,05$	$2,70 \pm 0,06$
Умеренная	$3,56 \pm 0,05$	$3,28 \pm 0,06$	$2,83 \pm 0,06$
Повышенная	$2,94 \pm 0,06$	$2,62 \pm 0,06$	$2,36 \pm 0,07$

Отмеченный факт, видимо, обусловлен повышением числа смоляных ходов у ели, что может быть рассмотрено как ответная реакция ослабленных деревьев на усиленное антропогенное воздействие, но требует проверки.

Средний балл смоловыделения достигает максимума у условно здоровых, физиологически более активных деревьев во всех зонах посещаемости. В связи с увеличением рекреационной нагрузки наблюдается общая тенденция возрастания исследуемого показателя в зоне умеренной посещаемости для каждой категории состояния. В зоне повышенной рекреационной нагрузки происходит уменьшение балла смоловыделения по каждой категории крупности, в том числе и по сравнению с зоной незначительной посещаемости. Выявленные зависимости еще раз доказывают, что древесное растение, как и древостой в целом, далеко не так беззащитны, как это порой представляется исследователю [11], хотя реактивные возможности растений не следует переоценивать.

Во всех зонах посещаемости максимальный средний балл характерен для неповрежденных елей, имеющих более высокий жизненный потенциал (табл. 5).

Таблица 5

**Интенсивность смоловыделения
у деревьев ели при разной степени травмирования
и при различной рекреационной нагрузке**

Рекреационная нагрузка	Интенсивность смоловыделения при разной степени механических повреждений ствола			
	Отсутствуют	Мелкие	Средние	Крупные
Незначительная	$3,17 \pm 0,04$	$2,91 \pm 0,05$	—	—
Умеренная	$3,54 \pm 0,05$	$3,32 \pm 0,05$	$2,80 \pm 0,06$	—
Повышенная	$3,03 \pm 0,06$	$2,74 \pm 0,06$	$2,60 \pm 0,07$	$2,19 \pm 0,07$

Анализ результатов указывает на обратную зависимость балла смолывыделения от степени механических повреждений: с увеличением тяжести травматизма энергия выделения живицы уменьшается. В отдельных случаях при средних и даже крупных механических повреждениях интенсивность смолывыделения в неповрежденном секторе флоремы увеличивается. Это связано с введением в действие так называемой «аварийной системы защиты древесного организма», которой обладают лишь растения с высоким жизненным потенциалом [5]. В связи с усилением рекреационной нагрузки наблюдается общая тенденция возрастания энергии смолывыделения в зоне умеренной посещаемости как у неповрежденных, так и у слаботравмированных деревьев. В зоне повышенной рекреационной нагрузки исследуемый показатель уменьшается у деревьев с идентичной степенью травмирования, в том числе и по сравнению с зоной незначительной посещаемости.

Полученные нами данные могут быть использованы при оценке влияния рекреационных нагрузок на состояние и устойчивость древостоев, что позволит научно обоснованно управлять рекреационными нагрузками.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васечко Г. И. Взаимодействие короедов с кормовыми деревьями // Энтомология.— М.: ВНИИТИ, 1981.— Т. 5.— С. 3—139. [2]. Воронцов А. И., Исаев А. С. Новые задачи лесозащиты // Лесоведение.— 1979.— № 6.— С. 3—11. [3]. Ильинский А. И. Вторичные вредители сосны и ели и меры борьбы с ними // Сб. работ по лесному хозяйству ВНИИЛМ.— М.; Л., 1958.— Вып. 36.— С. 178—228. [4]. Катаев О. А. Короеды и усыхание еловых лесов // Сб. докл. на 29-м чтении памяти Н. А. Холодковского.— Л.: Наука, 1977.— С. 22—43. [5]. Крамер П. Д., Козловский Т. Т. Физиология древесных растений / Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 462 с. [6]. Лебедев А. В. Резистентность ели европейской в различных условиях рекреационной нагрузки // Лесн. журн.— 1981.— № 1.— С. 27—31.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Лебедев А. В. Энтомоустойчивость ели европейской в рекреационных лесах Московской области: Автореф. дис. . . канд. биол. наук.— Воронеж: ВЛТИ, 1983.— 22 с. [8]. Лебедев А. В. Состояние деревьев ели при различном рекреационном воздействии // Лесн. журн.— 1986.— № 5.— С. 26—29.— (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Положенцев П. А. Живица ели и ее энтомотоксичность // Науч. тр. / Башкир. СХИ.— 1947.— Т. 5, вып. 2.— С. 169—184. [10]. Положенцев П. А. Об условиях заселения деревьев вторичными вредителями // Науч. зап. ВЛХИ.— Воронеж, 1950.— Т. 2.— С. 155—168. [11]. Рожков А. С. Дерево и насекомое.— Новосибирск: Наука, 1981.— 176 с. [12]. Рысин Л. П. Рекреационные леса и проблема оптимизации рекреационного лесопользования // Рекреационное лесопользование в СССР.— М.: Наука, 1983.— С. 5—20. [13]. Сукачев В. И., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса.— М.: АН СССР, 1961.— 144 с. [14]. Douglas R. W. Forest recreation.— New York: Pergamon Press, 1982.— 326 p. [15]. Grey G. U., Deneke F. J. Urban forestry.— New York: Pergamon Press, 1978.— 279 p.

Поступила 19 июня 1989 г.

УДК 630*453 : 630*416.4 : 632.937.21

ОЧАГИ СТВОЛОВЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ В ЛИСТВЕННИЧНИКАХ ТУВИНСКОЙ АССР, ПОВРЕЖДЕННЫХ СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ

Ю. Б. МАМАЕВ

ВНИИЛМ

Тувинская АССР, расположенная в центре Азиатского материка, по лесорастительному районированию относится к Тувино-Саянской провинции горно-долинных лесов и выделена в самостоятельную подпровинцию [5]. В лесах Тувы лиственница является основной лесооб-

разующей породой, занимает 55,7 % лесопокрытой площади и дает основную массу древесины для лесной промышленности республики [6].

Суровый резко континентальный климат Тувы, особенно частые засухи, создают условия для вспышек массового размножения непарного и сибирского шелкопряда [7], почти ежегодно действующих в различных лесных районах республики и вызывающих дефолиацию насаждений на довольно значительных площадях. Этот процесс наиболее характерен для низкогорных лиственничников, произрастающих в условиях лесостепи. Сведения о развитии очагов сибирского шелкопряда и заселенности им лесов в различных районах Тувы содержатся в работах Н. Г. Коломийца [3] и А. И. Черепанова [9].

Как правило, в усыхающих и погибших насаждениях возникают очаги массового размножения стволовых вредителей, развивающиеся по-разному в зависимости от условий их возникновения и характеризующиеся различным видовым составом ксилофагов. А. С. Исаев и Г. И. Гирс [2] выделили четыре наиболее опасных вида, способных развиваться на ослабленном, а иногда, при определенных условиях, и на здоровом дереве, вызывая его переход в стадию необратимого отмирания. Это продолговатый короед (*Ips subelongatus* Motsch.), лиственничная златка (*Phaenops guttulata* Gebl.), тонкоусый еловый дровосек (*Tetropium gracilicorne* Rett.), сибирский серый длинноусый усач (*Acanthocinus carinulatus* Gebl.).

Основные закономерности возникновения и развития очагов стволовых вредителей в зависимости от стадий их обитания отражены в монографии А. И. Воронцова [1].

Дефолиационные очаги стволовых вредителей исследовали с 1976 г. по 1981 г. в Пий-Хемском, Улуг-Хемском и Каа-Хемском районах Тувинской АССР. Стационарные наблюдения проводили на территории Ак-Дуругского лесничества Шагонарского лесхоза в усохших и усыхающих лиственничниках.

Причиной усыхания древостоев явилось объедание хвои лиственницы гусеницами сибирского шелкопряда, вспышка массового размножения которого началась летом 1978 г. и к началу исследований охватила 10 тыс. га. Наблюдение за процессами усыхания и заселения деревьев стволовыми вредителями проводили на 304 модельных деревьях и 20 постоянных пробных площадях, заложенных в насаждениях по общепринятой методике [8]. Общий объем авиадесантного лесопатологического обследования составил 200 тыс. га.

Исследованные древостои, усохшие в 1979, 1980 и 1981 гг., различались возрастом и средним диаметром. В настоящей работе они условно подразделены на древостои с малыми диаметрами — 12 см, промежуточными — 18 см и большими — 24 см и более. В исследованной зоне в состав комплексов стволовых вредителей входило 12 видов ксилофагов [4]; вспышки массового размножения образовывали 4 упомянутых вида.

Конкретные данные перечетов, отражающие динамику заселения исследованных насаждений стволовыми вредителями, приведены в таблице.

Усыханию, начавшемуся после полного объедания хвои лиственницы сибирским шелкопрядом двух генераций в 1978 г., в первую очередь были подвержены насаждения с малыми диаметрами (12 см), которые полностью погибли летом 1979 г. Однако за время зимовки луб свежесухостойных деревьев наименьших диаметров подвергся воздействию морозов, а весной под влиянием солнца высох до такой степени, что стал не пригодным для заселения стволовыми вредителями. Это было отмечено при весеннем перечете на пробных площадях. После второй зимовки значительная часть деревьев малых диаметров, начавших усыхать в 1979 г., перешла в категорию «старый сухостой» без отработки стволовыми вредителями, что подтверждают результаты осеннего перечета 1981 г. (см. таблицу).

Иная закономерность наблюдалась в древостоях с переходными диаметрами (18 см), процесс усыхания которых завершился летом 1980 г.

Динамика заселения стволовыми вредителями усыхающих лиственничников в зависимости от среднего диаметра и времени усыхания в Тувинской АССР

Средний диаметр, см	Год усыхания	Время учета	Распределение деревьев по категориям состояния, %					
			Здоровые	Ослабленные	Сильно-ослабленные	Усыхающие	Свежий сухостой	Старый сухостой
12	1979	VI 1980	—	<u>4,2</u>	<u>10,3</u>	<u>25,6</u>	<u>56,4</u>	<u>3,5</u>
		X 1980	—	<u>2,1</u>	<u>5,6</u>	<u>15,8</u>	<u>73,0</u>	<u>3,5</u>
		VI 1981	—	—	<u>8,4</u>	<u>5,2</u>	<u>82,9</u>	<u>3,5</u>
		X 1981	<u>2,1</u>	<u>2,1</u>	<u>0,7</u>	<u>7,4</u>	<u>33,1</u>	<u>54,6</u>
18	1980	VI 1980	—	—	<u>96,5</u>	—	—	<u>3,5</u>
		X 1980	—	—	—	<u>9,3</u>	<u>85,1</u>	<u>5,6</u>
		VI 1981	—	—	—	—	<u>94,4</u>	<u>5,6</u>
		X 1981	—	—	—	—	<u>87,2</u>	<u>12,8</u>
24	1980	VI 1980	—	<u>0,7</u>	—	<u>98,6</u>	—	<u>0,7</u>
		X 1980	—	<u>0,7</u>	—	<u>67,2</u>	<u>31,4</u>	<u>0,7</u>
		VI 1981	—	<u>0,7</u>	—	<u>26,4</u>	<u>72,2</u>	<u>0,7</u>
		X 1981	<u>0,7</u>	—	—	—	<u>90,1</u>	<u>9,2</u>

Примечание. В числителе — процент деревьев данной категории состояния; в знаменателе — процент заселенных деревьев, для категории «старый сухостой» — процент обработанных деревьев.

При весеннем перечете, несмотря на отсутствие хвои, луб деревьев был совершенно свежим и сочным, что, учитывая возможность деревьев восстанавливать хвою, указывало на их принадлежность к категории «сильно ослабленных». Но в течение вегетационного периода деревья не только не восстановили хвою, но перешли в категорию «свежий сухостой», в результате чего во второй половине лета 1980 г. была констатирована повышенная интенсивность заселения насаждения стволовыми вредителями по сравнению с усыханием 1979 г.

Высокая интенсивность заселения ксилофагами свежего сухостоя отмечалась также летом 1981 г.: по данным осеннего перечета (1981 г.) свежий сухостой был заселен ими полностью.

Древостои с диаметром 24 см и более к весне 1980 г. находились в стадии необратимого усыхания и относились к категории «усыхающих». При перечете осенью 1980 г. был отмечен переход части деревьев в категорию «свежий сухостой». Этот процесс происходил в течение всего лета 1981 г. при наличии в насаждении относительно высокого запаса стволовых вредителей, размножившихся в насаждениях с мень-

шими средними диаметрами. Эти вредители заселили все свежесухостойные деревья и часть усыхающих.

Таким образом, согласно нашим наблюдениям, специфика усыхания лиственничных древостоев Тувинской АССР и заселения их стволовыми вредителями состоит в том, что под воздействием засушливого резко континентального климата эти процессы происходят здесь ускоренно — за 2-3 вегетационных периода, в то время как в районах с более умеренным климатом завершаются обычно за 3...5 лет [1].

Это связано с ускорением процесса дифференциации поврежденных деревьев на жизнеспособные и необратимо ослабленные, в результате чего ксилофаги заселяют все усыхающие деревья в кратчайшие сроки.

Наиболее сильно климатическое влияние сказывается в насаждениях с малыми диаметрами, в которых значительное количество деревьев переходит в категорию «свежий сухостой» без отработки стволовыми вредителями вследствие высыхания луба, что делает его не пригодным для заселения ксилофагами.

Подобные процессы особенно характерны для низкогорных насаждений, наиболее сильно подверженных отрицательному влиянию засушливого климата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воронцов А. И. Патология леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 270 с.
 [2]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых ксилофагов.— Новосибирск: Наука, 1975.— 346 с. [3]. Коломиец Н. Г. Сибирский шелкопряд в Туве // Тр. по лесн. хоз-ву Сибири.— Новосибирск, 1960.— Вып. 5.— С. 127—130.
 [4]. Мамаев Ю. Б. Комплексы стволовых насекомых в низкогорных лиственничниках Тувы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Воронеж, 1984.— 20 с. [5]. Мильков Ф. Н. Природные зоны СССР.— М.: Мысль, 1977.— 293 с. [6]. Петров М. Ф. Комплексное освоение лесных богатств Тувинской АССР // Лесн. хоз-во.— 1982.— № 2.— С. 71—74.
 [7]. Рожков А. С. Массовое размножение сибирского шелкопряда и меры борьбы с ним.— М.: Наука, 1965.— 179 с. [8]. Санитарные правила в лесах СССР.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 16 с. [9]. Черепанов А. И. Главнейшие вредители лесов Тувы и возможные меры борьбы с ними.— Новосибирск: Зап.-Сиб. фил. СО АН СССР, 1949.— Т. 3, вып. 2.— с. 3—17.

Поступила 20 апреля 1988 г.

УДК 630*385.1 : 630*811.1

ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ БОЛОТ НА АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

В. П. КОСАРЕВ, М. У. УМАРОВ, И. Х. СТУЛЬНЕВА,
З. С. ЭЖИЕВА

Ленинградская лесотехническая академия
Чечено-Ингушский государственный университет

Осушению избыточно увлажненных земель в нашей стране придается большое значение. Общая площадь осушенных лесных земель в настоящее время превышает 5,5 млн га [4]. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что осушение таких земель создает благоприятные для древесных растений условия местопроизрастания, в связи с чем резко увеличивается прирост древостоев и повышается класс бонитета.

В научной литературе имеется ряд работ, в которых исследуются закономерности роста сосны на избыточно увлажненных почвах

([1—3, 5] и др.), однако изменение анатомического строения древесных растений под влиянием осушения почти не изучено.

Объектом для наших исследований выбран сосновый древостой IV класса бонитета, произрастающий на осушенном переходном болоте пушицево-сфагнового типа в Лисинском учебно-опытном лесхозе ЛТА. Возраст древостоя — 90 лет, полнота — 0,74... 0,78, осушение проведено в 1973 г. Расстояние между каналами 110 м, глубина их в настоящее время около 1 м.

Пробные площади заложены на полосе между двумя осушителями и имеют форму прямоугольника размерами 65 × 31 м, длинная сторона параллельна каналам. Пробная площадь 1 расположена у осушителя и находится на расстоянии от 5 до 36 м от него, проба 2 заложена посередине межканальной полосы и удалена на расстояние 36... 51 м от каналов.

На каждой пробной площади возрастным буровом отобрано по 30 кернов на высоте груди в статистическом порядке. Поверхность кернов выравнивали с помощью острого ножа, и под микроскопом «Мир-12» измеряли все годовичные кольца за 6 лет до и после осушения. В каждом из колец измеряли также ширину зоны ранней и поздней древесины и подсчитывали число рядов трахенд в этих зонах.

Результаты исследований представлены в табл. 1—3. Из них видно, что под влиянием осушения на обеих пробных площадях резко увеличился прирост деревьев по диаметру (z_d). Так, средняя за 6 лет ширина годовичного кольца после осушения увеличилась по сравнению с аналогичной величиной до осушения на пробной площади 1 в 2,5 раза, а на пробе 2 — в 1,7 раза и равна соответственно 1,11 и 0,89 мм. До осушения несколько большими были z_d на пробе 2, после осушения z_d на интенсивно осушенной пробной площади 1 увеличились сильнее и заметно выше приростов на пробе 2. Изменение z_d у разных деревьев под влиянием осушения неодинаково (табл. 2).

У 67 % деревьев на пробе 1 и у 53 % деревьев на пробе 2 z_d увеличился более чем в 2 раза, у 27 и 10 % деревьев — более чем в 3 раза. В среднем по обоим пробам у 12 % деревьев отмечено некоторое снижение z_d . На обеих пробных площадях z_d относительно выше у деревьев с приростом до осушения меньше среднего. У таких деревьев на пробных площадях 1 и 2 он увеличился в среднем соответственно в 2,8 и 2,5 раза, а у деревьев с приростом до осушения больше среднего — в 2,1 и 1,2 раза.

Отмечено сильное варьирование средних периодических z_d у разных деревьев в пределах одной и той же пробной площади как до, так и после осушения. Коэффициенты вариации изменяются в этом случае от 42,4 до 60,2 %. Под влиянием осушения наблюдается тенденция к снижению изменчивости приростов, особенно на пробной площади 2, где в составе древостоя больше толстых деревьев, хуже отреагировавших на осушение. Коэффициенты вариации в этом случае уменьшились с 60,2 до 43,5 %. Сильно варьируют также приросты у отдельных деревьев по годам (коэффициенты вариации колеблются от 43 до 131 %). Обычно направления колебаний у разных деревьев в один и тот же год совпадают, однако нередки случаи, когда увеличение прироста у одних деревьев сопровождается уменьшением его у других.

В годовичных кольцах, за редким исключением, зона ранней древесины и до, и после осушения преобладает над зоной поздней древесины (табл. 1). В среднем ширина ее составляет примерно 2/3 от ширины годовичного кольца. Под влиянием осушения увеличилась ширина обеих зон, причем заметна тенденция к относительно большему увеличению зоны поздней древесины, особенно на пробной площади 1. Ширина ее возросла в 2,63 раза, в то время как ранней древесины — в 2,38 раза. Относительно большее увеличение ширины зоны поздней древесины на пробной площади 1 можно, по-видимому, объяснить лучшими условиями роста в конце вегетационного периода, так как при более интенсивном осушении на этой пробе избыточное увлажнение осенью выражено слабее. У разных деревьев доля поздней древесины от общей ширины

Таблица 1

Статистические характеристики определения показателей анатомического строения древесины сосны обыкновенной

Показатели	Но- мер пока- зате- ля	Номер проб- ной пло- щадки	\bar{x}	σ	v	$m\bar{x}$	P	Номера сравни- ваемых показа- телей	t
Ширина годичного кольца, мм: до осушения	1	1	0,45	0,194	43,12	0,035	7,87	1-3	1,11
	2	2	0,53	0,317	60,17	0,058	10,99	3-4	2,06
	3	1	1,11	0,470	42,39	0,086	7,74	1-3	7,09
	4	2	0,88	0,382	43,46	0,070	7,93	2-4	3,89
Ширина зоны ранней древесины, мм: до осушения	5	1	0,29	0,130	44,07	0,024	8,05	9-10	6,48
	6	2	0,34	0,199	58,99	0,036	10,77	5-7	6,69
	7	1	0,69	0,291	42,50	0,053	7,76	6-8	3,68
	8	2	0,56	0,256	46,06	0,047	8,41	10-12	3,61
Ширина зоны поздней древесины, мм: до осушения	9	1	0,16	0,070	44,97	0,013	8,21	13-15	6,86
	10	2	0,19	0,127	67,93	0,023	12,40	14-16	5,63
	11	1	0,42	0,210	50,58	0,039	9,23	17-19	6,59
	12	2	0,32	0,167	51,75	0,030	9,45	18-20	5,14
Число рядов трахеид всего: до осушения	13	1	13,93	6,835	49,08	1,246	8,96	21-23	7,14
	14	2	13,32	6,696	50,21	1,221	9,17	22-24	5,73
	15	1	33,50	13,875	41,42	2,533	7,56	15-16	1,74
	16	2	27,62	12,206	44,19	2,228	8,06		
Число рядов трахеид в ранней древе- сине: до осушения	17	1	8,20	3,978	48,54	0,726	8,86		
	18	2	7,69	3,841	49,92	0,701	9,11		
	19	1	18,87	8,092	42,89	1,477	7,83		
	20	2	15,01	6,792	45,25	1,240	8,26		
Число рядов трахеид в поздней древе- сине: до осушения	21	1	5,72	3,064	53,60	0,559	9,79		
	22	2	5,63	3,123	55,51	0,570	10,13		
	23	1	14,64	6,111	41,75	1,115	7,62		
	24	2	12,61	5,882	46,64	1,074	8,52		

Примечание. \bar{x} — среднее значение; σ — основное отклонение; v — коэффициент вариации; $m\bar{x}$ — ошибка среднего значе-
ния; P — показатель точности; t — показатель существенности различий средних значений.

годового кольца может оставаться неизменной, увеличиваться или уменьшаться, однако в большинстве случаев (у 36 деревьев из 60) она повышается. Приведенные данные о соотношении ранней и поздней древесины в годичных кольцах позволяют заключить, что в данных условиях не произошло существенного изменения объемной плотности под влиянием осушения. Этот вывод подтверждается также и работами других авторов [5].

Таблица 2

Распределение деревьев сосны
в зависимости от изменения прироста после осушения, %

Номер пробной площади	Уменьшение z_d	Увеличение z_d после осушения				
		до 1,5 раза	в 1,5—2 раза	в 2—2,5 раза	в 2,5—3 раза	свыше 3 раз
1	3,3	6,7	23,3	16,7	23,3	26,7
2	20,0	3,3	23,4	23,3	20,0	10,0
1 + 2	11,7	5,0	23,3	20,0	21,7	18,3

Корреляционный анализ показывает, что между шириной годичного кольца и отдельных его зон у всех исследуемых деревьев, за исключением одного, наблюдается тесная и очень тесная связь (коэффициенты корреляции $> 0,7$), причем наиболее высокая — с шириной зоны ранней древесины (табл. 3).

Таблица 3

Частота разных коэффициентов корреляции
между парами анатомических признаков древесины
сосны обыкновенной

Коррелируемые признаки	Всего коэффициентов	Частота коэффициентов корреляции						свыше 0,90
		до 0,40	0,41 ... 0,50	0,51 ... 0,60	0,61 ... 0,70	0,71 ... 0,80	0,81 ... 0,90	
Ширина годичного кольца — ширина зоны ранней древесины	60	1	1	1	3	0	5	49
Ширина годичного кольца — ширина зоны поздней древесины	60	3	1	2	4	5	32	13
Ширина зоны ранней древесины — ширина зоны поздней древесины	60	4	3	14	13	19	7	0

Между шириной зон ранней и поздней древесины у всех деревьев выявлена достоверная, преимущественно значительная и тесная положительная связь, однако менее тесная, чем в предыдущем случае. Более низкий уровень связи обусловлен, очевидно, тем, что сама по себе ранняя древесина не определяет непосредственно ширины зоны поздней древесины. Ширина обеих зон зависит от режима функционирования камбия, на деятельность которого влияют условия среды. Вместе с тем, образование более широкой зоны ранней древесины создает более благоприятные условия водообмена и снабжения деревьев элементами минерального питания, что способствует активизации процессов жизнедеятельности, в том числе и деятельности камбия.

На обеих пробных площадях после осушения в годичных кольцах увеличилось число рядов ранних и поздних трахеид (табл. 1). В среднем по обеим пробным площадям число рядов трахеид возросло с 13,6 до 30,6; в том числе в ранней древесине — с 8,0 до 17,0; в поздней — с 5,6 до 13,6; увеличение во всех случаях в 2 раза и более. До осушения среднее число трахеид на обеих пробах было примерно одинаковым. После осушения наблюдается тенденция к относительно большому увеличению числа рядов трахеид на интенсивно осушенной пробной площади 1 и на обеих пробах — числа рядов трахеид поздней древесины по сравнению с числом рядов в ранней древесине.

Существенного увеличения диаметров как ранних, так и поздних трахеид под влиянием осушения не произошло. Наоборот, на пробе 2 отмечено некоторое уменьшение их диаметра, однако различия в этом случае не достоверны ($t < 3$). В среднем по обеим пробным площадям диаметр ранних трахеид за период до осушения составил 39, за период после осушения — 36 мкм. Диаметр поздних трахеид несколько меньше и равен соответственно 31 и 27 мкм.

В научной литературе нет единого мнения о влиянии осушения на анатомическое строение и, в связи с этим, на качество древесины сосны. Некоторые исследователи считают, что после осушения формируются более крупные трахеиды с относительно более тонкими стенками и меньшей долей поздней древесины, вследствие чего плотность древесины снижается [1, 3]. Результаты наших исследований не согласуются с этими выводами. В исследуемых условиях резко увеличилась ширина годичного кольца и ширина зон ранней и поздней древесины. Примерно пропорционально последним возросло число ранних и поздних трахеид. Диаметры как ранних, так и поздних трахеид и соотношение ранней и поздней древесины существенно не изменились.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Блинцов И. К., Ипатьев В. А. Влияние осушения торфяных почв на анатомическое строение древесины сосны // Лесн. журн.— 1973.— № 2.— С. 16—18.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Вакуров А. Д. Особенности роста сосны на некоторых сфагновых болотах бассейна р. Онега // Лесоведение.— 1973.— № 6.— С. 31—37. [3]. Ипатьев В. А. Гидролесомелиорация и качество древесины // Современные проблемы гидролесомелиорации.— Л., 1982.— С. 116—119. [4]. Константинов В. К. О развитии гидролесомелиорации // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 1.— С. 78—79. [5]. Полубояринов О. И., Елпатьевский М. П. Изменение показателей качества сосновой древесины под влиянием осушения // Гидромелиорация и рациональное природопользование.— Л., 1982.— С. 75—78.

Поступила 23 марта 1987 г.

УДК 630*228

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ И ОСОБЕННОСТЯХ ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ФОНДА В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. ЛОБОВ

Приморский сельскохозяйственный институт

В последние годы принят комплекс мер, направленных на ускоренное развитие производительных сил Дальнего Востока. Это ставит перед хозяйством региона проблему эффективного использования природных и прежде всего лесных ресурсов.

Одна из главных задач лесохозяйственного производства — обеспечение состояния лесных ресурсов, способного удовлетворить потребности во всех полезностях леса. Но в целом ряде случаев фактическое состояние лесного фонда не соответствует оптимальному. С учетом этого довольно важным представляется вопрос об изучении особенностей, закономерностей, направления и скорости происходящих отклонений и изменений в лесном фонде. Как считает А. С. Шейнгауз [9], по динамике лесного фонда следует оценивать правильность лесной политики в зоне деятельности предприятий лесного хозяйства.

Хозяйственная деятельность человека приводит к существенным изменениям в лесном фонде. Уже первые исследователи Амурской области, наряду со сведениями об общих условиях колонизации, закономерностях распространения растительности, отмечали существенную роль огня в изменении облика лесов, происходящих сменах пород. Так,

материалы лесоустройства ряда лесных дач в 1909—1913 гг. указывали на наличие обширных площадей редины, пустошей, вырубков, явившихся следствием пожаров и рубок, что особенно характерно для участков вблизи сплавных рек и населенных пунктов.

В качестве факторов, определяющих ход и направление лесообразования, смену пород и динамику лесного фонда, Г. Ф. Морозов [5] называл такие, как лесоводственные свойства древесных пород, внутреннюю и внешнюю среду леса, животный мир, антропогенные и историко-геологические факторы. В условиях интенсивного освоения и использования лесов юга Дальнего Востока большое значение приобретают антропогенные факторы. Ведущими из них являются трансформация лесных и нелесных землепользований, рубки главного пользования, лесные пожары, лесохозяйственная деятельность, естественное развитие лесов [1—3, 8, 9].

Проведенные нами [1, 2] исследования динамики лесного фонда в центральных лесхозах Амурской области за полувековой период после 1913 г. показали, что основными ее чертами являлись сокращение лесопокрываемой площади, уменьшение площади спелых и перестойных лесов и увеличение молодняков, смена хвойных пород лиственными. Возрастание в последние годы объемов лесокультурных и лесохозяйственных работ, совершенствование рубок главного пользования, усиление мер по охране лесов от пожаров не могли не привести к определенным изменениям в динамике лесного фонда. Ниже приведены некоторые ее особенности и закономерности, произошедшие в Амурской области за период после 1966 г.

За рассматриваемый период возросла доля лесов с ограниченным режимом пользования, выполняющих несырьевые (экологические и социальные) функции. Площадь лесов I группы увеличилась с 5,0 до 7,7 %, II группы — с 4,0 до 4,4 %.

За это же время общая площадь лесного фонда области снизилась с 31,0 до 30,6 млн га. Трансформация землепользований явилась следствием отчуждения земель под строительство, сельскохозяйственное пользование. Только за 1981—1984 гг. общая площадь лесов сократилась на 314 тыс. га, в том числе за 1982 г. из лесхозов, по территории которых проходит БАМ, отчуждено около 260 тыс. га земель под железнодорожную магистраль, автодороги, поселки и т. д.

Значительные изменения произошли в распределении площади по категориям земель. Доля покрытой лесом площади возросла более чем на 1,6 млн га, или с 62,5 до 68,8 %. Это произошло в основном за счет перевода в лесопокрываемую площадь редины, сформировавшихся ранее после выборочных рубок и лесных пожаров, а также сокращения на 1,5 % (554 тыс. га) площади болот, что, по мнению ряда авторов [1, 4], происходит вследствие их осушения с последующим зарастанием после лесных пожаров. За это же время более чем в 30 раз (с 1,2 до 40,4 тыс. га) выросла площадь сомкнувшихся и более чем в 4 раза (с 12,0 до 51,3 тыс. га) несомкнувшихся лесных культур.

В то же время интенсивное освоение лесов северных районов Амурской области в связи со строительством БАМа привело к возрастанию за рассматриваемый период более чем на 200 тыс. га площадей необлесившихся вырубков, а также гарей и погибших насаждений. Только с 1981 г. по 1984 г. площадь, охваченная рубками главного пользования, возросла почти на 9,6 тыс. га, что отчасти связано с тем, что места рубок сдвигаются в менее производительные массивы с меньшей концентрацией древесины на единице площади.

Одним из последствий хозяйственной деятельности человека является смена пород. В подзоне средней и южной тайги идет смена хвой-

ных преимущественно на березу плосколистную, а в зоне хвойно-широколиственных лесов — на дуб монгольский и березу даурскую.

Нами была проанализирована интенсивность смены пород по лесхозам области с помощью критерия смены, предложенного С. Г. Сеницыным [6, 7] и представляющего собой отношение процента лиственных молодняков к проценту спелых лиственных насаждений. Критерий смены пород меньше 1,0 служит показателем улучшения породного состава, больше 1,0 — его ухудшения, причем тем более быстрого, чем выше значение критерия.

По критерию смены пород в пределах Амурской области выделены три зоны:

первая — критерий смены пород меньше 1,0. Здесь происходит медленное улучшение породного состава лесов. Сюда входят такие лесхозы, как Благовещенский, Свободненский, Шимановский, Мухинский, Тыгдинский;

вторая — критерий смены изменяется от 1,0 до 5,0. Наблюдается медленный или средний темп (Архаринский, Бурейский, Завитинский лесхозы) или быстрое ухудшение породного состава (Белогорский, Магдагачинский, Мазановский, южная половина Зейского и Амурского лесхозов);

третья — критерий более 5,0, характеризуется очень быстрыми темпами изменения породного состава и включает в основном северную часть Амурской области.

Критерий смены пород показывает не общую площадь лиственных насаждений, а тенденцию изменений. По мнению С. Г. Сеницына [6], источником нежелательной смены пород является технология промышленного лесопользования в лесах III группы с присущими ей сплошными концентрированными рубками, короткими сроками примыкания, особенно с проведением условно-сплошных рубок. Отрицательное действие такого лесопользования затухает лишь через 10...15 лет после перевода лесов из III группы во II. На Амуро-Зейском плато в связи с истощением лесных ресурсов в большинстве своем леса были переведены во II группу. Интенсивно начали проводиться мероприятия по лесовосстановлению, охране лесов от пожаров и, как следствие, снизились темпы ухудшения лесов, а в ряде случаев уменьшились и положительные изменения породного состава, связанные с увеличением площади хвойных лесов. Так, по Тыгдинскому лесхозу критерий смены пород в 1957 г. составил 1,9, в 1972 г. — 1,4, а в 1983 г. понизился до 1,0. В дальнейшем, видимо, следует ожидать перехода к улучшению породного состава. На территории бывшей Перской казенной лесной дачи, вошедшей впоследствии в состав Шимановского и Свободненского лесхозов, критерий смены пород в 1913 г. составлял 2,7, что характеризовало быстрое ухудшение породного состава, в 1962 г. он понизился до 1,6, характеризуя средний темп отрицательного изменения лесов, а в 1984 г. понизился до 0,8 и 0,9 по лесхозам, соответственно, что характеризует уже медленное улучшение породного состава.

В северных же лесхозах, где в основном осуществляется лесопользование и менее интенсивны лесовосстановительные мероприятия, тенденции ухудшения породного состава сохраняются.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зубов Ю. П., Лобов А. А. К динамике лесного фонда в центральных лесхозах Амурской области // Сб. тр. / ДальНИИЛХ.— Хабаровск, 1966.— Вып. 8.— С. 60—66. [2]. Лобов А. А. Восстановление лесов на Амуро-Зейском плато // Лесн. хоз-во.— 1970.— № 9.— С. 23—25. [3]. Колданов В. Я. Смена пород и лесовосстановление.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 172 с. [4]. Кузенева О. И. Эволюция болотных формаций Амурской области и опыт их классификации // Почвоведение.— 1911.— Вып. 2, № 13.— С. 67—91. [5]. Морозов Г. Ф. Учение о лесе.— М.; Л.:

Гослесбумиздат, 1949.— 240 с. [6]. Размещение лесохозяйственного производства / В. А. Николаюк, С. Г. Сипицын, А. С. Кузьмичев, А. М. Правдин.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 208 с. [7]. Сипицын С. Г. Критерий смены пород // Лесн. журн.— 1980.— № 3.— С. 13—16.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Строгий А. А. Лесные пожары в Амурской губернии // Изв. Амурск. лесн. общ-ва.— 1923.— Вып. 2.— С. 22—30. [9]. Шейнгауз А. С. Методические рекомендации по анализу динамики лесного фонда.— Хабаровск, 1986.— 41 с.

Поступила 11 ноября 1987 г.

УДК 630*524

ПОЛНОДРЕВЕСНОСТЬ СТВОЛОВ СОСНЫ И ЕЛИ В СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЯХ*

С. В. ТРЕТЬЯКОВ

Архангельский лесотехнический институт

В тасажной зоне, наряду с чистыми сосновыми и еловыми древостоями, встречаются сосново-еловые с различным соотношением пород. Смешанные не уступают чистым, а в большинстве случаев превосходят их по продуктивности ([5, 12, 13] и др.). В смешанных древостоях, где у древесных пород требования к условиям среды различны, наблюдается их взаимное влияние друг на друга, которое отражается на росте, развитии, морфологических признаках и форме стволов [6].

Изучение формы стволов сосны и ели на Севере имеет большую историю ([1, 2, 10] и др.).

Объектом нашего изучения служили разновозрастные сосново-еловые древостои средней подзоны тайги, где были заложены пробные площади, на которых срублено 237 деревьев сосны и 225 — ели. У всех деревьев определяли коэффициенты формы q_2 , видовые числа $f_{1,3}$ и другие показатели.

Известно, что между коэффициентами формы q_2 и высотой стволов h существует закономерная связь, оцениваемая как умеренная [3]. В смешанных древостоях эта связь выражается формулами:

для сосны

$$q_2 = 0,669 + \frac{0,830}{h}; \quad m_{q_2} = 0,0137 \quad (1)$$

(уравнение составлено для стволов высотой от 6 до 27 м),

для ели

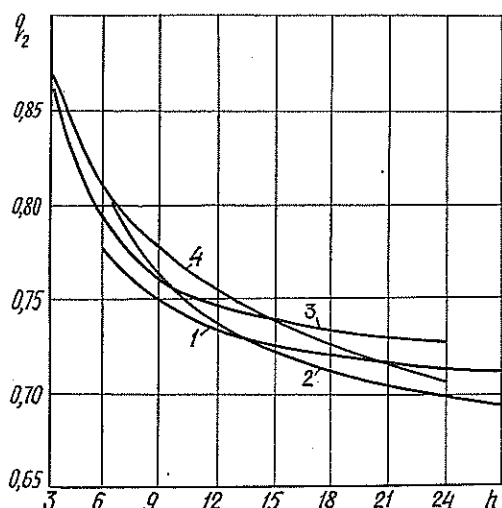
$$q_2 = 0,689 + \frac{0,674}{h}; \quad m_{q_2} = 0,033 \quad (2)$$

(уравнение составлено для стволов высотой от 3 до 24 м).

По формулам (1), (2) вычислены значения коэффициентов формы (см. рисунок). Для сравнения на рисунке приведены значения q_2 для разновозрастных чистых ельников по ступеням высоты, полученные И. И. Гусевым [3]. Из графика видно, что в сосново-еловых древостоях у ели высотой до 18 м коэффициенты формы меньше, чем в чистых разновозрастных, а выше 18 м — больше. Это объясняется тем, что с увеличением высоты ель постепенно выходит из-под угнетающего влияния соснового полога, рост ее в высоту становится интенсивнее, форма стволов улучшается. Близкие значения q_2 по ступеням высоты имеет ель, растущая в елово-березовых древостоях [14].

Форма стволов сосны в сосново-еловом древостое оказалась лучше, чем в чистых сосновых, для которых значения коэффициентов

* Работа выполнена под руководством д-ра с.-х. наук, проф. И. И. Гусева.



Зависимость коэффициентов формы q_2 от высоты: 1 — для сосны в сосново-еловых древостоях; 2 — для сосны в чистых сосновых по В. И. Левину [7]; 3 — для ели в сосново-еловых древостоях; 4 — для ели в чистых еловых по И. И. Гусеву [3]

формы получены В. И. Левиным [7] (см. рисунок). В смешанных древостоях у сосны формируются полнодревесные стволы. Кроме того, положительным можно считать отенение стволов сосны кронами ели, что способствует более раннему очищению их от сучьев; здесь ель служит подгоном. В свою очередь, под пологом сосны создаются благоприятные условия для роста ели [9, 11].

Форму стволов характеризуют старые видовые числа $f_{1,3}$, которые также связаны с высотой h . Полученные по опытным материалам средние значения видовых чисел сосны и ели в сосново-еловых древостоях по ступеням высоты приведены в табл. 1, здесь же даны старые видовые числа для чистых сосняков по формуле В. И. Левина [7] и для чистых ельников по формуле И. И. Гусева [4].

Таблица 1
Видовые числа сосны и ели по ступеням высоты

Ступени высоты, м	Сосново-еловые древостой		Чистые древостой	
	Сосна	Ель	Сосна по В. И. Левину	Ель по И. И. Гусеву
3	—	0,750 ± 0,0194	—	0,832
6	0,581 ± 0,0140	0,597 ± 0,0097	0,625	0,641
9	0,554 ± 0,0072	0,570 ± 0,0073	0,556	0,577
12	0,538 ± 0,0080	0,545 ± 0,0057	0,521	0,546
15	0,526 ± 0,0077	0,543 ± 0,0084	0,500	0,526
18	0,519 ± 0,0066	0,533 ± 0,0081	0,486	0,514
21	0,491 ± 0,0064	0,531 ± 0,0159	0,477	0,505
24	0,497 ± 0,0048	0,500 ± 0,0082	0,469	0,498
27	0,480 ± 0,0073	—	0,463	—

На основании опытных данных мы установили, что связь старых видовых чисел $f_{1,3}$ с высотой h в сосново-еловых древостоях выражается эмпирическими формулами:

для сосны

$$f_{1,3} = 0,467 + \frac{0,739}{h}; \quad m_{f_{1,3}} = 0,0111 \quad (3)$$

(уравнение составлено для стволов высотой от 6 до 27 м);

для ели

$$f_{1,3} = 0,482 + \frac{0,786}{h}; \quad m_{f_{1,3}} = 0,0114 \quad (4)$$

(уравнение составлено для стволов высотой от 3 до 24 м).

Из табл. 1 видно, что при совместном произрастании стволы ели более полнодревесны, чем стволы сосны. В смешанных сосново-еловых древостоях формируются стволы лучшей формы, чем в чистых сосняках и ельниках.

Расчеты показали, что если видовое число ствола больше на 0,01, то его объем выше на 2 %. При определении объема стволов в смешанных древостоях по таблицам для чистых сосняков и ельников систематическая ошибка равна 4...7 % [8].

Для повышения точности перечислительной таксации необходимо иметь таблицы объемов стволов сосны и ели для смешанных древостоев. Такие таблицы мы составили для стволов средней формы в коре (табл. 2).

Таблица 2

Объемы стволов сосны и ели в смешанных древостоях

Диаметр, см	Объем ствола, м ³ , при высоте, м							
	8	10	12	14	16	18	20	22
Сосна								
8	0,0225	0,0272	0,0319	0,0366	—	—	—	—
10	0,0351	0,0425	0,0498	0,0572	0,0645	—	—	—
12	0,0506	0,0612	0,0717	0,0823	0,0929	—	—	—
14	0,0689	0,0833	0,0976	0,1120	0,1264	0,1408	—	—
16	—	0,1088	0,1275	0,1463	0,1651	0,1839	0,2027	0,2214
18	—	0,1376	0,1614	0,1852	0,2089	0,2327	0,2565	0,2802
20	—	0,1699	0,1993	0,2286	0,2580	0,2873	0,3166	0,3460
24	—	0,2447	0,2870	0,3292	0,3715	0,4137	0,4560	0,4982
28	—	—	0,3906	0,4481	0,5056	0,5631	0,6206	0,6781
32	—	—	—	0,5853	0,6604	0,7355	0,8106	0,8857
36	—	—	—	—	0,8358	0,9308	1,0259	1,1210
40	—	—	—	—	—	1,1492	1,2666	1,3839
44	—	—	—	—	—	1,3905	1,5325	1,6746
48	—	—	—	—	—	—	1,8239	1,9929
52	—	—	—	—	—	—	2,1405	2,3388
56	—	—	—	—	—	—	—	2,7125
Ель								
8	0,0233	0,0282	0,0330	—	—	—	—	—
10	0,0365	0,0440	0,0516	0,0592	—	—	—	—
12	0,0525	0,0634	0,0743	0,0852	0,0961	—	—	—
14	0,0715	0,0863	0,1011	0,1160	0,1308	0,1457	—	—
16	—	0,1127	0,1321	0,1515	0,1709	0,1902	0,2096	—
18	—	0,1427	0,1672	0,1917	0,2162	0,2408	0,2653	0,2898
20	—	—	0,2064	0,2367	0,2670	0,2973	0,3275	0,3578
24	—	—	—	0,3408	0,3844	0,4281	0,4717	0,5153
28	—	—	—	—	0,5233	0,5826	0,6420	0,7013
32	—	—	—	—	0,6834	0,7610	0,8385	0,9160
36	—	—	—	—	—	0,9631	1,0612	1,1594
40	—	—	—	—	—	1,1890	1,3102	1,4313
44	—	—	—	—	—	1,4387	1,5853	1,7319
48	—	—	—	—	—	1,7122	1,8866	2,0611
52	—	—	—	—	—	—	2,2142	2,4189
56	—	—	—	—	—	—	2,5679	2,8054

Входом в таблицу служит высота и диаметр на высоте груди. Объемы стволов определяли по формуле

$$V = g_{1,3} h f_{1,3},$$

где V — объем ствола в коре, м³;
 $g_{1,3}$ — площадь сечения на высоте 1,3 м в коре, м²;
 h — высота ствола, м;
 $f_{1,3}$ — видовое число.

Полученная таблица может быть использована для определения объемов отдельных стволов сосны и ели и запасов сосново-еловых древостоев средней подзоны тайги при перечислительной таксации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гусев И. И. Новый метод составления таблиц хода роста разновозрастных древостоев // Тр. / АЛТИ.— 1971.— № 24.— С. 42—47. [2]. Гусев И. И. К определению запаса еловых древостоев Севера при лесоинвентаризации // Вопросы биологии, роста и таксации древостоев: Сб. тр. АЛТИ.— 1972.— Вып. 34.— С. 78—81. [3]. Гусев И. И. Закономерности изменения коэффициентов формы по типам возрастной структуры в ельниках Европейского Севера // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр.— Красноярск, 1978.— С. 8—14. [4]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.— Л.: ЛГУ, 1978.— 232 с. [5]. Гусев И. И. Структура и продуктивность древостоев на Европейском Севере // Тез. докл. к науч.-техн. конф., посвященной 50-летию АЛТИ.— Архангельск, 1979.— С. 13. [6]. Колесниченко М. В. Биохимические взаимодействия древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— 103 с. [7]. Левин В. И. Сосняки Европейского Севера.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 152 с. [8]. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР) / Сост. Г. С. Войнов, Е. Г. Тюрин, И. И. Гусев.— Архангельск: Арханг. ин-т леса и лесохимии, 1986.— 358 с. [9]. Мелехов И. С. Лесоведение.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 406 с. [10]. Моисеев В. С. Таксация молодняков.— Л.: ЛТА, 1971.— 343 с. [11]. Морозов Г. Ф. Учение о лесе.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949.— 455 с. [12]. Неволин О. А. Основы хозяйства в высокопродуктивных сосняках Севера.— Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1969.— 103 с. [13]. Прудов Б. Н. Ход роста сосново-еловых насаждений черничного типа леса // Лесн. хозяйство.— 1984.— № 6.— С. 40—43. [14]. Чупров Н. П. Таблицы объемов стволов березы и ели по разрядам высот в елово-березовых насаждениях Архангельской области // Лесн. журн.— 1972.— № 1.— С. 28—34.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 14 января 1988 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*375.5.004.15

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО
ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ПОЕЗДА

Г. Ф. ГРЕХОВ, Э. О. САЛМИНЕН

Ленинградская лесотехническая академия

На вывозке древесины в лесозаготовительных предприятиях используют легкие автомобили грузоподъемностью до 5 т (ЗИЛ-131, «Урал-375»), средние грузоподъемностью от 5 до 8 т («Урал-377Н», «Урал-43204», МАЗ-509А, МАЗ-5434) и тяжелые грузоподъемностью 8 т и более (КрАЗ-255Л, КрАЗ-260Л, КрАЗ-6437, КрАЗ-258, КамАЗ-5320, КамАЗ-53212). Легкие автомобили имеют низкую производительность, а тяжелые, как правило, требуют более прочных дорог и больших затрат на их содержание и ремонт, поэтому выбор оптимального типа автопоезда является актуальной технической и экономической задачей.

Задача сводится к выбору из общего списка автопоездов J автопоезда j , $j \in J$, обеспечивающего минимальные затраты при максимальной производительности.

При сравнении и выборе транспортных средств для вывозки древесины в качестве критерия оптимальности чаще всего используют приведенные затраты, отнесенные в 1 м³ вывозимой древесины, т. е. задача заключается в определении экстремального значения целевой функции

$$R_j = c_j + k_j E \rightarrow \min, \quad (1)$$

где R_j — приведенные затраты на 1 м³ вывезенной древесины при j -м типе автопоезда, р.;

c_j — себестоимость вывозки 1 м³ древесины при том же автопоезде, р.;

k_j — удельные капиталовложения на дороги и подвижной состав, р./м³;

E — нормативный коэффициент эффективности, для транспорта принимают равным 0,15.

При выборе типа автопоезда следует учесть ограничения по:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{капитальным вложениям} & k \leq k_{\text{норм}}; \\ \text{расходу топлива} & G \leq G_{\text{норм}}; \\ \text{трудозатратам} & T \leq T_{\text{норм}}; \\ \text{металлоемкости} & M \leq M_{\text{норм}}. \end{array} \right\} \quad (2)$$

где $k_{\text{норм}}$, $G_{\text{норм}}$, $T_{\text{норм}}$, $M_{\text{норм}}$ — нормативные показатели на 1 м³ вывозимой древесины.

В общем случае могут быть и другие ограничения.

Формулы (1) и (2) представляют собой математическую модель задачи по выбору оптимального автопоезда. Для практического использования функцию (1) следует представить в развернутом виде.

Себестоимость вывозки 1 м³ древесины

$$c_j = (x_{\text{дор}j} + x_{\text{тр}j}) K_{\text{пр}} K_p, \quad (3)$$

где $x_{\text{дор}j}, x_{\text{тр}j}$ — дорожная и транспортная составляющие себестоимости вывозки древесины, р./м³;
 $K_{\text{пр}}$ — коэффициент, учитывающий накладные расходы;
 K_p — районный коэффициент.

