

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

---

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

4

1993

АРХАНГЕЛЬСК

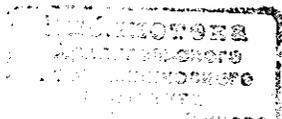
Главный редактор — акад. О. М. Соколов.  
 Заместители главного редактора:  
 акад. И. С. Мелехов, проф. Е. С. Романов, проф. С. И. Морозов.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Проф. Ю. Г. Бутко, проф. А. В. Веретенников, проф. Е. Д. Гельфанд,  
 проф. И. И. Гусев, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. А. Н. Кириллов,  
 проф. Н. П. Коваленко, акад. В. А. Кучерявый, проф. Н. В. Лившиц,  
 проф. Е. Г. Мозолевская, доц. О. А. Неволин, акад. А. Н. Обливин,  
 акад. В. И. Онегин, акад. А. Р. Родин, д-р биол. наук Л. П. Рысин,  
 проф. В. П. Рябчук, проф. Е. Д. Сабо, проф. В. И. Санев, акад. О. А. Тер-  
 рентьев, проф. Н. И. Федоров, проф. В. Я. Харитонов, д-р с.-х. наук  
 Г. А. Чибисов, акад. Г. М. Шутов, проф. В. В. Щелкунов, проф.  
 А. А. Эльберг.

Ответственный секретарь Р. В. Белякова.

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



ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
 «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

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

Сдан в набор 08.10.93. Подписан в печать 24.01.94.  
 Форм. бум. 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
 Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1 000 экз. Заказ 4229.  
 Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт  
 им. В. В. Куйбышева

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, наб. Сев. Двины, 17, тел. 44-13-37.

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*52

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ  
И БАЗЫ ДАННЫХ О ФИТОМАССЕ ЛЕСОВ

В. А. УСОЛЬЦЕВ

Уральский лесотехнический институт

Экологизация наук о лесе, в том числе лесоводства и лесной таксации [1, 7], связана с обострением так называемого экологического кризиса вследствие загрязнения окружающей среды и истощения некоторых природных ресурсов в ближайшем будущем. При этом создается опасность существенного повышения содержания углерода в атмосфере и глобального потепления климата вследствие парникового эффекта. Установлено, что вырубка лесов в мировом масштабе идет со скоростью 20 гектаров в минуту и превышает прирост древесины в 18 раз. Лесистость планеты будет еще снижаться в течение ряда лет со скоростью около 1 % в год и станет критической при площади лесов около 20 % от территории суши [14].

Атмосферный  $\text{CO}_2$  совершает круговорот каждые 7 лет через наземную биоту, в том числе на 70 % через лесные экосистемы. Леса содержат около 70 % углерода суши в надземной фитомассе и примерно 50 % в подземной. На агроэкосистемы приходится 12 % запасов почвенного углерода [16]. Поэтому особую актуальность приобретают исследования, связанные с оценкой запасов углерода в лесной фитомассе [15, 17] и ее энергетикой [12]. Согласно предварительным данным, в лесах умеренной зоны около 30 % углерода содержится в древостое, 60 % — в почве, 9 % — в подстилке и 1 % — в живом напочвенном покрове [15]. В активном круговороте углерода наибольшая доля приходится на древостой. Регулируя структуру их фитомассы и валовые показатели на единице площади, можно наиболее эффективно воздействовать на газовый состав атмосферы.

В настоящее время мировое сообщество приступило к реализации программ по консервации и связыванию углерода в его глобальном круговороте, чтобы предупредить потепление климата (например Global BIOME Program, U. S. Environmental Protection Agency, Oregon, 1991). Реализации глобальных экологических программ способствуют принятое в Майлстоуне странами большой семерки «Глобальное лесное соглашение — 1992», а также Конвенция ООН (1992 г.) об изменении климата. Цель программы BIOME, во-первых, оценить степень, в которой лесные и агроэкосистемы могут быть контролируемы, т. е. приспособлены к консервации и связыванию атмосферного углерода в растительном покрове, и, во-вторых, в которой ископаемые источники топлива могут быть заменены экологически безопасным его видом — спиртами, вырабатываемыми из возобновляемого сырья — фитомассы лесных и агроэкосистем.

Связывание атмосферного углерода обеспечивается интенсивным лесоразведением (в том числе полезащитным), лесовосстановлением, прочими лесохозяйственными мероприятиями. Работы по консервации углерода в растительном покрове сводятся к сокращению темпов сведения лесов, приостановке процессов аридизации территорий и охране ле-

сов от пожаров. Потенциальный уровень глобальной компенсации содержания атмосферного углерода составляет около 10 Гт в год, в том числе в лесах тропической, умеренной и бореальной зон соответственно 70, 20 и 10 % [16].

Использование фитомассы в виде топлива, в свою очередь, способствует интенсификации лесокультурного производства и создания агро-экосистем, которые усваивают и связывают углекислый газ. Утилизация фитомассы является потенциально важнейшей частью программы по реализации процесса связывания углерода, поскольку приемы ведения лесного и сельского хозяйства ограничены и накопленный наземный углерод в конце концов окажется в составе атмосферы. В настоящее время на заготовку леса приходится 40 % общей стоимости фитомассы. Подготовка ее для различных видов использования очень трудоемка, поэтому в зоне особого внимания программы находится технологический прогресс в обоих названных направлениях [16]. Реализация программы BIOME включает сбор данных по 16 ключевым странам, располагающим наиболее значительными лесными ресурсами. Эти страны располагаются на всех континентах планеты в зонах бореальных, умеренных и тропических лесов, в том числе в бореальной две страны — Россия и Канада.

Лесной покров играет определяющую роль в формировании газового состава атмосферы, поэтому отправным этапом реализации глобальных экологических программ является создание банков данных об органической массе лесов, в том числе фитомассе лесного покрова. Приrost различных фракций фитомассы связан с образованием кислорода или интенсивностью связывания углерода, переводными коэффициентами, специфичными для каждой древесной породы [4].

Первоначальной целью инвентаризации лесных ресурсов была оценка ликвидных запасов стволовой древесины, и до настоящего времени вся технология лесоустроительных работ ориентирована на получение такой информации. В резолюциях крупнейших научных конференций последних лет по оценке и моделированию продуктивности древостоев, а также в многочисленных публикациях подчеркивается, что модели, отражающие закономерности роста лишь стволовой древесины, сегодня недостаточны. Их следует дополнять сведениями о динамике остальных фракций фитомассы древостоев и компонентов лесных экосистем. Проблема таксации всей фитомассы древостоев становится все более актуальной, однако этот вопрос совершенно выпал из поля зрения составителей последней лесоустроительной инструкции [3].

Лесная таксация за свою почти 200-летнюю историю накопила огромный арсенал нормативов для учета запасов стволовой древесины. Повторять этот путь при разработке нормативов таксации всей фитомассы нет смысла [13]. Необходимо создать методологическую основу стыковки традиционных лесоустроительных данных с показателями фитомассы и банки данных о всей фитомассе лесов по регионам России.

Исследования структуры и динамики фитомассы лесов России ведутся с 30-х гг. текущего столетия. Специфика учета заключается в трудоемкости определения ее фракционного состава, разнообразии лесорастительных условий по природным зонам, изучении ограниченного числа факторов, от которых зависит запас фитомассы на 1 га. В связи с этими обстоятельствами пока не разработана процедура инвентаризации всей фитомассы лесов, имеются лишь отдельные предпосылки.

Один из важнейших этапов создания банков данных о фитомассе лесов — исследования закономерностей динамики фитомассы по географическим зонам. Здесь путь традиционной лесной таксации [2] также неприемлем, поскольку предстоит изучить влияние климатических факторов на распределение фракций фитомассы, тогда как таксация ство-

ловой древесины основана на стереометрических методах [11]. На сегодня имеются главным образом сводки о фитомассе некоторых лесобразующих древесных пород [6, 10]. Единственная попытка не только составить исчерпывающую сводку о фитомассе, но и выявить возрастные закономерности распределения последней по трем широтным климатическим поясам, по-видимому, принадлежит Я. К. Палуметсу [5, 18]. К сожалению, он не в полной мере реализовал возможности, которые давала ему имевшаяся в его распоряжении сводка данных о фитомассе ели европейской, ограничившись анализом парных связей фитомассы ельников с возрастом и климатическими показателями. Динамика фитомассы древостоев, как и любой экосистемы, имеет многофакторную природу, поэтому необходимо применение многомерных методов. Кроме того, ограничение климатических зон уровнем ФАР представляется слишком упрощенным. В пределах этих зон могут быть существенные колебания в распределении фитомассы. Согласно нашим наблюдениям, например, охвоенность побегов сосны Велико-Анадольского леса и Казахского мелкосопочника различается в 2-3 раза. Имеются также различия в охвоенности сосны в Карелии и на Урале.

Для стыковки данных о фитомассе с традиционными таксационными нормативами нами разработан метод математического моделирования структуры и динамики всей фитомассы древостоев на основе рекуррентно-ступенчатого принципа последовательного обобщения [8, 9, 19, 20]. Метод обеспечивает приемлемую точность нормативов для учета фитомассы лесов при минимальных затратах. Процедура может быть представлена схемой: экспериментальные данные о фитомассе → многомерная регрессия → рекуррентная регрессионная система → норматив или банк данных о фитомассе древостоев.

Процесс составления банков данных о фитомассе во времени можно подразделить на пять этапов. На первом этапе по данным лесоустройства для каждого лесорастительного района формируют банки данных о запасах стволовой древесины, представленные в виде трехвходовых таблиц распределения запасов по классам возраста, бонитета и полнотам. На втором этапе создают банки экспериментальных данных о фитомассе по отдельным породам для каждого района. На третьем этапе разрабатывают локальные регрессионные модели динамики фитомассы по четырем определяющим факторам: возраст, класс бонитета, полнота и запас стволовой древесины. На четвертом этапе анализируют географические (климатические) закономерности динамики фитомассы, в результате чего локальные модели дополняют климатическими и экологическими показателями. На последнем, пятом, этапе полученные обобщающие модели стыкуются с трехвходовыми банками данных о запасах стволовой древесины.

Далее система обработки лесоустроительной информации должна быть выведена на компьютерную сеть и преобразована в динамическую базу данных о всей фитомассе лесов, доступную для оперативного контроля и коррекции.

Помимо вклада в глобальные программы, аналогичные программе ВЮМЕ, базы данных о фитомассе древостоев необходимы также при разработке: систем локального и глобального экологического мониторинга лесов в связи с загрязнением природной среды промышленными выбросами; автоматизированных систем обработки данных аэрокосмического дистанционного зондирования лесов с использованием структурных характеристик лесного полога; математических моделей лесных пожаров на компьютерах в режиме реального времени в целях управления этими катастрофическими природными явлениями; ресурсосберегающих стратегий в технологии заготовки и переработки фитомассы лесов и т. д.

Базы данных о фитомассе лесов могут использоваться в своей практической деятельности:

Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов — в реализации мероприятий в рамках «Конвенции ООН об изменении климата (1992)», разработке систем экологического мониторинга, аэрокосмического дистанционного зондирования лесов и их противопожарной охране;

Министерство топлива и энергетики — при технико-экономическом обосновании возможностей производства экологически чистых видов топлива из возобновляемых древесных ресурсов;

Министерство сельского хозяйства — при технико-экономическом обосновании возможностей производства биологически активных кормовых добавок и углеводистых кормов из лесной фитомассы;

Министерство здравоохранения — при обосновании возможностей получения и использования биологически активных веществ в производстве лекарственных препаратов.

Положительные эффекты от применения баз данных в различных областях науки и практики выражаются:

в обеспечении мероприятий по предотвращению глобального потепления климата планеты;

в возможности реализации контроля за глобальными и локальными изменениями состояния лесного растительного покрова в связи с загрязнением природной среды;

в уменьшении затрат на инвентаризацию лесных ресурсов и ущерба от лесных пожаров;

в снижении экологического ущерба вследствие замены традиционных видов топлива экологически безопасными, вырабатываемыми из древесины;

в решении проблемы обеспечения населения страны продовольствием и лекарственными препаратами растительного происхождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Антанайтис В. В. Изучение роста древостоев на экологической основе // Закономерности роста и производительности древостоев: Тез. докл.—Каунас: ЛитСХА, 1985.—С. 11—14. [2]. Загреев В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев.—М.: Лесн. пром-сть, 1978.—240 с. [3]. Лебеков В. Ф. Задачи и пути совершенствования теории и практики лесоустройства // Лесоведение.—1986.—№ 6.—С. 3—10. [4]. Монсеев В. С., Яновский Л. Н. и др. Строительство и реконструкция лесопарковых зон: на примере Ленинграда.—Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990.—288 с. [5]. Палуметс Я. К. Распределение фракций фитомассы ели европейской в зависимости от возраста и климатических факторов // Лесоведение.—1988.—№ 2.—С. 34—40. [6]. Поздняков Л. К. Продуктивность лесов Сибири // Ресурсы биосферы: итоги советских исследований по Международной биологической программе.—Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1975.—Вып. 1.—С. 43—55. [7]. Стадницкий Г. В. Экологизация лесоводства // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение.—Л.: ЛТА, 1984.—С. 48—54. [8]. Усольцев В. А. Принципы полифакторной оценки биопродуктивности древостоев.—Красноярск: Ин-т леса и древесины, 1985.—48 с. [9]. Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев.—Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988.—253 с. [10]. Уткин А. И. Исследования по первичной биологической продуктивности лесов в СССР // Лесоведение.—1970.—№ 3.—С. 58—89. [11]. Уткин А. И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья.—М.: Наука, 1982.—С. 59—72. [12]. Уткин А. И. Теплота сгорания как экологическая мера // Чтения памяти академика В. Н. Сукачевы.—Вып. 3. Вопросы биогеоэкологии и географии.—М.: Наука, 1986.—С. 13—60. [13]. Уткин А. И. Предисловие // Анализ продукционной структуры древостоев.—М.: Наука, 1988.—С. 3—5. [14]. Федоренко Н. П., Реймерс Н. Ф. Экология и экономика — эволюция взаимоотношений. От «экономики природы» до «большой» экологии // Философские проблемы глобальной экологии.—М.: Наука, 1983.—С. 230—277. [5]. Birdsey R. A. Inventory of carbon storage and accumulation in U. S. forest ecosystems // Research in forest inventory, monitoring, growth and yield: Proceedings from IUFRO XIX World Congress.—Montreal, Canada, 1990.—P. 24—31. [16]. Global BIOME Program. U. S. Environmental Protection Agency.—Corvallis,