Дорожная составляющая себестоимости

$$x_{\text{дор}j} = \frac{\{0,01p(c_{\text{м}j}L_{\text{м}} + c_{\text{в}j}L_{\text{в}} + c_{\text{у}j}L_{\text{у}}) + B_{\text{м}j}L_{\text{мэ}} + B_{\text{в}j}L_{\text{в}} + B_{\text{у}j}L_{\text{у}}\}}{Q_{\text{г}}}, \quad (4)$$

где p — средневзвешенный процент годовых амортизационных отчислений;
 $c_{\text{м}j}, c_{\text{в}j}, c_{\text{у}j}$ — стоимость строительства 1 км магистрали, ветки и уса, р./км;
 $L_{\text{м}}, L_{\text{в}}$ — протяженность магистралей и веток в ЛЗП, км;
 $L_{\text{у}}$ — протяженность усов в расчетном году, км;
 $B_{\text{м}j}, B_{\text{в}j}, B_{\text{у}j}$ — стоимость годичного содержания и ремонтов 1 км магистралей, ветки и уса, р./км;
 $L_{\text{мэ}}, L_{\text{вэ}}$ — эксплуатационная длина магистрали и веток в расчетном году, км;
 $Q_{\text{г}}$ — годовой грузооборот дороги, м³.

Транспортная составляющая

$$x_{\text{тр}j} = D_j / P_j, \quad (5)$$

где D_j — стоимость машино-смены лесовозного автопоезда, р.;
 P_j — производительность автопоезда в смену.

Значение P_j находят по формуле

$$P_j = \frac{[F_{\text{к}j} - (P_{\text{а}j} + P_{\text{пр}j})(\omega_j + g i_{\text{р}j})](T - t_{\text{пз}}) K_{\text{в}} v_{\text{ср}j}}{(33,3l_{\text{ср}} + v_{\text{ср}j} |\Sigma t|_j)(\omega_j + g i_{\text{р}j}) \gamma_0}, \quad (6)$$

где $F_{\text{к}j}$ — расчетная касательная сила тяги, Н;
 $P_{\text{а}j}, P_{\text{пр}j}$ — масса автомобиля и прицепного состава, т;
 ω_j — основное удельное сопротивление движению автопоезда, Н/т;
 $i_{\text{р}j}$ — руководящий уклон, ‰;
 T — продолжительность рабочей смены, мин;
 $t_{\text{пз}}$ — подготовительно-заключительное время, мин;
 $K_{\text{в}}$ — коэффициент использования рабочего времени;
 $v_{\text{ср}j}$ — средняя скорость движения автопоезда, м/с;
 $l_{\text{ср}}$ — среднее расстояние вывозки древесины, км;
 $|\Sigma t|_j$ — время простоев автопоезда в течение рейса, мин;
 γ_0 — объемная масса древесины, т/м³.

Удельные капиталовложения

$$k_j = \frac{c_{\text{м}j}L_{\text{м}} + c_{\text{в}j}L_{\text{в}} + c_{\text{у}j}L_{\text{у}} + S_{\text{а}j}N_{\text{а}j} + S_{\text{пр}j}N_{\text{пр}j}}{Q_{\text{г}}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{а}j}$ — стоимость лесовозного автомобиля, р.;
 $N_{\text{а}j}, N_{\text{пр}j}$ — списочное число автомобилей и прицепного состава, необходимое для выполнения годового грузооборота дороги;
 $S_{\text{пр}j}$ — стоимость единицы прицепного состава, р.

Списочное число автомобилей

$$N_{aj} = \frac{Q_r K_n}{A_j Z_j \mu_{тр}} \left(\frac{1}{\mu_{тр}} + \delta \right), \quad (8)$$

где K_n — коэффициент неравномерности вывозки;
 A_j — число рабочих дней в году;
 Z_j — число рабочих смен в сутках;
 $\mu_{тр}$ — коэффициент технической готовности автопарка;
 δ — коэффициент, учитывающий резервные автомобили.

Подставив в формулу (1) значения c и k , приравняв $N_{пр} = nN_a$ (где n — число единиц прицепного состава на один автомобиль), выполнив соответствующие преобразования и введя ограничения, получим математическую модель для выбора оптимального автопоезда в развернутом виде:

$$R_j = \frac{(E + 0,01 p K_{пр} K_p)(c_{mj} L_m + c_{vj} L_v + c_{yj} L_y) + K_{пр} K_p (B_{mj} L_{мэ} + B_{vj} L_v + B_{yj} L_y)}{Q_r} +$$

$$+ \frac{(33,3 l_{ср} + v_{срj} | \Sigma t | j)(\omega_j + g_{ipj}) \gamma_0}{[F_{kj} - (P_{aj} + P_{прj})(\omega_j + g_{ipj})](T - t_{пз}) K_v v_{срj}} \left[D_j K_{пр} K_p + \right.$$

$$\left. + \frac{EK_n (1 + \mu_{тр} \delta)(S_{aj} + n S_{прj})}{A_j Z_j \mu_{тр}} \right];$$

$$F_{kj} \leq 10^4 P_{сц\varphi};$$

$$\frac{F_{kj} - (P_{aj} + P_{прj})(\omega_j + g_{ipj})}{\omega_j + g_{ipj}} \leq q_{aj} + q_{прj};$$

$$k_j = \frac{c_{mj} L_m + c_{vj} L_v + c_{yj} L_y + S_{aj} N_{aj} + S_{прj} N_{прj}}{Q_r} \leq K_{норм};$$

$$G_j = 0,01 \left[\frac{2H_j l_{ср} (1 + | \Sigma k | j)(\omega_j + g_{ipj})}{F_{kj} - (P_{aj} + P_{прj})(\omega_j + g_{ipj})} + H_{wj} \right] \gamma \gamma_0 = G_{норм};$$

$$T_j = \frac{(33,3 l_{ср} + v_{срj} | \Sigma t | j)(\omega_j + g_{ipj}) \gamma_0}{[F_{kj} - (P_{aj} + P_{прj})(\omega_j + g_{ipj})](T - t_{пз}) K_v v_{срj}} \leq T_{норм};$$

$$M_j = \frac{K_n \gamma_0 (33,3 l_{ср} + v_{срj} | \Sigma t | j)(1 + \mu_{тр} \delta)(P_{aj} + P_{прj})(\omega_j + g_{ipj})}{A_j Z_j K_v v_{срj} [F_{kj} - (P_{aj} + P_{прj})(\omega_j + g_{ipj})](T - t_{пз})} \leq M_{норм};$$

где $P_{сцj}$ — сцепная масса автомобиля, т;
 φ — коэффициент сцепления колес с дорогой;
 $q_{aj}, q_{прj}$ — грузоподъемность автомобиля и прицепного состава, т;
 H_j — линейная норма расхода топлива на 100 км пробега лесовозного автопоезда, м;
 $| \Sigma k | j$ — алгебраическая сумма предусмотренных нормами надбавок и снижений на особые условия работы автомобилей;
 H_{wj} — норма расхода топлива на каждые 100 т · км грузовой работы, м;
 γ — удельная масса топлива, кг/л.

Под индексом j следует понимать переменные величины, относящиеся к определенным типам автопоездов на базе автомобилей ЗИЛ, МАЗ, КрАЗ и др.

При выборе оптимального автопоезда могут быть использованы ЭВМ. Для решения задачи в этом случае необходимо по математиче-

ской модели составить алгоритм и программу и найти экстремальное значение целевой функции с учетом заданных ограничений.

Поступила 24 ноября 1989 г.

УДК 625.143.482

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЛЬСОВУЮ ПЛЕТЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЕЕ В КРИВЫХ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Сварной рельсовый путь имеет ряд существенных преимуществ по сравнению со звеньевым. К ним относятся повышение стабильности верхнего строения пути и скорости движения поездов, снижение расстройств пути и затрат на его содержание.

При сварке 8-метровых рельсов в длинную плетью в стационарных условиях (например на нижнем складе) ее надо доставить на место укладки. Для этого необходим специальный подвижной состав, оборудованный устройствами для фиксации плетей на платформах (сцепках). При движении такого состава в кривых и связанном с ним изгибе плетей возникают поперечные силы, действующие на платформы и рельсы. Они могут привести к опрокидыванию платформ или сходу колес с рельсов. Оценка уровня таких сил (в зависимости от радиуса кривой, длины плетей, жесткости рельсов на изгиб и других факторов) — важное условие безопасной транспортировки длинных рельсовых плетей в кривых.

При обосновании условий безопасной транспортировки сварных плетей в кривых надо решить две задачи:

определить значения поперечных сил, возникающих при изгибе плетей и воспринимаемых подвижным составом;

исследовать поперечную устойчивость платформ против опрокидывания или схода их с рельсов.

В данной статье рассмотрена первая задача. Методику ее решения изложим на примере плети, имеющей три точки закрепления (рис. 1, а), а затем распространим на общий случай.

Рельсовая плетью длиной $l = 2s_0$ представляет собой балку постоянного сечения, жесткость которой на изгиб в горизонтальной плоскости EI . При изгибе плети те ее сечения, которые закреплены на платформах, лежат на круговой кривой радиуса ρ , остальные могут смещаться от оси кривой внутрь или наружу колеи. В точках закрепления на плетью при ее изгибе действуют силы R , направленные по радиусу кривой.

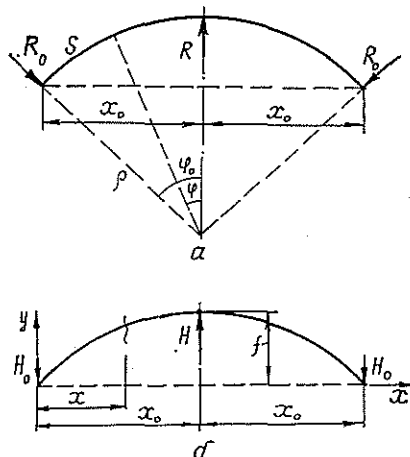


Рис. 1. Расчетные схемы для плети с тремя точками закрепления: а — точная; б — приближенная

Для составления дифференциального уравнения плети используем зависимости*

$$\frac{dM}{ds} = Q; \quad (1)$$

$$\frac{dN}{ds} = -\frac{1}{\rho} Q; \quad (2)$$

$$\frac{dQ}{ds} = -q + \frac{1}{\rho} N; \quad (3)$$

$$M = EI/\rho,$$

где M , Q , N — изгибающий момент, поперечная и осевая силы;
 q — интенсивность распределения нагрузки;
 s — дуговая координата.

Полагая, что узлы крепления плети к платформам допускают ее продольное смещение, т. е. $N = 0$, и выражая $1/\rho = \frac{d\varphi}{ds} = \varphi'$, для схемы на рис. 1, а получим:

$$EI\varphi'' = -Q = -R_0 \cos(\varphi_0 - \varphi), \quad (4)$$

где φ — угол наклона касательной к оси плети (φ_0 — начальный угол на левой опоре).

Первый интеграл уравнения (4)

$$EI \frac{\varphi'^2}{2} = R_0 \sin(\varphi_0 - \varphi) + C_1$$

Из условия закрепления концов плети (при $\varphi = \varphi_0$ имеем $\varphi' = 0$) находим $C_1 = 0$, следовательно:

$$EI \frac{\varphi'^2}{2} = R_0 \sin(\varphi_0 - \varphi). \quad (5)$$

Разделим переменные

$$\frac{d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2R_0}{EI}} ds \quad (6)$$

и проинтегрируем это уравнение двумя способами.

Непосредственное интегрирование (6) при $0 \leq \varphi \leq \varphi_0$ и $0 \leq s \leq s_0$ дает

$$\int_0^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2R_0}{EI}} s_0,$$

отсюда

$$R_0 = \frac{J_1^2 EI}{2s_0^2}, \quad (7)$$

где

$$J_1 = \int_0^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}}.$$

Хотя уравнение (7) формально выражает силу R_0 , однако оно не позволяет найти ее, так как содержит еще одну неизвестную вели-

* Коллатц Л. Задачи на собственные значения.— М.: Наука. 1968.— 504 с.

чину, а именно угол φ_0 . Он не равен углу α_0 наклона касательной к оси круговой кривой, так как изогнутая ось плети не совпадает полностью с осью круговой кривой.

Для составления второго уравнения проинтегрируем выражение (6) другим способом.

Представим

$$ds = ds \frac{dy}{dy} = \frac{dy}{\sin \varphi},$$

тогда уравнение (6) примет вид:

$$\frac{\sin \varphi d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2R_0}{EI}} dy.$$

Отсюда для $0 \leq \varphi \leq \varphi_0$ и $0 \leq y \leq f$ получим

$$\int_0^{\varphi_0} \frac{\sin \varphi d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2R_0}{EI}} f,$$

или

$$R_0 = \frac{J_2^2 EI}{2f^2}, \tag{8}$$

где $J_2 = \int_0^{\varphi_0} \frac{\sin \varphi d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}};$

f — стрела прогиба круговой кривой,

$$f = \rho (1 - \cos \alpha_0);$$

$$\alpha_0 = s_0/\rho$$

Уравнения (7) и (8) образуют систему, решая которую можно определить R_0 и φ_0 . Их значения для некоторых частных случаев приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип рельса	Радиус кривой, м	Значения φ_0 , рад, и R_0 , Н, при длине плети l , см					
		2 400		4 800		9 600	
		φ_0	R_0	φ_0	R_0	φ_0	R_0
Р24	100	0,0886	198,14	0,1800	100,60	0,3610	49,90
	200	0,0422	94,78	0,0886	49,53	0,1800	25,15
	400	0,0189	42,71	0,0422	23,70	0,0886	12,38
Р33	100	0,0886	517,64	0,1810	262,81	0,3610	130,38
	200	0,0422	247,61	0,0886	129,40	0,1810	65,70
	400	0,0189	121,58	0,0422	61,92	0,0886	32,34

Данные табл. 1 показывают:

а) сила R_0 изменяется прямо пропорционально отношению моментов инерций сечений плети в горизонтальной плоскости

$$R_{033} = R_{024} \frac{I_{33}}{I_{24}} = 2,6125 R_{024};$$

б) угол φ_0 зависит только от длины плети и радиуса кривой, но не зависит от момента инерции поперечного сечения рельса, т. е. одинаков, при прочих равных условиях, для рельсов всех типов;

в) сила R_0 изменяется обратно пропорционально радиусу кривой и длине плети;

г) для рельсов Р24 и Р33, применяемых на лесовозных УЖД, сила R_0 невелика и не угрожает безопасности движения поездов.

Смещение изогнутой оси плети в незакрепленных точках от оси круговой кривой Δy можно найти как разность ординат круговой кривой

$$y_p = \sqrt{\rho^2 - (x_0 - x)^2} - \sqrt{\rho^2 - x_0^2} \quad (9a)$$

и изогнутой оси

$$y = \frac{s_0}{J_1} \int_{\varphi}^{\varphi_0} \frac{\sin \varphi d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}}, \quad (9б)$$

т. е. $\Delta y = y_p - y$.

Здесь x_0 — половина длины хорды,

$$x_0 = \sqrt{\rho^2 - (\rho - f)^2};$$

x — текущая абсцисса сечения,

$$x = \frac{s_0}{J_1} \int_{\varphi}^{\varphi_0} \frac{\cos \varphi d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}}.$$

Максимальные значения Δy , вычисленные для приведенных исходных данных, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Длина плети, м	24			48			96		
Радиус кривой, м	100	200	400	100	200	400	100	200	400
Значения Δy , см	4,76	1,68	0,29	18,78	9,53	2,58	83,44	42,43	19,05

Следовательно, для плетей большой длины и небольших радиусов закругления перемещение незакрепленных сечений достаточно велико. Это создает большие неудобства при транспортировке плетей и для ряда значений l и ρ недопустимо.

При l больше 48 м число точек закрепления плети на платформах должно быть больше трех. Это обеспечит плавный изгиб плети в кривых. Для существенного уменьшения поперечных смещений сечений необходимо закрепление плети на всех платформах.

С увеличением числа точек закрепления плети решение задачи существенно усложняется. Так, для пяти точек (рис. 2) расчетная система уравнений, полученная по приведенной выше методике, имеет вид:

на участке $\varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_0$

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2R_0}{EI}} s_1;$$

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_0} \frac{\sin \varphi d\varphi}{\sqrt{\sin(\varphi_0 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2R_0}{EI}} f_1,$$

Рис. 2. Расчетная схема для плети с пятью точками закрепления

на участке $0 \leq \varphi \leq \varphi_1$

$$\int_0^{\varphi_1} \frac{d\varphi}{\sqrt{R_0 \sin(\varphi_0 - \varphi) - R_1 \sin(\varphi_1 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2}{EI}} (s_0 - s_1);$$

$$\int_0^{\varphi_1} \frac{\sin \varphi d\varphi}{\sqrt{R_0 \sin(\varphi_0 - \varphi) - R_1 \sin(\varphi_1 - \varphi)}} = \sqrt{\frac{2}{EI}} (f_0 - f_1).$$

Эта система уравнений содержит четыре неизвестных: R_1 , R_0 , φ_1 , φ_0 и может быть решена методом итераций.

Еще больше усложняется решение при семи, девяти и более точках закрепления. Рассмотрим поэтому приближенную методику, основанную на применении линейного дифференциального уравнения

$$EIy'' = M. \tag{10}$$

Согласно схеме, приведенной на рис. 1, б, имеем для трех точек закрепления:

$$EIy'' = -H_0x. \tag{11}$$

Решая уравнение (11) при $y(0) = 0$, $\varphi'(x_0) = 0$, получим:

$$y = \frac{H_0}{6EI} x_0^3 (3u - u^3), \tag{12}$$

где $u = x/x_0$.

Для определения силы H_0 (эквивалентной R_0) используем условие $y(x_0) = f$.

Выражая y_ρ приближенной зависимостью

$$y_\rho = \frac{x_0}{\rho} x - \frac{x^2}{2\rho},$$

получим:

$$f = \frac{x_0^2}{2\rho}. \tag{13}$$

Решая совместно (12) и (13), находим:

$$H_0 = 1,5EI/x_0\rho. \tag{14}$$

Максимальное перемещение незакрепленного сечения в данном случае определяем по формуле

$$\Delta y_{max} = x_0^2/27\rho. \tag{15}$$

Значения H_0 и Δy_{max} , вычисленные для рассмотренного выше примера, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Тип рельса	Радиус кривой, м	Значения H_0 , H , и Δy_{max} , см, при длине плетти l , см					
		2 400		4 800		9 600	
		H_0	Δy_{max}	H_0	Δy_{max}	H_0	Δy_{max}
P24	100	200	5,33	100	21,33	50	85,3
	200	100	2,66	50	10,66	25	42,6
	400	50	1,33	25	5,33	12,5	21,3
P33	100	522,5	5,33	261,2	21,33	130,6	85,3
	200	261,25	2,66	130,6	10,66	65,3	42,6
	400	130,6	1,33	65,3	5,33	32,6	21,3

Сравнивая данные табл. 1, 2 и 3, можно сделать вывод, что результаты расчета как сил, так и перемещений с применением дифферен-

циальных уравнений (1) и (10) близки друг к другу. Таким образом, при большом числе точек закрепления плети предпочтительно использовать для определения поперечных сил дифференциальное уравнение (10), так как в этом случае решение менее трудоемко и имеет достаточно хорошую точность.

Поступила 10 ноября 1989 г.

УДК 539.38 : 629.114.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ ПАКЕТА ХЛЫСТОВ ПРИ ИЗГИБЕ И КРУЧЕНИИ

Н. И. БИБЛЮК, А. А. БОЙКО

Львовский лесотехнический институт

Статические и динамические исследования связанной системы: пакет хлыстов — транспортное средство требуют предварительного определения момента инерции поперечного сечения пакета хлыстов. Момент инерции реального пакета существенно отличается от момента инерции, определенного как для составной балки сплошного сечения с жесткими связями ее частей, так и для балки при отсутствии связей и трения между ее элементами. Учитывая это, Б. Г. Гастев ввел понятие коэффициента жесткости, позволяющего выразить действительный момент инерции поперечного сечения пакета хлыстов через момент инерции габаритного сечения пакета с жесткими связями между хлыстами [2]. Исследования З. С. Цофина [6] подтвердили выводы Б. Г. Гастева о существовании связи между числом вертикальных рядов и коэффициентом жесткости и показали, что последний мало зависит от таксационных, климатических и технологических факторов. З. С. Цофин предложил зависимость, позволяющую определять действительный момент инерции пакета хлыстов через сумму моментов инерции сечений отдельных хлыстов и коэффициент пропорциональности, равный 1,29...1,36.

Б. Г. Гастев установил коэффициент жесткости как отношение максимального прогиба монолитного пакета хлыстов, вычисленного аналитически, и прогиба пакета таких же габаритных размеров, полученного экспериментально. Прогиб измеряли посередине пролета для пакета постоянного сечения из хлыстов, уложенных комлями в разные стороны. В дальнейшем З. С. Цофин [6], Г. Ф. Храмцов [5] определили коэффициент жесткости пакета хлыстов, уложенных комлями в одну сторону.

Во всех известных нам исследованиях коэффициент жесткости при изгибе рассматривался неизменным по длине пакета, что правильно только для пакетов древесины постоянного сечения и имеющих незначительную длину консолей. Исследования коэффициента жесткости пакета хлыстов при кручении не проводились.

В основу предлагаемого метода определения коэффициентов жесткости пакета положено представление о пакете хлыстов как о брусе переменного поперечного сечения, для которого уравнения упругих перемещений по длине можно представить в виде:

при изгибе

$$d^2z/dx^2 = M(x)/[E(x)I_{II}(x)\psi(x)]; \quad (1)$$

при кручении

$$d\beta/dx = M_k/[G(x)I_{PII}(x)\psi_k(x)], \quad (2)$$

где z, β — линейные и угловые перемещения сечений пакета при изгибе и кручении;
 $M(x), M_k$ — изгибающий и крутящий момент в сечении с абсциссой x ;
 $E(x), G(x)$ — модули упругости при изгибе и кручении для сечения с абсциссой x ;

$$I_{II}(x) = \sum_{i=1}^m I_i(x); \quad I_{PI}(x) = \sum_{i=1}^m I_{Pi}(x);$$

$I_i(x), I_{Pi}(x)$ — осевой и полярный моменты инерции i -го хлыста на расстоянии x от концевого сечения;
 m — число хлыстов в пакете;
 $\psi(x), \psi_k(x)$ — коэффициенты жесткости при изгибе и кручении, переменные по длине пакета.

Здесь под коэффициентом жесткости подразумевается отношение действительного момента инерции поперечного сечения к сумме моментов инерции отдельных хлыстов, составляющих пакет.

Заменив по методу [1, 3] уравнения (1) и (2) их конечно-разностными аналогами, приняв, что $M, M_k, E, G, I_{II}, \psi, \psi_k$ постоянны на участке пакета длиной $2\Delta x$, и выполнив некоторые преобразования, получим выражения для определения коэффициентов жесткости j -го элемента пакета хлыстов:

при изгибе

$$\psi_j = \frac{M_j \Delta x^2}{(\delta_{j-1} + \delta_{j+1}) E_j I_{PIj}}; \quad (3)$$

при кручении

$$\psi_{kj} = \frac{M_k \Delta x}{3(\beta_{j-1} + \beta_{j+1})} \left(\frac{1}{I_{PI(j-1)}} + \frac{4}{I_{PIj}} + \frac{1}{I_{PI(j+1)}} \right), \quad (4)$$

где $j-1, j, j+1$ — переменные индексы, показывающие, что параметр установлен для сечений, расположенных, соответственно, в начале, середине и конце j -го элемента пакета;

$\delta_{j-1}, \delta_{j+1}$ — линейные смещения крайних сечений элемента пакета относительно его среднего сечения;

β_{j-1}, β_{j+1} — угловые перемещения крайних сечений элемента.

Определение коэффициентов жесткости ψ_j и ψ_{kj} пакета хлыстов с использованием зависимостей (3) и (4) сводится, при известных по длине пакета E, G, I_{II}, I_{PI} , к нахождению линейных и угловых смещений крайних сечений элемента пакета длиной $2\Delta x$ при заданной величине, соответственно, изгибающего и крутящего моментов.

Кривизну упругой линии оси пакета, определяемую суммой относительных смещений δ_{j-1} и δ_{j+1} , рассчитывают как среднее арифметическое измеренных значений кривизны упругой линии двух хлыстов, расположенных посередине высоты пакета в крайних левом и правом рядах. Угловые смещения сечений пакета устанавливают по угловым перемещениям сечений хлыста, расположенного посередине нижнего ряда.

Для проведения исследований нами изготовлена специальная эстакада с массивными подвижной и неподвижной опорами. Конструкция узлов крепления коников на опорах обеспечивает свободный их поворот в горизонтальной плоскости. В поперечной вертикальной плоскости коники установлены неподвижно, но коник промежуточной опоры

можно расстопорить, что допускает его свободные угловые перемещения относительно оси крена. Такое закрепление коников обеспечивает соответствие экспериментальной установки принятым расчетным схемам загрузки пакета хлыстов.

Изгиб или закручивание пакета хлыстов осуществляли нагрузочным приспособлением, состоящим из лебедки, системы полиспастов, блоков и канатов. Прикладываемое усилие регистрировали динамометром растяжения. Кривизну упругой линии изгиба оси пакета хлыстов и угловые смещения его поперечных сечений при кручении измеряли с помощью специальной рейки [3] и угломера [1].

Исследования выполнены для пакета хлыстов длиной 24...26 м и диаметром на высоте груди 0,24...0,32 м. Хлысты срублены в еловом насаждении Ia класса бонитета и III класса возраста.

При исследовании влияния числа вертикальных рядов в пакете и расстояния между кониками на коэффициент жесткости указанные факторы варьировали в соответствии с матрицей В-плана [4] двухфакторного эксперимента. В качестве отклика принято среднее арифметическое значений коэффициентов жесткости, рассчитанных по формулам (3) и (4) для k участков пакета хлыстов.

В результате обработки результатов измерений получены уравнения регрессии:

при изгибе

$$\psi_{cp} = 1,907 - 0,2108R + 0,1932n + 0,00625R^2 - 0,0573n^2 + 0,003388Rn; \quad (5)$$

при кручении

$$\psi_{кр} = 0,878 + 0,277n - 0,0017R - 0,0033Rn, \quad (6)$$

где n — число вертикальных рядов в пакете;

R — расстояние от комлевого сечения до промежуточной опоры, м.

Анализ уравнений (5) и (6) показывает, что в принятых диапазонах варьирования факторов $n = 2...4$, $R = 11...15$ м коэффициенты жесткости пакета существенно зависят от них: увеличиваются при возрастании числа вертикальных рядов n и уменьшаются с увеличением расстояния между кониками ($R \rightarrow 1,0$). Степень влияния факторов на коэффициенты жесткости при изгибе и кручении различна.

Изменение коэффициентов жесткости по длине пакета хлыстов показано на рисунке. Как видно из кривых, значения коэффициентов существенно изменяются по длине пакета, возрастая до максимума над промежуточной опорой и уменьшаясь до минимума в вершинной части.

Представленные на рисунке кривые, с учетом зависимостей (5) и (6), аппроксимированы выражениями:

при изгибе

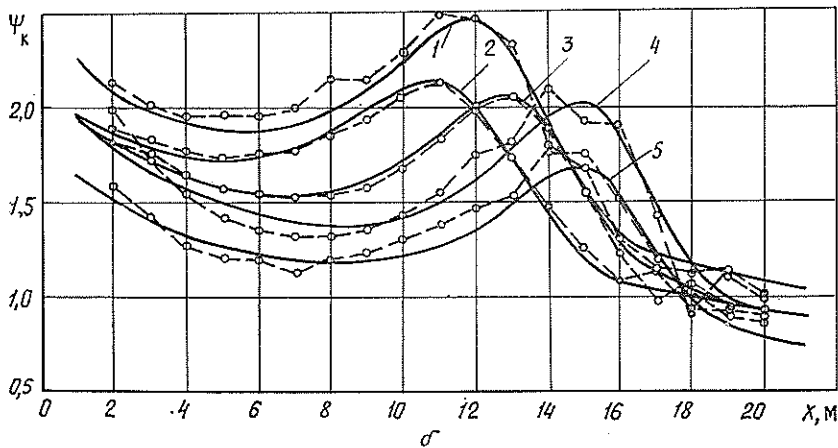
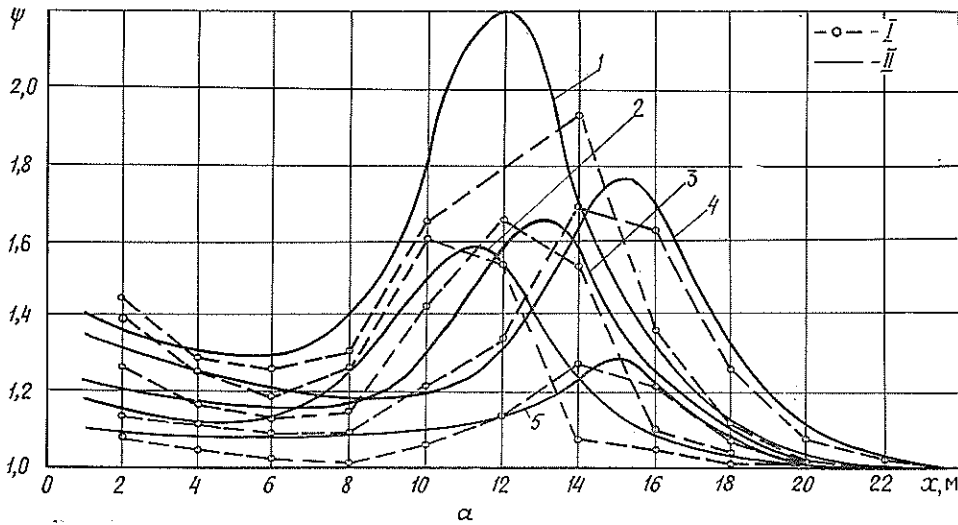
$$\psi(x) = 1 + (\psi_{cp} - 1)[1 - x/L + (5,75 - 0,17R - 0,3n) \times \exp[-0,122(x - R)^2]]; \quad (7)$$

при кручении

$$\psi_k(x) = \psi_{кр} \{1 - 0,5x/L + (0,5 - 0,00273n + 0,104R/L + 0,076Rn/L) \exp[(0,0038R/L - 0,0034)(R - x)^2] \times \times (x^2(1 - C/R) + (x - 1)L/R)\}, \quad (8)$$

где x — расстояние от комлевого сечения до расчетного, м;

L — длина пакета хлыстов, м;



Изменение коэффициента жесткости по длине пакета хлыстов: а — при изгибе; б — при кручении; I — усредненные экспериментальные кривые; II — аппроксимирующие кривые; 1 — число вертикальных рядов $n = 4$; расстояние между опорами $l_0 = 11$ м; 2 — $n = 3$; $l_0 = 10$ м; 3 — $n = 3$; $l_0 = 12$ м; 4 — $n = 3$; $l_0 = 14$ м; 5 — $n = 2$; $l_0 = 14$ м

C — расстояние от комлевого сечения до центра тяжести пакета, м.

Средняя (максимальная) относительная ошибка аппроксимации экспериментальных кривых формулами (7) и (8) составляет, соответственно, 3 (13) и 5 (18) %.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бойко А. А., Библюк Н. И., Мирецкий И. Л. Определение модуля упругости древесины хлыстов при кручении // Лесн. журн.— 1981.— № 5.— С. 59—63.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики подвижного состава.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— 220 с. [3]. Определение модуля упругости при изгибе хлыстов без нарушения их целостности / Н. И. Библюк, В. Н. Витвицкий, А. А. Бойко и др. // Лесн. журн.— 1981.— № 6.— С. 45—50.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Исследование процессов деревообработки.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 232 с. [5]. Храмцов Г. Ф. Исследование силового взаимодействия системы «пакет хлы-

тов—двухзвенный автопоезд — дорога»: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1973.— 20 с. [6]. Цофин З. С. Исследование геометрических и статических характеристик пакетов хлыстов // Вопросы лесотранспорта: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1963.— Вып. 42.— С. 67—84.

Поступила 15 мая 1989 г.

УДК 630*377

О НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Б. А. ИЛЬИН

Ленинградская лесотехническая академия

В ЦНИИМЭ в последние годы ведется работа по созданию перспективных лесовозных автопоездов и испытанию их опытных образцов. Результаты этой работы обобщены в «Типаже специализированных транспортных средств для лесозаготовительной промышленности до 2000 года», который, после утверждения Минлеспромом СССР, будет основным документом, определяющим развитие автомобильного лесотранспорта в перспективном периоде.

Хотя «Типаж» подготовлен без указаний конкретных марок автомобилей, однако достаточно подробные их технические характеристики и схемы (рис. 1), а также обоснования и данные, приведенные в работе [2], позволяют без труда установить, о каких автомобилях и прицепном составе идет речь.

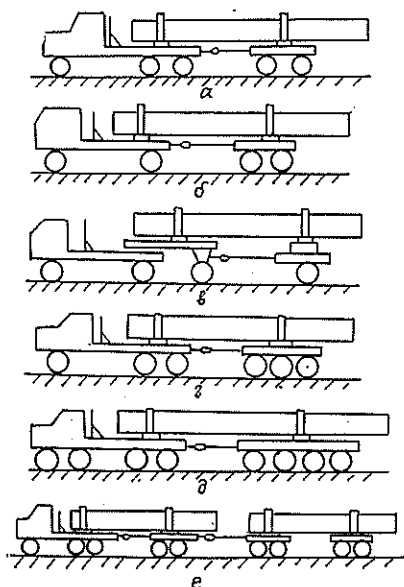


Рис. 1. Схемы основных видов лесовозных автопоездов, предложенных ЦНИИМЭ до 2000 г.

Недавно ученые ЛТА имели возможность ознакомиться с «Типажом» и его обоснованием. Оценка представленных материалов оказалась неоднозначной. Ряд предложенных ЦНИИМЭ представляется весьма спорным. В связи с этим необходимо, чтобы документ, во многом определяющий успех работы предприятий отрасли в ближайшие годы, был вынесен на широкое обсуждение в печати до его утверждения.

Гласность в данном случае весьма уместна и позволит избежать ошибок, допущенных Минлеспромом СССР в прошлом, например с широким внедрением на лесозаготовках лесовозных автопоездов типов МАЗ-501 (509) или КраЗ-255Л, имеющих крупные и общепризнанные недостатки. Решение по этому вопросу тогда принималось в «кабинетном» порядке.

Согласно «Типажу», на лесовозных дорогах отрасли к 2000 г. бу-

дут работать десять типов автопоездов для вывозки хлыстов (дереьев), четыре типа — для сортиментов и три — для технологической щепы.

Автопоезда для вывозки хлыстов разделяются на легкие, средние, тяжелые и сверхтяжелые. Легкие представлены автопоездом в одном варианте (рис. 1, а), на базе односкатного автомобиля высокой проходимости «Урал-43204», по осевой нагрузке относящегося к группе Б (55...60 кН). Остальные типы лесовозных поездов предусмотрены на базе автомобилей группы А с нагрузкой на ось 90...100 кН.

Средние по грузоподъемности представлены автопоездами на базе МАЗ-5434 в двух вариантах: с двухосным роспуском и с седельным полуприцепом (рис. 1, б) и одноосным роспуском (рис. 1, в). Тяжелые представлены автопоездами четырех типов: два — на базе односкатного, высокой проходимости автомобиля КраЗ-260ЛС с двух- или трехосным роспуском и два — на базе автомобиля КраЗ-6437, имеющего обычные тороидные шины с двухрядным расположением на грузонесущих осях с теми же прицепами-роспусками (рис. 1, а и г). Сверхтяжелые представлены автопоездами трех типов, на базе новых автомобилей с двигателями мощностью от 368 до 540 кВт, в том числе два типа на базе четырехосных машин (8×8) высокой проходимости (односкатные колеса с широкопрофильными шинами) и один — на базе трехосного автомобиля с тороидными шинами. Прицепной состав: четырехосный роспуск (рис. 1, д) или три двухосных роспуска (рис. 1, е).

Для вывозки сортиментов ЦНИИМЭ предлагает использовать два типа поездов на базе КраЗ-258Б1 (6×4), седельный тягач с двух- или трехосным полуприцепом, шины тороидные и два типа на базе КраЗ-260ЛС с двухосным прицепом или полуприцепом. Автопоезда для перевозки технологической щепы здесь не рассматриваются.

Один из недостатков «Типажа» — большое количество типов и вариантов лесовозных автопоездов и одновременно отсутствие крайне необходимого типа автопоезда на базе автомобилей группы Б ЗИЛ-133ГЯ или КамАЗ-5320 (шины тороидные) с двухосным роспуском, общей грузоподъемностью 16...17 т. В настоящее время основными типами лесозаготовительных предприятий в стране являются комплексные леспромхозы (КЛПХ), образованные слиянием леспромхозов и местных лесхозов в единые предприятия, выполняющие все виды работ по выращиванию лесов, уходу за ними и лесозаготовкам, на базе постоянной дорожной сети.

При создании КЛПХ дорожная сеть предприятий значительно возросла за счет лесохозяйственных дорог, построенных бывшими лесхозами по нормам Союзгипролесхоза для работы автомобилей группы Б при двухрядном расположении тороидных шин. Как правило, эти дороги не пригодны для регулярного движения по ним автомобилей группы А.

В то же время следует подчеркнуть правомерность принятия Союзгипролесхозом расчетной нагрузки автомобилей группы Б в качестве основы при разработке норм проектирования лесохозяйственных дорог, в связи с их небольшим грузооборотом в насаждениях, не достигших спелости. В дальнейшем, при переходе древостоев в категорию спелых, проведении рубок главного пользования и возрастании грузооборота дорог, покрытия на них (как правило, гравийные) могут быть усилены для обеспечения нормальной работы автомобилей группы А. Новые лесные дороги в лесфонде КЛПХ, не достигшем спелости, также необходимо строить в две стадии: сначала для автомобилей группы Б, а потом, при проведении рубок главного пользования, предусматривать увеличение толщины покрытия.

Таким образом, на каждом КЛПХ с годовым объемом лесозаготовок более 150 тыс. м³ (ориентировочно) необходимо наличие двух типов лесовозного подвижного состава с осевой нагрузкой 55...60 (группа Б) и 90...100 кН (группа А).

Следующим недостатком «Типажа», на наш взгляд, является планируемое ЦНИИМЭ на ближайшие 10 лет продолжение практики широкого использования на вывозке лесного сырья автомобилями высокой проходимости типов «Урал-43204», КрАЗ-260ЛС и новых автомобилей для сверхтяжелых автопоездов с односкатными колесами на всех осях.

В работе [2, с. 65] справедливо отмечается, что «применение автопоездов с двухскатными колесами на лесовозных дорогах с гравийным покрытием предпочтительнее, по сравнению с односкатными». Ниже здесь же говорится, что «результаты проведенных испытаний подтвердили необходимость снижения грузоподъемности у автопоездов КрАЗ-260ЛС + ГКБ-93852 и МАЗ-5434 + ГКБ-9362 для снижения степени их воздействия на лесовозные дороги». Сказано, что односкатные КрАЗы «неудовлетворительно воздействуют на лесовозные дороги» [2, с. 69].

Однако, несмотря на это, в тринадцатой и четырнадцатой пятилетках предусматривается широкое использование КрАЗ-260ЛС на вывозке, и ЦНИИМЭ упорно добивается организации серийного выпуска этих машин заводом-изготовителем. Их предполагается использовать на «неустроенных» дорогах (т. е. не имеющих покрытия). Нет сомнений, что при работе КрАЗ-260ЛС такие дороги будут быстро разрушаться, появятся глубокие колеи, скорость движения будет в 2 с лишним раза ниже, чем на дорогах с покрытием, а расход топлива и себестоимость вывозки сильно возрастут.

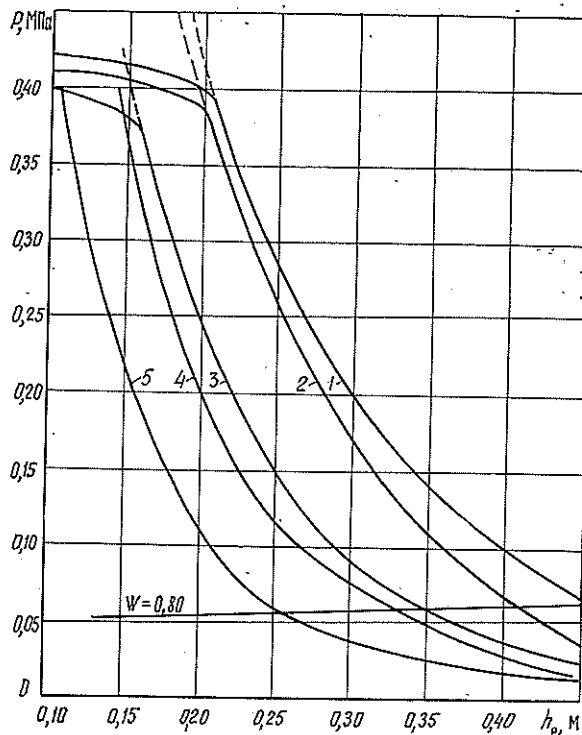
Массовая поставка лесовозных автопоездов на базе КрАЗ-255Л и утверждения их создателей о возможности использования поездов на неустроенных дорогах привели к тому, что многие руководители ЛПХ, поверив этой рекомендации, перестали строить дороги с покрытием и до сих пор мучаются над решением проблемы бездорожья. Теперь вместо КрАЗ-255Л планируется выпуск в целом однотипных КрАЗ-260ЛС, у которых осевая нагрузка выше, а следовательно, и воздействие на дорогу разрушительнее.

Это хорошо видно на рис. 2, на котором представлена зависимость нормальных напряжений сжатия грунта на поверхности раздела земляное полотно — покрытие (из гравийного материала, грунт суглинистый), под колесами различных типов лесовозных автомобилей, определенная по методике, изложенной в [1]. Например, под слоем покрытия толщиной 0,3 м напряжения сжатия составят: под колесом КрАЗ-260ЛС — 0,2 МПа, КрАЗ-255Л — 0,17 МПа, «Урал-43204» — 0,09 МПа, для двухскатных колес с тороидными шинами у КрАЗ-6437 (или КрАЗ-257В1) — 0,045, у ЗИЛ-133ГЯ (КамАЗ-5320) — 0,025 МПа.

Используя указанную методику расчета толщины покрытий из гравия [1], можно, например, для расчетной влажности $W = 0,80$ (грунт — суглинок) определить, что для перечисленных выше автомобилей необходимая толщина покрытия (без учета запаса на износ) равна, соответственно, 0,45; 0,41; 0,35 и 0,335; 0,25 м. Эти цифры убедительно говорят о нецелесообразности использования на лесовозных дорогах односкатных автомобилей.

Общезвестно, что односкатные автомобили высокой проходимости предназначены для работы на целине, в условиях бездорожья (в сельском хозяйстве, на строительстве линейных сооружений, в воинских частях и т. п.). Однако для лесозаготовительной промышленности эту истину приходится доказывать. В качестве первого шага в улучшении парка лесовозных автомобилей необходимо вместо КрАЗ-260ЛС предусмотреть поставку на предприятия европейской части СССР серийно выпускаемых автомобилей КрАЗ-257В1 или их аналогов с колесной формулой (4 × 6).

Рис. 2. График зависимости напряжений сжатия на поверхности раздела покрытие — земляное полотно (p) от толщины гравийного покрытия (h_p) под нагрузкой от односкатных и двухскатных грузонесущих колес для основных типов лесовозных автомобилей: 1 — КрАЗ-260ЛС; 2 — КрАЗ-255Л; 3 — «Урал-43204»; 4 — КрАЗ-6437 (или КрАЗ-257В1); 5 — ЗИЛ-133ГЯ (или КамАЗ-5320). Линия W характеризует зависимость допускаемого давления на грунт (в данном случае глинистый) от влажности и толщины покрытия. Точки ее пересечения с кривыми 1—5 определяют необходимую толщину покрытия (без запаса на износ)



Наряду с этим, в «Типаже» следует оставить и поезда на базе КрАЗ-6437 с двухскатными колесами, которые целесообразно использовать на пересеченной и в горной местности, на дорогах с подъемами 60 ‰ и более.

Указанное в [2] назначение автопоезда на базе «Урал-43204» для вывозки древесины, заготавливаемой при рубках ухода в насаждениях, не достигших спелости, необоснованно и неправильно, так как приведет к быстрому разрушению лесохозяйственных дорог с легким гравийным покрытием или без него.

Эти поезда могут найти ограниченное применение на дорогах с покрытием, запроектированным под нагрузку от автомобилей группы А для вывозки древесины из недорубов, мелких лесосек, куда невыгодно прокладывать ветки с покрытием, и в других случаях. Общеизвестно, что если на усах проезжая часть укреплена или имеет сборно-разборное покрытие из щитов, не возникает никаких проблем с использованием автомобилей с двухскатными колесами.

Недостаточно обосновано включение в «Типаж» перспективных поездов на базе двухосных МАЗ-5434, которые по всем экономическим показателям уступают трехосным автомобилям той же группы А.

Целесообразность применения в ближайшие 5...10 лет сверхтяжелых автопоездов с мощными двигателями, «пожирателями» топлива, да еще в односкатном исполнении, более чем сомнительна. На наш взгляд, в «Типаж» до 2000 г. их включать не следует, а ЦНИИМЭ нужно ограничиться в ближайшие годы более глубокой и всесторонней проработкой возможностей их экономического использования.

Недостаточно продуман авторами «Типажа» широкий набор прицепов-роспусков с числом осей от одной до четырех. Использование одноосных роспусков, очевидно, нецелесообразно, так как полезная на-

грузка на поезд при этом снижается, по сравнению с традиционным двухосным, не менее чем на 30 %.

Касаясь целесообразности применения трех- и четырехосных роспусков, следует отметить сложности с полным использованием их грузоподъемности, при соблюдении требования, чтобы свисающая сзади роспуска вершинная часть пакета хлыстов имела длину не более 8 м (иначе концы вершин будут разрушать покрытие). Эту консоль можно уменьшить погрузкой хлыстов вразнокомелицу, что значительно усложнит работу нижнего склада. Кроме того, наличие в составе поезда большого числа сближенных до предела осей неблагоприятно отразится на прочности дорожной одежды. До включения в «Типаж» многоосных роспусков необходима всесторонняя теоретическая и экспериментальная проверка их пригодности и эффективности.

Выводы

В «Типаже» перспективных лесовозных автопоездов следует, по нашему мнению, сделать следующие основные изменения:

1) включить автопоезда на базе трехосных автомобилей типа ЗИЛ-133ГЯ с двухосным прицепом-роспуском;

2) исключить автопоезда на базе автомобилей группы А с односкатными колесами на всех осях, высокой проходимости, а также на базе МАЗ-5434, которые имеют худшие технико-экономические показатели по сравнению с КрАЗ-6437 и другими трехосными автомобилями с аналогичной осевой нагрузкой;

3) пополнить список автопоездов для вывозки хлыстов поездами на базе КрАЗ-257В1. Этот автомобиль значительно дешевле, чем КрАЗ-6437, и экономичнее в эксплуатации;

4) учесть высказанные выше замечания относительно сверхтяжелых автопоездов и многоосных роспусков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ильин Б. А. Определение толщины покрытий из малопрочных каменных материалов на лесовозных дорогах // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: Межвуз. сб. науч. тр.—Л.: ЛТА, 1988.—С. 100—105. [2]. Немцов В. П., Шестаков Б. А. Техническая эксплуатация автомобильного транспорта на лесозаготовительных предприятиях.—М.: Лесн. пром-сть, 1985.—272 с.

Поступила 16 января 1990 г.

УДК 621.86.063.2.001.24

О НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ВЫГРУЗКИ БРЕВЕН ИЗ ГРЕЙФЕРА

З. Д. ВТЮРИНА

Архангельский лесотехнический институт

Применение грейферных механизмов в лесной и деревообрабатывающей промышленности позволяет полностью исключить ручной труд на захвате и укладке пачки бревен при погрузочно-разгрузочных и штабелевочных работах с круглыми лесоматериалами и подойти к автоматизации этих операций на базе программирования.

С целью выявления резервов более производительного использования грейферов автором исследованы некоторые технологические параметры выгрузки круглых лесоматериалов из радиальных грейферов ВМГ-5 и ЛТ-99 на кранах-лесопогрузчиках башенного типа БКСМ-14ПМ2 и КБ-572: продолжительность разгрузки, величина и коэффициент раскрытия челюстей грейфера.

Эксперименты проводили с шестью типами пачек бревен длиной 6 м наиболее распространенных сортиментов: тонкомерных (балансы, руддолготье), средних (пиловочник) и крупномерных (шпальный кряж). Средний диаметр бревен в пачках составлял 8, 12, 16, 24, 32 и 48 см, с отклонением максимальных и минимальных диаметров от среднего значения не более 20 %. В ступени 8 см, ввиду малых диаметров (7...10 см), допущено отклонение 24 %.

Исследования проводили как на стендовых установках, так и непосредственно на кране-лесопогрузчике БКСМ-14ПМ2 и лесопогрузчике КБ-572 в производственных условиях лесозаготовительных и лесоперевалочных предприятий ТПО Архангельск-леспром.

Изменения исследуемых величин записывали на пленку осциллографа МПО-2 с использованием системы тензодатчиков, усилителя УТЧ-1 и отметчика времени П-104.

Величину раскрытия челюстей грейфера в процессе его разгрузки определяли с помощью датчика, выполненного в виде рейки из текстолита с металлическими рисками, соответствующими градации 5 см (0,05 м). Для визуального наблюдения за раскрытием челюстей служил указатель, установленный на верхней траверсе грейфера и имеющий стрелку, шарнирно соединенную с его нижней траверсой.

Начало и окончание выгрузки бревен фиксировали с помощью специального датчика, закрепленного на челюсти грейфера. Продолжительность выгрузки определяли по осциллограмме.

Величину раскрытия челюстей в моменты начала выгрузки бревен из грейфера (b_n) и ее окончания (b_k) устанавливали по линиям датчиков раскрытия грейфера и выгрузки. Эти значения группировали по средним диаметрам и обрабатывали статистическим методом. Затем строили графики зависимости b_n и b_k от среднего диаметра бревна d_b в вершинном отрезе и подбирали уравнения связи. При анализе вычисляли соответствующий коэффициент раскрытия грейфера K как отношение b/d_b .