1991.— 8 p. [17]. Lugo A. E., Chapman J. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget // Can. J. For. Res.— 1986.— Vol. 16, N 2.— P. 390—394. [18]. Palumets J. Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce.— Tartu: Tartu Ülikool. VIII Scripta Botanica, 1991.— 95 p. [19]. Usoltsev V. A. Recurrent regression system as a base for tree and stand biomass tables // Harvesting and utilization of tree foliage: IUFRO Project Group P3.05—00 Meeting.— Riga, 1989.— P. 217—245. [20]. Usoltsev V. A. Mensuration of forest biomass: Modernization of standard base of forest inventory // XIX World Congress Proceedings, IUFRO, Division 4.— Montreal, Canada, 1990.— P. 70—92.

Поступила 22 февраля 1993 г.

УДК 630\* : 65.011.54

## ДИНАМИКА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН С ДВУХПОТОЧНОЙ ФРИКЦИОННОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТОЙ ПРИ УПРУГИХ СВЯЗЯХ

В. Р. КАРАМЫШЕВ

Воронежский лесотехнический институт

В [2] была рассмотрена динамика ротационных лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой при жесткой связи между рабочим органом и предметом, явившимся причиной перегрузки. В реальных условиях работы эти связи упругие и нелинейные [1]. Во многих случаях нелинейные связи можно линеаризовать. Поэтому для определения максимальных нагрузок, возникающих в элементах лесохозяйственных машин при перегрузках, следует рассмотреть их динамику при упругой связи.

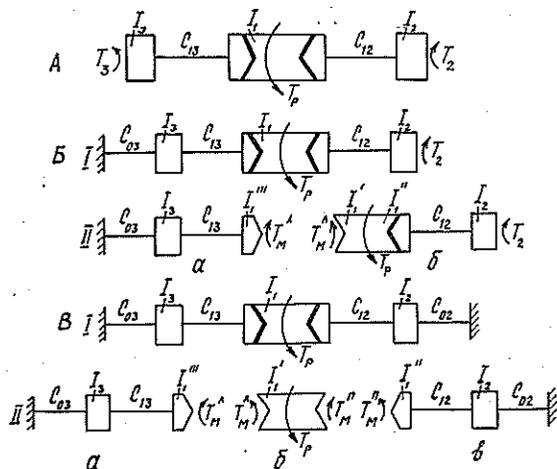
Ротационные лесохозяйственные машины, защищенные от перегрузок двухпоточными фрикционными предохранительными муфтами, известными методами [3] могут быть приведены к трехмассовым динамическим расчетным схемам, а масса муфты — к средней массе (рис. А). На систему действуют рабочий момент  $T_p$  и моменты сил сопротивления  $T_2$  и  $T_3$ . Действующие моменты и жесткости системы  $C_{12}$  и  $C_{13}$  постоянны. Система вращается с угловой скоростью  $\omega_0$ . При этом процесс перегрузки лесохозяйственных машин разделен на два периода: I — нарастание нагрузки до срабатывания предохранительной муфты; II — от срабатывания муфты до возникновения максимального динамического момента в системе. Кроме того, учитывалось, что перегрузка может возникнуть как на одном рабочем объекте машины (стопорится одна из крайних масс системы), так и на двух (стопорятся одновременно обе крайние массы системы).

При перегрузке одного рабочего объекта (стопорится, например, левая масса системы) в первом периоде система из трехмассовой (рис. А) преобразуется в трехмассовую с заделкой (рис. Б, I). Звено  $C_{03}$  имитирует упругий характер связи, образовавшейся при перегрузке. В этом случае система нагружена рабочим моментом  $T_p$  и моментом сопротивления  $T_2$ .

Дифференциальные уравнения движения системы запишутся в виде

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} - (\varphi_2 - \varphi_1) C_{13} &= T_p; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} &= -T_2; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 + (\varphi_3 - \varphi_1) C_{13} &= -\varphi_3 C_{03}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $I_1, I_2, I_3$  — моменты инерции центральной, правой и левой масс системы;



Расчетные схемы динамических систем лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой: А — до перегрузки; В — перегружен один рабочий объект; В — перегружены два рабочих объекта; а, в — ведомые, б — ведущие части систем; I, II — периоды перегрузки

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  — углы закручивания звеньев системы с жесткостями  $C_{12}, C_{13}, C_{03}$ .

Дифференцируя систему (1) дважды, а ее первое уравнение четырежды, методом последовательного исключения неизвестных систему приводим к виду

$$\begin{aligned} \frac{d^6\varphi_1}{dt_1^6} + \frac{d^4\varphi_1}{dt_1^4} \left[ \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} C_{12} + \frac{I_1 + I_3}{I_1 I_3} C_{13} + \frac{C_{03}}{I_3} \right] + \frac{d^2\varphi_1}{dt_1^2} \left[ \frac{C_{12} C_{13}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 + \right. \\ \left. + I_2 + I_3) + \frac{C_{03}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 C_{12} + I_2 (C_{12} + C_{13})) \right] + \frac{\varphi_1 C_{12} C_{13} C_{03}}{I_1 I_2 I_3} = \\ = \frac{(T_p - T_2) C_{12} (C_{13} + C_{03})}{I_1 I_2 I_3}. \end{aligned} \quad (2)$$

Ее характеристическое уравнение

$$\begin{aligned} k^6 + k^4 \left[ \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} C_{12} + \frac{I_1 + I_3}{I_1 I_3} C_{13} + \frac{C_{03}}{I_3} \right] + k^2 \left[ \frac{C_{12} C_{13}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 + I_2 + I_3) + \right. \\ \left. + \frac{C_{03}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 C_{12} + I_3 (C_{12} + C_{13})) \right] + \frac{C_{12} C_{13} C_{03}}{I_1 I_2 I_3} = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Обозначив член при  $k^4$  через  $a$ , при  $k^2$  — через  $b$ , свободный член — через  $c$  и приняв  $k^2 = n$ , получим кубическое уравнение

$$n^3 + an^2 + bn + c = 0. \quad (4)$$

В уравнении (4) неизвестное  $n$  заменим новым неизвестным  $x$ , связанным с ним неравенством

$$n = x - a/3, \quad (5)$$

тогда выражение (4) запишется как неполное кубическое уравнение

$$x^3 + px + q = 0, \quad (6)$$

где

$$p = -a^2/3 + b; \quad q = 2(a/3)^3 - ab/3 + c.$$

Определив корни уравнения (6) с учетом (5), найдем корни уравнения (4), а затем, приняв  $k^2 = n$ , корни уравнения (3).

Корни уравнения могут быть действительными и комплексными. Им соответствуют двенадцать различных вариантов корней  $k$  уравнения (3). Существуют и общие решения уравнения (2).

Следовательно, для первого периода процесса перегрузки нельзя получить в общем виде зависимости по определению динамических моментов для всех возможных случаев. Решение может быть получено только на основе конкретных значений моментов инерции масс и жесткостей звеньев рассматриваемой системы.

Поэтому необходимы определенные допущения. Поскольку динамические моменты в упругих звеньях  $T_{12}$ ,  $T_{13}$ ,  $T_{03}$  не превышают регулировочного момента левой части двухпоточной предохранительной муфты (в противном случае происходит срабатывание муфты и расчетная схема не соответствует действительной), то первый период процесса перегрузки можно не рассматривать, приняв, что по окончании его упругие звенья системы нагружены регулировочным моментом муфты  $T_M^n$ , т. е.  $T_{12} = T_{13} = T_{03} = T_M^n$ , а угловые скорости масс равны начальной скорости системы  $\omega_0$ . При таком допущении точность расчета несколько снижается. Если потребуются более точные вычисления, следует для конкретной динамической системы вычислить корни уравнения (3) и решить (2) одним из методов, приведенных в [5].

Во втором периоде возникают максимальные динамические нагрузки при срабатывании одной из частей предохранительной муфты (в данном случае левой). Согласно методу декомпозиции расчетная схема приводится к двум: двухмассовой с заделкой, на которую действует регулировочный момент левой части предохранительной муфты  $T_M^n$  (рис. Б, II, а), и ведущей двухмассовой (рис. Б, II, б). Максимальные динамические нагрузки возникают в ведомой части системы, которую мы и рассматриваем.

Движение системы описывается дифференциальными уравнениями

$$\left. \begin{aligned} I_1'''\ddot{\varphi}_1 + (\varphi_1 - \varphi_3)C_{12} &= T_M^n; \\ I_3'''\ddot{\varphi}_3 + \varphi_3C_{03} &= -(\varphi_3 - \varphi_1)C_{13}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Преобразуя (7), получаем

$$\frac{d^4\varphi_3}{dt_2^4} + \frac{d^2\varphi_3}{dt_2^2} \left( \frac{C_{03} + C_{13}}{I_3} + \frac{C_{13}}{I_1} \right) + \varphi_3 \frac{C_{03}C_{13}}{I_1''I_3} = \frac{T_M^n C_{13}}{I_1''I_3}. \quad (8)$$

Общее решение уравнения (8) имеет вид

$$\varphi_3 = A \sin k_1 t_2 + B \cos k_1 t_2 + C \sin k_2 t_2 + D \cos k_2 t_2 + E, \quad (9)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$  — постоянные коэффициенты;

$k_1$ ,  $k_2$  — частоты свободных колебаний.

Найдя первую и вторую производные от  $\varphi_3$  и подставив их значения во второе уравнение системы (7), будем иметь

$$\begin{aligned} \varphi_1 = \frac{1}{C_{13}} [ & -I_3 k_1^2 A \sin k_1 t_2 - I_3 k_1^2 B \cos k_1 t_2 - I_3 k_1^2 C \sin k_2 t_2 - \\ & - I_3 k_2^2 D \cos k_2 t_2 + (C_{03} + C_{13})(A \sin k_1 t_2 + B \cos k_1 t_2 + \\ & + C \sin k_2 t_2 + D \cos k_2 t_2 + E) ]. \end{aligned} \quad (10)$$

Начальные условия для второго периода перегрузки

$$T_{13} = T_{03} = T_M^n; \quad \varphi_3 = T_M^n / C_{03};$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = T_M^n / C_{13}; \quad \dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_3 = \omega_0$$

позволят определить постоянные коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$ .

Подставляя значения этих коэффициентов в уравнения (9) и (10), можно найти динамические моменты в упругих звеньях системы:

$$T_{13} = (\varphi_1 - \varphi_3) C_{13}; \quad (11)$$

$$T_{03} = \varphi_3 C_{03}, \quad (12)$$

а затем максимальные их величины:

$$T_{13 \max} = (C_{03} - I_3 k_1^2) \frac{\omega_0 (C_{03} - I_3 k_2^2)}{I_3 k_1 (k_1^2 - k_2^2)} + \\ + (C_{03} - I_3 k_2^2) \frac{\omega_0 (I_3 k_1^2 - C_{03})}{I_3 k_2 (k_1^2 - k_2^2)} + T_M^a; \quad (13)$$

$$T_{03 \max} = \frac{C_{03} \omega_0}{I_3 (k_1^2 - k_2^2)} \left( \frac{C_{03} - I_2 k_2^2}{k_1} - \frac{C_{03} - I_3 k_1^2}{k_2} \right) + T_M^a. \quad (14)$$

При перегрузке правой массы системы расчетные зависимости для определения максимальных динамических нагрузок имеют такой же вид, как (13) и (14), но с параметрами правой ведомой части системы.

Из полученных формул видно, что на максимальные динамические нагрузки, возникающие при срабатывании двухпоточной фрикционной предохранительной муфты в упругих звеньях систем ротационных лесохозяйственных машин, более существенно влияет скорость вращения системы, а затем ее жесткости и моменты инерции.

Расчет по формулам (13) и (14) позволит определить максимальные динамические нагрузки, непосредственно возникающие в элементах рабочих органов ротационных лесохозяйственных машин (звено  $C_{03}$ ), что невозможно сделать по ранее найденным зависимостям [2].