В результате обработки экспериментальных данных установлены зависимости продолжительности первого (от начала раскрытия грейфера до начала выгрузки бревен) t_n и второго (от начала выгрузки до полного освобождения грейфера от бревен) t_b периодов, а также общего времени выгрузки t_{nb} от диаметра бревен в вершинном отрезе d_b . Эти зависимости выражаются следующими формулами:

для грейфера ВМГ-5

$$t_{n5} = 0,092d_b; \quad (1)$$

$$t_{b5} = 3,0 - 0,049d_b; \quad (2)$$

$$t_{nb5} = 3,0 + 0,043d_b; \quad (3)$$

для грейфера ЛТ-99

$$t_{n9} = 0,184d_b; \quad (4)$$

$$t_{b9} = 8,1 - 0,132d_b; \quad (5)$$

$$t_{nb9} = 8,1 + 0,052d_b, \text{ с.} \quad (6)$$

В этих и последующих формулах цифры 5 и 9 в индексах означают марку грейфера ВМГ-5 и ЛТ-99 соответственно. Установленные в результате обработки экспериментальных данных зависимости раскрытия челюстей грейфера в момент выпадения первого бревна (b_n) и окончания выгрузки (b_k) от диаметра бревен имеют вид:

для грейфера ВМГ-5

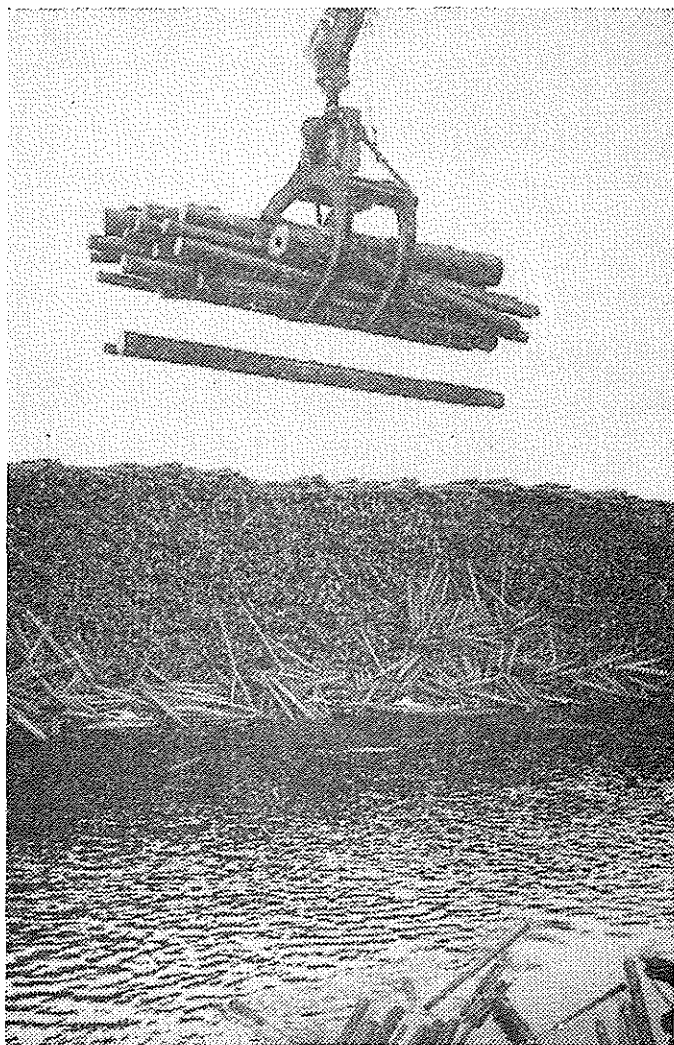
$$b_{n5} = -0,007d_b^2 + 2,007d_b + 7,08; \quad (7)$$

$$b_{k5} = -0,006d_b^2 + 1,060d_b + 67,90; \quad (8)$$

для грейфера ЛТ-99

$$b_{n9} = -0,007d_b^2 + 2,007d_b + 7,06; \quad (9)$$

$$b_{k9} = -0,010d_b^2 + 1,018d_b + 79,86, \text{ м,} \quad (10)$$



Рабочий момент выгрузки бревен из грейфера крана-лесопогрузчика КБ-572 (Заозерный лесопункт Шалакушского леспромхоза)

В результате обработки экспериментальных данных подобраны следующие уравнения связи коэффициентов раскрытия грейфера с диаметром выгружаемых бревен ($K_n = \frac{b_n}{d_b}$; $K_k = \frac{b_k}{d_b}$):
для грейфера ВМГ-5

$$K_{n5} = 3,083d_b^{-0,19}; \quad (11)$$

$$K_{k5} = 45,75d_b^{-0,80}; \quad (12)$$

для грейфера ЛТ-99

$$K_{n9} = 3,083d_b^{-0,19}; \quad (13)$$

$$K_{k9} = 69,83d_b^{-0,89}. \quad (14)$$

Анализ зависимостей (1) — (14) показывает, что b_n и K_n не зависят от марки грейфера. Отклонение подсчитанных по формулам значений от экспериментальных величин не превышает 10 %.

Формулы (1) — (14) могут быть использованы как при проектировании радиальных грейферов, так и в процессе эксплуатации их в производственных условиях на штабелевке, сброске на воду и погрузке круглых лесоматериалов в вагоны МПС.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при обосновании процесса выгрузки бревен из грейфера на «весу» на примере сброски круглых лесоматериалов на воду в сплав с использованием кранов-лесопогрузчиков башенного типа БКСМ-14ПМ2 и КБ-572. В шести ТПО таким способом ежегодно сбрасывают на воду до 1 млн м³ круглых лесоматериалов. Рабочий момент выгрузки бревен из грейфера на «весу» показан на рисунке.

Применение такой технологии по сравнению с опусканием грейфера с пачкой бревен на воду обеспечивает повышение производительности труда на 25 %. Примером использования кранов-лесопогрузчиков башенного типа на выгрузке бревен из грейфера на «весу» может быть приречный склад Заозерного лесопункта Шалакушского леспромхоза производственного объединения Вельсклес. На этом приречном складе четыре крана КБ-572, оснащенные грейфером, ежегодно штабелюют 170 тыс. м³ круглых лесоматериалов и за короткий весенний период этот объем сбрасывают на воду в сплав (по р. Моше) с производительностью до 500 м³ в смену.

Поступила 10 февраля 1989 г.

УДК 630*377.44.001.4/5

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ СИСТЕМЫ

*Г. М. АНИСИМОВ, Д. В. ПАМФИЛОВ, В. Д. ВАЛЯЖОНКОВ,
В. П. СЕРГЕЕВ, А. М. КОЧНЕВ*

Ленинградская лесотехническая академия
Брянский технологический институт
КарНИИЛП

Совершенствование эксплуатационных свойств — одна из центральных проблем, определяющих повышение производительности и техническое совершенство лесосечных машин. Для существующих колесных трелевочных тракторов, имеющих бесподвесочную конструкцию ходовой системы, актуальной задачей является снижение колебаний и повышение плавности хода и устойчивости. Цель работы — обоснование новых технических решений, направленных на снижение боковых колебаний системы и комплексное повышение плавности хода, устойчивости против бокового опрокидывания.

Традиционным путем снижения как вертикальных, так и боковых колебаний транспортного средства является оптимизация параметров системы поддрессоривания остова машины. В конструкции колесных трелевочных тракторов для обеспечения высокой проходимости заложен увеличенный дорожный просвет и применяется шарнирно сочлененная несущая система, повышающая тягово-сцепные свойства. Однако сочлененность несущей системы определяет выключение стабилизирующих моментов одной секции при опрокидывании другой, а увеличенный дорожный просвет — повышение расположения центров тяжести. Введение системы поддрессоривания остова, сопровождающееся увеличением вер-

тикальных координат центров тяжести секций и ростом боковых кренов за счет поперечной податливости рессор, еще больше ухудшает боковую статическую устойчивость трактора, приводя к ослаблению эффекта от снижения его колебаний. Подрессоривание сиденья тракториста или кабины трактора позволяет повысить плавность хода, но не решает проблемы поперечной устойчивости.

Для снижения боковых колебаний трелевочной системы, комплексного повышения плавности хода и устойчивости было предложено устройство для полуподвешенной трелевки, включающее систему управления длиной подвеса пачки (серьги пачкового захвата) при помощи гидрообъемного привода. Предусматривалась установка в шарнире, обеспечивающем поперечное раскачивание пачки, комбинированного демпфера сухого и внутреннего трения, а также применение упруго-включенного демпфера в горизонтальном шарнире сочленения полурам для гашения относительных поперечно-угловых колебаний полурам трактора*.

Для оценки потенциальных возможностей разработанных технических решений проводили как теоретические, так и экспериментальные исследования. На ЭВМ ЕС-1022 решали математическую модель совместных пространственных колебаний трактора и полуподвешенной пачки при возбуждающем воздействии неровностей волока детерминированного и стохастического характера. Микропрофиль волока типичен для лесопромышленного района Европейский Север. При разработке математической модели учитывали шарнирно сочлененную конструкцию несущей системы трактора, радиальную и боковую упругость шин, изгибную жесткость трелеваемой пачки. Объектами исследований были трелевочные системы на базе трактора ЛТ-157 и макетного образца специального лесопромышленного трактора ТҚЛ-1 Онежского тракторного завода. При испытаниях использовали комплекс виброизмерительной аппаратуры ВИ6-6ТН, гироскопические авиагоризонты АГБ-3К, потенциометрические преобразователи угловых перемещений. Результаты экспериментальных исследований доказали адекватность предложенной математической модели колебаний трелевочной системы.

Для расчета параметров демпферов определяли амплитудно-частотные характеристики перемещений и ускорений трелевочной системы при различных значениях демпфирующих сопротивлений. Их рациональные значения вычисляли с учетом ограничений на перемещения секций системы для обеспечения безотрывности движения шин по условиям безопасности и уменьшения их износа.

На рис. 1, 2 приведены средние квадратичные ускорения системы, движущейся по микропрофилю волока случайного характера (средняя квадратичная высота неровностей 0,036 м) при установке демпферов с коэффициентом сопротивления 50 и 65 кН·м·с/рад. В расчетном диапазоне скоростей движения 1,5...3,5 м/с снижение поперечных ускорений на сиденье тракториста составило 25...40%. Ускорения передней секции уменьшились на 13...31%. Ускорения поперечных кренов задней секции и раскачивания пачки снизились соответственно на 55...67 и 51...71%. Ускорения рыскания задней секции уменьшились на 38...44%, за исключением диапазона скоростей 1,9...2,2 м/с, определяющих отрицательное гашение.

Введение демпферов в сочленения звеньев трелевочной системы, наряду с гашением ускорений, усиливает связь колебаний секции трактора, которая у существующих тракторов весьма слаба вследствие

* А. с. 1150143 СССР, МКИ⁴ В 62 D 53/02. Составная рама транспортного средства / Г. М. Анисимов, Д. В. Памфилов, С. А. Осмаков, А. В. Опеньшев (СССР).— № 3659316/27-11; Заявлено 05.11.83; Оpubл. 15.04.85. Бюл. № 14 // Открытия. Изобретения.— 1985.— № 14.— С. 55.

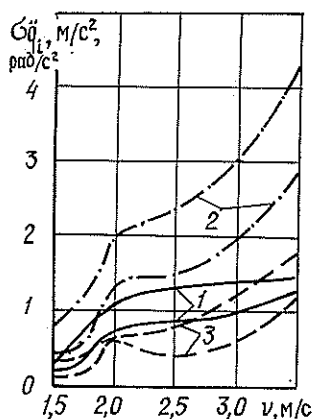


Рис. 1. Средние квадратичные ускорения передней секции трелевочной системы в зависимости от скорости движения: 1, 2 — поперечные ускорения передней секции и оператора трактора; 3 — ускорения поперечных кренов передней секции

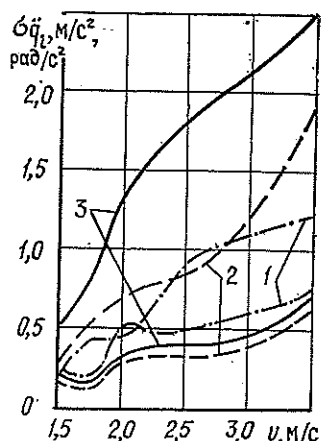


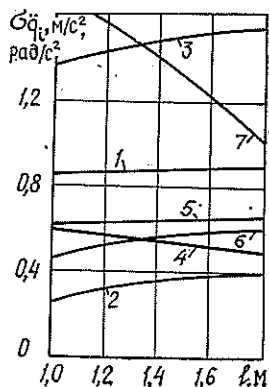
Рис. 2. Средние квадратичные ускорения задней секции и пачки трелевочной системы в зависимости от скорости движения: 1 — поперечные ускорения задней секции трактора; 2 — ускорения поперечных кренов задней секции; 3 — ускорения поперечного раскачивания комлевой части трелеваемой пачки

горизонтального шарнира сочленения полурам и инерционной симметрии конструкции. Для исследования связи колебаний в процессе экспериментальных исследований поочередно возбуждали свободные боковые колебания передней или задней секции с пачкой трактора ЛТ-157.

Полученные результаты показали незначительность этой связи. Результаты подтверждались амплитудно-частотными характеристиками математической модели колебаний трелевочных систем на базе трактора ЛТ-157 и макетного образца лесопромышленного трактора при гармоническом возбуждении попеременно передней или задней секции. На этих характеристиках некоторая связь колебаний прослеживалась в диапазоне 0...1,4 Гц и практически исчезала с увеличением частоты возмущения.

Усиление связи колебаний за счет дополнительных демпферов увеличивает перекачивание энергии, поэтому управление длиной подвеса системы с дополнительными демпферами дает возможность влиять на колебания не только задней, но частично и передней секции.

Рис. 3. Зависимости средних квадратичных ускорений трелевочной системы от длины подвеса захвата при движении по микропрофилю случайного характера: 1, 2, 3, 4 — поперечные ускорения соответственно передней и задней секций, оператора трактора и центра масс пачки; 5, 6 — ускорения поперечных кренов передней и задней секций; 7 — ускорения поперечного раскачивания пачки



Анализ реакции системы на изменение длины подвеса показал, что влияние этого параметра на колебания системы неоднозначно (рис. 3). С уменьшением длины подвеса, помимо уменьшения плеча раскачивания пачки, возрастает момент инерции задней секции относительно оси горизонтального шарнира полурам. Поэтому при изменении длины подвеса от 1,8 до 1,0 м, с одной стороны, увеличивались ускорения раскачивания пачки, а с другой, снижались ускорения секций трактора: задней — на 20...25 %, передней — на 5...9 %. Поперечные ускорения на сиденье тракториста уменьшались на 11 %.

Уменьшение длины подвеса пачки, снижающее колебания, должно положительно влиять как на плавность хода, так и на устойчивость. Однако происходящее при этом усиление раскачивания пачки определяет ухудшение устойчивости против бокового опрокидывания. Как показали расчеты, при максимальных рейсовых нагрузках значителен опрокидывающий момент, формируемый раскачиванием пачки. Поэтому для улучшения эксплуатационных свойств трелевочной системы длиной подвеса необходимо управлять в зависимости от режимов функционирования. При трелевке по склону устанавливают максимальную длину подвеса. При движении по горизонтальным участкам волока ее целесообразно уменьшить.

Таким образом, применение разработанных технических решений позволяет повысить эксплуатационную эффективность трелевочной системы, улучшая плавность хода и устойчивость против бокового опрокидывания. Получение большого эффекта возможно при реализации автоматического управления параметрами демпферов и длиной подвеса от датчиков, установленных на трелевочной системе, с использованием числового программного управления от бортовой ЭВМ.

Поступила 17 июля 1989 г.

УДК 630*323.2.002.5

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПРИЖИМА СУЧКОРЕЗНОГО НОЖА

А. Л. ЛЕОНОВ

ЦНИИМЭ

Опыт эксплуатации машин для очистки деревьев от сучьев показывает, что сучкорезные ножи могут при некоторых условиях терять контакт с поверхностью ствола. Это приводит к увеличению высоты остатков сучьев, т. е. к снижению качества очистки стволов.

Физическая сущность точного копирования поверхности ствола заключается в обеспечении положительного значения силы, прижимающей нож к стволу в зоне их контакта. Постоянный контакт ножа со стволом обычно достигается увеличением силы прижима $F_{пр}$. Этот способ сопровождается значительным ростом энергозатрат из-за повышения средней силы протаскивания и ограничен мощностями сучкорезных машин.

В данной работе рассматривается способ обеспечения постоянного контакта за счет уменьшения амплитуды колебаний динамических нагрузок $F(t)$.

Оптимальными следует считать также кинематические схемы и параметры механизма прижима, которые обеспечивают минимальный уровень колебаний пагрузки на нож во всем диапазоне обрабатываемых деревьев.

Эксперименты, выполненные на стационарной сучкорезной установке в производственных условиях [6], показали, что профиль обрабатываемой поверхности ствола можно представить в виде случайных функций времени. При случайном характере возмущений наиболее совершенными и эффективными методами описания поперечных колебаний сучкорезного ножа являются методы статистической динамики, сочетающие в себе классические методы динамики, теории вероятностей и математической статистики [1, 7, 8].

Для аналитического исследования колебаний в системе ствол — сучкорезный нож — механизм прижима введем следующие допущения: система линейна и обладает сосредоточенными параметрами: массой движущихся элементов m , жесткостями c_r и c_n , коэффициентом демпфирования k ;

профиль поверхности ствола рассматривается как входной стационарный случайный процесс $x(t)$ с характеристиками: величиной среднего квадратичного отклонения высоты неровностей σ_x , мм и спектральной плотностью $S_x(f)$, мм² · с;

колебания ножа полностью определяются профилем ствола;

колебания нагрузки $F(t)$ в точке контакта ножа с поверхностью древесного ствола представляются случайным процессом, который при заданном спектре входной величины и известной передаточной функции может быть представлен статистически.

Принципиальная расчетная схема исследуемой динамической системы ствол — сучкорезный нож — механизм прижима приведена на рисунке. Математическая модель колебаний ножа для этой схемы приведена в работе [4].

При решении задачи минимизации амплитуды колебаний силы $F(t)$ будем иметь в виду, что колебания нагрузки в зоне контакта сучкорезного ножа с древесным стволом описываются функцией спектральной плотности $S_F(f)$. Последняя связана со спектральной плотностью входного процесса $S_x(f)$ соотношением

$$S_F(f) = |H(f)|^2 S_x(f),$$

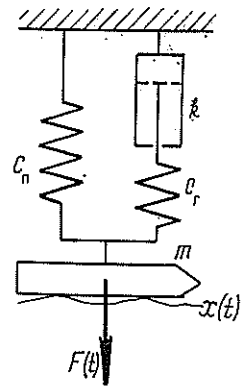
где $|H(f)|$ — амплитудная характеристика механизма прижима ножа, Н/мм;

f — частота, Гц.

Амплитуду колебаний нагрузки через дисперсию нагрузки в зоне контакта сучкорезного ножа с древесным стволом оцениваем по среднему квадратичному отклонению

$$\sigma_F^2 = \int_{f_1}^{f_2} S_F(f) df = \int_{f_1}^{f_2} |H(f)|^2 S_x(f) df. \quad (1)$$

Согласно результатам экспериментального исследования неровностей поверхности древесного ствола [6], нижний предел интегрирования (частота f_1) равен нулю. Верхний предел f_2 определяется скоростью обработки ствола v , м/с и длиной опорной площадки ножа L , м, измеренной вдоль направления обработки ствола. Поскольку нож не способен копировать неровности, протяженность которых меньше длины опорной площадки, механизм прижима воспринимает только те возмущения, частота которых меньше v/L . Эта частота и принята в качестве верхнего предела интегрирования f_2 .



Величина $S_x(f)$, как было показано в работе [6], зависит от породы и текущего диаметра ствола. Влияние этих параметров для разных лесонасаждений неодинаково и трудно поддается аналитическому описанию, а следовательно, и количественной оценке. Это обстоятельство приводит к необходимости учета в дальнейшем вероятностного закона распределения текущего диаметра и доли различных пород в составе лесонасаждения.

В работе [5] приводится экспериментальная формула плотности распределения деревьев по диаметру на высоте груди $D_{1,3}$ (распределение Вейбулла):

$$g(D_{1,3}) = \begin{cases} 0 & \text{при } D_{1,3} \leq 0; \\ K \frac{b}{D_{\text{ср}}} \left(K \frac{D_{1,3}}{D_{\text{ср}}}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(K \frac{D_{1,3}}{D_{\text{ср}}}\right)^b\right] & \text{при } D_{1,3} > 0, \end{cases} \quad (2)$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр ствола;
 K и b — параметры распределения.

Для перехода от распределения (2) к плотности распределения текущего диаметра ствола используем понятие минимального диаметра, равного 6 см для большинства конструкций сучкорезных головок. Очевидно, в этом случае плотность распределения текущего диаметра близка к максимуму [2]. Началу обработки ствола в сучкорезных машинах соответствует условие $D_{1,3} \geq D$ (что исключает существование $D_{1,3} < D$). Вероятность появления в технологическом потоке таких стволов равна

$$p = \int_0^D g(D_{1,3}) dD_{1,3}.$$

Следовательно, с увеличением текущего диаметра плотность его распределения $\varphi(D)$ убывает пропорционально величине $1-p$, т. е.

$$\varphi(D) = A \left(1 - \int_0^D g(D_{1,3}) dD_{1,3}\right) = A \exp\left[-\left(K \frac{D}{D_{\text{ср}}}\right)^b\right], \quad (3)$$

где A — масштабный коэффициент, равный максимальной плотности распределения при $D = 6$ см.

Численные значения параметров распределения K и b в формуле (3) приведены в работе [5] и равны соответственно 0,89 и 2,8. Средний диаметр ствола для европейской части СССР составляет около 22 см [3].

Масштабный коэффициент A определим из условия нормировки [2]:

$$\int_0^{\infty} \varphi(D) dD = 1.$$

Выражение (3) интегрировали численным методом. Диапазон интегрирования по технологическим соображениям был принят 6...60 см. В результате получено значение A , равное 0,056.

Отсюда плотность распределения текущего диаметра деревьев

$$\varphi(D) = 0,056 \exp\left[-\left(0,89 \frac{D}{22}\right)^{2,8}\right]. \quad (4)$$

Выражение (1) не учитывает также разнообразия породного состава лесонасаждений. Поэтому неодинаковые доли различных пород будем учитывать, умножая значение дисперсии нагрузки на коэффи-

циент $s_i = B_i / 100$, где B_i — процент деревьев данной i -й породы в составе лесонасаждения.

На европейской части СССР B_1 (ель) равно 40 %, B_2 (береза) — 30 %, B_3 (осина) — 30 %; следовательно, коэффициенты $s_1 = 0,4$, $s_2 = 0,3$ и $s_3 = 0,3$.

В результате критерий оптимизации параметров системы

$$\sigma_F^2 = \sum_{i=1}^n s_i \int_{D_1}^{D_2} \int_{f_1}^{f_2} |H(f)|^2 S_{xi}(f) df \varphi(D) dD \rightarrow \min. \quad (5)$$

Анализ породного состава лесонасаждений, конструкций современных сучкорезных агрегатов и машин, а также условий эксплуатации сучкорезных головок позволил конкретизировать диапазоны изменения дискретной суммы и определенных интегралов, содержащихся в выражении (5). Они составляют соответственно $n = 3$, $D_1 = 6$ см, $D_2 = 60$ см, $f_1 = 0$, $f_2 = v/L$ Гц.

Формула (5) учитывает как параметры исследуемой системы, так и характеристики лесонасаждения, поэтому является достаточно универсальной.

Используя формулу критерия оптимизации (5), закон распределения текущего диаметра деревьев (4) и математическую модель колебаний ножа, приведенную в работе [4], математическую модель оптимизации параметров механизма прижима можно представить в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_F^2 &= \sum_{i=1}^n s_i \int_{D_1}^{D_2} \int_{f_1}^{f_2} |H(f)|^2 S_{xi}(f) df \varphi(D) dD \rightarrow \min; \\ m_{min} &\leq m \leq m_{max}; \quad c_{min} \leq c \leq c_{max}; \quad k_{min} \leq k \leq k_{max}; \\ |H(f)| &= \frac{c_r}{1 + (2\zeta f/f_n)^2} \times \\ &\times \sqrt{\left\{ \left[\frac{c_r + c_n}{c_r} - (f/f_n)^2 \right] [1 + (2\zeta f/f_n)^2] - 1 \right\}^2 + (2\zeta f/f_n)^2}; \\ S_{xi}(f) &= \frac{2a_i \sigma_{xi}^2}{v} \left[\frac{1}{\alpha_i^2 + 4\pi^2 [(f/v) - f_{oi}]^2} + \frac{1}{\alpha_i^2 + 4\pi^2 [(f/v) + f_{oi}]^2} \right]; \\ \varphi(D) &= 0,056 \exp \left[- (0,89D/D_{cp})^{2,8} \right]; \\ f_n &= \sqrt{c_r/m} / 2\pi; \quad \zeta = k/2 \sqrt{c_r m}; \\ \sigma_{xi} &= a_i \sqrt{D}; \quad \alpha_i = b_i D + g_i; \quad f_{oi} = h_i D + p_i. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Входящее в систему (6) выражение амплитудной характеристики $|H(f)|$ может быть заменено другим, в соответствии с типом привода сучкорезного ножа и кинематикой исследуемой ножевой головки.

Полученная модель применима для выбора оптимальных кинематических схем и параметров механизма прижима при модернизации существующих и проектировании новых типов сучкорезных головок передвижных машин и стационарных машин для очистки деревьев от сучьев.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бендат Дж., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа.— М.: Мир, 1983.— 312 с. [2]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей.— М.: Наука, 1964.— 364 с. [3]. Виногоров Г. К. К методике обоснования расчетных деревьев и решения лесозаготовительных задач // Комплексная механизация и организация лесозаготовительного производства: Тр. / ЦНИИМЭ—1972.— Вып. 122.— С. 52—67. [4]. Леонов А. Л. Моделирование поперечных колебаний ножа сучкорезной головки // Автоматизация и комплексная механизация процессов деревообработки: Тр. / МЛТИ.— 1985.— С. 37—40. [5]. Обросов М. Я. Моделирование параметров сучковатости деревьев на ЭЦВМ // Механизация обрезки сучьев: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1978.— С. 46—54. [6]. Обросов М. Я., Леонов А. Л. Экспериментальное исследование неровностей поверхности древесного ствола // Комплексная механизация лесозаготовок: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1985.— С. 64—70. [7]. Пугачев В. С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления.— М.: Физматгиз, 1960.— 883 с. [8]. Солодовников В. В. Статистическая динамика линейных систем автоматического управления.— М.: Физматгиз, 1960.— 685 с.

Поступила 22 февраля 1989 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.047.9

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВЛАГОПЕРЕНОСА
В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Г. С. ШУБИН

Московский лесотехнический институт

Литература по исследованию общих и частных закономерностей миграции влаги внутри древесины достаточно обширна (см. краткий обзор в нашей монографии [15]). Она может быть дополнена также рядом источников [3, 9, 11, 13, 14, 20].

Несмотря на длительное изучение влагопереноса в процессе сушки древесины некоторые вопросы по-прежнему остаются неясными. Например, возникшая в последние годы в зарубежной литературе [16, 17, 19] и нашедшая отражение в работе [11] дискуссия о движущих силах переноса влаги при влажности ниже предела насыщения клеточных стенок. В основном обсуждали два вопроса: 1) состоятельность закона диффузии Фика как такового; 2) применимость этого закона к процессам сушки древесины.

Некоторые авторы считают закон диффузии Фика несостоятельным в силу того, что концентрация, по их мнению, не имеет качеств потенциала. Действительно, если обратиться, например к Шредингеру [12], то он пишет, что процесс диффузии не связан с какой-либо силой. Но, во-первых, отметим, что статистическая физика допускает перенос без потенциала [8]. Во-вторых, Шредингер также пишет, что хотя молекулы разных веществ, находящихся в смеси, равноправны и могут двигаться в разных направлениях, преимущественное их перемещение будет происходить в сторону меньшей концентрации, т. е. «...будет происходить регулярное перемещение ... пока, наконец, не наступит равномерное распределение» [12]. Отсюда очевидно, что хотя силы переноса нет, но есть сам перенос и его причина — разность концентрации. Это как раз то, что фиксируется законом Фика и согласуется с его трактовкой, данной акад. В. В. Кафаровым: «...Фик установил, что при данной температуре и давлении возникает скорость транспорта, пропорциональная только градиенту концентрации» [2]. Наконец, отметим, что состоятельность закона Фика была тщательно экспериментально доказана известным русским физиком Умновым около 100 лет тому назад, когда было показано, что закон Фика совершенно точен в изотермических условиях при относительно низких концентрациях (цитируется по работе [8]).

Ограничения в применении закона Фика для элементов древесины (не свободная среда) отмечены в различных работах. Анализ их приведен в сборнике [3], появившемся еще до возникновения дискуссии. Коэффициенты диффузии водяного пара в воздухе в зависимости от температуры хорошо известны [4]. Они существенно, на несколько порядков, отличаются от аналогов коэффициентов диффузии — коэффициентов теплопроводности, которые подставляют в уравнения, аналогичные закону Фика.

Этим фактически подтверждается, что в чистом виде закон Фика для описания переноса массы в древесине не используют. Тем не ме-

нее, этот закон (будучи феноменологической записью того, что перенос пропорционален градиенту концентрации) достаточно работоспособен и для древесины с учетом сказанного, в частности, когда используют эффективные коэффициенты влагопроводности, полученные не зависимо от уравнений способом — методом стационарного тока влаги. Дополнительно к тем аргументам, которые высказывают противники закона Фика, можно добавить, что этот закон, как и закон теплопроводности Фурье, предполагает бесконечную скорость распространения импульса, которая реально таковой не является, что не ставит, однако, под сомнение закон Фурье.

Закон Фика предполагает перенос под влиянием разности концентрации, что менее универсально, чем перенос под влиянием парциального давления пара, который способен учесть и неизотермические условия. Но это не порок закона Фика, для этих условий он не предназначался никогда, точно так же, как не предназначался он для вскрытия особенностей микромеханизма переноса массы.

Высказанные в ходе дискуссии предложения о замене градиента концентрации градиентом двумерного давления [16, 17] не выдерживают критики, так как двумерное давление имеет место только в мономолекулярном слое, т. е. в диапазоне от 0 до 4...5 % влажности, что для практических процессов вообще не имеет значения.

Представления Б. С. Чудинова [11] о том, что различные слои в общем адсорбционном слое находятся на разных энергетических уровнях, верны. Однако отсюда можно сделать разные выводы, в том числе о том, что каждый слой в общем адсорбционном слое имеет свою концентрацию и свой коэффициент диффузии D , а общий суммарный эффект переноса в принципе может быть записан, например, в следующем виде:

$$q' = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} q'_i(x) dx, \quad (1)$$

где δ — общая толщина адсорбционного слоя.

В физической химии вообще не существует проблем с определением потенциала переноса: во всех случаях им считают химический потенциал, описывающий любой механизм.

Хотя в результате дискуссии не появилось новых конкретных предложений о замене закона Фика, в целом дискуссия оказалась, безусловно, ценной, так как привлекла внимание исследователей к необходимости более детального проникновения в физику микромеханизмов процесса и к поискам новых путей в этом направлении.

Наш взгляд на механизм переноса влаги в древесине изложен в работе [15]. Не разбирая этот вопрос детально, внесем в него некоторые пояснения.

1. В своих построениях мы первоначально учитывали гипотезу А. И. Фоломина [10], в соответствии с которой в древесине по мере ее нагревания освобождаются от влаги мельчайшие микрокапилляры, которые, по нашим представлениям, могли быть проводниками влаги, переносимой эффузионно [15]. Однако гипотеза А. И. Фоломина должна была быть подтверждена или отвергнута в опытах. В связи с этим нами позднее был выполнен специальный эксперимент по прогреву влажной и сухой древесины.

Прогреву в воде ($t = 80^\circ\text{C}$) подвергли образцы сосновой и буковой древесины строго фиксированными размерами. Опыт длился 70 мин. За это время влажные буковые образцы (длина 5 см) потеряли (вследствие выдавливания воды при повышении давления паровоздушной смеси) 24...27 % влаги (от 100...101 до 76...74 %), а сосновые 13...15 % (от 87...89 до 72...74 %). Если бы при этом освобождались мельчайшие капилляры, древесина усохла бы. Замеры после опыта показали, что этого не произошло.

Так, размеры буковых влажных образцов в радиальном направлении изменились в разных местах по длине от 19,25 до 19,23 мм и от 20,14 до 20,10 мм, в тангенциальном направлении — от 21,72 до 21,70 и от 21,66 до 21,67 мм. Изменение размеров влажных сосновых образцов в этих же условиях в радиальном направлении составило от 21,38 до 21,39 мм и от 21,64 до 21,60 мм, в тангентальном направлении — от 21,38 до 21,40 и от 21,66 до 21,65 мм.

Гипотеза А. И. Фоломина, таким образом, не подтвердилась, в связи с чем следует признать, что эффузионный механизм переноса влаги, который может иметь место только в микрокапиллярах, не имеет существенного значения в переносе влаги в древесине. Большее значение он может иметь при сушке древесины, имеющей постоянные неусыхаемые пустоты в стенках клеток [14].

2. Следует согласиться с Б. С. Чудиновым [11], что основной движущей силой переноса влаги по микрокапиллярам в стенках клеток, которые в сухом состоянии ссыхаются, является градиент расклинивающего давления [1, 6], а в постоянных неусыхаемых микрокапиллярах — градиент капиллярного давления. Расклинивающее давление p_p может иметь место только в пленках адсорбированной воды в стенках клеток, испытывающих сжимающее давление структурных элементов древесины. Оно зависит от толщины пленки H и по данным А. В. Лыкова [6] может быть представлено в виде

$$p_p = A/H^3, \quad (2)$$

где A — постоянная, равная $5 \cdot 10^{-21}$ Дж.

Если толщина пленки непостоянна по длине капилляра, то возникает движение жидкости под влиянием градиента расклинивающего давления:

$$q'_{пл} = k_{пл} \nabla p_p. \quad (3)$$

Здесь $k_{пл}$ — коэффициент пленочного движения жидкости, равный [6]:

$$k_{пл} = \frac{2\pi r H^3}{3\eta v_m}, \quad (4)$$

где v_m — молярный объем пленки;

η — коэффициент динамической вязкости;

r — половина толщины пленки.

А. В. Лыков [6] записал для одномерной задачи выражение (3) в следующем виде:

$$q'_{пл} = \frac{B}{\eta H} \frac{dH}{dx}. \quad (5)$$

Здесь B — некоторая постоянная [6].

Следовательно, интенсивность пленочного переноса под влиянием расклинивающего давления $q'_{пл}$ пропорциональна градиенту толщины пленки и, следовательно, градиенту влажности. Отсюда следует, что градиентом концентрации (в данном случае — влажности) можно заменить истинную силу переноса, что позволяет использовать для этой зоны аналог закона диффузии — закон влагопроводности.

3. Анализируя вопрос о соотношении между количеством пара и жидкости, удаляемых из тела, по мере снижения влажности, мы пришли к выводу, что доля пара увеличивается [15], так как при этом возрастает величина критерия фазового перехода ε [7, 15]. Физически это можно представить себе таким образом, что объем жидкой влаги по мере сушки уменьшается (стенки усыхают), а объем водяного пара остается практически постоянным (полости клеток не изменяют свой объем). Отсюда относительная объемная доля пара со снижением

влажности повышается точно так же, как и массовая его доля (при $\varphi = \text{const}$), из чего, однако, не следует, что появился или тем более увеличился перенос пара в стенках клеток. О повышении роли переноса пара по мере снижения влажности можно заключить также из работ [5, 18].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дерягин Б. В. К вопросу об определении понятия и величины расклинивающего давления и его роли в статике и кинетике тонких слоев жидкости // Коллоид. журн.—1955.—Т. 17, № 3.—С. 207—214. [2]. Кафаров В. В. Основы массопередачи.—3-е изд.—М.: Высш. шк., 1979. [3]. Клеточная стенка древесины и ее изменения при химическом воздействии.—Рига: Зиннатне, 1972.—501 с. [4]. Краткий справочник по физике // Н. И. Карякин и др.—М.: Высш. шк.—560 с. [5]. Луцк П. П. Закономерности внутреннего тепло- и массопереноса при наличии избыточного давления в пористом материале в процессе конвективной сушки // Всес. науч.-техн. конф. по совершенствованию сушки.—Минск, 1981.—Секция 1.—С. 129—131. [6]. Лыков А. В. Теория сушки.—М.: Энергия, 1968.—470 с. [7]. Лыков А. В. Теория тепло- и массообмена в процессах сушки.—М.: Госэнергоиздат, 1956.—464 с. [8]. Путилов К. А. Курс физики.—5-е изд.—М.: Просвещение, 1952.—Т. 1.—792 с. [9]. Сергеевский П. С. Исследование влагопроводности и разработка методов расчета процессов сушки и увлажнения древесины: Автореф. дис... д-ра техн. наук.—М., 1953.—42 с. [10]. Фоломин А. И. Физические основы тепловой сушки древесины и особенности ее сушки в неводных жидкостях.—М., 1956.—46 с. [11]. Чудинов Б. С. Вода в древесине.—Новосибирск: Наука, 1984.—267 с. [12]. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физики.—М., 1972.—88 с. [13]. Штамм А. Поверхностные свойства целлюлозных материалов / Пер. с англ. // Химия древесины. Т. 2.—М.; Л.: ГЛБИ, 1960.—557 с. [14]. Шубин Г. С. Сушка и тепловая обработка древесины (вопросы теории, методы расчета процессов, совершенствование технологий): Автореф. дис... д-ра техн. наук.—М., 1985.—48 с. [15]. Шубин Г. С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—248 с. [16]. Babbit I. D. More on application of Fick's Law // Wood Sci.—1977.—N 9.—P. 149—152. [17]. Bramhall G. Fick's Law and bound-water diffusion // Wood Sci.—1977.—N 6.—P. 153—161. [18]. Choong E. T., Fogg P. I. Moisture Movement in six wood species // Forest Prod. J.—1968.—N 10.—P. 417—419. [19]. Rosen H. N. Diffusion theories and pair matching samples // Wood sci.—1977. V. 9. P. 1—3. [20]. Skaar G. H. Water in wood.—New York.—1972.—218 p.

Поступила 12 мая 1989 г.

УДК 674.093

О РАСКРОЕ ПИЛОВОЧНЫХ БРЕВЕН НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ

С. Г. ЕЛСАҚОВ, Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Значительная доля (до 30 %) пиловочных бревен, поступающих на лесопильные предприятия отрасли, имеет кривизну до 2 %. Кроме того, практически каждое бревно в поперечном сечении имеет отклонения от формы круга. У пиловочника хвойных пород, полученного из нижней и серединной частей ствола, диаметры (по данным проф. Н. П. Анучина) различаются на 3,1...3,7 %. При среднем диаметре 30 см эллиптичность возможна у 80 % бревен.

Считают, что каждый процент кривизны дает снижение выхода пиломатериалов на 8...10 %. Эллиптичность бревен влияет на изменение ширины и толщины спецификационных пиломатериалов. Поэтому выбор постава необходимо осуществлять с учетом как кривизны, так и эллиптичности. Из-за неправильной установки кривых брусьев перед раскромом общий выход пиломатериалов из них уменьшается до 2,5 % [9]. Невозможность визуального определения оптимальной обрезки кривых досок также приводит к значительным потерям древесины.

Известен ряд работ по определению оптимальной ориентации кривого бруса перед раскросом [9], различных способов базирования кривых бревен [8], разных способов ориентации кривых досок перед обрезкой [5].

Однако пока бревна неправильной формы раскраивают практически теми же системами поставов и базируются (ориентируются) теми же устройствами, что и бревна, не имеющие кривизны и эллиптичности.

Оборудование наших лесопильных предприятий не позволяет ориентировать кривой брус в оптимальное положение по отношению к поставу пил. Ориентация кривых досок основана на визуальной оценке.

В странах с высокоразвитой технологией лесопиление базируется на использовании управляющих ЭВМ с системами сканирующих датчиков. Это позволяет оптимизировать поставки и осуществить ориентацию предмета обработки в оптимальное положение для раскроса. Использование таких систем окупает затраты на их приобретение за 2—6 месяцев [10].

Как правило, сортировку бревен на наших лесозаводах производят по четным диаметрам. Однако сортировка бревен по поставам, дающим максимальный объемный выход из бревна, с учетом не только вершинного диаметра, но сбega и длины бревна, приводит к увеличению объемного выхода пиломатериалов по сравнению с сортировкой по четным диаметрам на 1,5...2 % [4].

Для бревен неправильной формы следует также учитывать эллиптичность сечения, кривизну и форму оси бревна.

При решении этой проблемы основными вопросами являются следующие.

1. Разработка имитационной модели раскроса бревен, брусев, необрезных досок неправильной формы.

2. Проведение исследований на разработанной имитационной модели различных технологий сортировки и раскроса бревен неправильной формы с целью прогнозирования увеличения объемного выхода пиломатериалов.

Исходные технологические положения, определяющие варианты ориентации бревна, бруса и необрезных досок перед раскросом:

на первом проходе бревно ориентируется кривизной вниз (вверх) с возможным смещением центра комлевого сечения относительно центра вершинного сечения; на втором проходе брус ориентируется кривизной в бок также с возможностью смещения центра комля относительно центра вершины. Аналогично возможна различная ориентация кривой необрезной доски перед обрезным станком.

Имитация раскроса бревен неправильной формы зависит от условий поставленной задачи: раскрой по заданному поставу и по заданной ориентации, определяемой особенностями ориентирующих устройств; проектирование и расчет оптимального постава и оптимальной ориентации бревна, бруса, доски перед продольным раскросом.

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма проектирования и расчета оптимального постава и оптимальной ориентации бревна, бруса и досок неправильной формы.

Поскольку большинство бревен неправильной формы (порядка 90 % [1]) имеют одностороннюю кривизну, то изогнутая ось бревна представлена полиномом третьей степени. Как правило, большая ось эллиптического сечения бревна и плоскость, в которой расположена изогнутая ось, совпадают [2].

Исходную модель бревна формируют по формуле [6]

$$\frac{(x_i - c_i)^2}{a_i^2} + \frac{(y_i - d_i)^2}{b_i^2} = 1, \quad (1)$$

где x_i, y_i — координаты точек поверхности бревна, представленного на рис. 2;

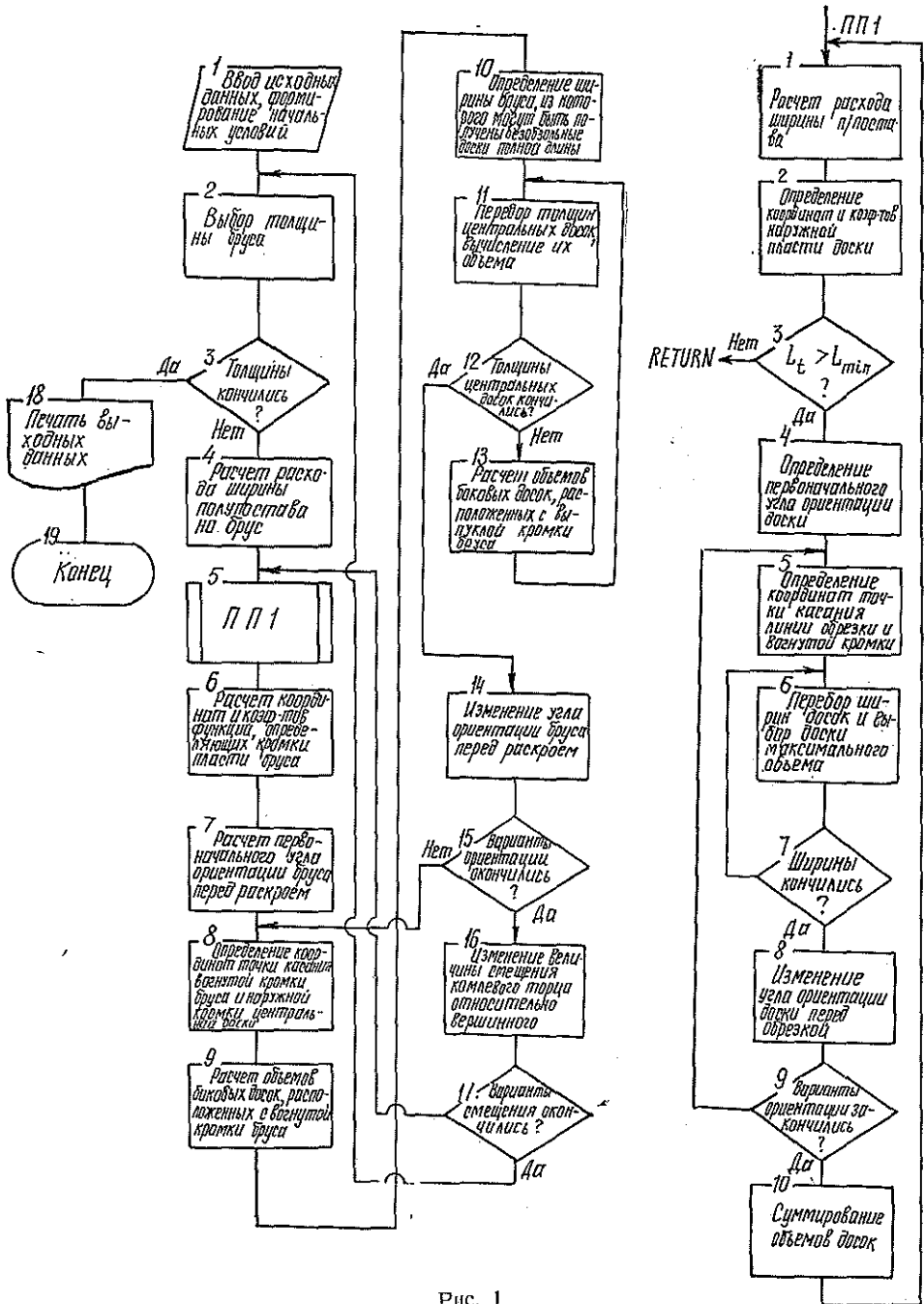


Рис. 1

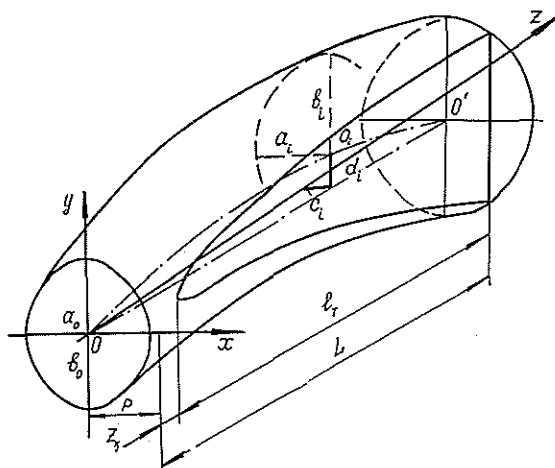
a_i, b_i — размеры полуосей эллипса; в случае постоянной величины сбега S :

$$a_i = a_0 + z_i \frac{S}{2} \quad \text{и} \quad b_i = b_0 + z_i \frac{S}{2}$$

(a_0 и b_0 — размеры полуосей эллипса в вершинном торце бревна);

c_i — координата x точки оси бревна или величина смещения i -го сечения относительно центра вершинного торца;

Рис. 2. Расчетная схема раскроя и ориентации бревна неправильной формы



d_i — координата y точки оси бревна, определяемая по формуле

$$d_i = k_3 z_i^3 + k_2 z_i^2 + k_1 z_i + k_0.$$

(где $k_0 \dots k_3$ — коэффициенты полинома).

Помимо геометрических параметров бревна должны быть заданы: массив $Q1(i, j)$, содержащий спецификацию сечений пиломатериалов, где $Q1_i$ — толщина досок; $Q1_j$ — соответствующие заданным толщинам ширины досок;

массив $Q2(i, j)$, содержащий значения сечений пиломатериалов с припусками на усушку;

массив $BR(i, j)$, содержащий значения толщин брусьев и центральных досок, ширина которых соответствует толщине бруса;

массив $BR1(i, j)$, содержащий значения брусьев и центральных досок с припуском на усушку;

минимальная длина доски, разрешенная к выпилке, — l_{min} ;

градация длины досок — gr ;

толщина пропила — $t_{пр}$.

Расчет начинают (блок 2 на рис. 1) с выбора толщины бруса BR_i из массива $BR(i, j)$. Расход ширины полупостава на брус определяют как половину его толщины (бл. 4) $p = \frac{BR1_i}{2}$. Управление передается подпрограмме ПП1 расчета раскроя необрезных досок (бл. 5).

В подпрограмме ПП1 после расчета расхода на боковую доску $p = p + Q2_j + t_{пр}$ (бл. 1) определяют координаты наружной пласти доски (бл. 2) решением системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{(x_i - c_i)^2}{a_i^2} + \frac{(y_i - d_i)^2}{b_i^2} = 1; \\ x_i = p. \end{cases} \quad (2)$$

Коэффициенты k_0, k_1, k_2, k_3 находят (бл. 6) по методу наименьших квадратов, аппроксимируя значения координат y_{i1}, y_{i2} . Текущую длину l_r доски определяют (бл. 3), по выражению $l_r = L - z_k$, где z_k — длина участка, на котором система уравнений (2) не имеет решений. Если $l_r \geq l_{min}$, то осуществляется переход к блоку 4, с помощью которого вычисляют значение первоначального угла ориентации $\angle \varphi$ доски перед обрезкой, как угла между хордой KB выпуклой кромки и линией, соединяющей центры торцов доски $O_k - O'$ (см. рис. 3, а).

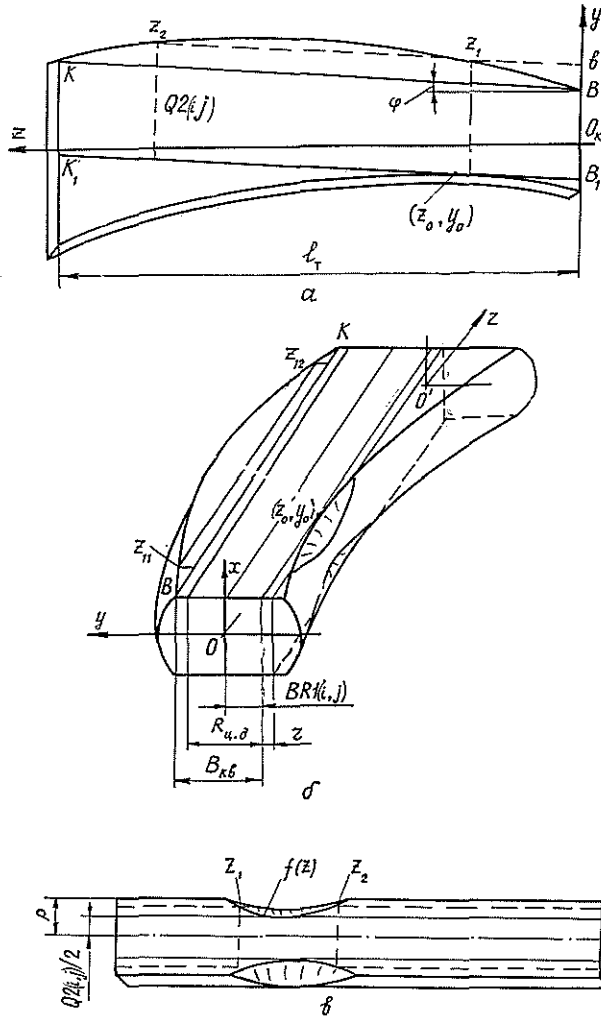


Рис. 3. Расчетная схема раскроя и ориентации: *a* — необрезной доски неправильной формы, полученной на I проходе; *b* — бруса неправильной формы; *в* — доски неправильной формы, полученной на II проходе

Линия обрезки K_1B_1 нижней кромки доски должна быть параллельна прямой KB и являться касательной к вогнутой кромке. Угловой коэффициент касательной в точке касания z_0 равен первой производной функции

$$y = k_0 + \sum_{i=1}^3 k_i z^i, \quad (3)$$

выражающей вогнутую кромку доски $\operatorname{tg} \varphi = f'(z_0)$. Продифференцировав уравнение (3), находят z_0 ; подставляя его в уравнение (3), получают значение координаты y_0 (бл. 5).

Выбор ширины доски осуществляется из массива $Q2(i, j)$ (бл. 6).

Начиная с самой узкой, перебираются все ширины для соответствующей толщины доски. Если ширины исчерпаны, определяют длину доски решением системы уравнений:

$$\begin{cases} y = f(z); \\ y = z \operatorname{tg} \varphi + b. \end{cases} \quad (4)$$

Первое уравнение системы — полином 3-й степени, который выражает выпуклую необрезную кромку доски; во втором уравнении значение b определяют из выражения $b = y_0 + Q2(i, j) = \operatorname{tg} \varphi z_0$.

Систему (4), преобразованную к линейному уравнению вида

$$f(z) = z \operatorname{tg} \varphi + b, \quad (5)$$

решают любым известным методом (простых итераций, Ньютона и т. д.) на отрезке $[0; l_\tau]$ с заданной погрешностью ξ вычисления корней $z_{i,2}$. В данной работе использован метод, представленный в работе [3]. Спецификационную длину обрезной доски вычисляют по формуле

$$l_n = \operatorname{mod} 1 \left(\frac{z_2 - z_1}{gr} \right) gr. \quad (6)$$

Объем доски при текущей ширине доски

$$V_n^\tau = l_n Q1_i Q1(i, j). \quad (7)$$

Если ширины досок закончились (соблюдение условия бл. 7), управление передается бл. 8, который изменяет угол ориентации доски перед обрезкой на величину $< \varphi$.

По окончании вариантов ориентации доски перед обрезкой максимальный объем доски суммируют с объемом досок, полученных на первом проходе (бл. 10), и управление вновь передается блоку 1.

При симметричном раскрое, когда нет смещения центра комлевого торца относительно вершинного, расчет первого прохода заканчивается при несоблюдении условия бл. 3. Полученный суммарный объем досок удваивается, и происходит возврат в основную программу.

При несимметричном раскрое постав рассчитывают аналогично выше представленному алгоритму, но с противоположной стороны от оси постава, поэтому в системе уравнений (2) расход ширины полу-постава p берут со знаком "—".

При возвращении в основную программу управление передается блоку 6, с помощью которого рассчитывают координаты наружной пласти бруса y_{i1}, y_{i2} решением системы уравнений (2). Блоком 7 вычисляют первоначальный угол ориентации бруса к оси постава $< \varphi$, как угол между хордой BK выпуклой кромки бруса и линии, соединяющей центры торцов бруса $0 - 0'$ (рис. 3, б). Кромка наружной пласти центральной доски должна быть касательной к вогнутой кромке бруса в точке с координатами z_0, y_0 , расчет которых производят аналогично рассмотренному случаю при обрезке доски (бл. 8).

Блок 9 производит расчет объемов боковых досок, расположенных с вогнутой стороны (с правой) бруса от пакета центральных досок. Расчет расхода ширины полупостава на каждую доску будет определяться как $r = r - Q2_i - t_{np}$. Первоначально $r = y_0 - z_0 \operatorname{tg} \varphi$. Форма полученной доски представлена на рис. 3, в).

Из доски такой формы можно получить либо две или одну короткую доску, либо одну узкую доску полной длины. Координаты верхней кромки этой доски (досок) x_{i1} определяют решением системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{(x_i - c_i)^2}{a_i^2} + \frac{(y_i - d_i)^2}{b_i^2} = 1; \\ y_i = r + z_i \operatorname{tg} \varphi \end{cases} \quad (8)$$

при условии, что $x_i \leq p$, т. е. координаты лежат не выше пласти бруса.

Аппроксимируя полученные значения x_{1i} по методу наименьших квадратов, получают коэффициенты функции, определяющие верхнюю кромку доски $x = f(z)$. Методом перебора, начиная с наименьшей ширины доски из массива $Q2(i, j)$, определяют длину (длины) получаемой доски (досок) решением системы уравнений:

$$\begin{cases} x = f(z); \\ x = \frac{Q2(i, j)}{2}. \end{cases} \quad (9)$$

Первое уравнение системы (9) выражает верхнюю кромку доски, а второе — половину ширины доски, выбираемой из массива $Q2(i, j)$. Корни решения системы уравнения z_1, z_2 (приведя ее к линейному виду $f(z) = Q2(i, j)/2$) находят описанным выше методом [3]. При наличии корней z_1 и z_2 длины получаемых досок определяют следующим образом:

$$l_{z_1} = \text{mod } 1(z_1/gr) gr; \quad l_{z_2} = \text{mod } 1\left(\frac{L-z_2}{gr}\right) gr.$$

Если система уравнений (9) не имеет решений при условии $\frac{Q2(i, j)}{2} < p$, то длина получаемой доски равна длине бруса.

По окончании перебора ширины находят размеры доски наибольшего объема; ее объем суммируют с объемом боковых досок второго прохода. Управление передается блоку 10, определяющему ширину пласти бруса B_{kb} , из которой могут быть выпилены безобзольные доски полной длины, по формуле:

$$B_{kb} = |y_0| + y_{11} + z_0 \text{tg } \varphi.$$

Из массива $BR1(i, j)$ блоком 11 осуществляют перебор толщин центральных досок, ширина которых соответствует толщине бруса, и вычисляют количество $N_{ц.д}$ и объем $V_{ц.д}$ получаемых центральных досок:

$$N_{ц.д} = \frac{B_{kb}}{BR1(i, j) + t_{пр}}; \quad V_{ц.д} = N_{ц.д} BR(i, j) BR_1 L.$$

Расход поставка на выпилровку центральных досок

$$R = y_0 + N_{ц.д} (BR1(i, j) + t_{пр}) - t_{пр}.$$

Бл. 13 рассчитывает и суммирует объемы боковых тонких досок, стоящих слева, т. е. в сторону выгнутой кромки бруса от центральных досок.

По окончании толщин центральных досок (выполнение условия блока 12) управление передается блоку 14, который изменяет угол ориентации бруса перед раскроем. Затем управление передается блоку 8; расчет повторяется при новом угле ориентации. По окончании вариантов изменения угла ориентации бруса управление передается блоку 16, изменяющему величину смещения комлевого торца бревна относительно вершинного. Если варианты смещения бревна закончились (выполнение условия бл. 17), то управление передается блоку 2 для выбора следующей толщины бруса. По окончании выбора толщин брусев или выбора толщины бруса больше 0,8 от величины вершинного диаметра процедура вычисления заканчивается, и в качестве исходных данных выдается оптимальный постав и оптимальные варианты ориен-

Варианты технологий сортировки, раскроя и ориентации бревен неправильной формы	Коэф-фициент кри-визны, %	Объемный выход, %, пиломатериалов из бревен диаметром, см									
		16	18	20	22	24	26	28	30	32	
Сортировка по четным диаметрам, раскрой по существующим системам поставов при существующих устройствах первичного базирования	1	43,8	46,8	49,2	49,4	51,6	53,2	53,9	55,5	55,6	
Сортировка и раскрой по оптимальным системам поставов при существующих устройствах первичного базирования	1,5	40,0	43,0	45,4	47,1	48,4	50	51,7	53,4	53,2	
Сортировка по четным диаметрам, раскрой по существующим системам поставов при существующих устройствах первичного базирования	1	43,8	46,8	49,8	51,6	53,5	55,5	55,5	56,4	57,0	
Сортировка по четным диаметрам, раскрой по существующим системам поставов при существующих устройствах первичного базирования	1,5	40,0	45,0	45,4	47,1	50,3	51,9	52,5	53,6	53,5	
Сортировка по существующей системе поставов при возможности гибкого первичного базирования брусьев и необрезных досок	1	46,4	50,0	52,4	53	54,1	56,7	59,1	58,4	59,1	
Сортировка и раскрой по оптимальным системам поставов при оптимальном первичном базировании бревен, брусьев и необрезных досок	1,5	41,4	46,2	46,5	47,8	50,8	54,4	56,0	55,8	55,5	
Сортировка по четным диаметрам и раскрой по существующим системам поставов бревен неправильной формы	1	48,3	50,7	52,4	53,0	54,6	57,6	59,1	60,2	60,5	
Сортировка по четным диаметрам и раскрой по существующим системам поставов бревен неправильной формы	1,5	41,6	46,8	47,3	48,3	50,8	55,0	56,0	57,0	56,0	
Сортировка по четным диаметрам и раскрой по существующим системам поставов бревен неправильной формы	0	53,7	55,4	57,2	59,0	61,9	62,0	63,0	65,0	65,0	

Примечание. Эллиптичность сечения 3,5 %.

тации бревна, бруса и досок неправильной формы перед продольным раскросом.

Проверка адекватности имитационной модели осуществлена в производственных условиях. Результаты проведенных исследований машинного эксперимента на имитационной модели представлены в таблице. В качестве исходных данных использованы система поставов и спецификация сечений пиломатериалов ЛДК-3 (Архангельск).

В таблице представлен объемный выход пиломатериалов из 6-метровых бревен правильной и неправильной формы при различных способах сортировки, раскря бревен, брусьев и досок.

Первый вариант соответствует существующей на предприятии технологии, т. е. бревна неправильной формы сортируют по тем же группам четных диаметров, что и правильной формы, и раскрой производят соответствующими для групп четных диаметров поставами. Брусья ориентируют центрирующими устройствами типа ПРДВ-80.

Из данных таблицы видно, что наибольшее увеличение объемного выхода пиломатериалов — около 4 % (с учетом распределения бревен по диаметрам [7] при среднем диаметре 20 см и статистики распределения бревен по диаметрам в зависимости от размера кривизны [1]), можно получить при сортировке бревен неправильной формы по оптимальным поставам и осуществлении гибкого первичного базирования бревен, брусьев и необрезных досок перед продольным раскромом. Следует учитывать некоторое увеличение числа сортировочных групп бревен, которое по результатам исследований для условий рассматриваемого предприятия составляет 5—6 дополнительных групп. В связи с этим могут возникнуть ситуации больших временных периодов накопления сырья.

В настоящее время наиболее рационально осуществлять сортировку бревен с учетом всех их геометрических параметров по существующим системам поставок. В этих условиях при наличии гибкого базирования перед продольным раскромом предмета обработки неправильной формы выход пиломатериалов можно увеличить в среднем на 3,2 %.

Применение оборудования для гибкого первичного базирования на основе оптимизирующих систем позволяет увеличить объемный выход пиломатериалов не только из сырья неправильной формы, но и из бревен, брусьев и необрезных досок, не имеющих пороков формы [10]. Поэтому первоочередной задачей следует считать разработку и внедрение в отечественном лесопилении систем гибкого базирования с автоматической оптимизацией.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ваенский Н. Н. Исследование раскря бревен хвойных пород с кривизной. Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—Л.: ЛТА, 1975.—20 с. [2]. Виллистон Э. Производство пиломатериалов.—М.: Лесн. пром-сть, 1981.—382 с. [3]. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ.—М.: Наука, 1989.—240 с. [4]. Калитеевский Р. Е., Сухов И. Е., Дудкин О. В., Герасименко П. Р. Анализ объемного выхода пиломатериалов при сортировке бревен различными методами // Межвуз. сб. науч. тр. / Ленингр. лесотехн. акад.—1987.—Технология и оборудование деревообрабатывающих производств.—С. 12—15. [5]. Копейкин А. М. Математическое моделирование и автоматизация управления операцией обрезки пиломатериалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—Минск: БТИ, 1971.—23 с. [6]. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки.—М.: Лесн. пром-сть, 1988.—294 с. [7]. Руководящие технические материалы по нормированию расхода сырья в производстве пиломатериалов.—Архангельск: ЦНИИМОД, 1978.—120 с. [8]. Ступенев Г. К. Новые принципы базирования круглых лесоматериалов при механической обработке.—М.: ВНИПИЭИлеспром, 1978.—120 с. [9]. Туршев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов.—М.: Лесн. пром-сть, 1975.—208 с. [10]. Eklund V. Mätning av utbitet i blockautomater. // Sägverken.—1983.—No 3. S. 78—79, 81, 83, 85.

Поступила 14 декабря 1989 г.

УДК 621.923.4 : 621.921.34 : 674-41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ЗАСАЛИВАНИЕ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

А. В. АЛФИМОВ, В. Г. МАЛОГОЛОВЕЦ, В. В. ОГОРОДНИК,
Л. А. ФЕДОСЕЕВ

Институт сверхтвердых материалов АН УССР

Одной из причин ухудшения работоспособности шлифовального инструмента, а в ряде случаев полной потери режущих свойств при шлифовании древесных материалов является засаливание абразивосодержащего слоя инструмента продуктами обработки.

Известно, что необходимая предпосылка для нормальной работоспособности шлифовального инструмента — свободное размещение срезаемой стружки в межзерновом пространстве, которое обеспечивается следующим условием [3]:

$$k_v = \frac{Q_{\text{стр}}}{Q_{\text{м.з}}} < 1, \quad (1)$$

где k_v — коэффициент заполнения межзернового пространства;
 $Q_{\text{стр}}$ — объем стружки, снятой инструментом за один оборот

$$Q_{\text{стр}} = \frac{\pi D u S t}{v}; \quad (а)$$

$Q_{\text{м.з}}$ — объем пространства между зернами алмазоносного слоя инструмента

$$Q_{\text{м.з}} = \pi D S h_v - N q_v. \quad (б)$$

В формулах (а) и (б) обозначено:

D — диаметр инструмента;

u — скорость продольной подачи;

v — скорость резания;

S — ширина обработки;

t — глубина резания;

h_v — средняя величина выступания алмазных зерен над связкой, в данном случае ее принимали равной половине средневзвешенного кубического размера алмазного зерна $0,5 d_{\text{с.п}}$ (для зернистостей 800/630, 630/500 и 400/315 значения $d_{\text{с.п}}$ соответственно равны 0,715, 0,561 и 0,354 мм [9]);

q_v — объем алмазного зерна, выступающего над связкой; в данном случае $q_v = 0,5 q$ — объема алмазного зерна [1], его рассчитанные значения приведены в таблице;

N — число зерен данной зернистости на площади рабочей поверхности инструмента.

$$N = \frac{\pi D S n \xi}{100}.$$

Здесь n — число алмазных зерен на единице площади рабочей поверхности инструмента — 100 мм²;

Коэффициент заполнения межзернового пространства стружкой
и температура в зоне резания при шлифовании древесностружечных плит
(ДСП)

Зерни- стость алмазного порошка <i>a</i>	Режимы обработки			<i>n</i> , шт.	<i>q_B</i> , мм ³	<i>k_v</i>	θ, К ξ
	<i>v</i> , м/с	<i>u</i> , м/с	<i>t</i> , мм				
800/630	50	0,4	1,8	125	0,083	0,046	506
	50	0,26	1,2			0,020	491
	50	0,13	0,6			0,005	479
	30	0,4	1,8			0,077	529
	30	0,26	1,2			0,033	507
	30	0,13	0,6			0,008	499
	10	0,4	1,8			0,231	627
	10	0,26	1,2			0,100	603
	10	0,13	0,6			0,025	577
630/500	50	0,4	1,8	206	0,043	0,060	559
	50	0,26	1,2			0,026	541
	50	0,13	0,6			0,007	515
	30	0,4	1,8			0,100	549
	30	0,26	1,2			0,043	521
	30	0,13	0,6			0,011	505
	10	0,4	1,8			0,300	669
	10	0,26	1,2			0,130	659
	10	0,13	0,6			0,032	633
400/315	50	0,4	1,8	287	0,012	0,090	593
	50	0,26	1,2			0,038	545
	50	0,13	0,6			0,010	529
	30	0,4	1,8			0,148	569
	30	0,26	1,2			0,064	545
	30	0,13	0,6			0,016	529
	10	0,4	1,8			0,444	679
	10	0,26	1,2			0,192	649
	10	0,13	0,6			0,048	631

ξ — отношение площади алмазных площадок к общей площади рабочей поверхности (для алмазного инструмента с прерывистой поверхностью алмазного слоя для обработки древесных материалов величина ξ составляет 0,4 ... 0,5 [6]).

Подставив в уравнение (1) выражения (а) и (б), получим:

$$k_v = \frac{ut}{v(h_B - 10^{-2} n \xi q_B)} \quad (2)$$

Исследование степени заполнения межзернового пространства и ее влияние на засаливание абразивосодержащей поверхности проводили при шлифовании кругами, рабочая поверхность которых оснащена синтетическими алмазами марки АС15 зернистостью *a* — 800/630, 630/500 и 400/315, закрепленными в один слой электроосажденным никелем на 0,5 размера зерна, на следующих режимах резания: *v* — 10, 30 и 50 м/с; *u* — 0,13, 0,26 и 0,4 м/с; *t* — 0,6, 1,2 и 1,8 мм. Обрабатываемым материалом служили образцы ДСП П-2Т (ГОСТ 10632—77), березы и сосны шириной 30 мм.

Полученные по уравнению (2) величины *k_v* для различных режимов обработки ДСП приведены в таблице. Из данных таблицы следует, что условие *k_v* < 1 выполняется для всех исследуемых режимов обработки. Заполнение межзернового пространства стружкой в среднем не превышает 10 %, а для режимов обработки (*v* = 10 м/с; *u* = 0,4 м/с; *t* = 1,8 мм) коэффициент *k_v* для круга зернистостью 800/630 достигает 0,23, для круга зернистостью 630/500 *k_v* = 0,30 и для 400/315 — *k_v* = 0,44.

Из параметров режима обработки наибольшее влияние на коэффициент заполнения межзернового пространства оказывает скорость резания.

Однако несмотря на то, что условие $Q_{стр} < Q_{м.з}$ выполняется, при определенных режимах резания наблюдается засаливание алмазного слоя режущих элементов рабочей поверхности инструмента. Для выявления причин засаливания одновременно с анализом степени заполнения пространства между зернами срезаемой стружкой исследовали влияние температуры, экспериментальные значения которой, измеренные методом двух встроенных электродов, также приведены в таблице.

Полученные экспериментальные данные показали, что температура в зоне резания определяется, в основном, величиной зернистости алмазных зерен, скоростью и глубиной резания и, как правило, не превышает 520...540 К, но при режимах обработки, когда k_v достигает 0,3...0,4, повышается в зоне резания до 670...680 К. При $\theta \leq 510...520$ К явление засаливания инструмента не наблюдается. Засаливание происходит при повышении температуры до 570 К и больше.

Следовательно, можно ожидать, что причиной засаливания алмазно-абразивного инструмента при обработке древесных материалов являются обусловленные повышением температуры в зоне резания структурные превращения в поверхностном слое обрабатываемого материала и в стружке, заполняемой межзерновое пространство.

Для подтверждения этого предположения были проведены исследования структурно-чувствительными методами (дифференциально-термический анализ (ДТА), инфракрасная спектроскопия) образцов сосны, березы и ДСП и продуктов засаливания (ПЗ) инструмента.

Исследования методом ДТА выполнены на дериватографе Q-1500Д по общепринятой методике на образцах в виде порошков, полученных при измельчении стружки исходных древесных материалов и механически удаленных из межзернового пространства круга ПЗ, образующихся при режимах обработки с температурой в зоне резания больше 570 К.

Результаты приведены на рис. 1. Кривые ДТА образцов исходных древесных материалов характеризуются двумя экзотермическими эффектами в температурных интервалах 430...630 К и 630...760 К.

Первый экзотермический эффект соответствует температурам, при которых уже возможно засаливание инструмента. В случае исходного обрабатываемого материала (рис. 1, а) он может быть обусловлен двумя процессами. Во-первых, в этом температурном интервале происходит разложение нецеллюлозных полисахаридов и экстрактивных веществ. Кроме того, при температуре ~ 500 К уже возможна деструкция целлюлозы [11]. Основными продуктами этих процессов являются вода (до 28 %), летучие газы (CO_2 , CO) и углеводороды (10 %), а также смолы (~ 13 %). Во-вторых, при температуре ~ 470 К происходит размягчение лигнина [7].

Второй экзотермический эффект на кривых ДТА может быть обусловлен окислительной и термической деструкцией лигнина, выражающейся в отщеплении метоксильных групп с образованием ароматических карбонильных соединений и карбоновых кислот. Дублетность второго пика на кривой ДТА березы (660 и 680 К) связана, по-видимому, с тем, что лиственный лигнин содержит метоксильные группы ($-OCH_3$) преимущественно синрингильного типа, тогда как в хвойном лигнине осуществляется, в основном, гваяцильный тип связи.

Анализ кривых ДТА ПЗ (рис. 1, б) в рамках выполненной интерпретации приводит к следующему выводу. ПЗ (как для сосны, так и для березы) состоит, в основном, из лигнина (интенсивный экзотермический эффект при 670 К). Количество исходной древесины в ПЗ незначительно (слабая структура в интервале 500...600 К). Особенности кривых ДТА ПЗ при $\theta > 700$ К можно объяснить дальнейшей карбонизацией лигнина и переходом образцов в коксообразное состояние. В слу-

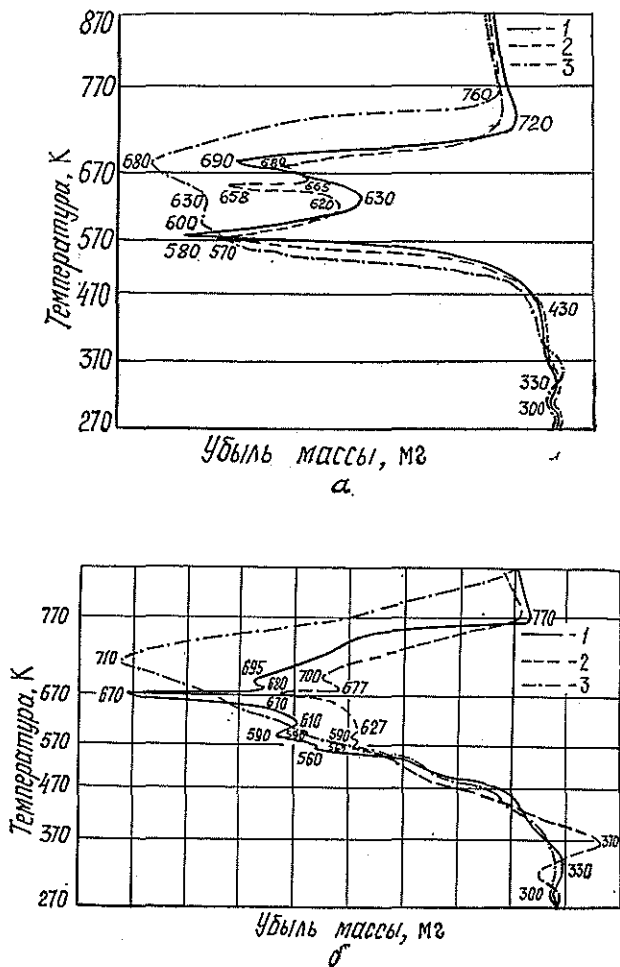


Рис. 1. Кривые ДТА исходного материала (а) и продукта засаливания (б): 1 — сосны; 2 — березы; 3 — ДСП

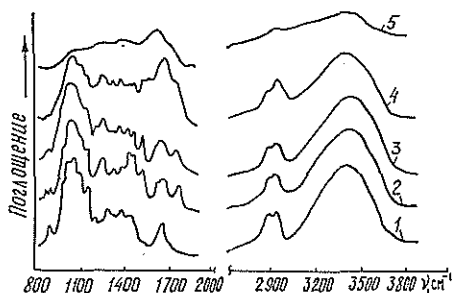
чае ДСП кривые ДТА менее контрастны, что связано со сложным составом ДСП по типу древесных пород и особенностями технологии изготовления плит.

ИК-спектроскопические исследования были выполнены на спектрофотометре UR-20 на порошковой методике КВг-таблеток (1 мг исследуемого вещества на 300 мг КВг). Порошки исходных материалов в виде мелких опилок и ПЗ, выделенных с инструмента и предварительно раздробленных, сушили в сушильном шкафу (300 К, 2 ч) и затем измельчали в идентичных условиях в электровибрационной шаровой мельнице до требуемой зернистости.

Спектры ИК-поглощения образцов березы, сосны и продуктов засаливания круга при обработке ДСП для двух режимов приведены на рис. 2. Для сравнения здесь показан также спектр чистой технической целлюлозы (спектр 1).

В структурном отношении целлюлоза (один из основных компонентов древесины) насыщена эфирными связями, что обуславливает интенсивное поглощение в спектральном районе $1\ 000 \dots 1\ 200\ \text{см}^{-1}$ [4]. Чистая целлюлоза практически не содержит карбонильных и карбоксильных групп [4, 8], поэтому в спектре отсутствует поглощение при $\nu > 1\ 700\ \text{см}^{-1}$. Полоса при $1\ 640\ \text{см}^{-1}$ обусловлена деформацион-

Рис. 2. Спектры ИК-поглощения: 1 — целлюлозы; 2 — березы; 3 — сосны; 4 — продукта засаливания ДСП; 5 — продуктов засаливания ДСП при интенсивных прижогах на рабочей поверхности инструмента и обрабатываемой поверхности материала



ными колебаниями ОН-групп адсорбированной влаги. Полосы при 1 330, 1 380 и 1 440 см^{-1} связаны с различного типа деформационными колебаниями О—Н и С—Н [4].

Наличие в натуральной древесине, кроме целлюлозы, лигнина и экстрактивных веществ приводит к появлению в спектрах ИК-поглощения характерных особенностей, связанных с присутствием ароматических структур. Так, в спектрах 2 и 3 появляются полосы 1 515 и 1 610 см^{-1} , относящиеся к скелетным колебаниям бензольного кольца; полосы при 1 660 и 1 700 см^{-1} обусловлены валентными колебаниями карбонильных групп несопряженных кетонов и карбоксильных групп [2, 5, 7, 8]. Интенсивность отмеченных полос поглощения становится преобладающей в спектре ПЗ (спектр 4), что качественно согласуется с выводом ДТА об обогащении вещества, содержащегося в межзерновом пространстве инструмента, лигнином и ароматическими производными его деструкции. Спектр 5 на рис. 2 соответствует в значительной степени карбонизированному полимеру, содержащему большое количество сопряженных двойных углеродных связей (1 620 см^{-1}) [5].

На основании данных, полученных методами ДТА и ИК-спектроскопии, процесс засаливания алмазно-абразивного инструмента при обработке древесных материалов можно представить следующей схемой. При достижении температуры в зоне резания 470... 500 К начинается дегидратация мономерных полисахаридов, целлюлоз, разложение гемицеллюлозы и экстрактивных веществ на летучие и жидкие компоненты, происходит размягчение лигнина. Размягченный лигнин как всякий полимерный материал становится липким и склонным к ауто-



Рис. 3. Фрагмент засаленного участка алмазопосного слоя инструмента

адгезии [7]. Это приводит к тому, что срезанная стружка уже не удаляется из межзернового пространства.

Присутствие жидких компонентов продуктов разложения гемицеллюлозы, в частности воды, приводит к понижению пороговой температуры размягчения лигнина и относительному увеличению его адгезионной способности. Межзерновое пространство круга быстро заполняется желеобразным веществом в полурасплавленном состоянии, что подтверждается данными электронномикроскопических топограмм алмазосодержащих площадок рабочей поверхности инструмента (рис. 3).

На рис. 3 изображено алмазное зерно в окружении остывшей массы высокомолекулярного соединения, заполнившего межзерновое пространство. Наблюдающийся зазор между зерном и окружением объясняется сокращением объема полимерной матрицы при твердении в процессе охлаждения алмазного круга.

По мере увеличения степени заполнения межзернового пространства отходами обработки древесины трение в зоне обработки возрастает, что ведет к дальнейшему повышению температуры. При достижении температуры обработки 650 К начинается разложение вещества, заполняющего межзерновое пространство, образование ароматических структур с сопряженными двойными связями, полный разрыв одинарных С—О и С—С связей и зарождение микроструктуры карбонизированного полимера [10]. Обработка древесных материалов при таких высокотемпературных режимах сопровождается прижогами как на обрабатываемой поверхности, так и на рабочей поверхности самого инструмента.

Результаты исследований можно использовать при выборе оптимальных режимов обработки древесных материалов алмазно-абразивным инструментом, а также при разработке методов восстановления работоспособности инструмента от продуктов засаливания (очистка).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бакуль В. Н. Число зерен в одном карате — одна из важнейших характеристик алмазного порошка // Синтетические алмазы.— 1976.— Вып. 4.— С. 22—27. [2]. Бранд Д., Эглингтон Г. Применение спектроскопии и органической химии.— М.: Наука, 1967.— 280 с. [3]. Гончар А. Л. Исследование процесса жесткого шлифования и некоторых структурных особенностей калибровально-шлифовальных станков для обработки деталей из древесины: Автореф. дис... канд. техн. наук.— Л., 1977.— 19 с. [4]. Кленкова Н. И. Структура и реакционная способность целлюлозы.— Л.: Наука, 1976.— 368 с. [5]. Когосов Л. П., Малоголовец В. Г. Отверждение связующего СФП-012А в условиях изготовления алмазно-абразивного инструмента на органической связке.— Киев, 1975.— 14 с.— Деп. в ВИНТИ 15.11.85. № 7943-6. [6]. Крупногабаритный алмазный инструмент для обработки древесно-полимерных материалов / Л. А. Федосеев, О. А. Диденко, В. К. Луцок и др. // Сверхтвердые материалы.— 1987.— № 4.— С. 35—37. [7]. Лигнины / Под ред. К. В. Сарканена, К. Х. Людвига.— М.: Лесн. пром-сть, 1975. [8]. Никитин В. М., Оболонская А. В., Щеголев В. П. Химия древесины и целлюлозы.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— 368 с. [9]. Справочник по алмазной обработке металлорежущего инструмента / В. Н. Бакуль, И. П. Захаренко, Я. А. Кунин, М. З. Мильштейн.— Киев: Техника, 1971.— 208 с. [10]. Структурная химия углерода и углей / Под ред. Касаточкина.— М.: Наука, 1969.— 307 с. [11]. Химия древесины / Под ред. Б. А. Браунинга.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— 415 с.

Поступила 30 марта 1989 г.

УДК 630*812.71

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА ПРИ ИЗГИБЕ ДРЕВЕСИНЫ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Проблема влияния размеров образцов на их физико-механические показатели имеет важное значение в деле прочностной сортировки пиломатериалов, при расчете элементов деревянных конструкций, при нормировании показателей продукции.

Можно считать доказанным, что при растяжении и сжатии различных материалов, в том числе древесины, всегда проявляется основная особенность масштабного фактора — снижение прочности и модуля упругости образцов с увеличением их объема (или размера поперечного сечения). Например, при статическом нагружении металла снижение прочности зависит от его структуры и размеров образцов. При увеличении диаметра образца от 10 до 100 мм снижение прочности составляет: для легированной стали 10 %, для модифицированного чугуна — 25 %, для серого чугуна — 55 % [1]. Объясняется это тем, что вероятность дефектов в большом образце выше, чем в малом. Более прочные материалы менее чувствительны к масштабному фактору, чем материалы с дефектами строения на различных уровнях структуры.

Работы зарубежных и отечественных авторов, в частности Ю. С. Соболева [3] показали, что древесина также чувствительна к масштабному фактору, поскольку отличается большой неоднородностью строения. Зависимость пределов прочности от размеров поперечного сечения образца выражается уравнением Вейбулла

$$y = Ax^{-k}, \quad (1)$$

где A — показатель при площади поперечного сечения образца для $x = 1$;

k — коэффициент, учитывающий степень неоднородности материала.

В частности, при статическом изгибе предел прочности

$$\sigma_{изг} = 96,4 (bh)^{-0,12} \text{ Н/мм}^2, \quad (2)$$

а модуль упругости (при 4-точечной схеме нагружения)

$$E = 11,25 (bh)^{-0,0338} \text{ кН/мм}^2. \quad (3)$$

В формулах (2), (3) площадь поперечного сечения bh выражена в см^2 (b — ширина образца; h — толщина).

Из результатов, полученных в опытах при строгом соблюдении всех видов подобия, неясно, как влияет длина пролета l на показатели прочности и упругости древесины при изгибе. Зависимости (2), (3) получены при $l/h = 12$. С учетом сказанного важно изучить влияние всех трех размеров образца l , b , h на предел прочности и модуль упругости древесины при изгибе. При этом, на наш взгляд, следует исходить из следующих предположений.

1. При оценке масштабного фактора целесообразно учитывать не площадь поперечного сечения образца, а его объем.

2. Необходимо делать различие между схемами испытания на изгиб.

При самой простой 3-точечной схеме изгиба в зоне максимального изгибающего момента действуют как нормальные, так и касательные напряжения, что особенно важно учитывать при определении модуля упругости на малых пролетах. Расчетная формула в этих условиях принимает вид [4]

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta f} \frac{l^3}{4bh^3} \left(1 + k_1 \frac{E}{G} \frac{h^2}{l^2} \right), \quad (4)$$

где Δf — приращение прогиба при заданной нагрузке ΔP ;
 k_1 — коэффициент неравномерности распределения касательных напряжений;
 E — модуль упругости;
 G — модуль сдвига.

При 4-точечной схеме нагружения прогибы замеряют в зоне чистого изгиба, поэтому здесь поправка на действие касательных напряжений не требуется.

Для самой распространенной 3-точечной схемы изгиба необходимо учитывать два проявления масштабного фактора: снижение показателей прочности и упругости при увеличении объема образца и повышение этих показателей при возрастании l/h . Влияние масштабного фактора можно выразить обобщенной функцией

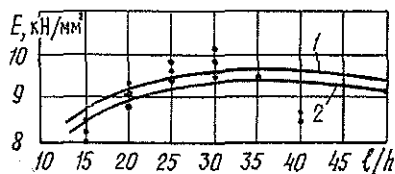
$$y = y_1 x^{-k} \left(1 - c \frac{h^2}{l^2} \right). \quad (5)$$

Здесь y_1 — показатель при объеме образца $x_1 = lbh = 1$.

Коэффициенты k и c в этой формуле имеют определенный физический смысл. Коэффициент k есть мера структурной неоднородности материала, т. е. показатель, который должен зависеть от плотности древесины. Коэффициент c должен быть более стабильной величиной, так как зависит от безразмерного отношения E/G и характера распределения касательных напряжений в поперечном сечении образца.

Для проверки зависимости (5) нами проведены экспериментальные и теоретические исследования. Влияние размеров изделия на его модуль упругости изучали на сосновом образце 100×50 мм влажностью 10...12%. При начальной толщине образца 50 мм модуль упругости определяли при различных пролетах ($l/h = 15 \dots 50$) для 3-точечной схемы нагружения. Образцы изгибали по обеим пластям, снимая по четыре замера за каждую установку. Значение модуля упругости для данных l и h находили как среднее арифметическое из 8 измерений с очень малым коэффициентом вариации (2...5%). После испытаний на образце с начальной толщиной 50 мм его строгали равномерно с двух сторон до толщины 40 мм, и весь цикл испытания повторяли, затем толщину уменьшали до 30 и 20 мм.

Все образцы были прямослойными, не содержали видимых пороков древесины. Расположение годовых слоев в направлении действия изгибающей силы менялось от радиального до полурадиального.



Зависимость модуля упругости при изгибе от отношения l/h :
 1 — $h = 20$ мм; 2 — $h = 50$ мм

Результаты испытаний представлены на рисунке. Уравнение связи имеет вид $E = a - cz$ (где $z = h^2/l^2$). После определения коэффициентов a и c получено:

$$E = 9,71 - 283,9h^2/l^2$$

или

$$E = 9,71 (1 - 29,2h^2/l^2) \quad (6)$$

при коэффициенте корреляции $r = -0,636$ и критерии Стьюдента $t = 3,19$ (табличное значение 2,15).

По данным, приведенным в работе [4], имеем:

$$E = 11,3 (1 - 26,9h^2/l^2) \quad (7)$$

при коэффициенте корреляции $r = -0,873$.

Зависимость для предела прочности при изгибе, по данным работы [4], имеет вид:

$$\sigma_{\text{изг}} = 85,7 - 1152h^2/l^2 \quad \text{при } r = -0,68$$

или

$$\sigma_{\text{изг}} = 85,7 (1 - 13,4h^2/l^2). \quad (8)$$

Для нахождения коэффициента неоднородности k воспользовались данными Ю. С. Соболева [3] и выражали E и $\sigma_{\text{изг}}$ в зависимости от объемов образца $x = lbh$, мм³. Коэффициенты A и k функции $y = Ax^{-k}$ находили методом наименьших квадратов. Отсюда получили

$$E = 11,89x_1^{-0,027} (r = -0,954); \quad (9)$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 277,4x_1^{-0,11} (r = -0,995). \quad (10)$$

Уравнения, учитывающие параметры x_1 и h/l , найдены из зависимостей (6), (8)—(10):

а) для результатов из работы [2]

$$E = 16,0x_1^{-0,027} (1 - 26,9h^2/l^2); \quad (11)$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 379,3x_1^{-0,11} (1 - 13,15h^2/l^2); \quad (12)$$

б) для вновь выполненного эксперимента

$$E = 14,6x_1^{-0,027} (1 - 29,2h^2/l^2). \quad (13)$$

Сравнение этих теоретических зависимостей с экспериментальными дает хорошее совпадение: коэффициенты корреляции составили соответственно 0,883; 0,768 и 0,623 при критериях Стьюдента существенно выше табличных значений. Уравнение (13), графически представленное на рисунке, позволяет объяснить наличие экстремума графика $E(l/h)$. При увеличении расстояния между опорами и при прочих постоянных размерах сначала сказывается довольно существенное влияние поперечной силы, которое постепенно исчезает, и остается только довольно умеренное влияние возрастания объема образца при повышении его длины.

Итак, выполненная работа позволяет рекомендовать для практического пользования зависимость (5), где коэффициент k при определении модуля упругости хвойной древесины составляет примерно 0,027, а при вычислении предела прочности — примерно 0,11. По своей физической сути этот коэффициент должен зависеть от плотности древесины, и данный вопрос еще требует экспериментального изучения. При изгибе по 3-точечной схеме коэффициент c при определении модуля упругости составляет 26...29, а при вычислении предела прочности — примерно 13,1. При изгибе по 4-точечной схеме данной поправки не требуется.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Батурин А. Т., Панин Б. Б., Ицкович Г. М., Чернин И. М. Детали машин.— 5-е изд.— М.: Машиностроение, 1971.— 466 с. [2]. Волынский В. Н.

О масштабном факторе при испытаниях древесины на изгиб // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1984.— № 4.— С. 69—74. [3]. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал.— М.: Лесн. пром-сть.— 1979.— 249 с. [4]. Уголев Б. Н., Михайличенко А. Л. Влияние поперечной силы на величину модуля упругости древесины при испытании на статический изгиб // Деревообаб. пром-сть.— 1962.— № 10.

Поступила 15 декабря 1989 г.

УДК 621.79 : 621.935

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЫКОВОЙ ЭЛЕКТРОСВАРКИ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРМИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

И. А. БЕСПРОЗВАННЫЙ, А. А. НАСТЕНКО, С. Я. ПАНФИЛОВА

Институт электросварки, Архангельский лесотехнический институт
УкрНИИспецсталь

Для соединения дерево- и металлорежущих ленточных пил широко используют контактную стыковую сварку сопротивлением и оплавлением [3, 5, 6]. Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением более прогрессивна, чем сварка сопротивлением, не требует точной подгонки торца полотна, обеспечивает более равномерный нагрев и условия для предохранения зоны сварки от окисления за счет обочочки жидкого металла [2]. Но наряду с преимуществами электроконтактная сварка оплавлением имеет недостатки, так как не всегда обеспечивает надежность соединения. При эксплуатации пилы возможно возникновение трещин в зоне сварки и, как следствие, аварийное разрушение.

В связи с применением многопильных станков и узлов резания требования к надежности соединения ленточных пил возрастают, что обусловлено также реализацией тенденции к повышению их натяжения.

Образование соединений при стыковой сварке оплавлением — сложный физико-механический процесс. Важные факторы этого процесса — нагрев материала и условия протекания пластической деформации. В ряде случаев оптимальный нагрев — необходимая, но недостаточная предпосылка получения доброкачественных соединений. Это в большей мере зависит от процесса пластической деформации при осадке.

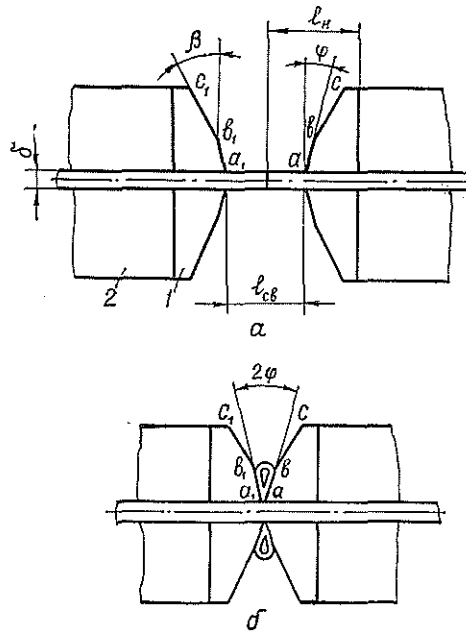
В институте электросварки (ИЭС) разработан способ стыковой сварки с применением формирующих устройств [1]. Такой способ позволяет управлять объемным напряженным состоянием, характером пластической деформации при осадке и, следовательно, существенно влиять на свариваемость металлов и качество соединений. Чем ближе механическая схема пластической деформации к условиям всестороннего объемного сжатия, тем больше уплотняется металл, залечиваются микронесплошности в нем, измельчается и улучшается структура.

Формирование осуществляется с помощью зажимов, которые имеют специальные устройства 1, закрепленные в токопроводящих электродах 2 (рис. 1). Эти устройства изготавливают из жаропрочной стали или металлокерамических материалов.

После достаточного нагрева концов изделий (в процессе оплавления) резко включается осадка, при которой интенсивно деформируется объем металла между формирующими частями 1. Деформация металла носит характер вязкого течения (подобно экструзии), за счет чего в конечный период осадки в зоне соединения возникает напряженное состояние, приближающееся к всестороннему объемному сжатию. Данная схема деформации создает наиболее благоприятные условия для образования полноценных монолитных соединений.

Ширина тормозящей плоскости $a-b$ (см. рис. 1) зависит от размера изделий, рода металла и скорости осадки. Для исключения излишних усилий осадки указанная плоскость должна переходить под углом β в плоскость $b-c$ свободного течения. В процессе осадки кромки формирующих частей $a-a_1$ сходятся и подрезают выдав-

Рис. 1. Схема контактной стыковой сварки с формированием соединения: φ — угол формирования; β — угол истечения; l_n — припуск на нагрев; $l_{св}$ — припуск на сварку; a — исходное положение свариваемых деталей; b — положение деталей в конце сварки



ленный в периферию металл. Свариваемость и качество соединений обуславливаются интенсивностью пластических деформаций. При осадке с формированием интенсивность истечения металла в периферию в 2,8 раза выше, чем при свободной осадке. Такой интенсивностью деформаций при сварке с формированием объясняется возможность обеспечения более высокого и стабильного качества соединений [4].

Установлено, что при сварке высокопрочных сталей на оптимальных режимах с применением формирующих устройств усилия осадки возрастают на 20...25% по сравнению со сваркой без формирования. Первоочередная задача при выполнении технологии сварки в формирующих устройствах — необходимость управлять сварочным током. При сварке тонких лент и пил осадка под током должна продолжаться несколько периодов, малейшая задержка выключения тока вызывает разрушение кромок формирующих частей. Сварочный трансформатор необходимо располагать в машине так, чтобы ось его токопроводов была расположена симметрично оси свариваемых полос для получения равномерного по сечению нагрева свариваемых изделий.

Влияние принудительного формирования на механические свойства и структуру соединений исследовали при сварке оплавлением высокопрочных сталей 7Н2МФА и 9ХФ (ГОСТ 5950—73), характеризующихся как трудносвариваемые.

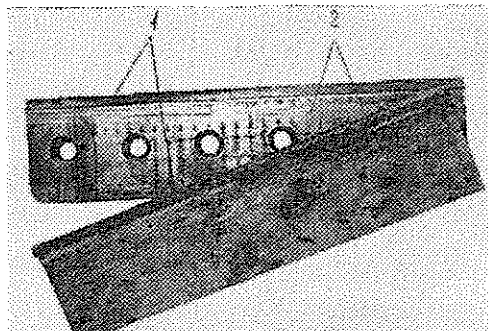


Рис. 2. Формирующие части 1, закрепленные на токоподводящих электродах 2 стыкосварочной машины К-274 М

Таблица 1
Оптимальные режимы сварки ленточных пил контактной стыковой сваркой оплавлением

Способ контактной сварки	Марка стали	Установочная длина, мм		Припуск на осадку, мм	Скорость, мм/с				Давление осадки, кг/см ² / МПа	Скорость осадки, мм/с	Плотность тока при осадке, А/мм ²	Продолжительность сварки, с
		общая L _{об}	конечная L _к		на-чальная оплавления v _{II}	греющая v _I	1-я пред-осадочная v _{р1}	2-я пред-осадочная v _{р2}				
Без формирования	7Н2МФА	22...23	7,2	1,4	1,2	4,2	200	100	50	7...8		
	9ХФ	22...23	7,2	1,5	1,4	5,2	200	100	45	7...8		
С формированием	7Н2МФА	22...25	0,5	8,6	1,1	4,2	400	100	50	7...8,5		
	9ХФ	22...25	0,5	9,2	1,2	4,2	400	100	45	7...8,5		

риферию. В зоне соединения остается в определенной мере упрочненный металл, который не подвергался высокому нагреву.

Так, например, при сварке лент из стали 9ХФ твердость зоны соединения (состоящей из смеси переходных троостито-сорбитных структур при сварке с формированием) до термической обработки равна $HRC_3 = 55 \dots 58$.

При обычной сварке оплавлением зона соединения имеет структуру крупноглычатого мартенсита с твердостью HRC_3 , 61...65 при твердости основного металла HRC_3 , 43...47. В первом случае, благодаря минимальной зоне термического влияния и большей интенсивности пластической деформации, исходная структура позволяет существенно повысить прочность и пластичность соединения по сравнению с обычной сваркой.

Стальные полосы из ленточных пил (толщиной 1,6 мм и шириной 200 мм) сваривали на стыковарочной машине К-274М [6], разработанной в ИЭС и обеспечивающей оптимальные режимы сварки оплавлением с использованием формирующих устройств (рис. 2) и без них. Сварку выполняли непрерывным оплавлением на оптимальных режимах, полученных с помощью математического планирования эксперимента (табл. 1). С уменьшением толщины свариваемых лент плотность тока увеличивается.

Исследуемые сварные соединения после сварки и удаления сварочного грата термически обрабатывали в этой же машине отпуском при электронагреве сопротивлением. Температура нагрева стали 9ХФ и 7Н2МФА — соответственно до 600...680 °С в течение 60...70 с и до 700...720 °С в течение 70...90 с.

Исследования показали, что при сварке оплавлением лент из высокопрочных сталей на оптимальных режимах при свободной осадке, а тем более с формированием в большинстве случаев обеспечиваются статическая прочность и пластичность соединений на уровне 80...95 % прочности и пластичности основного металла. Однако механические свойства сварных соединений, выполненных в формирующих устройствах, выше, а зона термического влияния в 4...6 раз меньше, чем у соединений, полученных со свободной осадкой. Это объясняется тем, что при сварке с формированием в конце осадки металл, нагретый до отключения тока, в основном выдавливается в пе-

Таблица 2

Механические свойства сварных соединений лент,
полученных контактной стыковой сваркой оплавлением

Способ контактной сварки	Марка стали	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение σ , %
Без формирования	7Н2МФА	1 200	950	7
» »	9ХФ	1 250	900	6
С формированием	7Н2МФА	1 300	1 100	12
» »	9ХФ	1 350	1 090	10

В табл. 2 приведены механические свойства соединений, выполненных в формирующих устройствах и без них.

Исследуемую технологию контактной сварки с формированием соединения целесообразно использовать при сварке высокопрочных текстурированных металлов. При оптимальных режимах сварки она позволяет сохранять текстуру прокатки основного металла, о чем свидетельствует строчное расположение карбидов в зоне соединения. В соединениях, полученных по традиционной технологии, текстура металла нарушена. В первом случае соединения имеют плотную монолитную структуру, линия соединения практически неразличима, во втором она отчетливо видна.

Таким образом, повышение механических свойств сварных соединений пил и лент, выполненных контактной стыковой сваркой оплавлением в формирующих устройствах, по сравнению с обычной сваркой, объясняется более интенсивной направленной пластической деформацией и позволяет использовать полученные сварные соединения в условиях высоких динамических и знакопеременных нагрузок.