При перегрузке одновременно двух рабочих объектов в первом периоде трехмассовая система (рис. А) преобразуется в трехмассовую с двумя заделками с жесткостями  $C_{02}$  и  $C_{03}$ , на которую действует рабочий момент  $T_p$  (рис. Б, I). Дифференциальные уравнения, описывающие движение системы, запишутся в виде

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} - (\varphi_3 - \varphi_1) C_{13} &= T_p; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} &= -\varphi_2 C_{02}; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 + (\varphi_3 - \varphi_1) C_{13} &= -\varphi_3 C_{03}. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Систему (15) можно свести к кубическому уравнению (аналогично первому периоду, когда перегружен один рабочий объект). Следовательно, для этого случая также невозможно получить зависимости в общем виде. Целесообразней и здесь принять, что в конце первого периода упругие звенья системы нагружены регулировочным моментом муфты:  $T_{12} = T_{13} = T_{02} = T_{03} = T_M$ .

Расчетные схемы второго периода, когда перегружены два рабочих объекта (рис. В, II, а, в), полностью совпадают с расчетными схемами аналогичного периода, когда перегружен один объект (рис. Б, II, а). Поэтому для определения максимальных динамических нагрузок, возникающих в упругих звеньях системы при срабатывании обеих частей двухпоточной фрикционной предохранительной муфты, могут быть использованы зависимости (13) и (14).

Расчеты, выполненные по полученным формулам, достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными (например, при частоте вращения  $n = 300 \text{ мин}^{-1}$  расхождение составляет 5...6 %).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Карамышев В. Р., Нартов П. С. Повышение надежности работы предохранительных муфт лесохозяйственных машин.— Воронеж: ВГУ, 1983.—140 с.

[2]. Карамышев В. Р., Чинарев В. Я. Динамика перегрузки лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой // Лесн. журн.— 1988.— № 2.— С. 18—22.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Кожевников С. Н. Динамика машин с упругими звеньями.— Киев: АН УССР, 1961.— 160 с. [4]. Курош А. Г. Курс высшей алгебры.— М.: Наука, 1975.— 432 с. [5]. Степанов В. В. Курс дифференциальных уравнений.— М.: ГИФМЛ, 1959.— 468 с.

Поступила 12 октября 1992 г.

УДК 630\*432(571.6)

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСАХ НА ПРИМЕРЕ ЮГА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Г. В. СОКОЛОВА

ДальНИИЛХ

Возникновение пожарной опасности в лесах решающим образом зависит от метеоусловий, так как многие другие природные факторы, например структура и состояние растительного покрова, рельеф местности, относительно стабильны. Поэтому естественно, что при составлении прогнозов пожарной опасности в лесах используют метеопрогнозы общего пользования [3]. Однако на их основе можно дать лишь качественную оценку ожидаемой пожарной опасности ввиду отсутствия прогноза по точке росы. По этой же причине невозможно рассчитать класс пожарной опасности в лесу на прогнозируемый период.

В оперативной работе органов лесного хозяйства пожарной опасность в лесах характеризуется объективным числовым значением, называемым комплексным метеорологическим показателем пожарной опасности *КП*, который рассчитывают по общепринятой формуле В. Г. Нестерова

$$КП = \sum_1^n t(t - \tau), \quad (1)$$

где  $t$  — температура воздуха днем;  
 $\tau$  — точка росы для этой температуры;  
 $n$  — число дней с осадками менее 3 мм в сутки.

Многие ученые для оценки пожарной опасности в лесу по условиям погоды предлагают учитывать некоторые другие факторы: характер дождевого периода (Г. Я. Вангенгейм, ЦИП), ветер и влажность воздуха (И. С. Мелехов, ВАСХНИЛ), солнечную радиацию (Н. А. Диченков, ЦБНТИ). Н. П. Курбатский указывал на необходимость совершенствования определения степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды. Однако индивидуальный учет множества факторов не только более точно характеризует условия загораемости леса, но одновременно вызывает резкое увеличение числа вычислительных операций, что неприемлемо на практике.

Учет трех основных метеоэлементов (формула В. Г. Нестерова) является в настоящее время оптимальным, хорошо зарекомендовавшим себя на практике вариантом в любой системе оценки и прогнозирования пожарной опасности в лесу по условиям погоды. Нами сделана попытка разработать именно такие практические приемы, которые были бы доступны для работников авиаотделений или лесхозов, где нет возможности применить ЭВМ.

Была построена математическая модель прогноза пожарной опасности (*ППО*) в лесах по условиям погоды на юге Хабаровского края

[4]. В основу модели положены методические указания Гидрометцентра СССР [2] о корреляционной зависимости суточного нарастания пожарной опасности  $t$  ( $t - \tau$ ) от дневной температуры  $t$ . Суточный показатель пожарной опасности рассчитывали по формуле В. Г. Нестерова только за те дни, в течение которых ни в один из сроков наблюдений не было даже небольшого дождя и которым предшествовали сутки без дождя. Все расчеты автоматизированы и выполнены по программе «Расчет пожароопасных дней и распределение их по классам пожарной опасности» [4].

Первая кривая зависимости  $t(t - \tau) = f(t)$  была рассчитана и построена на ЭВМ по ежедневным данным агрометеостанции Хабаровск за апрель, затем за все месяцы пожароопасного сезона не менее чем за 10 лет. В математическую модель прогноза введены дополнительные характеристики, учитывающие региональные особенности процесса нарастания пожарной опасности в лесах, охраняемых Дальневосточной базой авиалесоохраны [5, 6, 8]. Полученные зависимости имеют вид квадратической параболы. Достаточно высокие коэффициенты корреляции позволяют использовать их в прогностических целях.

Расчитав суточное нарастание показателя пожарной опасности на каждый градус температуры воздуха всего пожароопасного сезона, получили таблицу, которой оперативно можно пользоваться при составлении прогнозов пожароопасности по прогнозу только дневной температуры воздуха (табл. 1). Особенно ценны такие матрицы в периоды,

Таблица 1

Суточное нарастание показателя пожарной опасности в зависимости от дневной температуры воздуха

Месяц	$t, ^\circ\text{C}$	ППО	Месяц	$t, ^\circ\text{C}$	ППО	Месяц	$t, ^\circ\text{C}$	ППО
Апрель	0	44	Июнь	13	51	Август	18	120
	1	44		14	73		Сентябрь	19
	2	46		15	95	8		115
	3	50		16	117	9	115	
	4	55		17	139	10	116	
	5	62		Июль	15	0	11	119
	6	71			16	3	12	123
7	82	17	28		13	129		
Май	4	0	18		52	Октябрь	14	136
	5	5	19	77	15		145	
	6	22	20	102	—3		43	
	7	41	21	126	—2		43	
	8	59	22	151	—1		44	
	9	78	Август	12	0		0	46
	10	98		13	9		1	49
11	118	14		28	2	53		
Июнь	10	0	15	65	3	59		
	11	7	16	83	4	65		
	12	29	17	102				

Примечание. По каждому месяцу для примера приведено только восемь значений  $t$  и ППО.