Сварка с формированием соединения пил и лент из высокопрочных сталей дает плотные монолитные соединения, сохраняя текстуру прокатки основного металла, что подтверждает положительное влияние направленной деформации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 495174 СССР, МКИ² В 23 К 11/04. Способ контактной стыковой сварки / Г. П. Сахацкий, В. К. Лебедев, Р. М. Широковский и др.—Опубл. 15.12.75, Бюл. № 46. [2]. Кабанов Н. С., Слепак Э. Ш. Технология стыковой контактной сварки.—М.: Машиностроение, 1970.—264 с. [3]. Настенко А. А. Подготовка ленточных пил.—М.: Лесн. пром-сть, 1989. [4]. Сахацкий Г. П., Бутник А. П. Свойства соединений, выполненных стыковой сваркой в формирующих устройствах // Автомат. сварка.—1972.—№ 4.—С. 56—58. [5]. Сахацкий Г. П., Попов А. Н., Хлыстиков Г. Я. Контактная стыковая сварка и термическая обработка ленточных пил // Автомат. сварка.—1966.—№ 6.—С. 60—64. [6]. Технология и машина К-274М для сварки ленточных пил сечением 100...900 мм² / Р. М. Широковский, И. А. Беспрозванный, Ф. К. Пархун и др.—Киев, 1988.—2 с.—(Информ. письмо / АН УССР. Ин-т электросварки; № 32).

Поступила 5 мая 1989 г.

УДК 674.812

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ТЕПЛОВЫЙ РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ ИЗ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ РОЛИКОВЫХ СУШИЛОК

А. В. АПОСТОЛ, Л. Ф. ЯНИН

Воронежский лесотехнический институт
Воронежский технологический институт

В деревообрабатывающей промышленности для сушки строганого шпона широко используют роликовые сушилки. Подача шпона в сушилки осуществляется вращающимися роликами, опорами которых служат шариковые подшипники № 205. На одну сушилку расходуют более 500 шт. подшипников.

Высокие температуры в сушилках отрицательно влияют на работу шариковых подшипников, что приводит к аварии и вынужденным простоям сушилок. Расчетами установлено, что максимальное давление на подшипник ролика сушилки не превышает 0,9 МПа, а скорость скольжения — 0,025 м/с, что значительно меньше допустимых значений для подшипников из прессованной древесины (ДП).

На Нововятском лыжном комбинате шариковые подшипники заменяли подшипниками скольжения из текстолита. Однако текстолит сам по себе дорог и поэтому он был заменен новым более дешевым и прочным материалом — прессованной древесиной. Практика подтвердила высокие эксплуатационные качества подшипников из ДП при использовании их и в узлах трения роликовых сушилок.

Для изготовления таких подшипников используют любую древесину мягких лиственных пород. Прессование заготовок можно осуществлять любым термомеханическим методом, предложенным проф. П. Н. Хухрянским [1, 2]. В результате получают прессованную древесину одноосного (ДПО), контурного сплошного (ДПК), контурного полого (ДПК-И) и других видов прессования.

Наиболее износостойка прессованная древесина торцевого гнуща (ДП-ГТ) и ее разновидности. Подшипники скольжения, изготовленные из такой древесины, могут длительное время работать с минимальным износом, особенно в абразивной среде при обедненной смазке.

Технология изготовления подшипников скольжения из ДП включает следующие операции. Заготовки из ДП (до вытачивания подшипников) высушивают в кипящем машинном масле в течение 1...1,5 ч, после чего на сутки помещают в холодное масло. Пропитка горячим маслом обеспечивает работу подшипников на самосмазке и исключает усушку древесины, а следовательно, проворачивание подшипников в корпусах. Из заготовок вытачивают подшипники с припуском на натяг по внешнему диаметру 0,6...0,7 мм и на зазор по внутреннему диаметру 0,15...0,20 мм. Для улучшения работы подшипника и режима смазки на его внутренней поверхности трения вытачивают канавку 3 × 3 мм, в которую при монтаже закладывают тугоплавкую смазку типа УТВ (рис. 1).

За год работы подшипников из ДП, в узлах трения роликовых сушилок, износ в радиальном направлении не превышал 0,4 мм, что позволило продолжить их дальнейшую эксплуатацию.

Поскольку узлы трения такой конструкции встречаются и в других машинах и агрегатах, то возникает вопрос, можно ли проводить замену подшипников качения на ДП. Для этого необходимо знать температуру в зоне трения.

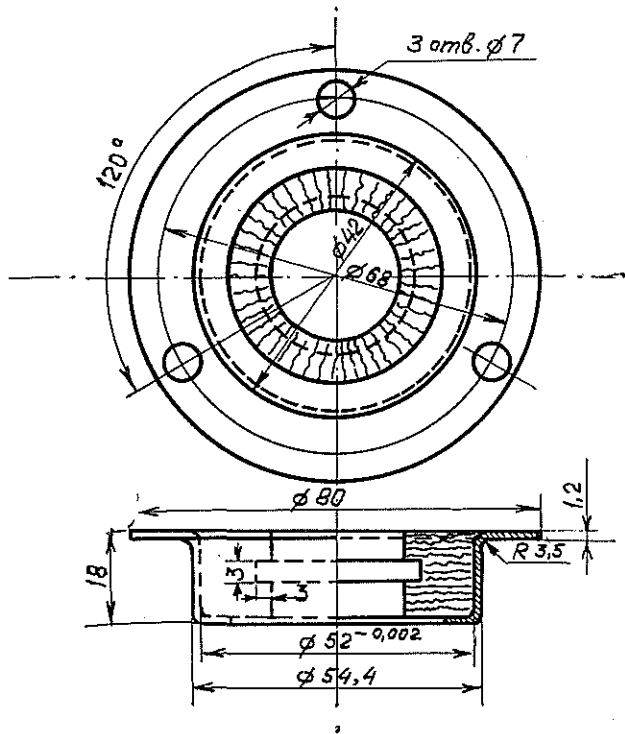


Рис. 1. Подшипник с применением ДП для роликовой сушилки

Анализ работы узлов трения с неметаллическим антифрикционным слоем показывает, что эти узлы трения можно отнести к толстостенным (толщина неметаллического антифрикционного слоя превышает 5 мм) подшипникам скольжения, работающим при ограниченной смазке или без смазки вообще [3].

Для таких узлов трения нами предложен ряд расчетных формул определения следующих величин:

удельной нагрузки, Па

$$p = n\pi a \psi \epsilon \Delta t / v f; \quad (1)$$

скорости скольжения, м/с

$$v = n\pi a \psi \epsilon \Delta t / p f; \quad (2)$$

температуры в зоне трения, °С

$$t_{тр} = t_0 + p v f / n\pi a \psi \epsilon. \quad (3)$$

Сопоставляя величины, полученные расчетным путем, с допустимыми, можно судить о возможности использования ДП в рассматриваемом узле трения.

В формулах (1) — (3) обозначено:

f — коэффициент трения;

n — коэффициент, учитывающий долю тепла, отводимого из зоны трения корпусом подшипника, по отношению к теплу, от-

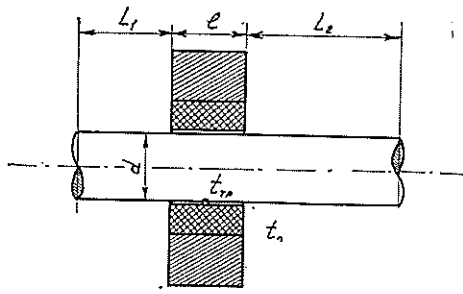


Рис. 2. Принципиальная схема подшипникового узла с неметаллическим антифрикционным слоем

водимому валом ($n = 1,25$ для концевых подшипников, когда $L_1 = 0$ или $L_2 = 0$, и $n = 1,15$ для срединных подшипников, когда $L_1 = L_2$ или $L_1 \neq L_2$);

ψ — степень развитости поверхности вращающегося вала;

α — коэффициент теплоотдачи с поверхности вращающегося вала;

ε — коэффициент, учитывающий распределение температуры по длине вращающегося вала;

$$\phi = F/\pi dl,$$

где $F = \pi d (L_1 + L_2)$ — поверхность вращающегося вала, участвующего в теплообмене с окружающей средой, m^2 (здесь L_1 и L_2 — длина вылета вала от торца подшипника в каждую сторону, м (см. рис. 2));

d — диаметр вала, м;

l — длина втулки из ДП.

$\alpha = Nu \lambda_b/d$ Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$).

где Nu — число Нуссельта, которое при расчетах определяли по уравнениям:

$$Nu = 7,75 Re^{0,1} \text{ для } Re = 2 \cdot 10^3 \dots 1 \cdot 10^3;$$

$$Nu = 0,82 Re^{0,44} \text{ для } Re = 1 \cdot 10^3 \dots 1 \cdot 10^4;$$

$$Nu = 2 Re^{0,34} \text{ для } Re = 1 \cdot 10^4 \dots 2,5 \cdot 10^4.$$

Число Рейнольдса Re определяли по формуле $Re = vd/\nu_b$. Значения коэффициентов теплопроводности λ_b и кинематической вязкости ν_b воздуха принимали по таблицам физических свойств воздуха при температуре воздуха t_0 в районе работы узла трения.

$$\varepsilon = [\text{th}(mL_1) + \text{th}(mL_2)]/m(L_1 + L_2).$$

Здесь $m = \sqrt{4\alpha/\lambda_m d}$ — характеристика вала, $1/m$;

λ_m — коэффициент теплопроводности материала, из которого изготовлен вал, Вт/($m \cdot ^\circ C$).

Формулы (1) — (3) можно использовать не только при выявлении возможности замены металла на неметаллический антифрикционный материал, но и при проектировании новых узлов трения с учетом использования в них текстолита, ДСП и ДП как полноценных конструкционных антифрикционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Апостол А. В. Прессованная древесина.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977.— 76 с. [2]. Огарков Б. И., Апостол А. В. Теория и физическая сущность прессования древесины.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1981.— 84 с. [3]. Хухрянский П. Н., Янин Л. Ф., Куцев Е. И. Исследование температурного режима антифрикционного слоя из прессованной древесины в подшипниках скольжения // Лесн. журн.— 1965.— № 6.— С. 94—105.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 14 сентября 1988 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК [668.472 : 66.061.4 : 630*866] : 678

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРОВ ТЕРПЕНОВ
С МАЛЕИНОВЫМ АНГИДРИДОМ

В. А. ВЫРОДОВ, А. Я. КИПОВСКИЙ, Г. А. СТЕПАНОВА

Ленинградская лесотехническая академия

На Борисовском бумажно-лесохимическом заводе на основе низких сортов скипидара освоен выпуск терпеновых полимеров [1]. Планируется организация производства терпеновых димеров, побочный продукт которых — твердые политерпеновые соединения. Твердые полимеры терпенов представляют собой смесь полимерных соединений с степенью полимеризации от 3 до 6. На сегодняшний день они не нашли достаточно широкого применения в народном хозяйстве [6].

С целью более рационального использования скипидара, расширения ассортимента выпускаемых на его основе продуктов и выбора направлений применения отходов димерного производства авторами настоящей статьи проведены исследования для получения новых высоко-

Таблица 1

Вещества	Показатель	Фактическое значение показателя	
Твердые полимеры терпенов (C ₁₀ H ₁₆) _n , где n = 3—6	Внешний вид	Стеклообразный твердый продукт от светло-желтого до коричневого цвета	
	Плотность при 20 °С, кг/м ³	960	
	Растворимость в воде	Нерастворимы	
	Растворимость в органических растворителях	Этилацетат, метилэтилкетон, 4-хлористый углевод	
	Температура размягчения, °С	70	
	Йодное число	15,2	
	Кислотное число	3,5	
	Твердость пленки по маятниковому прибору, усл. ед.	0,11	
	Время высыхания пленки до степени 3 при 20 °С, ч	Не более 24	
	Массовая доля нелетучих веществ, %	99,1	
	Малеиновый ангидрид (ЧДА) C ₄ H ₂ O ₃ (ГОСТ 5854—78)	Содержание малеинового ангидрида, %	99,8
		Температура кристаллизации, °С	52,3
		Температура плавления, °С	60,0
» кипения, °С		197...199	
» возгонки, °С		202	
Плотность, кг/м ³		934	
Нерастворимые в воде вещества, %, не более		0,002	
Остаток после прокалывания, %, не более		0,001	

кокачественных продуктов на основе твердых политерпеновых соединений.

Одной из наиболее удачных модификаций полимеров терпенов оказалась малеинотерпеновая смола, представляющая собой продукт взаимодействия полимера с малеиновым ангидридом. Как показали результаты испытаний, малеинотерпеновую смолу можно использовать в рецептуре алкидных лаков и комбинированных олиф в качестве заменителя канифоли и пищевых растительных масел.

Для определения оптимальных условий ведения технологического процесса, а именно: температуры, концентрации малеинового ангидрида и продолжительности взаимодействия, — необходимо установить кинетические закономерности реакции взаимодействия полимеров терпенов с малеиновым ангидридом.

В работе использовали твердые полимеры терпенов и малеиновый ангидрид. Характеристика их представлена в табл. 1.

Физико-химические свойства полученной малеинотерпеновой смолы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель смолы	Фактическое значение показателя
Внешний вид	Твердое стеклообразное вещество от светло-коричневого до вишневого цвета, без раздражающего запаха
Иодное число, мг I ₂ /г	5,1
Кислотное число, мг КОН/г	47
Время высыхания пленки до степени 3 при 20 °С, ч	Не более 24
Твердость пленки по маятниковому прибору, усл. ед.	0,12
Массовая доля нелетучих веществ, %	99,00

Из данных табл. 2 видно, что малеинотерпеновая смола обладает хорошими потребительскими свойствами для лакокрасочной промышленности.

Образцы синтезированных препаратов смолы были испытаны на ЛНПО «Пигмент» для изготовления лакокрасочных материалов. Согласно полученному заключению, эти материалы по своему качеству соответствуют уровню стандартной продукции.

Опыты по получению малеинотерпеновой смолы проводили на лабораторной установке, представляющей собой термостатируемый реактор, снабженный обратным холодильником и геометрически подобной мешалкой. Заданную температуру регулировали с помощью контактного термометра с термореле. Для обеспечения более плавного и точного регулирования температуры в схему (между термореле и нагрузкой) подключали автотрансформатор.

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. В реактор помещали навеску твердых полимеров терпенов. При температуре 100 °С включали мешалку и загружали необходимое количество малеинового ангидрида. Затем содержимое реактора разогревали до заданной температуры и выдерживали при этой температуре определенное время. Контроль за реакцией вели по концентрации свободного ангидрида, которую определяли методом газожидкостной хроматографии в водной вытяжке из раствора малеинотерпеновой смолы в этилацетате. Количество свободного малеинового ангидрида выражали в процентах от реакционной массы. Исходное массовое содержание ангидрида в реакционной среде устанавливали равным 9,1 %.

Кинетические кривые реакции взаимодействия твердых полимеров терпенов с малеиновым ангидридом при температуре процесса 130, 150 и 170 °С изображены на рис. 1 и 2. Продолжительность нагрева от 100 °С до заданных значений температуры составляла 10 мин и регулировалась с точностью $\pm 0,5$ мин.

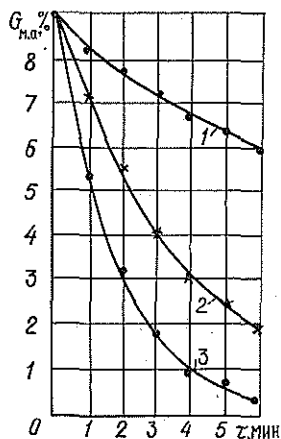


Рис. 1. Изменение массового содержания малеинового ангидрида, %, в зависимости от продолжительности реакции: 1—130; 2—150; 3—170 °С

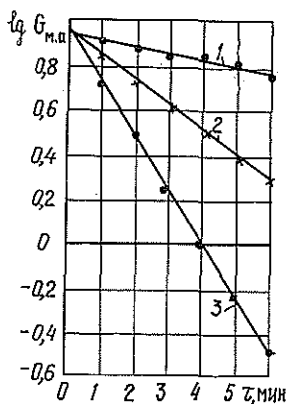


Рис. 2. Логарифмическая зависимость изменения содержания малеинового ангидрида в зависимости от продолжительности реакции: 1—130; 2—150; 3—170 °С

Из рис. 2 видно, что во всех рассмотренных случаях реакция протекает за один основной период с постоянным значением константы скорости.

Содержание твердых политерпеновых углеводов в реакционной смеси несоизмеримо выше малеинового ангидрида, поэтому концентрацию полимеров можно принять за постоянную величину.

Если состояние реакционной смеси в момент времени τ_1 (соответствующее доле превращения малеинового ангидрида ϵ_1) рассматривать как начало новой реакции с начальной концентрацией $A = [A_0] (1 - \epsilon_1)$, то достижение концентрации $\epsilon_2 = 1 - (1 - \epsilon_1)^2$ за время τ_2 эквивалентно проведению новой реакции с начальной концентрацией $[A_0] \times (1 - \epsilon_1)$ до той же глубины превращений ϵ_1 . Следовательно, порядок реакции можно определить по следующей формуле [5, 7]:

$$n = 1 + \frac{\lg \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_1}}{\lg \frac{[A_0]}{[A_0](1 - \epsilon_1)}} \quad (1)$$

В табл. 3 приведены значения порядка реакции n , определенные при разных величинах ϵ_1 .

Таблица 3

ϵ_1	τ_1 , мин	ϵ_2	τ_2 , мин	n
0,4	0,95	0,64	1,88	1,05
0,3	0,61	0,49	1,25	1,13
0,5	1,28	0,75	2,55	1,01

Из данных табл. 3 видно, что все рассмотренные примеры свидетельствуют о прохождении реакции по первому порядку.

Реакцию первого порядка схематично можно представить следующим образом: $A \rightarrow P$, полагая, что в начале реакции ($\tau = 0$) концентрация

ции A и P равны a и 0 соответственно. По истечении некоторого времени τ концентрация P становится равной x , а концентрация A — равной $(a - x)$. Тогда скорость образования P будет составлять

$$\frac{dx}{d\tau} = K(a - x), \quad (2)$$

где K — константа скорости реакции.

Выделив K из уравнения (2) и проведя ряд математических преобразований [7], получаем выражение:

$$K = \frac{1}{\tau} \ln \frac{a}{a - x}. \quad (3)$$

В табл. 4 представлены цифровые значения констант скорости реакции, определенные при разных значениях τ .

Таблица 4

a , %	$(a-x)$, %	τ , мин	K
9,1	5,45	0,95	0,537
9,1	4,55	1,28	0,539
9,1	2,70	2,25	0,538
9,1	1,80	3,00	0,541
9,1	0,90	4,30	0,538

Таблица 5

Температура процесса, °С	K	γ	E , кДж/моль	E_c , кДж/моль
130	0,12	1,5	61	60
150	0,25	1,5	61	60
170	0,54	1,5	61	60

Из данных табл. 4 видно, что с изменением времени константа скорости не меняется и составляет 0,54. Это свидетельствует о том, что реакция на своем протяжении протекает по первому порядку [7].

При определении эффективной энергии активизации использовали уравнение Аррениуса и метод «сечений», позволяющий учитывать энергию как диффузионных процессов, так и химических превращений [2, 4].

В табл. 5 приведены значения условных констант скорости реакции K (при трех значениях температуры), температурного коэффициента γ и эффективной энергии активации, рассчитанной с помощью уравнения Аррениуса (E) и метода «сечений» (E_c).

Из данных табл. 5 видно, что с увеличением температуры процесса условная константа скорости реакции возрастает при температурном коэффициенте 1,5. Полученные двумя способами значения эффективной энергии активации практически идентичны.

На основании вышеизложенного можно предположить протекание реакции в переходной области.

Процесс взаимодействия твердых полимеров терпенов с малеиновым ангидридом ведется при интенсивном кипении реакционной смеси. Поэтому эффективность перемешивания не оказывала сильного влияния на гидродинамические условия проведения реакции.

Для установления оптимальных условий проведения исследуемого процесса были проведены три серии опытов. В связи со сложностью определения содержания свободного ангидрида в твердом полимере контроль за реакцией вели по значению йодного числа I продукта взаимодействия. Йодное число характеризует наличие свободных двойных связей в системе [3], что в данном случае позволяет оценить глубину протекающей реакции.

В первой серии опытов изучали влияние количества малеинового ангидрида на йодное число продукта реакции. Количество малеинового ангидрида изменяли от 2 до 15 % (от массы исходного полимера). Температура процесса составляла 180 °С, продолжительность взаимодействия — 1,5 ч.

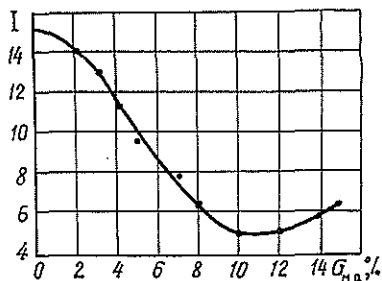


Рис. 3. Зависимость изменения йодного числа продукта реакции от количества малеинового ангидрида при температуре 180 °С и продолжительности процесса 1,5 ч

По экспериментальным данным была построена графическая зависимость (рис. 3), из характера которой видно, что наиболее глубокое прохождение реакции наблюдается при добавлении малеинового ангидрида в количестве 10 % от массы полимера. При этом йодное число полученного продукта достигает своего наименьшего значения 5,1. Увеличение количества модифицирующего реагента приводит к возрастанию йодного числа, что говорит о присутствии в реакционной смеси непрореагировавшего малеинового ангидрида, йодное число которого порядка 2,3.

Во второй серии изучали влияние температуры на глубину проводимой реакции. Температуру изменяли в интервале от 130 до 220 °С. Количество малеинового ангидрида составляло 10 % от массы полимера, продолжительность взаимодействия — 1,5 ч.

По полученным экспериментальным данным была построена графическая зависимость (рис. 4), из характера которой видно, что с увеличением температуры йодное число снижается и при 170 °С достигает наименьшего значения 5,1. Увеличение температуры от 190 °С и выше приводит к возрастанию йодного числа, что свидетельствует о протекании обратной реакции.

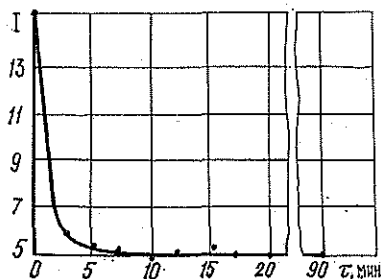
Рис. 4. Зависимость изменения йодного числа продукта реакции от температуры процесса при количестве малеинового ангидрида 10 % от массы исходного полимера и продолжительности взаимодействия 1,5 ч



В третьей серии опытов определяли влияние продолжительности процесса на йодное число продукта реакции. Количество малеинового ангидрида составляло 10 % от массы полимера, температура — 170 °С. Продолжительность взаимодействия варьировали от 3 мин до 1,5 ч.

По полученным данным была построена графическая зависимость (рис. 5), из которой видно, что йодное число достигает наименьшего значения уже в первые 7 мин процесса. Однако полученный продукт обладает низкими цветовыми характеристиками. Для него характерны

Рис. 5. Зависимость изменения йодного числа продукта реакции от продолжительности процесса при количестве малеинового ангидрида 10 % от массы исходного полимера и температуре 170 °С



непрозрачность и легкий матовый оттенок на светло-коричневом фоне. Это существенно снижает потребительские свойства смолы. При увеличении продолжительности процесса до 1,5 ч продукт приобретает прозрачность и цвет от светло-коричневого до вишневого.

Таким образом, за оптимальные значения параметров процесса взаимодействия твердых полимеров терпенов с малеиновым ангидридом рекомендуем принять следующие: количество ангидрида — 10 % от массы полимера, температура — 170 °С, продолжительность реакции — не менее 1,5 ч.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бронникова Г. В., Падерин В. Я., Седелников А. И. Продукты на основе канифоли и скипидара // Лесохимия и подсоска.— М., 1984.— Вып. 2. [2]. Выродов В. А., Ушкова Е. В. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 0903.— Л.: ЛТА, 1981. [3]. Выродов В. А., Ушкова Е. В. Технология экстрактивных веществ дерева: Методические указания по лабораторному учебно-исследовательскому практикуму.— Л.: ЛТА, 1980.— 56 с. [4]. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов.— М.: Химия, 1969.— 624 с. [5]. Летдлер К. Кинетика органических реакций.— М.: Мир, 1966.— С. 15—20. [6]. Старцева Л. Г. Разработка технологии по каталитическому превращению основных компонентов скипидара на кислых катализаторах: Автореф. дис. . . канд. хим. наук.— Л., 1984.— 18 с. [7]. Эммануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики.— М.: Высш. школа, 1984.— С. 221—222.

Поступила 8 декабря 1988 г.

УДК 547.992.3

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ В ГИДРОЛИЗНОМ ЛИГНИНЕ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЛЕЧЕБНОГО ЛИГНИНА

Л. В. ИСАЕВА, В. П. ЛЕВАНОВА, А. В. СУВОРОВ, Г. П. ГРИГОРЮК
ВНИИГидролиз, ЦНИЛХИ

Производство лечебного лигнина — эффективного энтерсорбента — предусматривает щелочную активацию гидролизного лигнина, при которой происходит увеличение его внутренней поверхности и пористости за счет извлечения балластных веществ [4]. К ним относятся экстрактивные смолистые вещества растительной ткани. Например, в древесине сосны массовая доля эфирорастворимых экстрактивных веществ составляет в среднем 3...4 %. Смола, залегающая в клетках лучевой паренхимы, а также в смоляных ходах, состоит из моно-, сескви- и дитерпеновых углеводородов и их кислородных производных, в состав которых входят смоляные и жирные кислоты. Смоляные кислоты представлены дитерпеновыми кислотами абиеинового и пимарового типа. Основные жирные кислоты — олеиновая и линолевая. Около 10 % массы смолы сосны составляют нейтральные вещества [6].

В процессе гидролиза растительного сырья монотерпеновые соединения смол в основном удаляются с парами и гидролизатом, а часть эфиров смоляных и жирных кислот в этих условиях гидролизуются до свободных кислот и спиртов, при этом смоляные кислоты абиеинового типа подвергаются изомеризации и диспропорционированию.

В. С. Каминский [2], экстрагируя смолы гидролизного лигнина этанолом, выделил 9,5...10,4 % экстрактивных веществ. Осадок после экстракции этанолом растворился в петролейном эфире на 61 %, в нем найдено 16,6 смоляных и 48,4 % жирных кислот. Автор делает вывод, что почти все смолистые вещества древесины переходят в гидролизный лигнин.

Известно [1, 6], что при обработке древесины горячим разбавленным щелочным раствором экстрактивные вещества в виде натриевых солей жирных и смоляных кислот с примесью нейтральных веществ переходят в щелочной раствор.

Поскольку технология производства лечебного лигнина предусматривает подобную обработку, необходимо было изучить изменение содержания и состава смолистых веществ, содержащихся в гидролизном лигнине, в процессе получения из него лечебного препарата.

Для исследований использовали образцы технического лигнина Ленинградского опытно-промышленного гидролизного завода (ЛОПГЗ) и Зиминского гидролизного завода (ЗГЗ) после кислотного гидролиза древесного сырья, состоящего на 70 % из хвойных и на 30 % из лиственных пород древесины. Исходный лигнин содержал в том и другом образце в пересчете на абс. сухую массу соответственно: лигнина — 74,1 и 76,7 %; трудногидролизуемых полисахаридов (ТП) — 18,9 и 15,2 %; смол — 3,2 и 3,7 %; золы — 3,8 и 4,4 %.

Из этих гидролизных лигнинов в лабораторных условиях были получены образцы лечебного лигнина по способу, описанному в работе [4]. В этом случае щелочную обработку проводили семью модулями 1,5 %-го водного раствора едкого натра при температуре 80 °С в течение 1 ч. Затем фильтрованием суспензии отделяли жидкую фазу — щелок. Для получения образца лечебного лигнина твердый остаток промывали водой, нейтрализовали 2 %-м раствором уксусной кислоты, отмывали от избытка кислоты.

Для анализа содержания смолистых веществ в фильтрах использовали только пробы щелока без промывных вод. Из пробы щелока при подкислении 10 %-й соляной кислотой до pH1 выпадал осадок, состоящий, в основном, из высокомолекулярных соединений темного цвета лигногуминовой природы. Осадок лигногуминовых веществ (ЛГВ) щелока отфильтровывали, отмывали избыток соляной кислоты дистиллированной водой до нейтральной реакции фильтра, сушили в вакууме до постоянной массы и измельчали.

Для извлечения смолистых веществ образцы исходного гидролизного лигнина, лечебного лигнина и лигногуминовых веществ щелока подвергали исчерпывающей экстракции петролеинным эфиром. Экстракт после отгонки эфира высушивали и взвешивали, определяя таким образом содержание смолистых веществ в образцах.

Таблица 1

Содержание экстрактивных смолистых соединений
в образцах гидролизного, лечебного лигнина и ЛГВ щелока

Образец	Массовая доля смолы в образце, %	Содержание смолы, % к ее исходному количеству в лигнине	Массовая доля кислот в смоле, %	
			Жирные	Смоляные
Лигнин ЛОПГЗ	3,2	100,0	12,4	12,1
» лечебный	0,7	22,2	5,9	7,3
» ЗГЗ	3,7	100,0	14,1	25,2
» лечебный	0,5	12,8	4,7	4,1
ЛГВ щелока	8,7	40,2	10,5	26,9

Результаты исследования, приведенные в табл. 1, подтверждают, что щелочная обработка гидролизного лигнина позволяет значительно (на 78...87 %) снизить количество экстрактивных смолистых веществ в лечебном лигнине. При этом содержание жирных кислот в смоле лигнина уменьшилось в 2—3 раза, а смоляных — в 2—6 раз.

Ранее при анализе кислой фракции щелока смоляные и высшие жирные кислоты обнаружены не были [5]. Было сделано предположение, что соли этих кислот, являющиеся лиофильными коллоидами, при подкислении подвергаются разложению и электролитической коагуляции [1], сорбируясь образующимся осадком ЛГВ щелока. Это подтвердилось результатами настоящей работы. В петролеинозэфирном экстракте ЛГВ щелока содержалось 8,7 % смолы, в том числе до 11 % высших жирных и до 27 % смоляных кислот (табл. 1). Следовательно, основная

масса смолистых веществ лигнина в процессе получения лечебного лигнина удаляется со щелоком.

Химический состав экстрактивных веществ в образцах исходного лигнина, лечебного лигнина и ЛГВ щелока изучен методом газожидкостной хроматографии по известной методике [3] с использованием бегеновой кислоты в качестве внутреннего стандарта определения смоляных и жирных кислот.

Условия ГЖХ-анализа: тип прибора — ЛХМ-8МД (модель 5); колонка стальная 300 × 0,3 см; твердый носитель — хроматон N—AW—DMCS зернением 0,20... 0,25 мм; неподвижная жидкая фаза — 6 %-й полидиэтиленгликоль — сукцинат; температура колонки 200 °С, скорость гелля — 100 мл/мин.

Таблица 2

Состав экстрактивных смолистых веществ образцов гидролизного, лечебного лигнина и ЛГВ щелока

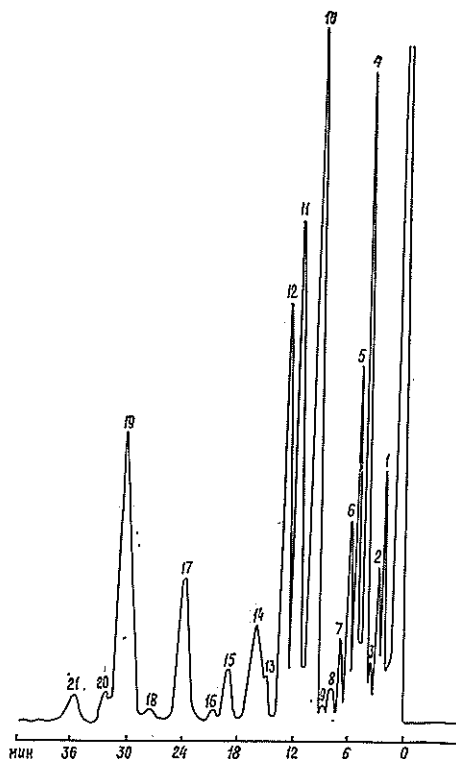
Номер пика на хроматограмме	Кислоты	Массовое содержание кислот, %, в смолистых веществах				
		лигнина ЛОПГЗ	лечебного лигнина	лигнина ЗГЗ	лечебного лигнина	ЛГВ щелока
	Жирные:					
1	Пальмитиновая	0,7	0,5	0,6	0,05	0,7
2	Маргариновая	0,6	0,5	0,6	0,05	0,5
3	Стеариновая	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
4	Олеиновая	7,2	4,2	7,5	3,8	4,6
5	Линолевая	2,4	0,1	2,7	0,4	2,2
6	Изолиноленовая	0,6	0,2	0,8	0,1	1,1
7	Линоленовая	0,4	0,1	0,8	0,2	0,6
8	Не идентифицированы	0,2	0,1	0,7	—	0,5
9	» »	0,1	0,1	0,2	—	0,1
10	Бегеновая	—	—	—	—	—
	Смоляные:					
11	Пимаровая	1,9	1,2	3,6	0,7	3,3
12	Сандаракопимаровая	1,8	1,4	3,5	0,9	3,9
13	Левопимаровая и палост- ровая	0,2	0,06	0,5	0,05	0,3
14	Изопимаровая	0,2	0,03	0,3	0,05	1,4
15	Не идентифицированы	0,2	0,1	0,4	0,3	1,1
16	» »	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4
17	Абиетиновая	1,7	1,2	3,3	0,4	3,8
18	Дегидроабиетиновая	0,5	0,02	1,9	0,02	0,5
19	Неоабиетиновая	4,8	2,9	9,7	1,3	10,3
20	Не идентифицированы	0,2	0,1	0,3	—	0,9
21	» »	0,3	0,1	0,3	—	1,0

Результаты хроматографического анализа образцов приведены в табл. 2, а на рисунке представлена типичная хроматограмма смоляных и жирных кислот, перешедших в щелок при щелочной термообработке лигнина.

Согласно данным табл. 2, качественный состав смоляных и жирных кислот образцов гидролизного, лечебного лигнина и ЛГВ щелока одинаков. Среди жирных кислот основными компонентами являются непредельные жирные кислоты состава C_{18} — олеиновая, линолевая. Из кислот абиетинового типа основные — абиетиновая и неоабиетиновая, а из кислот пимарового и изопимарового типов — пимаровая и сандаракопимаровая.

Интересно отметить, что высоконепредельные жирные кислоты (линоленовая, изолиноленовая) почти полностью переходят в щелок, а олеиновая кислота в большей степени адсорбируется на лечебном лигнине, оставаясь основной кислотой в экстрактивных веществах лечебного лигнина. Что касается смоляных кислот, то они, в основном, переходят в щелок.

ГЖХ-хроматограмма смоляных и жирных кислот щелока: 1 — пальмитиновая; 2 — маргариновая; 3 — стеариновая; 4 — олеиновая; 5 — линолевая; 6 — изолиноленовая; 7 — линоленовая; 8, 9 — не идентифицированы; 10 — бегеновая; 11 — пимаровая; 12 — сандаракопимаровая; 13 — левопимаровая и палостровая; 14 — изопимаровая; 15, 16 — не идентифицированы; 17 — абнетиновая; 18 — дегидроабнетиновая; 19 — неабнетиновая; 20, 21 — не идентифицированы



Таким образом, щелочная обработка лигнина позволяет значительно (на 78...87 %) снизить количество экстрактивных смол в лечебном лигнине.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д., Соколова А. А. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства.— М.: Гослесбумиздат, 1962.— 436 с. [2]. Каминский В. С., Любомирский С. Л. О составе смол, содержащихся в техническом лигнине // ЖПХ.— 1938.— № 12.— С. 1636—1641. [3]. Косюкова Л. В., Дунаев В. С. Метод определения жирных и смоляных кислот в природных смолах, талловом масле и продуктах их переработки // Химия древесины.— 1983.— № 4.— С. 101—105. [4]. Производство медицинского лигнина / В. П. Леванова, Э. Н. Гвоздева, И. С. Артемьева и др. // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1982.— № 6.— С. 21—22. [5]. Состав нейтральной и кислой фракций щелока, образующегося при получении лечебного лигнина / В. Г. Горохова, Л. Н. Петрушенко, Г. П. Васянович и др. // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1987.— № 8.— С. 9—11. [6]. Экстрактивные вещества древесины / Под ред. В. Э. Хиллиса; Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1965.— 505 с.

Поступила 28 июля 1989 г.

УДК 674.815-41

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

И. А. ГАМОВА, Б. П. ЕРЫХОВ, Н. С. ТИМЕ, Л. И. ЛИХАЧЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Как было показано ранее [1, 2], продукты совмещения карбамидоформальдегидных олигомеров с фенолосодержащими соединениями можно использовать в качестве связующего, обладающего новыми

свойствами. На кафедре древесных пластиков и плит ЛТА разработано композиционное связующее (состоящее из карбамидоформальдегидной смолы и продуктов начальной конденсации формальдегида и фенола — фенолоспиртов), которое может способствовать снижению выделения формальдегида из древесностружечных плит (ДСП).

Известно [3], что количество формальдегида, выделяющегося из плит на основе карбамидоформальдегидного связующего, зависит от особенностей строения смол, мольного соотношения формальдегида и карбамида, от содержания в смоле не только мономеров, но и димеров, и тримеров, и низкомолекулярных обрывков цепей, которые химически нестойки и в процессе изменения температурно-влажностных условий эксплуатации разрушаются с выделением формальдегида. Очевидно, на процесс выделения формальдегида влияет характер структуры отвержденного олигомера. Снижение выделения формальдегида может происходить в результате связывания низкомолекулярных компонентов карбамидоформальдегидной смолы и их стабилизации фенолоспиртами.

Представляло интерес изучить характер процесса модификации и оценить структурно-механические параметры полимера сетчатой структуры, полученной при различных температурах отверждения.

Нами был использован резонансный метод определения модуля сдвига на приборе УРОМС в режиме резонансных колебаний при 20 °С в звуковом диапазоне частот от 50 до 800 Гц [4]. Известно, что резонансный метод позволяет измерять упругие характеристики материалов, которые связаны с прочностью или структурой веществ, а величина и характер изменения модуля сдвига отражают эффективность межмолекулярного взаимодействия в полимерных системах.

Динамический модуль сдвига определяли по формуле

$$G = \frac{10^{-6} \pi \left(1 - \frac{a^2}{b^2}\right)}{a^2 d} I \nu_p^2,$$

где I — момент инерции колеблющейся системы относительно вертикальной оси, кг · м²;

a — радиус внутреннего зажима образца, м;

b — радиус внешнего зажима образца, м;

d — толщина образца, м;

ν_p — резонансная частота, Гц.

Испытанию подвергали образцы карбамидоформальдегидной смолы и композиционного связующего, представляющего собой смесь смолы с фенолоспиртами. Для приготовления пленок в качестве основы применяли микалентную бумагу, представляющую собой тонкую отливку из целлюлозных и поливиниловых волокон толщиной 0,05 см, плотностью 20 г/м² (ТУ 13. 738. 001). Микалентную бумагу пропитывали раствором смолы 50 % концентрации, высушивали на воздухе, а затем нагревали при 100 и 160 °С в течение 10 мин. Обработанные таким образом пленки размером 9 × 9 см помещали в прибор и испытывали. Содержание метилольных групп и свободного формальдегида определяли по известным методикам [5].

Анализ структуры отвержденного связующего показал, что присутствие в композиции фенолоспиртов существенно влияет на структурно-механические свойства связующего. Модуль сдвига полимеров, полученных при 100 °С, возрастает с увеличением в композиции фенолоспиртов (рис. 1). Это свидетельствует об образовании более плотной структуры, однако о степени сшивания по этому показателю судить трудно. Было определено также, что содержание метилольных групп в отвержденном композиционном связующем выше, чем в карбамидоформальдегидной смоле, независимо от температуры обработки (рис. 2). С этим согласуются результаты определения низкомолекулярных фракций при использовании метода извлечения их из отвержденных образцов холодной водой (рис. 3).

Рис. 1. Влияние содержания фенолоспиртов в композиционном связующем на модуль сдвига при температуре отверждения 100 °С

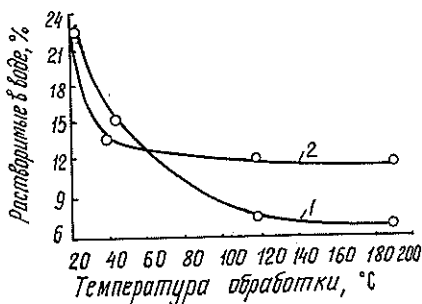
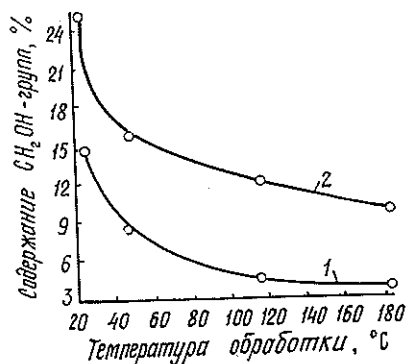
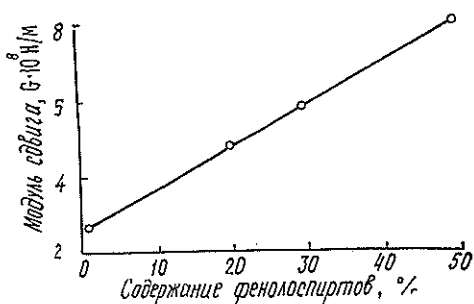


Рис. 2. Влияние температуры обработки на содержание метилольных групп в карбамидоформальдегидной смоле марки КФМТ (1) и композиционном связующем (2)

Рис. 3. Влияние температуры обработки на содержание водорастворимых веществ в карбамидоформальдегидной смоле марки КФМТ (1) и композиционном связующем (2)

Дополнительным доказательством образования новой структуры композиционного связующего при 100 и 160 °С может служить изменение количества формальдегида, выделяющегося при отверждении. Как свидетельствуют данные табл. 1, с увеличением содержания фенолоспиртов значительно возрастает количество выделяющегося формальдегида. Повышение температуры от 100 до 160 °С практически не изменяет количество выделяющегося формальдегида; одновременно с этим необходимо отметить, что отвержденные образцы композиционно-го связующего, подвергнутые кипячению, проявляют большую стой-

Таблица 1

Влияние состава связующего на выделение формальдегида в процессе отверждения

Содержание фенолоспиртов в композиционном связующем, %	рН водной вытяжки образцов связующего, обработанных при температуре, °С		Количество формальдегида, %, выделяющегося при температуре, °С		Потеря массы образцов, %, обработанных при температуре, °С	
	100	160	100	160	100	160
100	8	—	4,20	—	52,0	—
10	5,0	6,5	0,34	0,38	26,0	25,0
20	4,9	5,6	0,38	0,40	27,0	25,2
30	4,8	5,0	0,57	0,44	29,0	23,5
50	4,9	6,0	1,03	0,95	27,3	19,3
—	4,9	6,1	0,19	0,36	52,3	33,4

кость, чем образцы карбамидоформальдегидной смолы, что, вероятно, также связано с образованием более прочной структуры. Это подтверждается также появлением в ИК-спектрах полосы поглощения 2940 см^{-1} , свидетельствующей об образовании дополнительных связей С—Н [6].

Следовательно, композиционное связующее, обладающее структурой, отличной от структуры карбамидоформальдегидной смолы, имеет несколько другой механизм отверждения, что, вероятно, отразится на свойствах ДСП. Определяли токсичность однослойных ДСП, содержащих 12 % связующего.

Таблица 2
Показатели физико-механических свойств ДСП,
содержащих композиционное связующее

Содержание фенолоспиртов в композиции связующего, %	Плотность, кг/м^3	Прочность при изгибе, МПа	Набухание, %	Выделение формальдегида из плит, мг/100 г плиты
0	700	29,7	24,4	16,6
20	780	39,0	30,8	11,6
30	770	37,4	28,7	9,5
50	780	35,9	34,3	10,1

Как свидетельствуют данные табл. 2, с увеличением содержания фенолоспиртов в составе композиционного связующего количество выделяющегося из плит формальдегида снижается с 16,6 до 9,5 мг/100 г плит.

Наиболее эффективным является применение композиционного связующего, содержащего 30 % фенолоспиртов.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что снижения токсичности ДСП можно достигнуть модификацией связующего, которая приводит к изменению надмолекулярной структуры карбамидоформальдегидной смолы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1130495 СССР, МКИ В 29 5/00. Способ изготовления древесного пластика из измельченной древесины и связующего / И. А. Гамова, Т. С. Коромылова, С. Д. Каменков (СССР).— Заявлено 12.07.82; Оpubл. 23.12.84, Бюл. № 47 // Открытия. Изобретения.— 1984.— № 47. [2]. Гамова И. А., Каменков С. Д. Совмещенные олигомеры в технологии древесных композиционных материалов // Плиты и фанера: Обзор. информ.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987.— № 6.— 48 с. [3]. Дорони Ю. Г., Мирошниченко С. Н., Свиткина М. М. Синтетические смолы в деревообработке.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— 234 с. [4]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— 228 с. [5]. Калинина Л. С., Моторина Н. А. Анализ поликонденсационных полимеров.— М.: Химия, 1984.— 296 с. [6]. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия / Пер. с англ.— М.: Мир, 1982.— 328 с.

Поступила 5 апреля 1989 г.

УДК 676.1.017.4.

ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПОТОКА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ БУМАЖНОЙ МАССЫ

О. А. ТЕРЕНТЬЕВ, Э. А. СМИРНОВА, В. С. КУРОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Высокое качество бумажного полотна во многом зависит от гидродинамических процессов в массоподводящих системах бумагоделательных машин, в частности, от стабильности напуска и равномерного распределения волокон при формовании. Последнее условие обеспечивается напуском бумажной массы в диспергированном режиме. Для достижения высокой степени диспергированности необходимо обеспечить высокую турбулентность в потоке бумажной массы. Турбулентное движение является пульсационным и сопровождается изменениями давления и скорости, причем низкочастотные пульсации приводят к нестабильному напуску и колебаниям массы 1 м^2 бумаги, а высокочастотные турбулентные пульсации способствуют диспергированию бумажной массы.

Существующие теоретические модели и уравнения реологических характеристик волокнистых суспензий [2, 3] касаются, в основном, таких режимов течения бумажной массы, когда после значительных структурных преобразований устанавливается диспергированный режим течения, характеризующийся прямолинейным участком реологической характеристики.

Поэтому для описания закономерностей изменения касательных напряжений в условиях ламинарного и турбулентного движений бумажной массы предлагается использовать реологическую характеристику, содержащую после прямолинейного участка (при высоких скоростях сдвига) криволинейную часть, характеризующую турбулентное течение.

На рис. 1 показаны реологические характеристики волокнистых суспензий концентрацией 6 и 5 г/л соответственно, полученные на ротационном вискозиметре, конструкция которого и методика проведения исследований подробно изложены в работе [2].

Реологическая характеристика (кривая 1) бумажной массы (содержащей 50 % древесной массы степенью помола 78...79 °ШР, 25 % сульфитной блененной и 25 % сульфатной блененной целлюлоз степенью помола 18...20 °ШР) представляет собой обычную реологическую кривую, имеющую аномальную часть «*аб*», соответствующую структурным преобразованиям в суспензии, прямолинейный участок «*бв*» диспергированного режима течения, а также криволинейный участок «*вг*», определяющий начало турбулентного течения суспензии. Кривая 2 является полной реологической характеристикой суспензии блененной сульфитной целлюлозы концентрацией 5 г/л, отличающейся от кривой 1 меньшими аномальными свойствами и наступлением турбулентного режима течения при более низких скоростях сдвига.

С учетом того, что в зазоре вискозиметра существует достаточно однородное поле осредненных скоростей сдвига и напряжений, полные касательные напряжения трения τ_{xy} для турбулентного потока представляем формулой [1]:

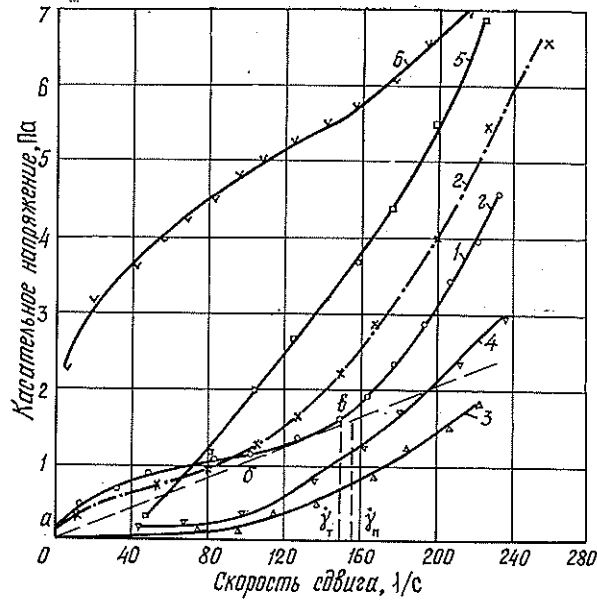


Рис. 1. Реологические характеристики: 1 — бумажной массы концентрацией 6 г/л; 2 — волокнистой суспензии белевой сульфитной целлюлозы концентрацией 5 г/л; 3 — волокнисто-порошковой суспензии концентрацией 7...11 г/л; 4 — воды (рифленый внутренний цилиндр); 5 — воды (шероховатые измерительные поверхности); 6 — бумажной массы концентрацией 10 г/л

$$\tau_{xy} = (\mu + A) \frac{du}{dy}, \quad (1)$$

где μ — динамический коэффициент вязкости (ламинарного течения);

A — динамический коэффициент турбулентной вязкости;

$\frac{du}{dy} = \dot{\gamma}$ — скорость сдвига для осредненного движения.

Для характеристики, представленной на рис. 1 (кривая 1, участок «ав»), разработано реологическое уравнение в общем виде [2], которое, с учетом турбулентного участка, можно записать следующим образом:

$$\tau_{xy} = \sum_{k=1}^{n+1} A_k e^{-\alpha_k \dot{\gamma}} + (\mu + \mu_T) \dot{\gamma}_T. \quad (2)$$

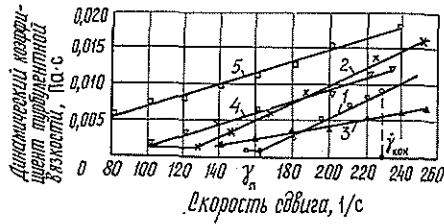
Здесь A_k , α_k — коэффициенты реологического уравнения;

μ — коэффициент динамической вязкости диспергированного течения;

μ_T — динамический коэффициент турбулентной вязкости в диспергированном потоке.

В соответствии с уравнением (2) на реологической характеристике (рис. 1, кривая 1) из полной величины касательных напряжений, зафиксированных на поверхности измерительного цилиндра, можно выделить значения турбулентных напряжений, которые появляются в суспензии после скоростей сдвига $\dot{\gamma}_T$. Из величин турбулентных напряжений вычислены значения турбулентной вязкости μ_T , показанные на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость динамического коэффициента турбулентной вязкости от скорости сдвига для: 1 — бумажной массы концентрацией 6 г/л; 2 — волокнистой суспензии белой сульфитной целлюлозы концентрацией 5 г/л; 3 — волокнисто-порошковой суспензии концентрацией 7...11 г/л; 4 — воды (рифленый внутренний цилиндр); 5 — воды (шероховатые измерительные поверхности)



Как следует из рис. 2, турбулентная вязкость представляет собой функцию, линейно возрастающую с увеличением скорости сдвига.

Причем линейаризация начинается не с точки $\dot{\gamma}_T$, а с несколько более высоких скоростей сдвига (точка $\dot{\gamma}_n$), где наблюдается значительное изменение турбулентной вязкости.

Соответственно турбулентную вязкость после точки $\dot{\gamma}_T$ можно определить с помощью коэффициента β

$$\beta = \frac{\mu_{т. кон} - \mu_{т. n}}{\dot{\gamma}_{кон} - \dot{\gamma}_n}, \quad (3)$$

где $\mu_{т. n}$, $\dot{\gamma}_n$ — значения турбулентной вязкости и скорости сдвига в точке перегиба $\dot{\gamma}_n$;

$\mu_{т. кон}$, $\dot{\gamma}_{кон}$ — координаты какой-либо конечной точки прямой.

Тогда уравнение (2) для определения касательных напряжений в любой точке реологической характеристики можно записать, с учетом формулы (3), в следующем виде:

$$\tau_{ij} = \sum_{k=1}^{n+1} A_k e^{-a_k \dot{\gamma}_{ij}} + [\mu + \beta (\dot{\gamma}_{ij} - \dot{\gamma}_n)] \dot{\gamma}_{ij}. \quad (4)$$

Для невысоких скоростей сдвига (до наступления турбулентного режима течения, когда $\beta = 0$) уравнение (4) превращается в реологическое, полученное в работе [2]:

$$\tau_{ij} = \sum_{k=1}^{n+1} A_k e^{-a_k \dot{\gamma}_{ij}} + \mu \dot{\gamma}_{ij}. \quad (5)$$

По величинам турбулентной вязкости, найденным из реологической характеристики волокнистой суспензии, предлагаем оценивать масштаб турбулентности, исходя из формулы Прандтля [1]:

$$\tau = \rho l^2 \left(\frac{d\bar{u}}{dy} \right)^2 = \mu_t \frac{d\bar{u}}{dy}. \quad (6)$$

Динамический коэффициент турбулентной вязкости вычисляем следующим образом:

$$\mu_t = \rho l^2 \left| \frac{du}{dy} \right| = \rho l^2 |\dot{\gamma}_{ij}|, \quad (7)$$

где l — путь смещения;
 ρ — плотность суспензии.

Из формулы (7) определяем путь смещения, или масштаб турбулентности:

$$l = \sqrt{\frac{\mu_T}{\rho |\dot{\gamma}_{lj}|}} \quad (8)$$

Сравнение реологических характеристик волокнисто-порошковых суспензий (рис. 1, кривая 3) и чистой воды (кривые 4, 5), полученных на рифленых и шероховатых измерительных поверхностях соответственно, показывает, что присутствие мелковолокнутой фракции в дисперсной системе снижает значения турбулентных напряжений, хотя характер изменения динамического коэффициента турбулентной вязкости остается приблизительно линейным (рис. 2, кривые 3, 4, 5).

Вычисленные из этих данных по формуле (8) величины пути смещения, или масштаба турбулентности, представлены на рис. 3. Как следует из рис. 3, пути смещения турбулентных потоков рассматриваемых выше сред возрастают с увеличением скорости и не превышают $3 \cdot 10^{-4}$ м.

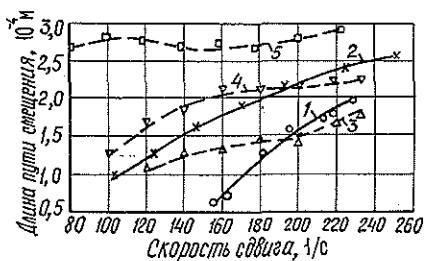


Рис. 3. Зависимости масштаба турбулентности от скорости сдвига для: 1 — бумажной массы концентрацией 6 г/л; 2 — суспензии белой сульфитной целлюлозы концентрацией 5 г/л; 3 — волокнисто-порошковых суспензий концентрацией 7...11 г/л; 4 — воды (рифленый внутренний цилиндр); 5 — воды (шероховатые измерительные поверхности)

Размер волокон рассматриваемых суспензий, кроме волокнисто-порошковых, как правило, составляет в среднем около $1 \cdot 10^{-3}$ м. То есть в пристенном слое возникает мелкомасштабная турбулентность, размеры вихрей которой меньше длины волокна в 3 раза. Увеличению масштаба турбулентности способствует повышение скорости потока.

В рассматриваемом диапазоне скоростей сдвига величины динамического коэффициента турбулентной вязкости μ_T волокнистых суспензий сравнимы с величинами коэффициента динамической вязкости μ диспергированного режима течения. Однако в случае чистой воды (рис. 1, кривая 4) этот коэффициент превышает коэффициент вязкости при ламинарном течении более чем в 10 раз. Сравнение масштабов турбулентности потоков волокнистой суспензии и воды (рис. 3, кривые 1, 2, 5) показывает, что наличие волокон способствует уменьшению длины пути смещения турбулентного течения, т. е. замедляется развитие турбулентности.

Повышение концентрации волокон бумажной массы с 6 (рис. 1, кривая 1) до 10 г/л (кривая 6) способствует полному гашению турбулентных пульсаций в диапазоне исследуемых скоростей сдвига.

В данном случае появление турбулентности наблюдается при значительно больших скоростях сдвига, а экспериментальная реологическая характеристика (кривая 6) в рассматриваемом диапазоне скоростей сдвига (0...220 1/с) описывается реологическим уравнением (5).

Таким образом, из предлагаемой реологической характеристики можно определить величины динамического коэффициента турбулентной вязкости и масштаб турбулентности. Это позволяет оценить степень диспергированности потока при напуске бумажной массы и производить формование бумаги с требуемой структурой.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа.— М.: Наука, 1973.— С. 639—643. [2]. Герентьев О. А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве.— М.: Лесн. пром-сть,— 1980.— 248 с. [3]. Герентьев О. А., Смирнова Э. А. Комплексная реологическая характеристика волокнистых суспензий // Лесн. журн.— 1984.— № 1.— С. 87—91.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 1 ноября 1989 г.

УДК 678.652 : 676.6

КРАХМАЛОКАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫЙ КЛЕЙ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ

*И. Н. КОВЕРНИНСКИЙ, В. И. АЗАРОВ, Н. П. МАШУТА,
А. А. БОНДАРЬ*

Московский лесотехнический институт
Советский целлюлозно-бумажный завод

Расширение применения вспомогательных химических материалов в бумажном и картонном производстве позволит успешно решить многие задачи отрасли и в том числе улучшить качество бумаги для печати. В этом отношении хорошо зарекомендовал себя метод поверхностной проклейки, позволяющий активно и эффективно управлять механической и поверхностной прочностью, гидрофобностью, оптическими и печатными свойствами. Ограниченность ассортимента химических материалов для поверхностной проклейки, главным образом крахмала и его модификаций, снижает возможность проклейки. Поиск и разработка новых материалов, целенаправленно и эффективно повышающих требуемые показатели бумажно-картонной продукции,— важная задача. Сопоставляя технологические, экономические и экологические аспекты применения карбамидоформальдегидных олигомеров в мебельном и бумажно-картонном производствах, авторы на их основе создали клей для поверхностной проклейки бумаги, конкурентноспособный с крахмалопродуктами, натрийкарбоксиметилцеллюлозой, поливиниловым спиртом и другими дефицитными дорогостоящими материалами.

Преимущества карбамидоформальдегидных олигомеров: высокая адгезия к целлюлозным материалам, легкость химической и физической модификации, повышенная прочность и водостойкость покрытия в отвержденном состоянии, недефицитность и низкая стоимость. Поэтому клей на основе таких олигомеров, на наш взгляд, позволяет полностью или в подавляющей массе высвободить крахмалопродукты и им подобные пищевые, а также дефицитные и дорогостоящие материалы для целей поверхностной проклейки. Кроме того, клей позволяет придать большую прочность поверхности бумаги с повышенной стойкостью к выщипыванию и действию влаги, улучшить печатные свойства, повысить содержание минерального наполнителя в бумаге и снизить ее себестоимость.

Неустойчивость водных растворов мочевиноформальдегидных олигомеров в интервале концентраций (являющемся рабочим при поверхностной проклейке бумаги) 5—15 %, повышенная жесткость отвержденных продуктов, хрупкость проклеенной бумаги и наличие в воздухе рабочих зон свободного формальдегида — главные отрицательные факторы, ограничивающие использование обычных, широко применяемых в деревообработке олигомеров в бумажно-картонном производстве. На решение задачи снижения отрицательных свойств олигомеров до приемлемого уровня был направлен комплекс исследований по разработке целевого клеевого состава.

В качестве основы клея был выбран промышленный малотоксичный карбамидоформальдегидный олигомер марки КФ-МТ с содержанием свободного формальдегида 0,3 %. Характерно, что олигомер КФ-МТ, кроме производства древесностружечных плит и фанеры, можно использовать для склеивания бумаги и укрепления грунтов (ГОСТ 14231—78), т. е. он разрешен для бумажного производства.

Как известно [2, 3], модификация олигомеров — наиболее действенный способ изменения их свойств, поэтому метод физико-химической модификации использован авторами при разработке клеевого состава. Способность олигомеров в определенных условиях отверждаться лежит в основе использования их в качестве связующего материала. Известно [1], что немодифицированные олигомеры при отверждении образуют непрочные и низковлагопрочные полимеры. Объясняется это высокой степенью разветвления макромолекул и относительно малым количеством поперечных сшивок в твердом полимерном состоянии, низкой водостойкостью амидных связей и высокой гидрофильностью полимера за счет большого остаточного содержания свободных метилольных групп в нем. Кроме того, малая гидротермическая стабильность иминометиленовых связей способствует выделению свободного формальдегида из готовых изделий. Увеличить плотность поперечных связей между макромолекулами в полимере можно добавлением в олигомер модификаторов, содержащих функциональные группы и активно взаимодействующих с метилольными, аминами- и иминогруппами олигомерных молекул в процессе отверждения.

В качестве такого модификатора мочевиноформальдегидного олигомера исследован крахмал в сочетании с натриевой солью метиленисфталинсульфокислоты.

Природный полисахарид — крахмал состоит из полиоксиполимерных молекул линейного (амилоза) и разветвленного (амилопектин) строения. Имея гидрофильную природу, он хорошо растворяется в горячей воде с образованием клейстера. На этом свойстве основано его применение в качестве эффективного пленкообразующего вещества для поверхностной проклейки бумаги. Повышение прочности бумаги, проклеенной как с поверхности, так и в массе крахмалом, объясняется приростом сил связи в структуре в результате более прочных адгезионных межмолекулярных сил и дополнительного числа водородных связей за счет крахмала. Увеличение плотности химических связей в отвержденном мочевиноформальдегидном полимере достигалось введением в олигомер 10...30 % крахмала от массы олигомера. Одновременно повышались эластичность отвержденного продукта и термостабильность межмолекулярных связей. Указанный эффект от добавки крахмала объясняется, с одной стороны, химическим взаимодействием оксигрупп крахмала с формальдегидом и функциональными группами олигомера, а с другой, — изменением физической структуры образующегося полимера линейными макромолекулами амилозы. Протекание и завершение реакций обеспечиваются высокой температурой при контактной сушке бумаги с нанесенным на ее поверхность клеем и каталитическим действием сульфата алюминия, содержащимся в бумаге.

Преждевременное развитие реакций с крахмалом при температуре приготовления рабочего раствора клея 40...50 °С и химическая стабилизация раствора клеевого состава обеспечивались метиленисфталинсульфонатом. Расход стабилизатора составлял 10...30 % от массы а. с. олигомера и зависел от количества модификатора; 20 % стабилизатора от массы олигомера обеспечивают его стабильность без модификатора. Введение крахмала от 10 до 30 % требует повышения расхода стабилизатора до 25...30 %. В процессе отработки опытной технологии приготовления рабочих растворов проклеивающей композиции получена большая стабильность разбавленных растворов.

Опытно-промышленные испытания разработанного клея проводили на Советском ЦБЗ в производстве бумаги для офсетной печати № 1, массой 100 г/м². Была иссле-

дована эффективность клея для поверхностной проклейки бумаги с повышенным содержанием минерального наполнителя. Олигомерный клей по разработанной технологии можно приготовить в широком диапазоне концентраций от 1 до 15 % и с помощью клеильного пресса легко нанести на поверхность бумаги. Это выгодно отличает данный клей от крахмального, который без значительной деструкции макромолекул, снижающей его эффективность, невозможно использовать выше 5...6 %-й концентрации. Кроме того, ограниченно проникающие в толщу бумаги крупные молекулы крахмала при поверхностной проклейке слабо укрепляют поверхность и близлежащие слои. Это ведет к когезионному разрыву бумаги при печатании. Поверхностная прочность такой бумаги неудовлетворительная. Растворы разболтанного клея, являясь низкомолекулярными олигомерными продуктами, легче проникают в капиллярно-пористую структуру бумажного листа на большую глубину.

Последующее отверждение олигомеров «сшивает» структуру бумаги не только на поверхности, но и в глубинных слоях в единую сложную полимерную структуру. Модификатор усиливает структуру и особенно ее поверхностную пленку за счет большей концентрации в поверхностном слое. Такое взаимодействие меньше снижает пористость бумаги, чем чисто полимерная пленка крахмала, что важно для закрепления краски при печатании.

Рассмотренный механизм упрочнения бумаги подтверждается результатами исследований как лабораторных, так и промышленных. Выработанная на Советском ЦБЗ офсетная бумага отличалась высокой поверхностной прочностью и значительно меньшей пылимостью. При соответствии бумаги требованиям ГОСТ 9094—83 по всем нормируемым показателям стойкость поверхности к выщипыванию находилась в пределах 1,8—2,2 для верхней стороны листа (см. таблицу).

Физико-механические показатели бумаги с поверхностной обработкой

Показатель	Значение показателя для бумаги						
	без обработки	обработанной крахмалокарбамидоформальдегидным клеем различной концентрации, %					
		1	3	5	7	10	15
Влагопрочность, Н	10,3	11,6	13,6	15,0	15,8	16,3	17,8
Разрывная длина, м	3 150	3 500	4 000	4 400	4 500	4 750	4 700
Проклейка, мм	1,25	1,25	1,50	1,75	1,75	1,75	2,00
Стойкость поверхности к выщипыванию, м/с	1,7	1,8	1,9	2,1	2,1	2,2	2,2
Излом, ч. д. п.	23	22	27	29	17	10	9

Бумага отличалась лучшим красковосприятием, отсутствием отмаривания и значительно меньшей пылимостью. Это подтверждено при испытании бумаги в издательстве ЦК КП Латвии.

Повышение содержания минерального наполнителя с 12...14 до 18...20 % при поверхностной проклейке крахмаломочевинформальдегидным клеем сказалось в улучшении печатных свойств бумаги: улучшился ее просвет, увеличилась непрозрачность, снизилась линейная деформация в поперечном направлении. В пределах требований остались все другие показатели. Расход крахмалокарбамидоформальдегидного клея составлял 10...12 кг/т высокосолевой бумаги. В случае снижения некоторых показателей проклейки, поверхностной прочности ниже установленных требований при выработке бумаги с повышенной зольностью качество обеспечивалось за счет увеличения рабочей концентрации клея. Повышенный расход крахмаломочевинформальдегидного клея на 30...40 %, к тому же значительно более дешевого, чем крахмального, компенсируется высоким качеством бумаги и дополнительно экономией дорогостоящей целлюлозы за счет дешевого минерального наполнителя.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что крахмалокарбамидоформальдегидный клей — высокоэффективный материал для поверхностной проклейки бумаги и картона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Азаров В. И., Цветков В. Е. Технология связующих и полимерных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— 216 с. [2]. Виршпа З., Бжезинский Я. Аминопласты.— М.: Химия, 1973.— 344 с. [3]. Технология пластических масс / Под ред. акад. В. В. Коршака.— М.: Химия, 1985.— 560 с.

Поступила 13 октября 1989 г.

УДК 630*863.5

ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБРОКАЧЕСТВЕННОСТИ ГИДРОЛИЗАТОВ ДРЕВЕСИНЫ ВНЕСЕНИЕМ АЗОТНОКИСЛЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ НА СТАДИИ ИНВЕРСИИ

Е. П. ШИШАКОВ, В. М. ШКУТ, Т. В. ЦЫКУНОВА,
О. И. ФЕДОРОВА, О. М. ШЕВЧУК, В. Г. НАЗАРЕВИЧ

Белорусский технологический институт
Речицкий опытно-промышленный гидролизный завод

Данная работа является продолжением исследований, связанных с разработкой технологии облагораживания гидролизных сред. Выполненные ранее исследования показали, что внесение азотнокислых и комплексных солей на стадии инверсии гидролизата увеличивает скорость гидролиза олигосахаридов и декстринов, вызывает окисление лигноминовых веществ, не разрушая сахара, уменьшает количество шламовых осадков, образующихся при подготовке гидролизата к его последующей биохимической переработке.

В настоящей статье представлены результаты исследований биологической доброкачественности полученных таким образом гидролизатов.

Параллельно проводили контрольные опыты по выращиванию дрожжей на гидролизатах, полученных и подготовленных по промышленной технологии. Процесс ферментации осуществляли в периодических условиях на качалке «Ерап-357» или в непрерывных условиях на лабораторных ферментерах объемом 3 и 10 дм³. В качестве продуцентов использовали основные производственные культуры дрожжей и их ассоциации. Физиологическое состояние культур определяли микроскопированием.

Исследования показали, что внесение солей на стадии инверсии гидролизата способствует повышению активности дрожжей: сокращается продолжительность лаг-фазы, быстрее происходит накопление биомассы и выход на стационарную фазу развития. В частности (рис. 1), при дозировке азотнокислого аммония 4 г/дм³ продолжительность лаг-фазы у дрожжей *Candida scottii* сокращается по сравнению с контрольным опытом от 4,5 до 1,5 ч, а продолжительность выхода на стационарную фазу — от 14 до 10 ч. При дальнейшем культивировании наступает истощение и отмирание культуры и концентрация биомассы снижается. При этом, чем активнее идет накопление биомассы, тем быстрее происходит ее отмирание.

Существенное влияние на показатели процесса оказывает количество вносимых солей. При дозировке азотнокислого аммония в количестве 4 г/дм³ гидролизата (рис. 2) экономический коэффициент возрастает по сравнению с контрольным опытом от 0,542 до 0,670. Дальнейшее повышение расхода соли до 6 г/дм³ приводит к снижению эконо-

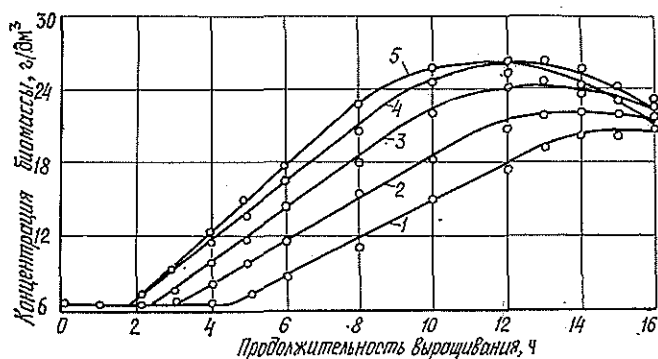


Рис. 1. Кривые роста дрожжей *Candida scottii* при различной дозировке азотнокислого аммония: 1 — без добавки соли; 2, 3, 4, 5 дозировка азотнокислого аммония соответственно 0,5; 1,0; 3,0; 4,0 г/дм³

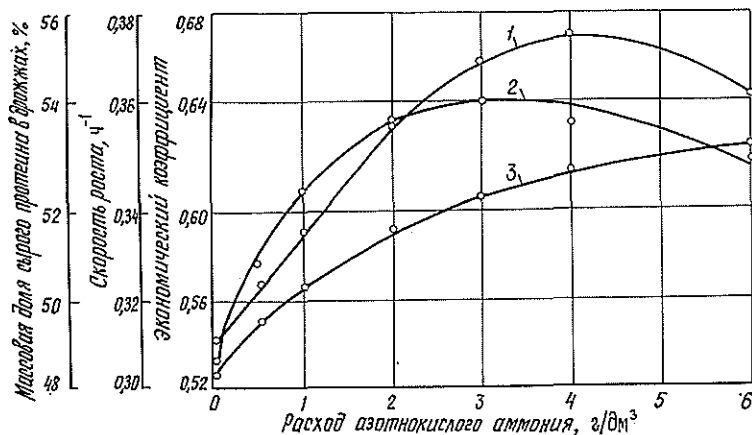


Рис. 2. Влияние дозировки азотнокислого аммония на показатели процесса ферментации: 1 — экономический коэффициент; 2 — удельная скорость роста; 3 — содержание протеина в дрожжах

мического коэффициента до 0,642. Такая же зависимость получена при максимальной скорости роста. Максимум кривой соответствует дозировке 3 г/дм³. При дальнейшем увеличении дозировки азотнокислого аммония максимальная скорость роста снижается. Это явление связано, очевидно, с угнетением развития дрожжей повышенными дозами азота. Массовая доля протеина в дрожжах в изученном интервале возрастает от 48,4 до 53,3 %.

Аналогичные закономерности получены для дрожжей *Candida guilliermondii*, выращенных на гидролизатах, обработанных на стадии инверсии азотнокислым калием в количестве 0,5...3,0 г/дм³ (табл. 1). Наиболее высокие показатели процесса получены при дозировке соли 2 г/дм³ гидролизата: экономический коэффициент увеличился на 24,3 %, максимальная скорость роста — на 27,3 %, массовая доля протеина — на 3 % по сравнению с контролем. При дальнейшем увеличении дозировки азотнокислого калия все показатели снижаются, что связано с избыточным содержанием калия и азота в сусле.

Таблица 1
Влияние дозировки азотнокислого калия на показатели процесса выращивания дрожжей *Candida guilliermondii*

Дозировка соли, г/дм ³	Экономический коэффициент	Удельная скорость роста, ч ⁻¹	Содержание протеина в дрожжах, % от абс. сухих дрожжей
—	0,503	0,249	48,08
0,5	0,523	0,257	48,05
1,0	0,559	0,274	48,12
1,5	0,585	0,291	48,85
2,0	0,626	0,317	49,54
2,5	0,595	0,290	48,82
3,0	0,564	0,263	47,91

В процессе биосинтеза на ферментационной установке использовали субстрат, полученный по промышленной технологии, а также облагороженный путем внесения азотнокислого аммония на стадии инверсии гидролизата в количестве 3,5 г/дм³. В качестве засевной культуры использовали ассоциацию дрожжей *Candida scottii* и *Trichosporon cutaneum* в соотношении 10:1. Массовая доля редуцирующих веществ сушла составляла 1,5 %, скорость протока (дебит) — 0,215... 0,420 ч⁻¹.

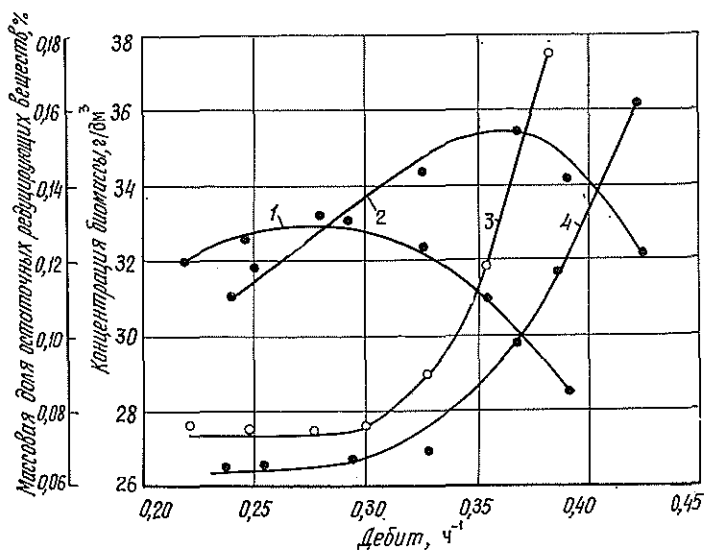


Рис. 3. Влияние скорости протока на ферментацию субстратов, полученных по различной технологии: 1 — концентрация биомассы дрожжей для промышленного гидролизата; 3 — содержание остаточных РВ для промышленного гидролизата; 2, 4 — то же для облагороженного гидролизата

Характеристика процесса ферментации при различных скоростях протока питательной среды показана на рис. 3. При сравнении полученных показателей видно, что при скоростях протока меньше 0,295 ч⁻¹ концентрация биомассы дрожжей и остаточных редуцирующих веществ при использовании облагороженного субстрата ниже, чем в контроле. Это связано с недостатком питательных веществ в условиях высокой скорости роста дрожжей.

По этой же причине при скоростях протока меньше $0,295 \text{ ч}^{-1}$ и производительность ферментера ниже. С увеличением скорости протока концентрация биомассы дрожжей возрастает и при скорости $0,365 \text{ ч}^{-1}$ достигает максимума — $35,4 \text{ г/дм}^3$. Продуктивность ферментера достигает $3,40$ и $1,94 \text{ г/дм}^3$ по биомассе и по белку соответственно, что на 23 и 36% выше, чем в контрольном опыте. Содержание остаточных редуцирующих веществ (РВ) сусле составляет $0,095 \%$. При последующем увеличении скорости протока до $0,415 \text{ ч}^{-1}$ концентрация дрожжей падает до 32 г/дм^3 , а затем наступает вымывание культуры дрожжей. Максимальная производительность ферментера получена при скоростях протока питательной среды, близких к скоростям вымывания.

Аналогичная зависимость наблюдается и в контрольном опыте, однако не в столь выраженной форме и при значительно меньшей скорости протока питательной среды и производительности. Максимальная концентрация биомассы дрожжей составила $33,1 \text{ г/дм}^3$ при содержании остаточных РВ сусле $0,075 \%$. При равном значении остаточных РВ в сусле концентрация биомассы дрожжей в контрольном опыте ниже, чем при ферментации гидролизатов с внесением солей на стадии инверсии.

Полученные результаты прошли опытную проверку с использованием заводских гидролизатов и ассоциаций дрожжевых культур Речицкого опытно-промышленного гидролизного завода.

Отбор проб гидролизата производили из общего потока до стадии инверсии, а суспензии засевных дрожжей — непосредственно из дрожжерастительного чана. Для облагораживания гидролизатов использовали нитроаммофоску, нитрофоску, нитроаммофос с массовой концентрацией $3 \dots 5 \text{ г/дм}^3$ гидролизата.

Таблица 2

Показатели процесса ферментации ассоциации дрожжей Речицкого ОПГЗ на гидролизатах, обогащенных внесением комплексных солей на стадии инверсии

Вид вносимой соли	Средняя концентрация прессованных дрожжей, г/дм^3	Выход абс. сухих дрожжей, %, от РВ		Дебит, ч^{-1}	Удельная производительность ферментера по абс. сухим дрожжам, $\text{г/(дм}^3 \cdot \text{ч)}$
		общих	использованных		
—	18,61	37,86	43,93	0,139	0,646
Нитроаммофос	20,34	46,62	53,48	0,157	0,738
—	23,33	46,13	53,59	0,162	0,945
Нитрофоска	26,33	57,62	64,08	0,162	1,066
—	21,88	48,55	54,29	0,131	0,716
Нитроаммофоска	23,32	55,81	62,07	0,131	0,763

В ходе проверки установлено (табл. 2), что внесение указанных солей на стадии инверсии позволяет увеличить выход дрожжей на $14,9 \dots 24,9 \%$, повысить производительность ферментера на $6,7 \dots 23,8 \%$. Выращенные дрожжи содержат на $0,3 \dots 0,6 \%$ больше сырого протеина и истинного белка и удовлетворяют требованиям ГОСТ 20084—74 (Дрожжи кормовые высшей группы качества).

Поступила 30 августа 1989 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*232.4.003.1

**СХЕМА
ФИНАНСИРОВАНИЯ ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА
ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ХОЗРАСЧЕТ***М. А. ЛОБОВИКОВ, А. Э. ХУСАИНОВА*

Ленинградская лесотехническая академия

В настоящее время в комплексных лесных предприятиях некоторых регионов под флагом перехода на полный хозрасчет и самофинансирование осуществляется смена источника финансирования лесохозяйственного производства с госбюджета на внутриотраслевые средства. Новая схема финансирования, однако, по-прежнему не предусматривает акта реализации готовой продукции и исчисления ее полной себестоимости. Это противоречит основному принципу хозрасчета, требующему возмещения всех затрат на производство продукции из выручки от ее реализации. Подобная практика может нанести лишь ощутимый вред лесохозяйственному производству и дискредитировать идею хозрасчета в лесном хозяйстве, как это уже неоднократно бывало в прошлом.

Концепция хозрасчетной организации лесохозяйственного производства, развиваемая в Ленинградской лесотехнической академии, принята к внедрению на предприятиях Латвийской ССР и Карельской АССР. Она базируется на реализации государственному заказчику (например управлению лесного хозяйства) готовых объектов — сомкнутых лесных культур, пройденных рубками ухода насаждений и др. [1—3]. При этом источником финансирования могут быть как ассигнования из бюджета, так и иные средства, централизуемые на уровне отрасли. Принципиальным же положением концепции является изменение самого порядка финансирования.

Переход от сметно-бюджетного финансирования к оплате готовой продукции лесного хозяйства требует наделения лесохозяйственного предприятия оборотными средствами под незавершенное производство. Существует несколько альтернативных вариантов хозрасчетного финансирования лесохозяйственной деятельности.

Первый вариант основывается на наделении предприятия собственными оборотными средствами для проведения лесохозяйственных работ по аналогии с хозрасчетными лесопромышленными производствами. В этом случае предприятие производит необходимые затраты на лесовыращивание из собственных оборотных средств и по мере готовности реализует продукцию государству по установленным ценам. Основными трудностями внедрения данной схемы являются длительность оборота оборотных средств в ряде лесохозяйственных производств и отсутствие гарантий нормального воспроизводства лесов при ухудшении финансового состояния предприятия.

Второй вариант предусматривает формирование оборотных средств для лесохозяйственной деятельности за счет кредитов банка. Но использование кредита встречает по крайней мере два препятствия. Во-первых, встает вопрос о гарантиях материального обеспечения кредита. Во-вторых, уплата процентов за кредит повысит цену на продук-

цию и, следовательно, бюджетные ассигнования. Решение этих проблем, возможно, сделало бы указанный вариант наиболее предпочтительным.

Третья схема финансирования строится на различных вариантах авансовых взаимоотношений государства и предприятия лесного хозяйства. Она способна в максимальной степени приспособить действующий порядок финансирования лесохозяйственного производства к нуждам хозрасчета и поэтому наиболее приемлема для начального периода его внедрения.

Схема финансирования и показатели лесокультурного производства при переходе на хозрасчет

Год посадки	Площадь посадки, га	Размер аванса по годам, тыс. р.							Сумма авансов
		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	
		Площадь реализуемых культур, га							
		—	—	30	25	20	30	40	
1987	30	9	6	3	—	—	—	—	18
1988	25	—	7,5	5	2,5	—	—	—	15
1989	20	—	—	6	4	2	—	—	12
1990	30	—	—	—	9	6	3	—	18
1991	40	—	—	—	—	12	8	4	24

Показатели:				Примечания:
1. Аванс в текущем году	14	15,5	20	Сумма по графе
2. Выручка фактическая	21	17,5	14	По фактическим данным
3. Возмещение аванса	18	15	12	Сумма по строке
4. Выручка за вычетом аванса	3	2,5	2	Строка 2 — строка 3
5. Итого бюджетное финансирование	17	18	22	Строка 1 + строка 4
6. Фактическая себестоимость готовой продукции	18,7	15,9	12,6	По фактическим данным
7. Незавершенное производство	19,3	20,1	28,4	То же
8. Прибыль (убыток)	2,3	1,6	1,4	Строка 2 — строка 6
9. Рентабельность, %	12,2	10,0	11,1	Строка 8 × 100 / строка 6

Рассмотрим третью схему финансирования на условном примере производства лесных культур (см. таблицу). Предприятие через банк получает из госбюджета или иного источника финансирования аванс (промежуточный платеж) под лесные культуры, находящиеся в текущем году в производстве. Размер аванса определяется как сумма произведений площади незавершенных лесных культур по годам их посадки на соответствующий норматив затрат.

В рассматриваемом примере цикл производства принят условно длительностью 3 года. Норматив затрат для первого года выращивания (года посадки) установлен в размере 300, второго — 200, третьего — 100 р./га. Нормативы затрат по годам определяются в соответствии с технологическими картами выращивания лесных культур. В целом нормативная себестоимость готовых лесных культур равна 600 р./га. Следовательно, аванс под незавершенное производство в 1989 г. составит 14 тыс. р. ($30 \cdot 100 + 25 \cdot 200 + 20 \cdot 300 = 3\,000 + 5\,000 + 6\,000$, строка 1 второй части таблицы).

Цена на готовые лесные культуры принята условно в размере 700 р./га с рентабельностью к себестоимости 16,6 %. Соответственно,

выручка от реализации культур, заложенных в 1987 г., составит в 1989 г., при отсутствии за этот период их гибели и при реализации продукции по высшему сорту, 21 тыс. р. (30 × 700, строка 2 таблицы).

Для того чтобы приблизить нормативы затрат и цены к фактическим условиям производства, видимо, целесообразно дифференцировать их по различным регионам страны, а также использовать фиксированные рентные платежи.

При перечислении выручки от реализации культур на счет предприятия следует уменьшать ее на сумму ранее полученного аванса под незавершенное производство. В нашем примере перечисления из госбюджета в порядке оплаты готовой продукции составят в 1989 г. 3 тыс. р. (21 — 18, строка 4).

Конечный результат хозрасчетного производства лесных культур выражается прибылью или убытком от их реализации, исчисляемых как разность между выручкой и фактической себестоимостью готовой продукции.

Прибыль от реализации служит одним из важнейших экономических показателей эффективности хозрасчетного производства лесных культур. Она составляет 2,3 тыс. р. (строка 8). Соответственно рентабельность готовой продукции определяется в размере 12,2 % ($2,3 \times 100 / 18,7$, строка 9).

Для эффективного контроля производства следует наладить в бухгалтерском учете фиксацию экономии или перерасхода затрат по готовой и незавершенной продукции. Они определяются разностью между фактическими и нормативными издержками. В нашем случае перерасход в 1989 г. составил по готовой продукции 0,7 тыс. р. (18,7—18), по незавершенному производству 0,8 тыс. р. (19,3—18,5). Перерасход должен быть возмещен из собственных оборотных средств предприятия, например фондов экономического стимулирования или кредита банка.

Таким образом, экономия (перерасход) затрат влияет на доход, получаемый предприятием в текущем году, увеличивая и уменьшая отчисления в фонды экономического стимулирования.

Необходимым этапом перехода на хозрасчет является инвентаризация ранее заложенных лесных культур и принятие их на баланс предприятия в размере нормативной себестоимости. В нашем примере к началу 1989 г.—года перевода на хозрасчет—на балансе предприятия должны учитываться незавершенные производством культуры в общей сумме 22,5 тыс. р. (9 + 6 + 7,5).

При реализации культур незавершенное производство определяется как разность между всей суммой затрат на производство и себестоимостью реализуемой готовой продукции. В рассматриваемом примере к концу 1989 г. на балансе предприятия будет числиться незавершенное производство в размере 19,3 тыс. р., к концу 1990 г.—20,1 тыс. р., к концу 1991 г.—28,4 тыс. р. и т. д.

Представленная схема финансирования лесохозяйственного хозрасчетного производства на примере лесных культур, по нашему мнению, наиболее приемлема для начального, переходного периода внедрения хозрасчета в лесохозяйственную деятельность. В перспективе, при устойчивом финансовом состоянии предприятия, накоплении им источников собственных оборотных средств, возможен переход на финансирование по смешанному варианту: аванс — кредиты банка — собственные оборотные средства с преобладанием того или иного источника покрытия затрат.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ильин В. А., Хусанова А. З. Продукция лесохозяйственного производства при его хозрасчетной организации // Совершенствование хозяйственного механизма в лесном комплексе: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1988.— С. 23—25. [2]. Методы хозрасчетной организации лесохозяйственного производства: Отчет о НИР / ЛТА; Руководитель Т. С. Лобовиков.— № ГР 053.007.1608; Инв. № 1680067945.— Л., 1968.— 180 с. [3]. Разработать методические документы и провести экономический эксперимент по внедрению хозяйственного расчета в лесохозяйственное производство: Отчет о НИР / ЛТА; Руководитель А. П. Петров.— № ГР 018.70030887; Инв. № 02880030194.— Л., 1987.— 107 с.

Поступила 31 августа 1989 г.

УДК 630*6

АРЕНДА ЛЕСОВ В СИСТЕМЕ ХОЗРАСЧЕТНЫХ ОТНОШЕНИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА*

Г. С. ХИТРИНА

Свердловский филиал ВИПК Минлеспрома СССР

В условиях радикальной экономической реформы необходимость введения платы за пользование природными ресурсами не вызывает сомнения. Обеспечить ресурсосбережение можно только на основе экономических рычагов управления, сделав все ресурсы, в том числе и лесной фонд, платными. При этом следует найти теоретически верный подход к определению экономической природы арендной платы за пользование лесным фондом, исходя из которой разработать методику исчисления размера арендной платы. Кроме того, необходимо создать целостную систему хозрасчетных отношений в лесном комплексе, основанную на аренде лесов. В связи с этим хотелось бы предложить к обсуждению в ходе развернутой «Лесным журналом» дискуссии по проблемам хозрасчета в лесном хозяйстве свое понимание проблемы.

Аренда лесов должна вестись на двух уровнях. Первый заключается в аренде у государства лесного фонда нынешним лесфондодержателем — предприятием системы Госкомлеса СССР. Это может быть как комплексное лесное предприятие, так и предприятие, не занимающееся промышленной деятельностью. Арендные отношения на этом уровне оформляются договором между предприятием-лесфондодержателем и исполкомом местного Совета народных депутатов. Размер арендной платы, подлежащей внесению лесфондодержателем в государственный (и в том числе в местный) бюджет, должен определяться исходя из всей площади арендуемого им лесного фонда.

Второй уровень — это аренда лесного фонда у лесфондодержателя арендатором-лесопользователем: лесозаготовительным предприятием; кооперативом, занимающимся организацией отдыха в лесу; комплексным лесным предприятием; отдельными гражданами и т. д. В данном случае размер арендной платы исчисляется в соответствии с арендуемой у лесфондодержателя площадью лесного фонда определенного функционального назначения (эксплуатационные, рекреационные леса и т. д.). Вносимая лесопользователем арендная плата засчитывается в общую сумму арендной платы, взимаемой с лесфондодержателя. Таким образом, лесфондодержатель заинтересован в использовании каждого гектара лесного фонда, в привлечении как можно большего числа арендаторов-лесопользователей или в развитии производств по ком-

* В порядке обсуждения.

плексному использованию лесных ресурсов, поскольку нераспределенную между арендаторами-лесопользователями арендную плату он должен будет вносить сам.

Договор на долгосрочную аренду лесного фонда между лесфондо-держателем и лесопользователем следует заключать на срок оборота рубки. Но обязателен пересмотр условий договора через каждые 5 лет, чтобы учесть изменения цен, размер арендной платы. При этом новый договор составлять необязательно, все изменения можно оформить в дополнительном соглашении к нему. При предоставлении в аренду лесного фонда необходимо учитывать имеющиеся производственные мощности предприятий-лесопользователей и перспективы их развития.

Составители проекта «Положения об аренде лесов в СССР» [8] и другие авторы [2] считают, что арендная плата должна включать затраты на ведение лесного хозяйства.

Мы придерживаемся иной точки зрения. Как и плата за предоставление в аренду сельскохозяйственных земель [4], за использование городских земель, арендная плата за лесной фонд носит чисто рентный характер. Через нее изымается в государственный бюджет дифференциальная рента, возникающая при эксплуатации земель лесного фонда, различных по плодородию и местоположению. «...Дифференциальная рента есть лишь формальное превращение добавочной прибыли в ренту... собственность на землю дает здесь собственнику лишь возможность переместить добавочную прибыль из рук арендатора в свои...» [1, с. 294].

Исходя из этой методологической предпосылки, считаем, что источником внесения арендной платы должна служить прибыль (валовой доход) лесопользователя, арендующего лесной фонд.

В состав лесного фонда входят лесные и нелесные площади. Арендные отношения предусматривают изъятие дифференциальной ренты, возникающей при эксплуатации в *с* е х категорий земель, включаемых в государственный лесной фонд. При определении размера платы за предоставление в аренду лесных земель исходным пунктом является рассмотрение леса как «лесоземельного угодья» [5], поскольку «...о лесе, как средстве производства, можно говорить только адекватно его лесоводственному представлению, как о единстве древостоя и лесных земель, едином «лесоземельном угодье» [3].

В проекте «Положения об аренде лесов в СССР» нет достаточной ясности в вопросе исчисления арендной платы за «лесоземельное угодье». Лес как угодье выступает в качестве объекта главного, промежуточного, побочного и рекреационного пользования. Все эти виды пользования при хозрасчетной организации производства должны приносить прибыль (хозрасчетный доход). При побочном пользовании лесом — это прибыль от возможной реализации грибов, ягод, орехов, сена и т. д. со всей площади лесного фонда, взятой в аренду. Степень благоустройства лесных участков, близость к путям транспорта и другие факторы определяют размер прибыли лесопользователей, арендующих лесные участки для организации отдыха населения. Арендная плата представляется нам как часть прибыли от реализации различных видов продукции и услуг, принимающих товарный вид, которые можно получить и оказать в течение года, арендуя определенный лесной фонд. В состав арендной платы по годам действия договора следует включать также попенную плату за лес на корню, считая, что она выступает как сумма дифференциальных рент за весь срок использования земли под лесоземельное угодье [3]. Таким образом, расчет размера арендной платы в каждом году предлагаем производить по формуле

$$P_{\text{а. л. ф}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{реал}} H + P_{\text{л. к}},$$

- где $P_{а. л. ф}$ — плата за аренду лесного фонда, р.;
- n — конкретные (i) виды пользования лесом, в результате которых получается товарная продукция или оказываются услуги;
- $P_{реал}$ — потенциальная прибыль от реализации продукции или оказания услуг, р.;
- H — норматив платы за аренду лесного фонда, дифференцированный по районам, видам пользования, % к прибыли от реализации;
- $P_{л. к}$ — попенная плата за древесину на корню, р.

Попенная плата не включается в себестоимость продукции, а входит в общую сумму арендной платы.

Расчет размера арендной платы следует вести, исходя из рекомендаций лесоустройства по ежегодным объемам рубок промежуточного и главного пользования; оценки запасов лекарственного, пищевого и технического сырья и прогнозов урожайности; учета лесных участков, уже используемых или планируемых к использованию в течение 5 лет в рекреационных целях. При определении ежегодных на пятилетие объемов лесопользования следует учитывать достигнутый уровень хозяйствования в районе расположения предприятия-лесофондодержателя: возможность реализации древесины от рубки ухода за лесом, уровень комплексного использования лесных ресурсов, плотность населения и т. д.

Для исчисления возможного размера прибыли, как основы арендной платы, используются действующие на момент заключения договора или дополнительного соглашения к нему оптовые и розничные цены на продукцию, принимающую товарный вид, нормативная себестоимость, ставки за оказание услуг по оздоровлению населения и т. д.

Размер арендной платы и для предприятия-лесофондодержателя, и для лесопользователя исчисляется в абсолютной сумме по годам действия договора на 5 лет. Утвержденный договором, он не подлежит дальнейшему изменению. Исключение могут составлять случаи, когда лесной фонд подвергся стихийному бедствию. Внесение арендной платы в абсолютной сумме должно экономически стимулировать улучшение использования лесного фонда как арендатором-лесофондодержателем, так и арендатором-лесопользователем. Если, например, лесфондодержатель сумеет в течение пятилетнего периода увеличить размер арендной платы по сравнению с утвержденной в договоре с исполкомом местного Совета, то часть дополнительной арендной платы он может оставить в своем распоряжении. При этом увеличение размера арендной платы не должно идти за счет переруба расчетной лесосеки.

Неполное использование лесопользователем взятого им в аренду лесоземельного угодья при неизменной на данный год арендной плате приведет к уменьшению прибыли, остающейся в распоряжении предприятия (хозрасчетного дохода).

Если ухудшение лесного фонда произошло по вине арендаторов обоих уровней, размер арендной платы на период действия договора не снижается. Одновременно арендатор вносит в государственный бюджет сумму причиненного ущерба, а также производит за счет собственных средств мероприятия, ликвидирующие ухудшение состояния лесного фонда. Для этих целей арендаторы создают у себя страховой фонд.

В состав арендной платы не входят затраты на лесовыращивание. Создание лесных культур, охрану и защиту леса надлежит финансировать из государственного бюджета [6].

Сейчас же в комплексных лесных предприятиях системы Минлеспрома СССР операционные расходы на лесное хозяйство покрываются

из фонда развития производства, науки и техники (ФРПНИТ), что не соответствует источникам формирования этого фонда. Так, плановый размер ФРПНИТ по Бисертскому леспромхозу на 1988 г. (2 249 тыс. р.) создается в основном за счет амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов (1 432 тыс. р.). В смете расходования средств ФРПНИТ леспромхозом планируется покрытие операционных затрат в сумме 832 тыс. р. Таким образом искусственно снижается размер финансирования затрат на техническое перевооружение, реконструкцию и расширение действующих производств.

Предлагаем следующую схему развития хозрасчетных отношений между предприятием-лесофондодержателем и предприятием-лесопользователем по созданию лесных культур. Лесофондодержателю из бюджета выделяется определенная сумма операционных средств, размер которой зависит от предусмотренных на пятилетку объемов работ по созданию лесных культур, охране и защите леса на всей площади лесного фонда, арендуемого лесофондодержателем; нормативной себестоимости работ и возможностей государственного (местного) бюджета. Конкретные объемы работ по созданию лесных культур входят в перечень госзаказа предприятий-лесопользователей. Исходя из госзаказа, включенного в договор, и общей суммы операционных затрат лесофондодержателя, выделяются средства лесопользователю.

Считаем, что такая организация лесовосстановления расширит самостоятельность лесофондодержателей в планировании. Лесофондодержатель на основе утвержденной ему суммы операционных расходов сам решает, какие работы и в каких объемах следует провести в первую очередь с тем, чтобы улучшить лесоземельное угодье. Средства на создание лесных культур лесопользователю выделяются в соответствии со сроками проведения работ. Окончательная выдача средств производится на основании акта приемки лесофондодержателем сомкнувшихся лесных культур. Если они не соответствуют стандарту, лесопользователь получает средства не в полном объеме. На размер финансирования не должна влиять технология выполнения работ. Таким образом, лесопользователь, арендующий лесной фонд, может за счет снижения себестоимости лесохозяйственных работ создавать у себя страховой фонд, используя его для возмещения ущерба от гибели по его вине лесных культур. В предлагаемой схеме финансирования лесовосстановления путем создания лесных культур есть элементы, присущие хозяйственному расчету в лесном хозяйстве социалистических стран [7].

Лесозаготовитель вправе, помимо мероприятий, отраженных в договоре, выполнять за счет собственных средств дополнительные работы, направленные на улучшение состояния лесного фонда. При длительном сроке аренды это ему выгодно, так как дифференциальная рента II будет фиксироваться в прибыли и оставаться в распоряжении лесопользователя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Маркс К. Капитал // Маркс К., Энгельс Ф. Соч.—2-е изд.—Т. 25, ч. 2.—С. 3—458. [2]. Волков В. Д. Концепция перестройки экономического механизма управления лесным хозяйством // Лесн. хоз-во.—1988.—№ 7.—С. 2—6. [3]. Джикович В. Л. Ценообразование в лесном хозяйстве.—М.: Лесн. пром-сть, 1976.—168 с. [4]. Кузин В. Ф. Рентные отношения и хозрасчет в сельском хозяйстве.—М.: Экономика, 1987.—70 с. [5]. Лобовиков Т. С. Лесному хозяйству — реальный хозрасчет // Лесн. журн.—1988.—№ 4.—С. 100—106.—(Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Перестройка управления лесным комплексом // Лесн. пром-сть.—1988.—19 марта. [7]. Петров А. П., Толоконников В. Б., Имре Ласла. Хозрасчет в лесном хозяйстве Венгрии // Лесн. хоз-во.—1988.—№ 6.—С. 50—52. [8]. Положение об аренде лесов в СССР // Лесн. пром-сть.—1988.—19 июля.

УДК 630*78

О КОМПЛЕКТОВАНИИ СОСТАВА АВТОПАРКА

В. П. БЫЧКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Переход предприятий лесного хозяйства на полный хозрасчет и самофинансирование требует сокращения затрат на транспортные работы, оптимизации состава автопарка в каждом хозяйстве.

Начиная с 1988 г., поставка автомобилей отраслям народного хозяйства планируется в штуках, а конкретные марки машин определяются прямыми договорами потребителя и поставщика. В этих условиях каждое предприятие получает возможность выбрать наиболее эффективный вариант комплектования состава автопарка, отвечающего его хозрасчетным интересам.