когда пожарная опасность в лесу достигает высокого уровня, нарастая с каждым жарким и сухим днем. Очевидно, что именно в такие пожароопасные периоды очень важно предсказать дату наступления чрезвычайной пожарной опасности даже за несколько дней, чтобы заблаговременно сосредоточить силы и средства пожаротушения в опасных районах.

Если в предстоящий период по прогнозу синоптиков ожидаются дожди, то при расчетах комплексного показателя пожарной опасности

Таблица 2

Изменение показателя пожарной опасности в зависимости от интенсивности выпадения осадков

Осадки по прогнозу погоды	Изменение показателя пожарной опасности
Без осадков	Нарастает ежедневно в течение всего периода
Преимущественно без осадков	То же
Небольшие дожди ( $\leq 0,3$ мм)	» »
Местами дожди	$\frac{2}{3}$ прогнозируемого периода берется «без осадков» и для этих дней показатель нарастает, а для $\frac{1}{3}$ периода с дождями он понижается до величины суточного нарастания (по табл. 1)
Временами дожди	Нарастает только в $\frac{1}{3}$ периода с такими дождями, а в остальное время он равен суточному нарастанию (по табл. 1)
Значительные дожди ( $> 4$ мм)	Весь период считается дождливым, и показатель пожарной опасности остается равным суточному нарастанию (по табл. 1)
Сильные дожди	То же

Примечание. Таблица заимствована из [2] согласно градации осадков [3].

следует дополнительно пользоваться табл. 2. В ней приведены данные об интенсивности выпадения осадков [3] и соответствующие им изменения показателя пожарной опасности [4].

Приведем пример составления прогнозов пожарной опасности на практике без применения ЭВМ. За основу берут прогноз погоды, в нашем случае для южных районов Хабаровского края (Хабаровск, Вяжемский, Бикин, Биробиджан, Екатерино-Никольское). Используют «Бюллетень Гидрометеорологического центра Дальневосточного территориального управления по гидрометеорологии» [1], в котором, кроме описания прогноза, помещены графики хода погоды на месяц (ежедневные данные о температуре воздуха ночью и днем, осадкам и другим метеозлементам) по районам Дальнего Востока, или краткосрочный прогноз погоды на трое суток по тем же районам.

С такого графика для нашей территории снимают ежедневные значения дневной температуры воздуха и записывают в таблицу типа табл. 3. Если в прогнозе синоптиков дана только средняя суточная температура, то к ней следует прибавлять  $5^{\circ}\text{C}$ , чтобы ориентироваться в расчетах на дневную [2]. С графика хода погоды снимают также суточные осадки и вписывают в табл. 3 в словесной форме с учетом их гра-

Таблица 3

Прогноз пожарной опасности по южным районам Хабаровского края на май

Число месяца	Прогноз погоды		Прогноз пожарной опасности		
	Температура днем, $^{\circ}\text{C}$	Осадки	Суточное нарастание	Комплексный показатель	Класс
1	23	Преимущественно без осадков	299	$235 + 299 = 534$	II
2	22		280	$534 + 280 = 814$	II
3	22		Местами кратковременные дожди	280	$814 + 280 = 1094$
4	20	250		$1094 + 250 = 1344$	III
5	20	Временами дожди	250	250	I
6	20		250	$250 + 250 = 500$	II
7	22		280	280	I
8	23		299	299	I

Примечание. Суточное нарастание определяется по табл. 1. Для краткости приведены результаты прогноза только до 9 мая.

дании, принятой «Наставлением по службе прогнозов» [3]. Затем по прогнозным значениям температуры воздуха находят прогнозные значения суточного нарастания показателя пожарной опасности, который в зависимости от интенсивности выпадения осадков суммируют нарастающим итогом за каждый день последожддевого периода или «списывают» при осадках 3 мм в сутки и более.

Для составления прогноза пожарной опасности необходим текущий комплексный показатель, который рассчитывают по известной формуле В. Г. Нестерова, зная фактические данные о дневной температуре воздуха, точке росы и осадках [7]. В нашем примере такой показатель на конец апреля составил 235 единиц. Далее по значению комплексного показателя определяют класс пожарной опасности согласно местной шкале [5].

В тех случаях, когда нет фактических данных о точке росы, ее рассчитывают по формуле, зная относительную влажность воздуха ( $e$ , %) за тот же срок наблюдений:

$$\tau = C_0 + C_1 e + C_2 e^2, \quad (2)$$

где  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  — коэффициенты уравнения, равные соответственно — 14,7; 0,75; — 0,005.

В краткосрочных прогнозах погоды на трое суток обычно указывают температуру воздуха днем в интервалах от 2 (по Хабаровску) до 5 °С (по районам Дальнего Востока). В таких случаях при составлении прогноза пожарной опасности все три дня берут одинаковую среднюю прогностическую температуру. Например, дано 9... 14 °С, в расчет следует принимать  $(9 + 14)/2 = 11,5$  °С. Остальные приемы прогнозирования пожарной опасности те же.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бюллетень Гидрометеорологического центра Дальневосточного территориального управления по гидрометеорологии. Предварительный прогноз погоды на май 1991 г.— Хабаровск, 1991.— № 5(335).— 13 с. [2]. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды / А. Л. Кац, В. А. Гусев, Т. А. Шабунина, И. В. Кравченко.— М.: Гидрометеиздат, 1975.— 16 с. [3]. Наставление по службе прогнозов. Разд. 2. Служба метеорологических прогнозов. Ч. 3—5.— М.: Гидрометеиздат, 1978.— 54 с. [4]. Соколова Г. В. Пути автоматизации краткосрочных прогнозов пожарной опасности в лесах // Тр. ДальНИИЛХ.— 1992.— Вып. 33.— С. 89—92. [5]. Телицын Г. П. Лесные пожары, их предупреждение и тушение в Хабаровском крае.— Хабаровск: Хабар. кн. изд-во, 1988.— 96 с. [6]. Телицын Г. П. Определение пожарной опасности на лесной территории: Методич. рекомендации.— Хабаровск: Хабар. кн. изд-во, 1989.— 24 с. [7]. Телицын Г. П. Руководство по определению пожарной опасности в лесу по условиям погоды.— Хабаровск: Хабар. кн. изд-во, 1991.— 16 с. [8]. Рекомендации по охране лесов от пожаров в районах Дальнего Востока / Г. П. Телицын, Т. В. Костырина, А. М. Стародумова, М. А. Шешуков.— Хабаровск: Хабар. кн. изд-во, 1978.— 34 с.

Поступила 24 марта 1993 г.