Большое значение для формирования оптимального состава автопарка лесных предприятий имеет выбор автомобилей, которые в сложившихся условиях эксплуатации обеспечивают наибольшую эффективность перевозок. При решении указанной задачи сначала подбирают подвижной состав, обеспечивающий высокую технологичность перевозок каждого вида грузов (группы грузов). На этой стадии может быть предложено несколько марок автомобилей, отличающихся грузоподъемностью. После этого выполняют расчеты, позволяющие выбрать тот автомобиль, который обеспечивает наибольшую экономичность перевозок. В качестве экономического критерия выбора можно использовать минимум приведенных затрат ($C_{пр}$), которые определяют по формуле:

$$C_{пр} = A_э C_a E_n + C_э, \quad (1)$$

где $A_э$ — эксплуатационный парк автомобилей, шт.;
 C_a — цена автомобиля, р.;
 E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности;
 $C_э$ — эксплуатационные затраты, р.

Эксплуатационный парк автомобилей устанавливают, исходя из планируемого грузооборота и годовой производительности одного автомобиля:

$$A_э = \frac{Q l_{п}}{T_{см} \omega_a n D}, \quad (2)$$

где Q — годовой объем перевозки, т;
 $T_{см}$ — продолжительность смены, ч;
 $l_{п}$ — среднее расстояние перевозки груза, км;
 n — коэффициент сменности;
 D — число дней работы в году;
 ω_a — сменная производительность автомобиля, т · км,

$$\omega_a = \frac{q \gamma v_{т\beta} l_{п}}{l_{п} + v_{т\beta} (t_{п} + t_{р})}, \quad (3)$$

где q — грузоподъемность автомобиля, т;
 γ — коэффициент использования грузоподъемности;
 $v_{т}$ — техническая скорость, км/ч;

β — коэффициент использования пробега;
 t_n — время на погрузку за одну езду, ч;
 t_p — то же на разгрузку, ч.

Для дальнейших расчетов принимаем, что техническая скорость практически мало зависит или почти не зависит от грузоподъемности автомобиля.

Время на погрузку и разгрузку зависит не только от грузоподъемности, но и от объемного веса груза и производительности механизмов на погрузке (w_n) и разгрузке (w_p):

$$t_n = \frac{q\gamma}{w_n}; \quad t_p = \frac{q\gamma}{w_p}. \quad (4)$$

Подставляя выражения (4) в формулу (3), получим:

$$w_a = \frac{q\gamma v_n \beta t_n}{l_n + v_n \beta (q\gamma/w_n + q\gamma/w_p)}. \quad (5)$$

Связь между оптовой ценой и грузоподъемностью автомобилей достаточно хорошо описывается уравнением

$$L_a = aq + b. \quad (6)$$

В частности, для бортовых автомобилей

$$L = 9,489q - 4,323, \quad (7)$$

для автомобилей-самосвалов

$$L = 21,788q - 133,794. \quad (8)$$

Коэффициент корреляции в первом случае составил 0,715, во втором — 0,942. Расчетное значение критерия Фишера F оказалось соответственно равным 15,645 и 152,517, что выше табличных (4,54 и 4,38). Это подтверждает адекватность полученных уравнений характеру изучаемых связей.

Эксплуатационные затраты, связанные с перевозкой, рассчитывают по формуле:

$$C_s = Ql_n S, \quad (9)$$

где S — себестоимость перевозок, к./(т · км).

Зависимость себестоимости перевозок от грузоподъемности автомобилей близка к гиперболической*.

Поэтому принимаем

$$S = \frac{C_0 + C_1 q}{q} \quad \text{или} \quad S = \frac{C_0}{q} + C_1. \quad (10)$$

Поскольку C_1 — величина постоянная, то найдем выражение для C_0 . Пусть для автомобилей грузоподъемностью q_0 и q_1 себестоимость перевозок равна S_0 и S_1 . Тогда

$$S_0 = \frac{C_0}{q_0} + C_1 \quad \text{и} \quad S_1 = \frac{C_0}{q_1} + C_1.$$

Отсюда

$$S_0 - S_1 = C_0 \left(\frac{1}{q_0} - \frac{1}{q_1} \right)$$

* Афанасьев Л. Л., Цукербург С. М. Автомобильные перевозки. — М.: Транспорт, 1983. — 318 с.

и

$$C_0 = \frac{S_0 - S_1}{1/q_0 - 1/q_1}. \quad (11)$$

Подставляя в формулу (1) выражения (2), (5), (6), (9), (10), получим:

$$C_{\text{пр}} = \frac{QE_n(aq + b) \left[l_{\text{п}} + v_{\text{т}}\beta \gamma \left(\frac{1}{w_{\text{п}}} + \frac{1}{w_{\text{р}}} \right) q \right]}{T_{\text{см}n} D \gamma v_{\text{т}} \beta q} + Ql_{\text{п}} \left(\frac{C_0}{q} + C_1 \right). \quad (12)$$

Для нахождения минимального значения приведенных затрат необходимо использовать условие $\frac{dC_{\text{пр}}}{dq} = 0$,

$$\text{т. е.} \quad \frac{dC_{\text{пр}}}{dq} = \frac{QE_n a \left(\frac{2}{w_{\text{п}}} + \frac{1}{w_{\text{р}}} \right)}{T_{\text{см}n} D} - \left(\frac{QE_n b l_{\text{п}}}{T_{\text{см}n} D \gamma v_{\text{т}} \beta} + Ql_{\text{п}} C_0 \right) \frac{1}{q^2} = 0.$$

Отсюда

$$q^2 = \left(\frac{T_{\text{см}n} D l_{\text{п}} C_0}{E_n} + \frac{b l_{\text{п}}}{\gamma v_{\text{т}} \beta} \right) \frac{1}{a \left(\frac{1}{w_{\text{п}}} + \frac{1}{w_{\text{р}}} \right)}. \quad (13)$$

Итак, минимум приведенных затрат достигается при условии

$$q_{\text{опт}} = \sqrt{\left(\frac{T_{\text{см}n} D l_{\text{п}} C_0}{E_n} + \frac{b l_{\text{п}}}{\gamma v_{\text{т}} \beta} \right) \frac{1}{a \left(\frac{1}{w_{\text{п}}} + \frac{1}{w_{\text{р}}} \right)}}. \quad (14)$$

Для бортовых автомобилей формула (14) с учетом зависимости (7) примет вид

$$q_{\text{опт}} = 0,325 \sqrt{\left(\frac{T_{\text{см}n} D l_{\text{п}} C_0}{E_n} - \frac{4,323 l_{\text{п}}}{\gamma v_{\text{т}} \beta} \right) \frac{1}{\frac{1}{w_{\text{п}}} + \frac{1}{w_{\text{р}}}}}, \quad (15)$$

для автомобилей-самосвалов формула (14) с учетом зависимости (8)

$$q_{\text{опт}} = 0,214 \sqrt{\left(\frac{T_{\text{см}n} D l_{\text{п}} C_0}{E_n} - \frac{133,794 l_{\text{п}}}{\gamma v_{\text{т}} \beta} \right) \frac{1}{\frac{1}{w_{\text{п}}} + \frac{1}{w_{\text{р}}}}}. \quad (16)$$

Подставив в формулы (15) и (16) значения показателей, соответствующие условиям перевозок конкретного вида груза (группы грузов), можно найти грузоподъемность автомобиля, эксплуатация которого обеспечивает наименьшую сумму удельных приведенных затрат.

Пример. В лесхозе эксплуатируется парк грузовых автомобилей, осуществляющих внутрихозяйственные перевозки лесопродукции различного вида: сортиментов, технологической щепы, дров и т. д. Для перевозки дров можно использовать бортовые машины. Пусть условия эксплуатации при перевозке дров на предприятии характеризуются следующими технико-эксплуатационными показателями: продолжительность смены — 8 ч; коэффициент сменности — 1,1; количество рабочих дней в году — 280; расстояние перевозки — 30 км; коэффициент использования грузоподъемности — 1,0; техническая скорость — 22 км/ч; коэффициент использования пробега — 0,48; производительность на погрузке — 20,7, на разгрузке — 31 т/ч.

Величину C_0 рассчитаем из условия применения на перевозках автомобилей марки ЗИЛ-130 грузоподъемностью 5 т и КамАЗ-5320 грузоподъемностью 8 т. Первый автомобиль в заданных условиях эксплуатации выполняет перевозки с удельной суммой эксплуатационных затрат 5,6, второй — 4,7 к./(т · км).

Тогда

$$C_0 = \frac{5,6 - 4,75}{1/5 - 1/8} = 12.$$

Дальнейшие расчеты по формуле (15) показали, что оптимальная грузоподъемность автомобиля на перевозке дров в заданных условиях эксплуатации составляет 5,6 т. Автомобили с указанной грузоподъемностью отечественной промышленностью не выпускаются, поэтому мы выбираем тот, грузоподъемность которого ближе всего к оптимальной, т. е. ЗИЛ-130.

Аналогично подбирается марка автомобиля для перевозок других видов лесопродукции.

Поступила 28 июня 1989 г.

УДК 658.012.2.01 : 684

**ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ
МЕБЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ
(системный подход)**

П. ЖУКОВСКИ

Ленинградская лесотехническая академия

Эффективное управление мебельными предприятиями (производственными объединениями), действующими в условиях самостоятельности, самоуправления и самофинансирования с использованием рынка, требует анализа динамики систем управления. Этот метод изучения информационных характеристик обратных связей в хозяйственной деятельности служит исследованию откликов организационной структуры (на усиления и запаздывания входных величин и взаимодействий), влияющих на результативность и эффективность работы промышленного предприятия. Основным предметом такого анализа являются взаимодействия между потоками: заказов, материалов, нарядов, продукции, денег и персонала в промышленном предприятии [1, 3, 5]. Инструментом имитации указанных взаимодействий является модель, которая должна отражать (воспроизводить) интересующие нас свойства системы в степени, достаточной для данного объема исследований. Одновременно построенная модель должна способствовать проведению исследований с возможностью их повторения для разных условий работы предприятия [2, 6].

Цель статьи — построение динамической модели управления мебельным предприятием и исследование причин изменения процессов хозяйственной деятельности при изменениях потока заказов на мебельные изделия.

Схема символически-аналоговой модели (рис. 1) представляет собой общую структуру мебельного предприятия и отражает основные принципы действий руководителя. Результаты расчетов, полученные на основе имитации построенной динамической модели с использованием ЭВМ, показывают некоторые характеристики динамики действий подразделений в процессе работы всего мебельного предприятия [3—5].

В описании символически-аналоговой модели мебельного предприятия (рис. 1) представлено:

1) пять основных подразделений, которые охарактеризованы уровнями: ПЗ — портфель заказов, СБ — отдел снабжения, СМ — склад материалов, ПЦ — производственный цех (производство), СП — склад продукции;

2) основные условия работы предприятия следующие.

а) Объем производства должен быть ориентирован на создание трехкратного уровня склада продукции по отношению к средней величине поступающих заказов на мебельные изделия. Это требование осу-

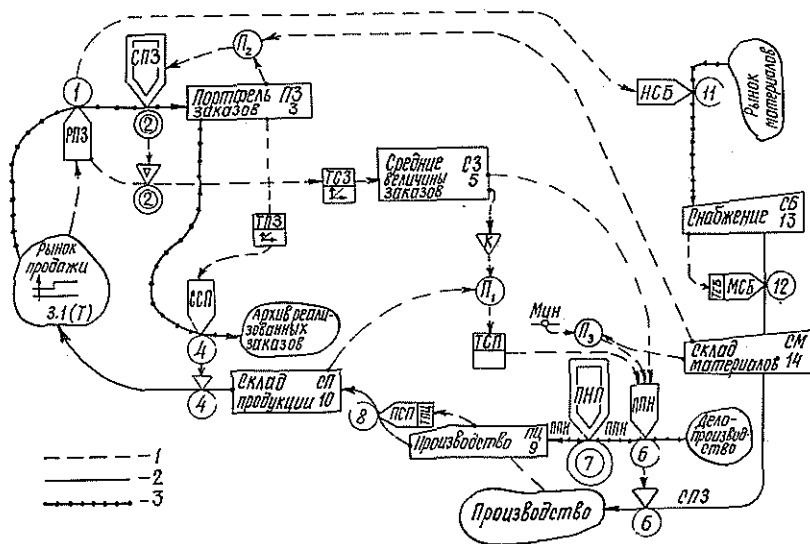


Рис. 1. Схема динамики системы управления мебельным предприятием:
1 — информация; 2 — материалы; 3 — наряды

ществляется передачей нарядов производственному цеху на изготовление продукции. Производственные наряды — это величина, выраженная равенством:

$$ПН = П_1 + СЗ, \tag{1}$$

где $СЗ$ — средняя величина принимаемых заказов;

$П_1$ — вспомогательная переменная, представляющая разность между желаемым уровнем склада продукции и его фактической величиной. Желаемый уровень — это произведение средней величины заказов ($СЗ$) на коэффициент усиления ($К$), который определяет число недель, в течение которых желаемый уровень склада продукции был бы достаточен для отправки мебельных изделий со скоростью, равной средней скорости поступающих заказов. Переменная $П_1$ определяется формулой

$$П_1 = К \cdot СЗ - СП, \tag{2}$$

$СП$ — фактическая величина (уровень) склада продукции.

б) В случае, когда уровень склада материалов, обеспечивающий производство, станет ниже уровня, определенного через портфель принятых заказов, надо приостановить принятие заказов на мебельные изделия. Если уровень склада материалов станет ниже некоторой определенной величины (минимальной), надо приостановить передачу нарядов на производство.

в) Поток нарядов на приобретение материалов, пересылаемых в отдел снабжения, соответствует потоку заказов на изделия, поступающих на предприятие.

г) Учитывается пропускная способность конторских работ, определяемая средним временем перехода $ТСЗ$, для выполнения условия 2, $а — ТСП$, для снабжения — $ТСБ$, для производства — $ТПЦ$ и распределения — $ТПЗ$. Общая пропускная способность распределения представлена в интеграции информационной пропускной способности о времени

перехода $ТПЗ$ и функции принятия решений относительно потока реализованных заказов ($ССП$).

Дадим описание модели динамической системы управления (рис. 1).

С «рынка продажи» идут два потока; один несет заказы на мебельные изделия, другой — информацию о величине потока заказов на эти изделия. Далее следуют пункты принятия решений.

1. Описывается поток поступающих заказов на мебельные изделия ($РПЗ$). Принято, что эта величина имеет ступенчатый характер и определяется равенством:

$$РПЗ = P + 3 \cdot 1(T), \quad (3)$$

где P — начальная величина заказов на мебельные изделия;

3 — величина поступающих заказов.

2. Поток принимаемых заказов ($СПЗ$) регулирует поступление тех заказов, которые материально обеспечены, а также корректирует информацию о величине потока заказов, формирующую среднюю величину (уровень) заказов $СЗ$. Действие этого пункта принятия решений определяется функцией P^+ вида

$$P^+ = \begin{cases} 1, & \text{если } СМ \geq ПЗ; \\ 0, & \text{если } СМ < ПЗ. \end{cases} \quad (4)$$

При этом

$$СПЗ = P^+ \cdot РПЗ. \quad (5)$$

3. Новое значение портфеля заказов ($ПЗ$) представляет собой количество принятых заказов на изделия и находится по формуле

$$ПЗ = ПЗ_0 + ДТ(СПЗ - ССП), \quad (6)$$

где $ПЗ_0$ — предыдущая величина заказов;

$ДТ$ — интервал времени;

$ССП$ — поток реализованных заказов.

4. $ССП$ регулирует: величину отправляемых мебельных изделий со склада продукции и реализованных заказов, передаваемых из портфеля заказов в архив. Действие этого пункта принятия решений определяется равенством

$$ССП = ПЗ / ТСЗ, \quad (7)$$

где $ТСЗ$ — время реализации заказов (постоянная величина).

5. Средняя величина (уровень) поступающих заказов ($СЗ$) формирует среднюю величину потока $РПЗ$ (с учетом корректировочных действий второго пункта принятия решений). Действие пятого пункта выражается формулой

$$СЗ = СЗ_0 + ДТ(СПЗ - СЗ_0), \quad (8)$$

где $СЗ_0$ — предыдущая величина заказов;

$ДТ$ — интервал времени;

$СПЗ$ — величина потока принимаемых заказов.

6. Величина потока производственных нарядов ($ППН$), которая регулирует потоки нарядов и материалов, передаваемых в производство, выражается равенством:

$$ППН = СП + П_1 / ТСП, \quad (9)$$

где $ТСП$ — среднее время перехода (коэффициент коррекции), связанное с выполнением условия 2, а.

7. Поступление нарядов на производство ($ПНП$) обеспечивает реализацию условия 2, б работы предприятия, отсекая (приостанавли-

вая) передачу нарядов на производство, когда уровень склада материалов станет минимальным. Действие этого пункта определяется функцией P^+ вида

$$P^+ = \begin{cases} 1, & \text{если } P_3 \geq 0; \\ 0, & \text{если } P_3 < 0 \end{cases} \quad (10)$$

и

$$ПНП = ППН \cdot P^+. \quad (11)$$

Здесь вспомогательная переменная P_3 выражает разницу между фактическим уровнем склада материалов и некоторым минимальным запасом $Мин.$

8. Передача нарядов из производства, тождественная объему продукции — величине потока продукции ($ПСП$) определяет время, необходимое на производство. Время перехода пропускной способности производства ($ТПЦ$) принимаем постоянным, а накопительным элементом пропускной способности является величина производственных нарядов. Действие этого пункта выражается равенством

$$ПСП = ПЦ / ТПЦ, \quad (12)$$

где $ПЦ$ — величина производственных нарядов.

9. $ПЦ$ определяет текущую величину портфеля производственных нарядов и выражается равенством

$$ПЦ = ПЦ_0 + ДТ (ПНП - ПСП), \quad (13)$$

где $ПЦ_0$ — предыдущая величина портфеля производственных нарядов;
 $ДТ$ — интервал времени.

10. Для уровня склада мебельных изделий ($СП$) входом является поток продукции $ПСП$, а выходом — поток изделий, отправляемых на рынок (потребителю). Разница между этими потоками скапливается (остается) на складе продукции. Действие этого пункта выражается равенством

$$СП = СП_0 + ДТ (ПСП - ССП), \quad (14)$$

где $СП_0$ — предыдущая величина (уровень) склада продукции;
 $ССП$ — величина отправки (реализованной) продукции.

11. Поток нарядов на покупку материалов ($НСБ$) определяет поток нарядов на покупку материалов через отдел снабжения, который, согласно условию 2, в работы предприятия, равен потоку заказов на мебельные изделия:

$$НСБ = РПЗ, \quad (15)$$

где $РПЗ$ — поток заказов на мебельные изделия.

12. Поток закупленных материалов ($МСБ$) — это материалы, доставленные на склад отделом снабжения. Величина потока регулируется на основе информации о числе нарядов, накопившихся в отделе снабжения, и выражается равенством:

$$МСБ = СБ / ТСБ, \quad (16)$$

где $СБ$ — число нарядов отдела снабжения;
 $ТСБ$ — время закупки материалов.

13. $СБ$ накапливает разницу между поступающим потоком нарядов на покупку материалов $НСБ$ и потоком их реализации, который равен потоку закупленных материалов $МСБ$ через отдел снабжения и отправленных на склад материалов. Действие этого пункта определяет равенство

$$СБ = СБ_0 + ДТ(НСБ - МСБ), \quad (17)$$

где $СБ_0$ — предыдущее число нарядов отдела снабжения.

14. Склад материалов ($СМ$) накапливает разницу между потоком закупленных материалов $МСБ$ и потоком их передачи на производство $ППН$. Действие этого пункта выражается равенством

$$СМ = СМ_0 + ДТ(МСБ - ППН), \quad (18)$$

где $СМ_0$ — предыдущая величина (уровень) склада материалов.

Перейдем к описанию начальных условий.

Начальные условия определяют состояние мебельного предприятия, в котором оно находится перед изменением величины поступающих заказов на $3 \cdot 1(T)$. В начальном состоянии величина поступающих заказов на мебельные изделия равна величинам: отправки продукции $ССП$; потока продукции $ПСП$; потока материалов, доставленных на склад материалов $МСБ$; среднего уровня поступающих заказов на изделия $СЗ$, т. е.:

$$P = ССП = ПСП = МСБ = СЗ.$$

Величины разных уровней в начальном состоянии определяются произведением величины потока, связанного с данным уровнем, и временем перехода этого потока, а именно:

$$ПЗ = РПЗ = P;$$

$$СБ = МСБ \cdot ТСБ = P \cdot ТСБ;$$

$$ПЦ = ПСП \cdot ТПЦ = P \cdot ТПЦ.$$

Уровни (пункты принятия решений) $СП$ и $СМ$ не связаны во времени со своими потоками, поэтому следует задаться некоторыми их значениями. Склад продукции $СП$ должен, согласно условиям работы предприятия, иметь некоторый желаемый уровень продукции, т. е.:

$$СП = K \cdot СЗ = K \cdot P.$$

Уровень склада материалов $СМ$ можно задать любым числом ($СМЛ$) больше минимального запаса ($Мин$), т. е.:

$$СМ = СМЛ > Мин.$$

В данном исследовании динамической модели управления мебельным предприятием приняты следующие значения начальных параметров (число недель): $ТПЗ = 1$, $ТСЗ = 2$, $ТПЦ = 2$, $ТСП = 2$, $ТСБ = 2$, $Мин = 0$, $K = 3$, $ДТ = 0,1$; $P = 100$ единиц в неделю.

В заключение приведем результаты расчетов на ЭВМ, относящиеся к четырем основным случаям функционирования предприятия (системы) по предложенной модели: 1) увеличение заказов на мебельные изделия на 20 единиц в неделю при начальном уровне материалов на складе $СМЛ = 270$ единиц; 2) на 40 единиц в неделю при $СМЛ = 270$ единиц; 3) то же при $СМЛ = 350$ единиц; 4) то же при $СМЛ = 420$ единиц.

Эти результаты (на основе распечаток) проиллюстрированы рисунками 2, а—г. Рис. 2, а показывает, что при ступенчатом возрастании заказов на мебель на 20 единиц в неделю начинаются временные сбои в работе исследуемого предприятия. Это выражается колебанием уровня продукции $ПЦ$ и поступления потока материалов на производство $ППН$; эти колебания затухают после 16 недель с момента увеличения заказов на мебель.

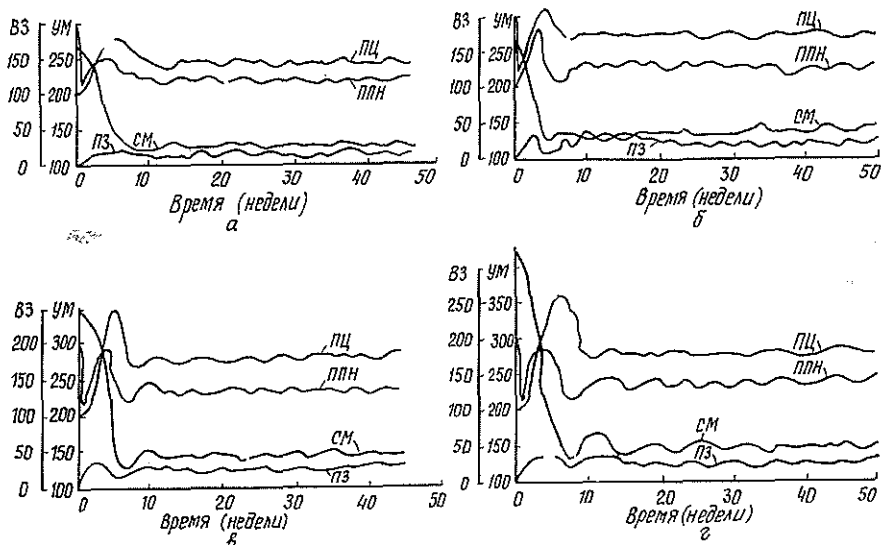


Рис. 2. Графики результатов имитации динамической модели управления мебельным предприятием: ВЗ — величина заказов изделий (единиц в неделю); УМ — уровень материалов на складе (единиц)

При увеличении заказов на мебельные изделия на 40 единиц в неделю (рис. 2, б) сбои в работе предприятия заметны еще на 35-й неделе, причем амплитуда колебаний достигает около 10 % среднего значения. Этот график показывает также причину очень большого периода временных сбоев в работе предприятия. Именно на рис. 2, б видно взаимное пересечение кривых СМ и ПЗ, что, согласно условию 2, б работы предприятия, является поводом для временной приостановки принятия заказов на мебель. Этот эффект равносителен рыночным изменениям величины заказов и тем самым вводит добавочные сбои в работе предприятия, которые происходят не от внешних причин, как могло бы показаться на первый взгляд.

Достаточно, чтобы начальный уровень склада материалов имел начальный запас СМЛ = 350 единиц вместо 270 при увеличении заказов на изделия на 40 единиц в неделю (рис. 2, в), чтобы временные сбои в работе предприятия прекратились уже после 15 недель от момента увеличения заказов на мебельные изделия.

При первоначальном уровне склада материалов СМЛ = 420 единиц (2, г) сбои в работе предприятия устраняются также после 15 недель, однако анализ изменений показывает, что в этом случае стабилизация более устойчива.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жуковски П. Основные проблемы анализа продукции в микроэкономическом масштабе.—Ополе: Изд-во науч. орган. труда и управл., 1979.—24 с. [2]. Жуковски П. Основы управления использованием станков и агрегатов в условиях серийного производства.—Ополе: Моногр. Вышпедшколы, 1980.—№ 73.—116 с. [3]. Жуковски П. Управление промышленным предприятием при серийном производстве (на примере мебельной промышленности).—Варшава; Вроцлав: Научиздат, 1989.—164 с. [4]. Петров А. П., Бурдин Н. А., Кожухов Н. И. Лесной комплекс. Вопросы теории и практики.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—296 с. [5]. Ягас Ю. Невестиционные факторы повышения производительности труда.—Ополе: Моногр. Вышпедшколы, 1983.—№ 87.—182 с. [6]. Якубовски З. Ключевые проблемы современных методов и техник организации производства.—Ополе: Изд-во науч. орган. труда и управл., 1979.—16 с.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*232.311.1 : 582.475.4

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ УРОЖАЕВ ШИШЕК
У КЕДРОВОГО СТЛАНИКА
(*Pinus pumila* (Pall.) Regel)

А. М. БОЙЧЕНКО, И. П. ЕМЕЛЬЯНОВ

Институт биологии ЯНЦ СО АН СССР

Кедровый стланик — широко распространенный на востоке страны кустарник [12]. В Алданском нагорье, где проводились наши основные исследования, он занимает 12 % лесопокрытой площади [10]. Территория работ прилегает к шоссе трассе Томмот — Алдан — Чульман. По И. П. Щербакову [15], она относится к Южному Алданскому горному среднетаежному округу. Горный характер рельефа обусловил вертикальную поясность почвенного и растительного покровов. В пределах высот 800...1500 м над уровнем моря сообщества кедрового стланика (чистые или с единичным участием угнетенных древесных пород) формируют подгольцовый пояс. Так как в районе исследований преобладают платообразные формы рельефа, кедровый стланик образует однородные заросли на обширных территориях. Ценотическая роль и репродуктивная способность стланика в подгольцовом поясе выражены в наибольшей степени.

Орешки кедрового стланика — важный компонент пищи многих видов птиц и млекопитающих, высокоценный продукт, заготавливаемый населением. Немногочисленные литературные сведения о плодоношении кедрового стланика (величинах, динамике урожая и т. д.) приводятся, как правило, по данным непродолжительных (в течение 2-3 лет, редко — более) наблюдений [4, 8, 9, 11, 13, 14]. При экспедиционных работах, особенно в отдаленных районах, ведение многолетнего (15 лет и более) учета урожая шишек стланика на постоянных пробных площадях трудно выполнимо. В связи с этим представляет большой научно-практический интерес возможность изучения динамики урожая шишек за длительный период времени так называемым морфологическим методом [7] по имеющимся 1—2-летним шишкам и их следам. Данный метод позволяет получить для ряда древесных пород ретроспективную информацию о плодоношении в результате хотя и трудоемкого, но одноразового исследования. С. А. Пивник [9] было высказано мнение о том, что для кедрового стланика этот метод непригоден из-за невозможности разграничения на ветвях годичных приростов. Более поздние исследования в том же районе Верхоянья [3], а также в других районах Якутии показали, что благодаря наличию следов от кроющих чешуй верхушечной почки граница годичных приростов у кедрового стланика просматривается достаточно хорошо, а следы от шишек сохраняются в неблагоприятных для роста кустарника экологических условиях — 50 лет и более, в оптимальных условиях — не менее 15...20 лет.

Первоочередная задача наших исследований — выяснить методические аспекты закладки пробных площадей в зарослях кедрового стланика (сплошных и разреженных) наиболее распространенных в районе работ типов сообществ — ассоциациях каснопеево-лишайниковой и голубично-лишайниковой.

Кедровый стланик каснопеево-лишайниковый занимает верхнюю полосу подгольцового пояса, формирует густые сплошные или куртинные заросли, в которых чаще всего нет возможности провести разграничение на отдельные кусты. Высота зарослей не превышает 1,5...2,0 м, годичный прирост ветвей 1...4 см. Почвы мелкоземисто-каменисто-щебнистые, горно-тундровые.

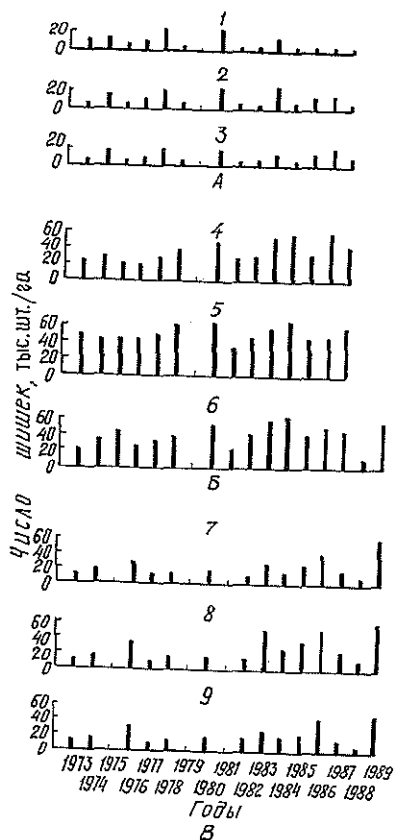
Ценозы кедрового стланика голубично-лишайникового приурочены к средним и нижним частям пояса зарослей кустарника. Они занимают пологие склоны, слабо-выпуклые или плоские вершины увалов. Сообщества стланика наиболее продуктивные. Как правило, представлены хорошо выраженными отдельными мощными кустами высотой 3...4 м и более. Длина годичных приростов побегов — 5...15 см. Почвы — подбуры легкосуглинистые, щебнисто-каменистые, свежие [6].

В процессе отработки методики ретроспективного учета урожая шишек было установлено, что в пределах одного куста кедрового стланика побеги плодоносят по-разному. У части из них почти ежегодно наблюдается обильное плодоношение, у части — в редкие годы, либо носит асинхронный характер. Иногда и у некоторых кустов

Результат знаковых корреляций
по оценкам r

Пункт	Номера пробных площадей	r
Район пос. Орочен-2	1 и 2	0,90
	1 и 3	0,97
	2 и 3	0,97
Район г. Батько	4 и 5	0,90
	4 и 6	0,97
	5 и 6	0,78
Район пос. Эмельджак	7 и 8	1,00
	7 и 9	1,00
	8 и 9	1,00

Динамика урожаев шишек кедрового стланика в районе пос. Орочен-2 (А), южнее г. Батько (Б), вблизи пос. Эмельджак (В) в сообществах: кассиопеево-лишайниковом (по данным пробных площадей 1, 2, 3), голубично-лишайниковом (по данным пробных площадей 4, 5, 6 и 7, 8, 9)



стланика повышенные и пониженные урожаи в отдельные годы могут проявляться не синхронно. На плодоношение кедровостланиковых зарослей накладываются отпечаток различия в биологии развития кустов и в микроклиматических условиях произрастания, погодные явления во время закладки генеративных почек и в момент пыления, повреждения ветвей от снежной корразни, обмерзания или воздействия энтомофагов и т. д. При выборочном и недостаточном в количественном отношении взятии ветвей для учета шишек и их следов полученные данные могут не отражать истинную картину плодоношения ценозов стланика. В силу этого судить достоверно об урожае шишек (величинах, цикличности) в конкретном ценозе по отдельным взятым ветвям не представляется возможным. На пробных площадях необходим полный (на всех побегах) погодичный учет шишек и следов, в результате чего нивелируются индивидуальные особенности плодоношения как побегов, так и кустов.

Минимально необходимый размер пробных площадей в зарослях стланика устанавливали опытным путем. При этом принимали во внимание различия отмеченных выше двух ассоциаций в экобиорформах кедрового стланика, обусловивших некоторые различия в подборе и закладке пробных площадей.

В кассиопеево-лишайниковом ценозе (расположенном южнее пос. Орочен-2) со сплошными, однородными, низкорослыми (до 2 м) зарослями стланика (в которых кусты визуально не разграничиваются) были заложены 3 пробные площади размером 12 м² (2 × 6 м).

В двух ценозах голубично-лишайниковой ассоциации (с хорошо выраженными отдельными кустами) было заложено также по 3 пробные площади размером 50 м² (5 × 10 м). Ценозы находятся на расстоянии около 100 км друг от друга (один южнее г. Батько, другой — в районе пос. Эмельджак). Их характеристики сходны: стланик разновозрастный (максимальный возраст 68...85 лет), высота 3...5 м, сомкнутость крон 0,7...0,8, на пробной площади обычно 7...9 кустов.

На каждой пробной площади проводили погодично учет шишек и их следов: в сплошных зарослях стланика — на всех плодоносных ветвях, в несплошных — аналогично, но по каждому кусту отдельно. В последнем случае фиксировали основные параметры кустов (возраст, высоту, число стволиков и их диаметры у шейки корня, проекцию кроны), наличие каких-либо повреждений и т. д. Мелкие следы (от недо-

развитых и усохших шишечек) учитывали особо и в расчет урожая не включали. Период учета — с 1973 г. по 1987—1989 гг.

Данные учета шишек и их следов на пробных площадях в пересчете на 1 га представлены в виде хронограмм (см. рисунок).

Задачей математической обработки полученных данных являлась объективная оценка синхронности динамики урожая шишек на трех пробных площадях, заложенных на обширном однородном участке определенного типа кедровостланникового ценоза — в трех разных пунктах района исследований. Обработка осуществлена методом построения оценки r знаковых корреляций [2], апробированном ранее [5] в предположениях о нормальной корреляции биологических процессов: $r = -\cos(p\pi)$, где p — вероятность того, что изменения в коррелируемых хронограммах совпадают между собой по знаку на интервале их задания. Если истинное значение корреляции $\rho = 0$ (нуль-гипотеза), то при 14 наблюдениях (12 степеней свободы) вероятность того, что значение r по абсолютной величине больше 0,78 (т. е. $< -0,78$ или $> +0,78$), равна 0,001, или 0,1 % (например, [1]). Но наши выборочные значения в таблице не меньше 0,78, что не позволяет принять нуль-гипотезу. Это подтверждает высокую корреляцию хронограмм в каждом из трех пунктов закладки пробных площадей.

Результаты математической обработки исследуемых хронограмм позволяют заключить, что при принятых минимальных размерах пробных площадей каждая из них в целом достаточно объективно характеризует динамику урожая шишек в конкретном сообществе кедрового стланика.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бейли Н. Статистические методы в биологии.— М.: ИЛ, 1962.— 260 с. [2]. Бернштейн С. Н. Теория вероятностей.— М.: Физматгиз, 1946.— 111 с. [3]. Бойченко А. М., Сафронов В. М. О возможности ретроспективной оценки урожая шишек у кедрового стланика и ее значение для зоологических исследований // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. XI Всесоюз. симпоз.— Якутск, 1986.— Вып. 3 (Териология, орнитология и охрана природы).— С. 7—8. [4]. Егоров О. В. Экология и промысел якутской белки.— М.: АН СССР, 1961.— 268 с. [5]. Емельянов И. П. Закономерности микромира ЭЭГ в бионике.— Новосибирск: Наука, 1983.— 189 с. [6]. Коновровский А. К. Почвы севера зоны Малого БАМа.— Новосибирск: Наука, 1984.— 120 с. [7]. Корчагин А. А. Методы учета семенования древесных пород и лесных сообществ // Полевая геоботаника.— М.; Л.: АН СССР, 1960.— Т. 1.— С. 41—132. [8]. Моложников В. Н. Кедровый стланик горных ландшафтов Северного Прибайкалья.— М.: Наука, 1975.— 204 с. [9]. Пивник С. А. К вопросу о плодоношении кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Rgl.) // Бот. журн.— 1957.— Т. 42, вып. 2.— С. 745—751. [10]. Поздняков Л. К. Леса Якутской АССР // Леса СССР.— М.: Наука, 1969.— Т. 4.— С. 469—537. [11]. Раевских В. М. Динамика численности шишек и зависимость количества и массы семян от размеров шишки у *Pinus pumila* (Pall.) Regel. (Магаданская область) // Раст. ресурсы.— 1986.— Т. 22, вып. 2.— С. 205—211. [12]. Сочава В. Б., Лукичева А. Н. К географии кедрового стланика // Докл. АН СССР.— 1953.— Т. 90, № 6.— С. 1163—1166. [13]. Тихомиров Б. А. Кедровый стланик, его биология и использование.— М.: МОИП, 1949.— 106 с. [14]. Тихомиров Б. А., Пивник С. А. Кедровый стланик: Биология и использование.— Магадан: Магадан, кн. изд-во, 1961.— 36 с. [15]. Щербатов И. П. Лесной покров Северо-Востока СССР.— Новосибирск: Наука, 1975.— 244 с.

УДК 630* : 65.011.54

К РАСЧЕТУ УПРУГОПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В. Р. КАРАМЫШЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Для защиты лесохозяйственных машин от перегрузок применяют кулачковые и фрикционные предохранительные муфты. Однако свои функции они выполняют неудовлетворительно, так как имеют существенные недостатки [3—6]:

- 1) при срабатывании муфт возникают значительные динамические нагрузки;
- 2) точность срабатывания низкая;
- 3) наблюдается потеря работоспособности вследствие заедания в шпоночных или шлицевых соединениях;
- 4) не обеспечивается компенсация погрешностей изготовления и монтажа.

Эти недостатки можно устранить, если использовать упругопредохранительную муфту [3], которая состоит из двух полумуфт 1 и 2, соединенных упругими элементами в виде рессорных пружин 3. Свободные концы упругих элементов имеют спи-

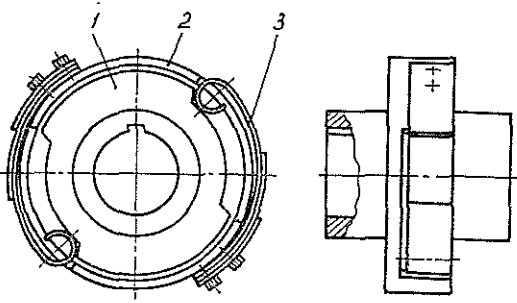


Рис. 1. Упругопредохранительная муфта

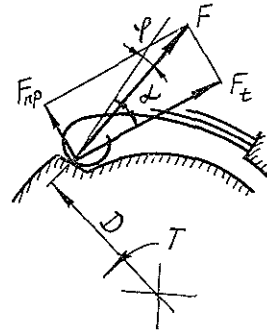


Рис. 2. Схема сил и моментов, действующих на муфту

релевидную форму и контактируют с выступами (кулачками) полумуфты 1 (рис. 1). Муфта проста по конструкции, малогабаритна, не имеет специальной нажимной пружины, так как ее роль выполняют упругие элементы, в ней отсутствуют детали, перемещающиеся по шпонкам или шлицам, точность срабатывания в этом случае повышается. Она позволяет компенсировать несоосность соединяемых валов и снижать динамические нагрузки, обладает высокой несущей способностью и демпфированием.

При использовании данной муфты в лесохозяйственных машинах необходимо знать ее силовые характеристики, а именно потребную силу давления упругих элементов на рабочие выступы (кулачки) полумуфты и передаваемый муфтой крутящий момент. Для их определения рассмотрим силы, действующие в точке контактирования выступа (кулачка) с упругим элементом (рис. 2). Общую силу F разложим на две составляющие: $F_{\text{пр}}$ — усилие со стороны упругого элемента; F_t — окружное усилие.

Так как

$$F_t = 2T/D, \quad (1)$$

где T — крутящий момент, передаваемый муфтой;
 D — средний диаметр расположения выступов (кулачков),
 то, согласно рис. 2, сила нажатия $F_{\text{пр}}$

$$F_{\text{пр}} = \frac{2T}{D} \operatorname{tg}(\alpha - \varphi), \quad (2)$$

где α — угол наклона выступа (кулачка);
 φ — угол трения на контактирующих элементах.

Для обеспечения требуемой силы нажатия упругий элемент должен иметь предварительную деформацию, которую можно найти как для рессорных пружин [1]:

$$\lambda = \frac{4kF_{\text{пр}}l^3}{Eibh^3}, \quad (3)$$

где k — поправочный коэффициент;
 l — длина упругого элемента;
 E — модуль упругости 1-го рода;
 i — число листов в рессоре;
 b и h — ширина и толщина листа рессоры.

Из уравнения (3) выразим

$$F_{\text{пр}} = \frac{Eibh^3\lambda}{4kl^3}. \quad (4)$$

Приравняв (2) и (4), найдем передаваемый муфтой крутящий момент:

$$T = \frac{Eibh^3\lambda}{8k \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) l^3}. \quad (5)$$

Из формулы (5) видно, что момент в основном зависит от геометрических размеров упругих элементов и контактирующих с ними выступов (кулачков), материала упругих элементов и фрикционных свойств соприкасающихся рабочих поверхностей.

Деформация λ — рабочая высота выступа (кулачка), т. е. та его высота, на величину которой будет деформироваться упругий элемент (пружина) при выключении муфты.

При работе муфты силы $F_{пр}$ и F_t вызывают изгиб упругого элемента. Более существенно на прочность влияет сила $F_{пр}$, изгибные напряжения от которой можно оценить по зависимости:

$$\sigma = M/iW \leq [\sigma_F], \quad (6)$$

где M — изгибающий момент;

$$M = F_{пр}l; \quad (7)$$

W — момент сопротивления поперечного сечения пластины рессорной пружины,

$$W = bh^2/6; \quad (8)$$

$[\sigma_F]$ — допускаемое напряжение изгиба.

С учетом (7) и (8) формула (6) примет вид

$$\sigma = \frac{6 F_{пр}l}{ibh^2} \leq [\sigma_F]. \quad (9)$$

Для того чтобы муфта обеспечивала снижение динамических нагрузок, возникающих при нормальной эксплуатации лесохозяйственных машин (при гармоническом законе изменения), жесткость ее упругих элементов должна удовлетворять условию [4]:

$$C < \frac{\pi^2 j^2}{1800} \mu n^2. \quad (10)$$

Здесь j — порядок гармонических составляющих;

n — частота вращения вала, на котором установлена муфта;

μ — коэффициент, который находят по формуле:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2}, \quad (11)$$

где I_1 и I_2 — приведенные к валу муфты моменты инерции ведущих и ведомых масс системы.

При невыполнении условия (11) муфта будет полностью жесткой и эффект от ее использования значительно снизится.

Муфта, рассчитанная по приведенной методике, была изготовлена в металле и испытана на специальном стенде [2]. Исследования показали, что динамические нагрузки в системе при срабатывании муфты снижаются примерно в 2 раза, на 8...10 % повышается точность выключения. Нарушений в работе муфты не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Детали машин / В. А. Добровольский, К. И. Заблонский, С. Л. Макс и др.— М.: Машиностроение, 1972.— 504 с. [2]. Карамышев В. Р. Стенд для исследования муфт // Машиностроитель.— 1981.— № 7.— С. 38. [3]. Карамышев В. Р., Нартов П. С. Повышение надежности работы предохранительных муфт лесохозяйственных машин.— Воронеж: ВГУ, 1983.— 140 с. [4]. Поляков В. С., Барбаш И. Д. Муфты.— Л.: Машгиз, 1964.— 364 с. [5]. Тепенкичиев В. К. Предохранительные устройства от перегрузки станков.— М.: Машиностроение, 1968.— 112 с. [6]. Флик Э. П. Механические приводы сельскохозяйственных машин.— М.: Машиностроение, 1984.— 272 с.

УДК 674.815-41

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ АБРАЗИВНЫМИ КРУГАМИ

А. В. ЯКУБОВСКИЙ, И. И. ХРОМЧАК, Б. И. БЕРНАР

Львовский лесотехнический институт

Выпускаемые нашей промышленностью цементно-стружечные плиты (ЦСП) имеют значительную разнотолщинность. Согласно ГОСТ 26816—86, точность изготовления шлифованных ЦСП должна составлять.

толщина, мм	допуск ЦСП-1, мм	допуск ЦСП-11, мм
8...10	±0,6	±0,8
12...16	±0,8	±1,0
18...28	±1,0	±1,2
30...40	±1,4	±1,6

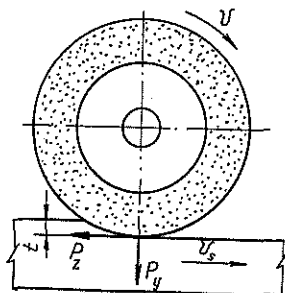
Однако разнотолщинность этих плит, несмотря на передовую технологию их производства, имеет значительный разброс. Так, установлено, что разнотолщинность ЦСП Костромского ОЭЗ, изготавливаемых по технологии фирмы Bison-Werke (ФРГ), составляет как в пределах одной плиты, так и партии плит ±1,2...2,8 мм, что существенно превышает требования ГОСТ.

В связи с наметившейся в последнее время тенденцией к выпуску ЦСП повышенного качества, отделанных современными материалами, в частности, для изготовления деталей встроенной мебели, среднего слоя паркетной доски и др., значительно возросла актуальность повышения точности плит в размер по толщине. В результате анализа существующих способов калибрования плит, а также принимая во внимание высокую стоимость и дефицитность импортных шлифовальных лент, используемых для калибрования плитных материалов, нами предложено применять для этой цели жесткий абразивный инструмент, разработанный во Львовском лесотехническом институте.

Учитывая значительную энергоемкость процесса абразивной обработки плит, мы выполнили исследования по изучению силовых зависимостей при шлифовании ЦСП. Для измерения нормальной P_y и тангенциальной P_z составляющих силы резания использовали динамометр УДМ-100, сигналы от которого поступали на тензометрический усилитель УТ 4-1 и светолучевой осциллограф Н 117/1, где записывались на фотобумагу. Опыты выполняли на экспериментальной установке (с бесступенчатым регулированием скорости вращения шпинделя), созданной на базе плоскошлифовального станка модели 371 М-1. Образцы из ЦСП обрабатывали при перемещении стола, приводимого в движение системой гидропривода.

Для исследований применяли абразивные круги из карбида кремния черного, зернистостью 63...160 (коэффициент зернистости 0,1...0,5) на эпоксидно-фенольной связке, объемное содержание которой изменялось в диапазоне 15...23 %. Номер структуры кругов варьировали от 7 до 3 (объемное содержание абразива 48...56 %).

Рис. 1



Режимы обработки изменяли в следующих диапазонах: скорость резания 21...33 м/с, скорость подачи 8...16 м/мин, толщина съема за проход 0,3...0,9 мм.

Принципиальная схема процесса шлифования абразивным кругом с указанием векторов измерявшихся сил приведена на рис. 1.

Исследования по определению энергетических показателей процесса калибрования ЦСП выполняли в соответствии с матрицей В-плана с полным факторным планом (ПФП) в ортогональной части. Выходными величинами являлись значения P_y и P_z , приведенные к 1 мм ширины образца. После реализации программы расчета коэффициентов уравнения регрессии на ЭВМ ЕС-1022 получены математические модели, которые в натуральных обозначениях факторов имеют вид:

для нормальной составляющей

$$P_y = 99,45 - 32,49t + 0,76v - 2,02v_s - 0,74V_c - 3,32V_3 + 2,69k_z - 0,37tv + 0,83tv_s + 0,8tV_c + 0,44tV_3 + 5,5tk_z - 0,016vv_s - 0,1vV_c - 0,01vV_3 - 0,125vk_z + 0,026v_sV_c + 0,036v_sV_3 + 0,4v_s k_z - 0,009V_cV_3 - 0,14V_c k_z + 4,2222t^2 + 0,0313V_c^2 + 0,0331V_3^2 \quad (1)$$

для тангенциальной составляющей

$$P_z = 55,09 - 19,41t + 0,44v - 1,16v_s - 0,334V_c - 1,96V_3 + 1,74k_z - 0,21tv + 0,48tv_s + 0,45tV_c + 0,26tV_3 + 3tk_z - 0,009vv_s - 0,006vV_c - 0,004vV_3 - 0,075vk_z + 0,015v_sV_c + 0,021v_sV_3 + 0,24v_s k_z - 0,006V_cV_3 - 0,088V_c k_z + 3t^2 + 0,0163V_c^2 + 0,0188V_3^2 \quad (2)$$

В уравнениях (1), (2) обозначено:

- t — толщина съема за проход, мм;
- v — скорость резания, м/с;
- v_s — скорость подачи, м/мин;
- V_c — объемное содержание связки, %;
- V_3 — объемное содержание абразива, %;
- k_z — коэффициент зернистости.

На рис. 2—7 представлены зависимости P_y и P_z от варьируемых факторов, построенные в результате подстановки значений в уравнения (1) и (2).