УДК 632.4 : 674.031.632.26

## К ПРОБЛЕМЕ УСЫХАНИЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Б. П. ЧУРАКОВ

Ульяновский филиал Московского государственного университета

В нашей стране произрастает 15 видов дуба. Наибольшее распространение и хозяйственное значение имеет дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). В европейской части страны он занимает около 95 % площади дубовых лесов [6]. Отечественные лесоводы О. Фишер [5] и В. Н. Сукачев [3] отмечали, что высота дуба может достигать 40 м, толщина 4 м, возраст 1500...2000 лет. Французский исследователь А. Сатус [10] указывал на высоту 50 м, М. Голенкин и Н. Кобранов [1] — 60 м, Ю. Шмейль [9] — даже 85 м.

Дуб черешчатый произрастает и в лесах Среднего Поволжья. Например, в Ульяновской области из общей лесопокрытой площади 945 тыс. га на его долю приходится 139 тыс. га, или 14,7 %. В прошлом здесь встречались довольно крупные деревья дуба. В «Лесном журнале» за 1900 г. [6] сообщалось, что на Парижской выставке в 1900 г. был выставлен дубовый кряж диаметром 169 см, выпиленный из 485-летнего дуба в Большесурской даче Курмышского лесничества Симбирской губернии.

В настоящее время состояние дубовых лесов Среднего Поволжья крайне неудовлетворительное. Так, в Ульяновской области площадь молодняков составляет 14,0; средневозрастных насаждений — 67,1; приспевающих — 29,4; спелых и перестойных — 28,5 тыс. га, или соответственно 10,0; 48,3; 21,2 и 20,5 %. Приведенные данные характеризуют возрастную структуру дубняков. Площади молодняков катастрофически малы по сравнению со средневозрастными, приспевающими, спелыми и перестойными насаждениями. Если же учесть, что посадки дуба крайне ограничены, а из-за отсутствия плодоношения естественное возобновление идет только за счет поросли, то можно говорить о существенном сокращении площади дубовых насаждений в Среднем Поволжье.

В настоящее время наблюдается повсеместное и прогрессирующее усыхание и распад дубовых насаждений. Причины катастрофического состояния дубрав многочисленны. Главная среди них — неразумная хозяйственная деятельность человека. Длительные сплошные и выборочные рубки привели к почти полному исчезновению семенного дуба и замене его порослевым, менее жизнеспособным и более восприимчивым к неблагоприятным факторам окружающей среды. На снижение жизнеспособности деревьев дуба влияли также суровые зимы конца 70-х — начала 80-х гг., регулярные засухи, понижение уровня грунтовых вод, лесные пожары, чрезмерная пастьба скота, нерегулируемые рекреационные нагрузки, воздействие промышленных выбросов, пестицидов и другие факторы. Многократно повторенные порослевые поколения дуба, ослабленные неблагоприятными воздействиями окружающей среды, постепенно теряют естественную способность к плодоношению, что является причиной прекращения семенного возобновления дуба.

О возможности утраты в ближайшие десятилетия естественных природных комплексов широколиственных лесов с преобладанием дуба черешчатого в европейской части страны сообщают О. В. Смирнова и А. А. Чистякова [2, 7]. Основными причинами снижения жизнеспособности дубрав они считают загрязнение атмосферы, изменение уровня грунтовых вод, рубки леса, выпас скота и массовый отдых людей. В. Г. Сулова [4] считает, что распад дубовых насаждений вызывается также внедрением в них малоценных деревьев и кустарников, сенокосением и разрастанием сорняков.

Древостой дуба с ослабленной жизнеспособностью активно заселяются энтомофагами и поражаются фитопатогенными грибами. Так, в Ульяновской области в настоящее время отмечаются очаги непарного шелкопряда на 12 603 га, зеленой дубовой листовертки на 51 086 га. Существенный вред дубовым насаждениям наносится фитопатогенными грибами. Среди них наиболее распространены дубовый трутовик (*Inonotus dryophilus* (Berk.) Murr.), ложный дубовый трутовик (*Phellinus ribustus* (Karst.) Bourd. et Galz.), дубовая губка (*Daedalea quercina* (L.) Fr.), мучнистая роса (*Microsphaera alphitoides* Grif. et Maubl.). Корневые гнили дуба вызываются дубравным трутовиком (*Inonotus dryadeus* (Pers. ex Fr.) Murr.), корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bret.), опенком (*Armillaria mellea* (Vahl.) Quel.), печеночницей обыкновенной (*Fistulina hepatica* Schaeff.).

Нами было проведено обследование дубовых насаждений в Кузоватовском спецлесхозе Ульяновской области в трех наиболее типичных типах леса.

1. Дубняк лещинный: состав 8Д2С, ед. Л, Кл, подлесок — лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый, подрост незначительный семенного клена остролистного и порослевой липы; класс бонитета IV, возраст дуба 60 лет, полнота 0,6, средняя высота деревьев 10,8 м, средний диаметр 14,0 см.

2. Дубняк липовый: состав 6Д3Л1Кл, подлесок — лещина обыкновенная, бересклет обыкновенный, ива козья, подрост липы, клена, единично порослевого дуба; класс бонитета IV, возраст 60 лет, полнота 0,6, средняя высота 10,2 м, средний диаметр 14,1 см.

3. Дубняк травяной: состав 7Д3Кл, ед. Л, подлесок — лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый и ива козья, подрост клена остролистного, липы и дуба; класс бонитета IV, возраст 60 лет, полнота 0,6, средняя высота 10,5 м, средний диаметр 13,8 см.

Определяли зараженность дуба черешчатого основными фитопатогенными грибами. Для этого в каждом типе леса закладывали по 6 пробных площадей (100 деревьев в каждой) и проводили пересчет деревьев с подразделением на здоровые и пораженные. Зараженность деревьев грибами определяли по прямым и косвенным признакам болезни. Результаты обследований насаждений, обработанные методами математической статистики, представлены в табл. 1.

Анализ полученных данных говорит о различной зараженности деревьев отдельными видами возбудителей болезней. В обследованных типах леса дуб чаще всего поражается мучнистой росой и дубовым трутовиком. Несколько реже встречаются ложный дубовый трутовик, корневая губка, опенок и дубравный трутовик. Единично отмечены дубовая губка и печеночница обыкновенная.

Для некоторых видов грибов выявлена зависимость зараженности от типа леса. Дубовый трутовик чаще встречается в дубняке травяном, корневая губка, опенок, ложный дубовый и дубравный трутовики в лещинном и липовом. Печеночница обыкновенная более характерна для дубняка лещинного. Мучнистая роса очень сильно поражает дуб во всех типах леса, дубовая губка встречается в них одинаково редко.