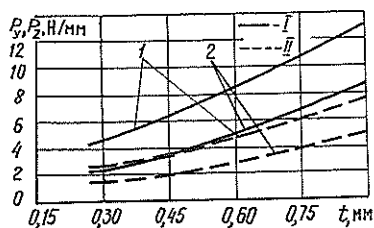


Рис. 2. Зависимость составляющих силы резания P_y и P_z от толщины съема t : I — P_y ; II — P_z ; 1 — $v = 21$ м/с; 2 — $v = 33$ м/с; $v_s = 12$ м/мин; $V_c = 19$ %; $V_3 = 52$ %; $k_z = 0,3$

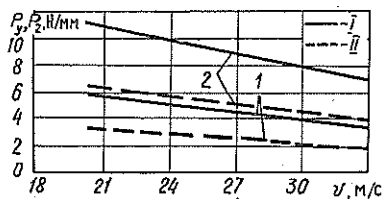


Рис. 3. Зависимость составляющих силы резания P_y и P_z от скорости резания v : I — P_y ; II — P_z ; 1 — $v_s = 8$ м/мин; 2 — $v_s = 16$ м/мин; $t = 0,6$ мм; $V_c = 19$ %; $V_3 = 52$ %; $k_z = 0,3$

Из анализа графических зависимостей можно заключить, что с увеличением толщины снимаемого слоя (рис. 2) составляющие силы резания возрастают. Эти зависимости имеют нелинейный характер: с увеличением толщины съема силы возрастают более интенсивно.

С повышением скорости резания и скорости подачи, при прочих равных условиях, значения P_y и P_z изменяются по зависимостям, представленным на рис. 3, 4.

Применение абразивного инструмента с большим содержанием связки и абразива приводит к увеличению составляющих сил резания. Силы P_y и P_z растут по зависимостям, представленным на рис. 5 и 6, что объясняется повышением силы трения, вызванной возрастанием толщины мостиков связки между абразивными зёрнами.

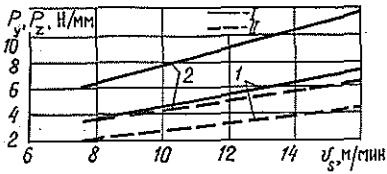


Рис. 4. Зависимость составляющих силы резания P_y и P_z от скорости подачи v_s : I — P_y ; II — P_z ; 1 — $V_c = 15\%$; 2 — $V_c = 23\%$; $t = 0,6$ мм; $v = 27$ м/с; $V_3 = 52\%$; $k_z = 0,3$

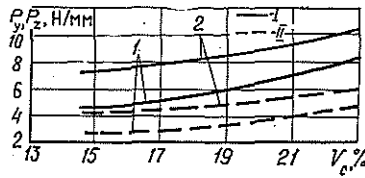


Рис. 5. Зависимость составляющих силы резания P_y и P_z от количества связки V_c : I — P_y ; II — P_z ; 1 — $V_3 = 48\%$; 2 — $V_3 = 56\%$; $t = 0,6$ мм; $v = 27$ м/с; $v_s = 12$ м/мин; $k_z = 0,3$

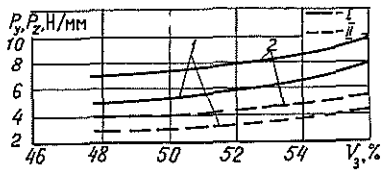


Рис. 6. Зависимость составляющих силы резания P_y и P_z от количества абразивного зерна V_3 : I — P_y ; II — P_z ; 1 — $k_z = 0,1$; 2 — $k_z = 0,5$; $t = 0,6$ мм; $v = 27$ м/с; $v_s = 12$ м/мин; $V_c = 19\%$

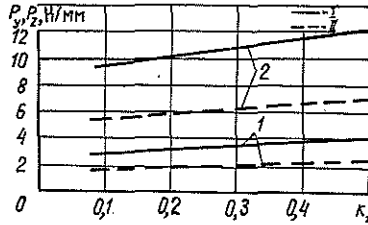


Рис. 7. Зависимость составляющих силы резания P_y и P_z от коэффициента зернистости: I — P_y ; II — P_z ; 1 — $t = 0,3$ мм; 2 — $t = 0,9$ мм; $v = 27$ м/с; $v_s = 12$ м/мин; $V_c = 19\%$; $V_3 = 52\%$

Использование кругов с большим количеством абразива, при прочих равных условиях, на операции калибрования сопровождается увеличением силы резания за счет большей работы, затрачиваемой на измельчение снимаемого слоя материала (рис. 6). Абразивные круги из более крупного зерна требуют больших энергетических затрат (рис. 7). Это, по-видимому, связано с тем, что при правке инструмента более крупные зерна разрушаются с образованием больших площадок, что приводит к росту температуры в зоне резания, способствующей засалке кругов.

С помощью полученных уравнений можно определить составляющие силы резания в зависимости от режима обработки и характеристики инструмента. Так, например, в процессе шлифования ЦСП при скорости резания 27 м/с, скорости подачи 8 м/мин и толщине съема на сторону 0,6 мм абразивным кругом (зернистостью 100, с объемным содержанием зерна и связки 50 и 19 % соответственно) тангенциальная составляющая силы резания, приведенная к 1 мм ширины обрабатываемой поверхности, составит 2,33 Н.

Следовательно, в процессе калибрования полноформатных ЦСП (максимальная ширина 1250 мм) мощность на резание составит около 79 кВт. Из этого можно заключить, что операцию калибрования ЦСП жестким абразивным инструментом можно осуществлять на серийно выпускаемых станках типа ДКШ-1, оснащенных двигателями механизма резания мощностью 100 кВт после соответствующей их реконструкции.

Определенные по уравнениям (1) и (2) значения составляющих силы резания могут служить исходными данными для проведения прочностного расчета инструмента, деталей и узлов оборудования, применяемых для калибрования ЦСП жестким абразивным инструментом.

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*902

КЛАССИК РУССКОГО ЛЕСОВОДСТВА

(К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
МИТРОФАНА КУЗЬМИЧА ТУРСКОГО)

3 апреля 1990 г. исполнилось 150 лет со дня рождения профессора Митрофана Кузьмича Турского, вписавшего замечательную главу в историю развития классического отечественного лесоводства.

Митрофан Кузьмич родился в 1840 г. в г. Нарве в семье священника. Учился М. К. Турский в С.-Петербурге. Там он получил среднее образование в духовной семинарии, затем — высшее образование в университете по разряду естественных наук, а в Лесном институте (ныне ЛТА) и в Лисинском учебном лесничестве прошел специальный одногодичный курс лесоводства.



После сдачи государственных экзаменов в декабре 1863 г. М. К. Турский был произведен в чин поручика Корпуса лесничих и назначен в леса Пермской губернии. На протяжении 1867—1869 гг. трудился в Нижегородской губернии. За шесть лет он прошел тернистый путь лесоведа, работая таксатором, лесничим и лесным ревизором.

Преподавательскую и научную деятельность М. К. Турский начал в период работы преподавателем лесных наук Лисинского егерского училища под С.-Петербургом (1869—1876 гг.). К этому времени относятся его первые научные публикации (с 1871 г.). В их числе были «Таблицы по таксации леса», выдержавшие впоследствии 8 изданий. За эти таблицы ему в 1873 г. была присуждена премия Министерства государственных имуществ. В эти же годы М. К. Турский публикует работы по возобновлению леса на вырубках и по таксации леса. Он дает объективную оценку планам лесоустройства, в том числе размерам рубок.

В училище он вел кропотливые метеорологические наблюдения, сводки по которым были опубликованы в «Лесном журнале» за 1872—1875 гг. Помимо педагогической и научной деятельности, он принимал активное участие в работе Лесного общества.

Большая трудоспособность, честность в исполнении служебных обязанностей и незаурядный профессиональный кругозор послужили основанием для назначения М. К. Турского в январе 1876 г. (в возрасте 36 лет!) экстраординарным профессором по кафедре лесоводства Петровской земледельческой и лесной академии (ныне ТСХА). Летом того же года он знакомится с ведением лесного хозяйства в Германии, в частности, с лесами восточной Пруссии и Саксонии. Хорошо зная природные особенности лесов России, М. К. Турский пришел к выводу, что слепое подражание деятельности западно-европейских лесничих может привести к неожиданным неудачам, а потому иногда и небезвредно; необходимы собственные приемы лесного хозяйства.

Расцвет научной, преподавательской деятельности и вся дальнейшая жизнь М. К. Турского тесно связаны с Петровской земледельческой и лесной академией. Здесь он создал классические работы по лесному хозяйству. Эти труды явились результатом большой серии стационарных лесоводственных опытов в Лесной опытной даче академии, имеющих и ныне как научное, так и практическое лесохозяйственное назначение. К последним относятся классические экспериментальные опыты по географическим культурам (с 1878 г.), густоте посадки культур (с 1879 г.), методам и способам их создания (с 1877 г.), мерам ухода. Многие из этих объектов до сих пор служат студентам в качестве наглядных натуральных пособий классических приемов лесоводства. Им издано «Лесоводство», представляющее собой энциклопедический курс, читанный студентам-агрономам.

М. К. Турский не был ни кабинетным ученым, ни кабинетным педагогом: вне стен академии он постоянно посещал разнообразные объекты России (это и Велико-Анадольский рукотворный лес, и Беловежская пуща, и многие лесные дачи центральных губерний); известны, совместно со студентами академии, работы по посадке и таксации леса. Много сил отдал М. К. Турский Московскому лесному обществу, бесшестенным председателем которого был на протяжении 14 лет. Вся его деятельность зиждилась на глубоком понимании практических основ лесного дела.

В 1894 г. лесным департаментом учреждается Особая экспедиция по исследованию истоков главнейших рек европейской части России. Начальником экспедиции назначается генерал-лейтенант А. А. Тилло, а руководителем лесоводственного отдела — проф. М. К. Турский. За неполные шесть лет работы в этой экспедиции, вплоть до кончины Митрофана Кузьмича (1899 г.), был выполнен колоссальный объем полевых работ в районах истоков Волги, Днепра и Оки. Результаты и материалы этого титанического труда М. К. Турский опубликовал в нескольких увесистых томах, к сожалению, ставших библиографической редкостью и потому мало известных современным лесоведам. М. К. Турский подчеркивал важность сохранения болот и лесов у истоков великих рек России. При этом показывал необходимость исследований влияния леса на гидрологический режим; указывал на неотлагательные меры, направленные на облесительные работы верховьев Оки и Дона; цель предлагаемых облесительных работ — увеличение дебита воды в речных источниках. Кроме того, М. К. Турский ратовал за то, чтобы в верховьях Днепра леса были государственными и не допускалось частное владение ими.

М. К. Турский стремился обучать студентов на лучших лесоводственных объектах, отражавших передовые приемы ведения лесного хозяйства. Так, не ограничиваясь только Лесной опытной дачей Петровской академии, организовывал летнюю практику студентов в Велико-Анадоле (1883 г.), в Никольской лесной даче (1884 г.). Он пропагандировал достижения степного лесоразведения, доказывал перспективность лесопильного хозяйства, а в выборочной форме рубок видел идеал, к которому должно стремиться высокоствольное хозяйство.

М. К. Турским постоянно владело стремление связать науку с практикой. В доказательство можно назвать популяризацию знаний о лесе и большую работу по устройству Никольской лесной дачи (Московская губ.). Будучи сторонником естественного возобновления лесов, он в последние годы жизни все внимательнее относился к искусственному лесовосстановлению. Так, им при ревизии хозяйства Никольской лесной дачи (1899 г.) была задумана закладка более 100 постоянных пробных площадей в разнообразных насаждениях как естественного, так и искусственного происхождения. Однако потеря зрения, а затем и смерть не позволили ему осуществить этот план. Выполнен этот план сыном Митрофана Кузьмича — Г. М. Турским.

В знак глубокой светлой памяти о М. К. Турском ему близ здания кафедры лесоводства был сооружен памятник с выложенной бронзовыми буквами надписью: «Славному сеятелю на ниве лесной. Лесная Россия». В день торжественного открытия памятника Г. Ф. Морозов сказал: «Митрофан Кузьмич Турский принадлежит к числу русских лесоводственных классиков. Его сочинения должны быть полностью изданы с комментариями учеников. Его литературная деятельность, как отражение его дум, и практическая деятельность должны стать одним из источников лесоводственного образования. Классики не стареют — они вечно юны».

М. Д. Мерзленко

Московский лесотехнический институт

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 630*9 : 061.3

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ

Массированная лесозексплуатация северных лесов в последние 30...50 лет, мощный антропогенный пресс, связанный с развитием лесных добывающих отраслей, промышленные эмиссии меняют природу лесов, их биосферную роль. Состояние северных лесов, считающихся в недалеком прошлом «загадочным сфинксом», в настоящее время вызывает большое беспокойство. Этим определяется недавно разработанная долгосрочная программа «Северный лес». Конечная цель программы — совершенствование использования и воспроизводства лесов Севера, повышение их многоцелевой продуктивности, сохранение их эколого- и защитной роли.

По инициативе Госкомлеса СССР, при участии ГКНТ СССР, Госкомгидромета СССР, Госкомприроды СССР, АН СССР, в июле 1990 г. в Архангельске будет проведен Международный симпозиум «Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие». Основные задачи симпозиума:

оценить современное состояние северных лесов: данные о лесах, методы инвентаризации, классификационные системы, основные направления исследований;

рассмотреть проблему мониторинга северных ландшафтов: теория, методы дистанционного зондирования и наземных проверок, международные координационные структуры;

обсудить основные направления антропогенного воздействия и проблему рационального ведения хозяйства;

рассмотреть биосферную роль северных лесов и методы моделирования их динамики в рамках проблемы глобального изменения климата и загрязнения окружающей среды;

изучить северную границу бореальных лесов: география эпохи голоцена, свойства и распределение, реакция на окружающую среду, будущая динамика.

На симпозиуме будет обсуждаться вопрос об образовании двух международных исследовательских групп. Группа «Северные леса в современном мире» будет заниматься планированием и проведением измерений дистанционными и наземными методами в обширных северных таяжных лесах, необходимых для оценки запасов и их динамики. Задача группы «Динамика границы тайга — тундра» — использование этого экотипа для обнаружения реакции биоты на будущие глобальные изменения окружающей среды; координация деятельности ученых в области дендроклиматологии, дистанционного зондирования, полевой экологии и математического моделирования.

В симпозиуме примут участие представители международных правительственных и неправительственных лесных и природоохранных организаций (ФАО, ИЮФРО, ЮНЕП и др.).

А. З. Швиденко

Всесоюзный научно-информационный
центр по лесным ресурсам СССР

Г. А. Чибисов

Архангельский институт леса и лесохимии

УДК 061.3:630*24

СИМПОЗИУМ ИЮФРО ПО УХОДУ ЗА МОЛОДНЯКАМИ

Проблемам ухода за молодняками был посвящен Международный симпозиум ИЮФРО, состоявшийся 19—23 июня 1989 г. при техническом университете г. Дрездена (ГДР). Его организатором явился отдел лесоводства и лесозащиты секции лесного хозяйства местного университета.

Открыл заседание председатель оргкомитета Н. Thomasius. С приветственным словом к участникам симпозиума обратился директор секции лесного хозяйства университета Ф. Paul.

Было заслушано свыше 20 докладов ученых из 11 стран Европы, а также США, Канады. В докладах освещалось современное состояние дел в теории и практике ухода за молодняками, вопросах стабилизации и моделирования насаждений, их производительности, конкурентных взаимоотношений в различных лесорастительных условиях.

Определенные успехи в решении вопросов ухода за молодняками имеет ГДР, что было подтверждено выступлениями участников от этой страны.

Зам. министра сельского, лесного хозяйства и продовольствия J. Piesnak отразил состояние практики ухода за молодняками в ГДР. Было отмечено, что в настоящее время 43 % лесов страны имеют возраст менее 40 лет. Существенна задача повышения стоимости древесной массы, заготавливаемой в процессе ухода при одновременном обеспечении их стабильности. Наибольший эффект достигается в фазе наибольшего роста. На долю молодняков приходится 13 % всей заготавливаемой древесины. Органами лесного хозяйства ГДР осуществляется курс на механизацию и рационализацию ухода.

Н. Thomasius в своем выступлении остановился на лесоводственных принципах ухода за молодняками, их взаимосвязи с природными закономерностями и потребностями общества на современном этапе. Несмотря на различия между древесными породами, средой обитания, в значении их для общества имеются и общие закономерности. Они образованы онто- и морфогенетическими свойствами видов и рас, а модификации связаны с условиями местопроизрастания.

Этим закономерностям должны соответствовать и определенные правила смешения пород, регулирования их густоты, пространственного размещения, а также фенотипического отбора. Данные показатели являются основой для производственных методов ухода за молодняками. Их необходимо также учитывать при моделировании динамики молодняков.

Участники симпозиума ознакомились с программой и методами хозяйствования в молодняках в ГДР, представленными в виде отдельной брошюры. В ней отражены принципы, критерии и мероприятия по уходу за молодняками сосны обыкновенной, черной и веймутовой, дугласии, ели, лиственниц европейской и японской, лиственных пород, в зависимости от лесорастительных условий, густоты, таксационных показателей, высоты, производственных целей.

Результаты раннего ухода за быстрорастущими породами (береза, ольха) на плантациях в своем выступлении осветил К. Urbanski (ПНР). Установлено, что в первые годы жизни молодым деревьям присущ сильный рост по высоте. Дифференциация в насаждениях на плантациях идет медленнее, чем при традиционном выращивании, так же, как и отмирание деревьев. Технические качества отдельных деревьев плохие, у части их обнаруживается высокая сучковатость, деформация ствола. Эти нежелательные признаки можно уменьшить с помощью выбора соответствующего генетического материала и раннего ухода за стволами и кроной. Например, при уходе за

стволами березы и ольхи обрезают ветви, оставляя их части до 4 см длины, которые через 3...5 лет могут быть удалены.

Выступление G. Wenk (ГДР) было посвящено моделированию роста молодняков. Для повышения их устойчивости против снежных нагрузок важно формирование молодняков с оптимальным числом стволов. Автор предложил несложную модель для ели, помогающую решать данную проблему. При соответствующем числе пробных площадей она могла бы действовать и для других пород.

В докладе D. Gerold (ГДР), посвященном бонитировке молодняков, на примере ели показано действие различных показателей молодняков на их бонитет и полноту.

Были заслушаны доклады о лесоводственном уходе в молодняках реконструируемых насаждений, подверженных вредным эмиссиям в Рудных горах (M. Hartig, H. Thomasius, ГДР), устойчивости еловых насаждений против снега и бурь с помощью регулирования густоты в молодняках (M. Marsch, ГДР), уходе в еловых молодняках (E. Kohlsdorf, ГДР; M. Vyskot, ЧССР), прореживаниях в сосняках (E. Seibt, ФРГ), дифференциации ухода в сосновых молодняках в различных лесорастительных условиях (W. Pfalz и H. Thomasius, ГДР), уходе в молодняках дугласии (L. Dimitri, R. Riebling, ФРГ) и пихты Нордмана в ГДР (W. Flöhr), по другим сторонам обсуждаемой проблемы (P. Braathe, Норвегия; St. Orlic, Югославия; P. Korona и A. Ferraga, Италия).

Вопросы ухода в лиственничных молодняках в США рассмотрены W. Schmidt.

Результаты исследований влияния регулярного и позднего ухода в буковых молодняках на отдельные признаки структуры насаждений представил J. Reh (ЧССР); межвидовой конкуренции на рост ели в буковых молодняках — M. Saniga (ЧССР); J-Ph. Schütz (Швейцария).

Интересным был доклад студентов секции лесного хозяйства г. Тарандта (S. Möller, T. Pistor, ГДР) по моделированию развития и ухода в буковых насаждениях с использованием компьютеров.

После прослушивания и обсуждения докладов участники симпозиума совершили экскурсию, в ходе которой познакомились с учебной и научной деятельностью секции лесного хозяйства г. Тарандта, осмотрели опытные объекты в гослесхозах Дрезден, Швендов.

Симпозиум прошел на высоком организационном уровне. К сожалению, советские ученые по неизвестным причинам участия в нем не принимали (кроме автора данной статьи — стажера Дрезденского университета).

Ю. Г. Мальков

Марийский политехнический институт

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 502.7(075)

УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ПО ЭКОЛОГИИ*

Рецензируемые издания представляют собой серию методических пособий для студентов химико-технологических специальностей лесотехнических вузов и слушателей специального факультета переподготовки кадров при ЛТИ ЦБП. Их цель — подготовка студентов в области общей экологии и охраны окружающей среды. В рецензируемых учебных пособиях сочетается разнородный, но взаимосвязанный материал, освещающий теоретические и практические аспекты проблемы. Учебными планами вузов на экологические дисциплины отводится небольшое число часов, объем учебных пособий невелик, и нужно большое искусство, чтобы вместить в него весь перечень необходимых вопросов.

Разделы общей экологии двух первых пособий и последнее учебное пособие полностью написаны Г. В. Стадницким. Не претендуя при таком небольшом объеме на полное изложение всех вопросов, автор дает сугубо научное представление о традиционно сложившихся составных частях общей экологии, рассматривает ее основные понятия, термины, законы. На основании удачно выбранной последовательности изложения и продуманного и нестандартного содержания отдельных разделов автору удалось вместить в учебные пособия большой, разнообразный, иллюстрированный конкретными примерами материал. В пособиях подробно изложены понятия о факторах окружающей среды, популяционная динамика, учение о биосфере и ее эволюции. Подчеркнуто, что экология изучает весь комплекс воздействий человека на биосферу и поэтому является теоретической основой организации мониторинга и охраны окружающей среды. Много внимания уделено изложению учения о биосфере В. И. Вернадского, впервые показавшего, что преобразование биосферы человеком есть закономерный процесс ее эволюции. Творческое изложение идей В. И. Вернадского характерно для рецензируемых пособий, что несомненно следует поставить в заслугу автору, подчеркнувшему этим приоритет отечественной науки в разработке основополагающих проблем экологии, в частности идеи о возможности гармонии человечества со средой (в противовес трактовкам зарубежных экологов о неизбежности кризисной ситуации), и др.

Оставляет хорошее впечатление раздел о классификации и роли факторов среды, изложенный на основе взглядов А. С. Мончадского, в результате чего удалось показать многие стороны человеческой деятельности (например промышленное загрязнение) как совокупность неперiodических факторов, к которым у большинства растений-средообразователей и у многих животных отсутствуют адаптации.

Можно отметить ряд удачных объяснений: понятия экологической ниши — с помощью системы координат; гомеостаза экосистемы — на примере азотенка; авторегуляции экосистемы по принципу отрицательной обратной связи — на примере «олень — волк»; роли помех, вносимых в экосистему человеком, — как в использовании гербицидов и др. Г. В. Стадницкому, имеющему опыт научных исследований по лесной энтомологии, особенно удаются примеры из этой области знаний, в том числе из собственных трудов.

Разделы о промышленном загрязнении окружающей среды, написанные А. И. Родионовым и В. Ф. Максимовым, неравнозначны. Первое пособие дает сведения о всех

* Стадницкий Г. В., Родионов А. И. Экология: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. школа, 1988. — 272 с.; Максимов В. Ф., Стадницкий Г. В. Введение в специальность: Учеб. пособие для вузов. — Л.: Химия, 1988. — 161 с.; Стадницкий Г. В. Основы общей экологии и охраны природы: Учеб. пособие. — Л.: ЛТА, 1989. — 78 с.

основных источниках антропогенных загрязнений, второе уделяет внимание практически только химическим предприятиям, в частности ЦБК, что, на наш взгляд, было бы более целесообразно в специальном курсе. Та же разнородность содержания сохраняется в разделах, посвященных очистке газов и сточных вод. Хотя в обоих пособиях это довольно краткие разделы, в первом неоправданно большое внимание уделено химизму очистки газов при полном отсутствии схем очистных сооружений. Во втором обилие таких схем и специфика их описания создадут определенные трудности для студентов. Тем более, что некоторые термины (например полная БПК) не объясняются.

Интересны разделы о контроле и управлении качеством природной среды. Так, понятие о системе нормативно-правовых актов сопровождается трактовкой основных документов вместо обычного в таких случаях перечня множества законодательных актов. Различные виды ПДК объяснены достаточно ясно, однако, на наш взгляд, следовало бы также дать табличные примеры ПДК по основным загрязнителям. Весьма удачна трактовка понятия управления качеством природной среды не как перечня запретов, а как комплекса инженерно-технических решений, законодательных актов и административно-хозяйственных мероприятий. Заслуживает внимания раздел, посвященный экологическому мониторингу.

Рецензируемые учебные пособия безусловно полезны, однако они не охватывают всего необходимого для специалистов лесной отрасли перечня экологических знаний. Более того, в какой-то степени они являются иллюстрацией пока еще не сложившейся системы экологического образования в лесных вузах. Несмотря на ряд достижений и удач в постановке курсов экологии во многих лесных вузах, преподавание в них экологии и охраны окружающей среды еще очень далеко от совершенства, о чем можно судить хотя бы по содержанию типовых учебных планов разных специальностей. Экологические дисциплины имеют разные наименования, зачастую искусственно слиты с другими общеобразовательными или специальными дисциплинами, малообъемны и не обеспечены необходимым контролем. С учетом многолетнего опыта авторов рецензируемых пособий хотелось бы пожелать им написать полноесный по объему (не менее 20 печ. л.) учебник по экологии и охране окружающей среды для лесных вузов, где, кроме общих для всех лесных специальностей мировоззренческих экологических проблем, были бы рассмотрены прикладные вопросы охраны окружающей среды для отдельных специальностей — инженеров лесного хозяйства, технологов и механиков лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности. Необходимость в таком учебнике давно назрела.

Е. Г. Мозолевская, В. Н. Трофимов
Московский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Б. К. Термена. Биозкологический подход к оценке древесных интродуцентов	3
А. Л. Гутман. Построение модели оптимальной густоты древостоя на основе эколого-физиологической модели динамики лесных насаждений	6
До динь Шам, Нго Киэ. Характеристика накопления опада и подстилки в сосновых лесах Южного Вьетнама	9
А. В. Лебедев. Влияние рекреации на состояние и устойчивость деревьев ели в северной подзоне тайги	13
Ю. Б. Мамаев. Очаги стволовых вредителей в лиственничниках Тувинской АССР, поврежденных сибирским шелкопрядом	16
В. П. Косарев, М. У. Умаров, И. Х. Стульнева, Э. С. Эжиева. Влияние осушения болот на анатомическое строение древесины сосны обыкновенной	19
А. А. Лобов. О закономерностях и особенностях динамики лесного фонда в Амурской области	23
С. В. Третьяков. Полнодревесность стволов сосны и ели в смешанных древостоях	26

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Г. Ф. Грехов, Э. О. Салминен. Математическая модель для выбора оптимального лесовозного автомобильного поезда	30
С. И. Морозов. Методика определения сил, действующих на рельсовую плеть при транспортировке ее в кривых	33
Н. И. Библиук, А. А. Бойко. Определение коэффициента жесткости пакета хлыстов при изгибе и кручении	38
Б. А. Ильин. О направлениях совершенствования лесовозного автомобильного транспорта	42
Э. Д. Втюрина. О некоторых технологических параметрах выгрузки бревен из грейфера	46
Г. М. Анисимов, Д. В. Памфилов, В. Д. Валяжонков, В. П. Сергеев, А. М. Кочнев. Повышение эксплуатационной эффективности колесной трелевочной системы	49
А. Л. Леонов. Математическая модель оптимизации параметров механизма прижима сучкорезного ножа	52

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Г. С. Шубин. Некоторые вопросы влагопереноса в процессе сушки древесины	57
С. Г. Елсаков, Р. Е. Калитеевский. О раскросе пиловочных бревен неправильной формы	60
А. В. Алфимов, В. Г. Малоговец, В. В. Огородник, Л. А. Федосеев. Исследование влияния режимов резания и температуры на структурные превращения древесины и засаливание алмазно-абразивного инструмента	69
В. Н. Волюнский. Особенности проявления масштабного фактора при изгибе древесины	75
И. А. Беспрозванный, А. А. Настенко, С. Я. Панфилова. Исследование стыковой электросварки ленточных пил с применением формирующих устройств	78
А. В. Апостол, Л. Ф. Янин. Технология изготовления и тепловой расчет подшипников из прессованной древесины для роликовых сушилок	82

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. А. Выродов, А. Я. Киповский, Г. А. Степанова. Кинетика взаимодействия твердых полимеров терпенов с маленновым ангидридом	85
Л. В. Исаева, В. П. Леванова, А. В. Суворов, Г. П. Григорюк. Изменение содержания и состава смолистых веществ в гидролизном лигнине при получении лечебного лигнина	90

<i>И. А. Гамова, Б. П. Ерыхов, Н. С. Тиме, Л. И. Лихачева.</i> Изучение структуры модифицированных карбамидоформальдегидных олигомеров	93
<i>О. А. Терентьев, Э. А. Смирнова, В. С. Куров.</i> Влияние турбулентности потока на реологические параметры бумажной массы	97
<i>И. Н. Ковернинский, В. И. Азаров, Н. П. Машута, А. А. Бондарь.</i> Крахмалокарбамидоформальдегидный клей для поверхностной проклейки бумаги	101
<i>Е. П. Шишаков, В. М. Шкут, Т. В. Цыкунова, О. И. Федорова, О. М. Шевчук, В. Г. Назаревич.</i> Повышение биологической доброкачественности гидролизатов древесины внесением азотнокислых и комплексных солей на стадии инверсии	104

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>М. А. Лобовиков, А. Э. Хусаинова.</i> Схема финансирования лесокультурного производства при переходе на хозрасчет	108
<i>Г. С. Хитрина.</i> Аренда лесов в системе хозрасчетных отношений лесного комплекса	111
<i>В. П. Бычков.</i> О комплектовании состава автопарка	115
<i>П. Жуковски.</i> Построение и исследование динамической модели управления мебельным предприятием (системный подход)	118

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>А. М. Бойченко, И. П. Емельянов.</i> Методические вопросы ретроспективной оценки урожая шишек у кедрового стланика (<i>Pinus pmita</i> (Pall.) Regel)	124
<i>В. Р. Карамышев.</i> К расчету упругопредохранительной муфты лесохозяйственных машин	126
<i>А. В. Якубовский, И. И. Хромчак, Б. И. Бернар.</i> Энергетические показатели процесса шлифования цементно-стружечных плит абразивными кругами	129

ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>М. Д. Мерзленко.</i> Классик русского лесоводства (к 150-летию со дня рождения Митрофана Кузьмича Турского)	132
--	-----

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

<i>А. Э. Швиденко, Г. А. Чибисов.</i> Международный симпозиум	134
<i>Ю. Г. Мальков.</i> Симпозиум ИЮФРО по уходу за молодняками	135

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

<i>Е. Г. Мозолева, В. Н. Трофимов.</i> Учебные пособия по экологии	137
--	-----

Рефераты	143
--------------------	-----

CONTENTS

FORESTRY

<i>B. K. Termena.</i> Biological Approach to Arboreal Introducent' Evaluation	3
<i>A. L. Gutman.</i> Modelling Optimal Forest Stand Density Based on Ecology-Physiological Model of Crop Dynamics	6
<i>Do din Sham, Ngo Kie.</i> Characterization of Needle-Fall-and-Litter Accumulation in Pine Forests of South Vietnam	9
<i>A. V. Lebedev.</i> Recreation Effect on Condition and Steady State of Pine Stands in the Northern Taiga Subzone	13
<i>Yu. B. Mamaev.</i> Stem Pest Outbreaks in Tuva Larch Stands Damaged by Siberian Forest Moth	16
<i>V. P. Kosarev, M. U. Uvarov, I. Kh. Stulneva, Z. S. Ezhieva.</i> Bog Drainage Effect on Anatomical Structure of Common Pine Wood	19
<i>A. A. Lobov.</i> On the Problem of Regularities and Peculiarities of Forest Fund Dynamics in Amur Region	23
<i>S. V. Tretyakov.</i> Non-Taperind Stems of Pine and Spruce Mixed Stands	26

FOREST EXPLOITATION

<i>G. F. Grekhov, E. O. Salminen.</i> Mathematical Model for Choice of Optimal Logging Truck Train	30
<i>S. I. Morozov.</i> Method of Determining Forces Acting upon Rail Lash at Transporting it in Curves	33
<i>N. I. Biblyuk, A. A. Boiko.</i> Determination of Stiffness Factor of Tree Length Log Bundle at Bending and Torsion	38
<i>B. A. Ilyin.</i> On Trends of Log Truck Transport Improvement	42
<i>Z. D. Vtyurina.</i> On Some Process Variables of Log Discharge into Grapples	46
<i>G. M. Anisimov, D. V. Pamfilov, V. D. Valyazhonkov, V. P. Sergeev, A. M. Kochnev.</i> Increase of Operational Effectiveness of Wheel Skidding System	49
<i>A. L. Leonov.</i> Mathematical Model for Optimization of Shear-Off-Clamping-Mechanism Parameters	52

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>G. S. Shubin.</i> On Some Problems of Moisture Transfer While Drying Wood	57
<i>S. G. Elsakov, P. E. Kaliteevsky.</i> On Cutting of Irregular Sawlogs	60
<i>A. V. Alfimov, V. G. Malogolovets, V. V. Ogorodnik, L. A. Fedoseev.</i> Studies of Cutting Conditions and Temperature Effects on Structure Transformation of Wood and Glazing of Diamond Tools	69
<i>V. N. Volynsky.</i> On Features of Scale Factor Display in Bending Wood	75
<i>I. A. Besprozvanny, A. A. Nastenko, S. Ya. Panfilova.</i> Investigation into Band Saw Joint Forming Device-Electric Welding	72
<i>A. V. Apostol, L. F. Yanin.</i> Production Technology and Heat Calculation of Compressed Wood Bearings for Roller Dryers	82

CHEMICAL PROCESSING OF WOOD

<i>V. A. Vyrodov, A. Ya. Kipovsky, G. A. Stepanova.</i> Kinetics of Terpene Solid Polymers-Maleic Anhydride Interaction	85
<i>L. V. Isaeva, V. P. Levanova, A. V. Suvorov, C. P. Grigoryuk.</i> Change in Content and Composition of Resinous Substances in Hydrolyte Lignin During Medicinal Lignin Production	90
<i>I. A. Gamova, B. P. Erykhov, I. S. Time, L. I. Likhacheva.</i> Structure Analysis of Modified Carbamideformaldehyde Oligomers	93
<i>O. A. Terentiev, E. A. Smirnova, V. S. Kurov.</i> Turbulent Flow Effect on Pulp Rheological Properties	97

<i>I. N. Koverninsky, V. I. Azarov, N. P. Mashuta, A. A. Bondar.</i> On Starch-Carbamideformaldehyde Paper Web Size	101
<i>E. P. Shishakov, V. M. Shkut, T. V. Tsykunova, O. I. Fedorova, O. M. Shevchuk, V. G. Nazarevich.</i> Increase of Biological Wood Hydrolysate Good Quality by Application of Nitric Acid and Complex Salts at Inversion Stage	104
<i>ECONOMIC AND MANAGEMENT</i>	
<i>M. A. Lobovikov, A. Z. Husainova.</i> Financing Scheme of Reforestation in Transition to Self-Supporting Base	108
<i>G. S. Khitrina.</i> Lease of Forests within Self-Supporting Base Relations System of Forest Industrial Complex	111
<i>V. P. Bychkov.</i> On Completing and Bringing up to Strength of Lorry Fleet	115
<i>P. Zhukovsky.</i> Design and Investigation of Dynamic Model of Furniture Making Enterprise Management (System Approach)	118
<i>SUMMERIES AND EXPERIENCE</i>	
<i>A. M. Boichenko, I. P. Emelyanov.</i> Methodical Problems of Retrospective Value of Mountain Pine Seed Crop (<i>Pinus pumila</i> Pall. Regal)	124
<i>V. R. Karamyshev.</i> On Calculation of Elastic Safety Clutch of Forestry Machines	126
<i>A. V. Yakubovsky, I. I. Khromchak, B. I. Bernar.</i> Energy Indices of Abrasive Disk Sanding of Cement-Particle Boards	129
<i>HISTORY OF SCIENCE</i>	
<i>M. D. Merzlenko.</i> Classic of Russian Forest Science (Commemorating the 150 th Anniversary of Mitrofan K. Tursky's Birthday)	132
<i>SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES</i>	
<i>A. Z. Shvidenko, G. A. Chibisov.</i> International Symposium	134
<i>Yu. G. Malkov.</i> Symposium of IUFRO on Young Stand Growing	135
<i>CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY</i>	
<i>E. G. Mozolevskay, V. N. Trofimov.</i> Textbooks on Ecology	137
Précis	143

РЕФЕРАТЫ

УДК 634.91:581.522.4

Биоэкологический подход к оценке древесных интродуцентов. ТЕРМЕНА Б. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 3—6.

Рассмотрены методические аспекты оценки адаптационных возможностей интродуцированных древесных растений на основе анализа опыта интродукции в регионе, изучения активности ростовых процессов, характера генеративного развития, зимо- и засухоустойчивости в связи с эдафическими условиями, поражаемостью вредителями и болезнями. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630*5

Построение модели оптимальной густоты древостоя на основе эколога-физиологической модели динамики лесных насаждений. ГУТМАН А. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 6—9.

В качестве критерия оптимальности выбран максимум прироста суммы поперечных сечений. В результате упрощения исходной модели получена двухпараметрическая модель, непосредственно выражающая оптимальную густоту через среднее поперечное сечение. Табл. 1.

УДК 630*114.351(597.3)

Характеристика накопления опада и подстилки в сосновых лесах Южного Вьетнама. ДО ДИНЬ ШАМ, НГО КИЭ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 9—12.

Приведены данные о динамике опада и характеристике накопления подстилок сосновых лесов *Pinus Kesiya* Южного Вьетнама. Определен тип круговорота зольных элементов и азота как кальциево-кремниевозотный. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*907

Влияние рекреации на состояние и устойчивость деревьев ели в северной подзоне тайги. ЛЕБЕДЕВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 13—16.

Установлено, что с усилением рекреационной нагрузки доля участия условно здоровых деревьев ели постепенно уменьшается; интенсивность смоловыделения сначала возрастает, а затем падает. Табл. 5. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 630*453:630*416.4:632.937.21

Очаги стволовых вредителей в лиственничниках Тувинской АССР, поврежденных сибирским шелкопрядом. МАМАЕВ Ю. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 16—19.

Отмечена ускоренная дифференциация поврежденных деревьев, связанная с влиянием резко континентального климата Тувы и, как следствие, с ускорением процесса заселения и обработки стволовыми вредителями их кормовой базы.

УДК 630*385.1:630*811.1

Влияние осушения болот на анатомическое строение древесины сосны обыкновенной. КОСАРЕВ В. П., УМАРОВ М. У., СТУЛЬНЕВА И. Х., ЭЖИЕВА З. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 19—23. Приведены данные об изменении под влиянием осушения переходного болота ширины годичных колец, ширины зон ранней и поздней древесины, числа рядов и диаметра трахеид у сосны обыкновенной. Проанализированы закономерности этих изменений. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*228

О закономерностях и особенностях динамики лесного фонда в Амурской области. ЮБОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 23—26.

Рассмотрены особенности, закономерности и направления изменений в лесном фонде Амурской области после 1966 г. Выделены три зоны интенсивности смены пород. Отмечено, что перевод лесов из III группы во II обеспечит улучшение состояния лесов. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*524

Полнодреспесность стволов сосны и ели в смешанных древостоях. ТРЕТЬЯКОВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 26—29.

Получены уравнения связи коэффициентов формы и видовых чисел с высотой и составлены таблицы объемов стволов сосны и ели в смешанных древостоях. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 14 назв.

УДК 630*375.5.004.15

Математическая модель для выбора оптимального лесовозного автомобильного поезда. ГРЕХОВ Г. Ф., САЛМИНЕН Э. О. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 30—33.

Перечислены критерии оптимальности для выбора лесовозного автопоезда, приведена целевая функция по приведенным затратам и ее ограничения. Выведена математическая модель для выбора оптимального лесовозного автомобильного поезда, даны рекомендации решения задачи на ЭВМ.

УДК 625.143.482

Методика определения сил, действующих на рельсовую плеть при транспортировке ее в кривых. МОРОЗОВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 33—38.

Рассмотрено точное и приближенное решение задачи по определению сил, действующих на рельсовую плеть при ее изгибе в процессе транспортировки по кривым лесовозных УЖД. Сделан вывод о допустимости применения приближенного решения. Ил. 2. Табл. 3.

УДК 539.38:629.114.3

Определение коэффициента жесткости пакета хлыстов при изгибе и кручении. БИБ-ЛЮК Н. И., БОЙКО А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 38—42.

Изложены методика и результаты экспериментального исследования коэффициентов жесткости пакета хлыстов при изгибе и кручении. Приведены уравнения регрессии, позволяющие определить изменение этих коэффициентов по длине пакета хлыстов в зависимости от числа рядов и расстояния между опорами. Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*377

О направлениях совершенствования лесовозного автомобильного транспорта. ИЛЬИН Б. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 42—46.

Изложены с необходимым обоснованием предложения по совершенствованию лесовозного подвижного состава на период до 2000 г. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 621.86.063.2.001.24

О некоторых технологических параметрах выгрузки бревен из грейфера. ВТЮРИНА З. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 46—49.

Приведены результаты исследования тензометрическим методом продолжительности, величины и коэффициента раскрытия на «весу» грейфера крана-лесопогрузчика башенного типа в зависимости от диаметра выгружаемых бревен. Ил. 1.

УДК 630*377.44.001.4/5

Повышение эксплуатационной эффективности колесной трелевочной системы. АНИСИМОВ Г. М., ПАМФИЛОВ Д. В., ВАЛЯЖОНКОВ В. Д., СЕРГЕЕВ В. П., КОЧНЕВ А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 49—52.

Исследовано влияние параметров разработанного устройства для снижения колебаний колесной трелевочной системы на величину средних квадратичных ускорений звеньев системы при движении по волокам с микропрофилем случайного характера. Предложены рекомендации по выбору рациональной длины подвеса трельюемой пачки в зависимости от эксплуатационных режимов. Ил. 3.

УДК 630*323.2.002.5

Математическая модель оптимизации параметров механизма прижима сучкорезного ножа. ЛЕОНОВ А. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 52—56.

Сформулирована задача минимизации амплитуды колебаний нагрузки в зоне контакта сучкорезного ножа с древесным стволом для обеспечения точного копирования его поверхности. На основе методов статистической динамики разработан критерий оптимальности, учитывающий параметры механизма и характеристики лесонасаждений. Построена оптимизационная математическая модель. Ил. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.047.9

Некоторые вопросы влагопереноса в процессе сушки древесины. ШУБИН Г. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 57—60.

Приводится краткий анализ вопроса о применимости закона диффузии Фика для рассмотрения процессов переноса влаги в древесине, результаты экспериментов по нагреванию сырой древесины в горячей воде для обоснования незначительной роли эффузионного переноса влаги, данные о связи расклинивающего давления в древесине с перепадом влажности, а также соотношения о соотношении между количеством пара и жидкости в процессе переноса влаги в древесине. Библиогр. список: 20 назв.

УДК 674.093

О раскрое пиловочных бревен неправильной формы. ЕЛСАКОВ С. Г., КАЛИТЕВСКИЙ Р. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 60—68.

Представлена имитационная модель, позволяющая производить расчет поставок, определять технологические параметры оборудования для первичного базирования, рассчитывать системы оптимальных поставок для конкретных условий лесопильных предприятий, планировать выпуск пиломатериалов при раскрое сырья неправильной формы. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 621.923.4:621.921.34:674.41

Исследование влияния режимов резания и температуры на структурные превращения древесины и засаливание алмазно-абразивного инструмента. АЛФИМОВ А. В., МАЛОГОЛОВЕЦ В. Г., ОГОРОДНИК В. В., ФЕДОСЕЕВ Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 69—74.

По результатам исследований установлено, что температура, возникающая в зоне резания, вызывает структурные превращения в поверхностном слое обрабатываемого материала и в стружке, заполняющей межзерновое пространство. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 630*812.71

Особенности проявления масштабного фактора при изгибе древесины. ВОЛЫНСКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, с. 75—78.

Рассмотрено влияние толщины, ширины и длины образца на расчетные значения модуля упругости и предела прочности древесины при изгибе. Предложена и обоснована зависимость этих показателей от объема образца с учетом влияния поперечной силы. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.79:621.935

Исследование стыковой электросварки ленточных пил с применением формирующих устройств. БЕЗПРОЗВАННЫЙ И. А., НАСТЕНКО А. А., ПАНФИЛОВ С. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 78—81.

Приведены результаты исследований этого способа сварки ленточных пил из сталей 9ХФ и 7Н2МФА, подтвердившие преимущества сварки с формированием по сравнению со сваркой без формирования. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.812

Технология изготовления и тепловой расчет подшипников из прессованной древесины для роликовых сушилок. АПОСТОЛ А. В., ЯНИН Л. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 82—84.

Приведена методика проведения теплового расчета, которая позволяет выявить возможность постановки подшипника из ДП в узлах трения аналогичной конструкции. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК [668.472:66.061.4:630*866]:678

Кинетика взаимодействия твердых полимеров терпенов с малеиновым ангидридом. ВЕРЮДОВ В. А., КИПОВСКИЙ А. Я., СТЕПАНОВА Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 85—90.

Проведены исследования для получения новых высококачественных продуктов на основе твердых политерпеновых соединений из скипидара. Наиболее удачная модификация полимеров терпенов — малеиностерпеновая смола — продукт взаимодействия полимеров с малеиновым ангидридом.

Результаты испытаний показали, что малеиностерпеновая смола может быть использована в рецептурах алкидных лаков и комбинированных олиф в качестве заменителя канифоли и пищевых растительных масел. Ил. 5. Табл. 5. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 547.992.3

Изменение содержания и состава смолистых веществ в гидролизном лигнине при получении лечебного лигнина. ИСАЕВА Л. В., ЛЕВАНОВА В. П., СУВОРОВ А. В., ГРИГОРИУК Г. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 90—93.

Показано, что щелочная обработка лигнина приводит к снижению содержания экстрактивных смол на 78—87%. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.815-41

Изучение структуры модифицированных карбамидоформальдегидных олигомеров. ГАМОВА И. А., ЕРЫХОВ Б. П., ТИМЕ Н. С., ЛИХАЧЕВА Л. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 93—96.

Показано, что при введении фенолоспиртов в композицию с повышением температуры отверждения количество низкомолекулярных не изменяется. Снижение выделения формальдегида из плит объясняется взаимодействием фенолоспиртов с низкомолекулярными компонентами карбамидоформальдегидной смолы, что приводит к их стабилизации. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.1.017.4

Влияние турбулентности потока на реологические параметры бумажной массы. ТЕРЕНТЬЕВ О. А., СМЕРНОВА Э. А., КУРОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 97—101.

Предложено уравнение для расчета реологической характеристики волокнистых суспензий, которое включает динамический коэффициент турбулентной вязкости. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 678.652:676.6

Крахмалокарбамидоформальдегидный клей для поверхностной проклейки бумаги. КОВЕРНИНСКИЙ И. Н., АЗАРОВ В. И., МАШУТА Н. П., БОНДАРЬ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 101—104.

Сочетание крахмала и карбамидоформальдегидного олигомера в композиции позволяет повысить качество исходного карбамидного олигомера и качество бумаги. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*863.5

Повышение биологической доброкачественности гидролизатов древесины внесением азотнокислых и комплексных солей на стадии инверсии. ШИШАКОВ Е. П., ШКУТ В. М., ЦЫКУНОВА Т. В., ФЕДОРОВА О. И., ШЕВЧУК О. М., НАЗАРОВИЧ В. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 104—107.

При введении в гидролизаты до 5 г/л азотнокислых и комплексных солей значительно повышается доброкачественность гидролизатов, вследствие чего увеличиваются выход биомассы дрожжей, скорость роста и содержание сырого протеина. Ил. 3. Табл. 2.

УДК 630*232.4.003.1

Схема финансирования лесокультурного производства при переходе на хозрасчет. ЛОБОВИКОВ М. А., ХУСАИНОВА А. З. Изв. высш. учеб. заведений, 1990, № 2, с. 108—111. Рассчитан макет экономической организации лесокультурного производства при переходе на хозяйственный расчет и самофинансирование. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*6

Аренда лесов в системе хозрасчетных отношений лесного комплекса. ХИТРИНА Г. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 111—114.

Рассмотрены вопросы развития хозрасчетных отношений в лесном комплексе и возможная схема финансирования создания лесных культур. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*78

О комплектовании состава автопарка. БЫЧКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 115—118.

Приведено экономико-математическое определение оптимальной грузоподъемности автопарка. Методика позволяет решать вопросы комплектования автопарка лесных предприятий по экономическому критерию.

УДК 658.012.2.01:684

Построение и исследование динамической модели управления мебельным предприятием

(системный подход). ЖУКОВСКИ П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 118—123.

Представлена схема символически аналоговой модели, дано описание модели динамической системы управления с использованием математического аппарата, определены начальные условия и параметры, представлено поведение мебельного предприятия в четырех случаях и обобщены результаты исследования. Ил. 2.

УДК 630*232.311.1:582.475.4

Методические вопросы ретроспективной оценки урожая шишек у кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel). БОЙЧЕНКО А. М., ЕМЕЛЬЯНОВ И. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 124—126.

Рассмотрены методические аспекты ретроспективного (как минимум за 15 лет) учета урожая шишек морфологическим методом в наиболее распространенных в Алданском нагорье сообществах кедрового стланика. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 630*65.011.54

К расчету упругопредохранительной муфты лесохозяйственных машин. КАРАМЫШЕВ В. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 126—128.

Описаны принципиальная конструкция, преимущества и рекомендации по выбору силовых параметров упругопредохранительной муфты, которая может быть использована на лесохозяйственных машинах. Приведены некоторые экспериментальные данные, подтверждающие ее преимущества. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.815-41

Энергетические показатели процесса шлифования цементно-стружечных плит абразивными кругами. ЯКУБОВСКИЙ А. В., ХРОМЧАК И. И., БЕРНАР Б. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 129—131. Приведены результаты исследований силовых зависимостей процесса шлифования ЦСП разработанными абразивными кругами, которые могут служить исходными данными для проведения прочностного расчета инструмента, деталей и узлов применяемого оборудования. Ил. 7.

УДК 630*902

Классик русского лесоводства (к 150-летию со дня рождения Митрофана Кузьмича Турского). МЕРЗЛЕНКО М. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 132—133.

УДК 630*9:061.3

Международный симпозиум. ШВИДЕНКО А. Э., ЧИБИСОВ Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 134.

УДК 061.3:630*24

Симпозиум ИЮФРО по уходу за молодняками. МАЛЬКОВ Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 135—136.

УДК 502.7(075)

Учебные пособия по экологии. МОЗОЛЕВСКАЯ Е. Г., ТРОФИМОВ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 2, с. 137—138.