Таблица 1

Вид гриба	Зараженность деревьев, %		
	$\bar{X}$	$S\bar{X}$	P
Дубняк лещинный			
Дубовый трутовик	44,8	0,44	—
Ложный дубовый трутовик	11,2	0,48	—
Дубравный трутовик	7,2	0,48	—
Дубовая губка	1,5	0,34	—
Корневая губка	15,5	0,43	—
Опенок	29,5	0,43	—
Печеночница обыкновенная	3,5	0,43	—
Мучнистая роса	99,0	0,51	—
Дубняк липовый			
Дубовый трутовик	46,8	0,43	3,3
Ложный дубовый трутовик	13,3	0,48	3,0
Дубравный трутовик	8,2	0,48	1,5
Дубовая губка	1,0	0,26	1,1
Корневая губка	19,5	0,43	6,7
Опенок	29,7	0,67	0,3
Печеночница обыкновенная	1,8	0,31	3,3
Мучнистая роса	98,2	0,48	1,1
Дубняк травяной			
Дубовый трутовик	49,5	0,43	4,5
Ложный дубовый трутовик	8,0	0,36	8,8
Дубравный трутовик	2,8	0,31	9,5
Дубовая губка	1,3	0,42	0,6
Корневая губка	8,5	0,43	18,3
Опенок	2,0	0,36	36,4
Печеночница обыкновенная	1,0	0,26	2,0
Мучнистая роса	99,7	0,21	2,9

Некоторые виды грибов отмечаются одновременно на одних и тех же деревьях. Так, мучнистая роса развивается на всех деревьях, пораженных возбудителями стволовых и корневых гнилей. Одновременно с дубовым трутовиком на деревьях дуба были обнаружены дубовая и корневая губки, опенок, печеночница обыкновенная (табл. 2).

Деревья дуба, пораженные одновременно несколькими возбудителями болезней, имеют низкую жизнеспособность и чаще всего отмирают и усыхают.

Таблица 2

Вид гриба	Дубняк	Встречаемость грибов, %	
		$\bar{X}$	$S\bar{X}$
Корневая губка	Лещинный	3,8	0,47
	Липовый	5,5	0,43
	Травяной	2,0	0,36
Опенок	Лещинный	6,5	0,43
	Липовый	3,8	0,60
	Травяной	0,7	0,21
Печеночница обыкновенная	Лещинный	0,8	0,31
	Липовый	0,7	0,21
	Травяной	0,5	0,22
Дубовая губка	Лещинный	0,7	0,21
	Липовый	0,3	0,21
	Травяной	0,5	0,22

Исследования, проведенные в дубравах Ульяновской области, показывают, что в крайне неблагоприятных экологических условиях последних лет возможно самое минимальное естественное возобновление дуба черешчатого. Был учтен самосев дуба под пологом материнского древостоя порослевого дуба и 40-летних сосновых культур II класса возраста в трех типах леса: дубняках лещинном, липовом и травяном. Таксационные характеристики естественных дубняков приведены выше. Полнота культур сосны 0,7. Результаты учета даны в табл. 3.

Таблица 3

Дубняк	Количество самосева, шт. на 1 га				Зараженность самосева, %	
	до 5 лет		свыше 5 лет		$\bar{X}$	$S\bar{X}$
	$\bar{X}$	$S\bar{X}$	$\bar{X}$	$S\bar{X}$		

## Под пологом порослевого дуба

Лещинный	12,0	0,76	13,0	0,57	99,3	0,33
Липовый	12,0	0,48	14,0	0,43	99,2	0,31
Травяной	14,0	0,66	13,0	0,48	98,8	0,31

## Под пологом сосновых культур

Лещинный	21,0	0,88	27,0	0,95	90,1	0,60
Липовый	25,0	0,58	26,0	1,23	90,2	0,49
Травяной	25,0	0,88	25,0	1,24	88,7	0,60

Из таблицы видно, что под пологом сосновых культур наблюдается более многочисленное семенное потомство дуба, чем под пологом материнского древостоя. Это связано, по-видимому, с лучшими биоэкологическими условиями для прорастания желудей и роста самосева дуба в культурах: слабым задернением почвы, большей влажностью почвы и воздуха, благоприятным температурным микроклиматом под защитой сосенок и т. д. Качественные и своевременные рубки ухода за молодняками позволили бы сохранить подрост дуба в хорошем состоянии.

Изучена степень зараженности самосева дуба мучнистой росой под пологом материнского дубового древостоя и соснового подроста (табл. 3). Полученные данные показывают, что поражение дубового самосева под пологом сосновых культур несколько ниже, чем у подроста под пологом порослевого дуба. Это связано, по-видимому, с меньшим инфекционным началом в высокополнотных насаждениях сосны. Но в общем отмечается высокая зараженность дубового подроста в обоих вариантах по всем исследованным типам леса.

На состояние и жизнеспособность дубовых насаждений существенно влияют рекреационные нагрузки. По нашим данным [8], с их увеличением возрастает зараженность деревьев дубовым и ложным дубовым трутовиками.

Таким образом, санитарное состояние дубняков в Среднем Поволжье оказалось под сильным влиянием ряда абиотических и биотических факторов на фоне усиливающегося антропогенного воздействия на леса. Это ведет к катастрофическому распаду дубовых насаждений, снижению репродуктивных способностей дуба и возможностей его естественного возобновления. Необходимо незамедлительно разработать научно обоснованные мероприятия по сохранению существующих и восстановлению исчезающих дубовых насаждений в местах их постоянного произрастания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Голенкин М., Кобранов Н. Дуб // Большая советская энциклопедия, 1931, — Т. 23. — С. 126. [2]. Смирнова О. В., Чистякова А. А. Сохранить есте-

ственные дубравы // Природа.— 1988.— № 3.— С. 14—16. [3]. Сукачев В. Н. Дендрология.— М.: Гослесбумиздат, 1938.— 267 с. [4]. Суслова В. Г. Тенденция развития среднерусских лесостепных дубрав // Вестн. МГУ. Сер. геогр.— 1988.— № 2.— С. 11—13. [5]. Фишер О. О возрасте и долговечности деревьев // Лесн. журн.— 1833.— Ч. 1, кн. 1.— С. 14. [6]. Чеведаев А. А. Дуб, его свойства и значение.— М.: Гослесбумиздат, 1963.— 233 с. [7]. Чистякова А. А. Мозаичные сукцессии широколиственных лесов европейской части СССР и их роль в самоподдержании сообществ // Биологич. науки.— 1991.— 8 (331).— С. 30—44. [8]. Чураков Б. П. Влияние рекреационных нагрузок на зараженность дуба черешчатого трутовыми грибами в Среднем Поволжье // Лесн. журн.— 1992.— № 2.— С. 20—23.— (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Шмейль Ю. Полный курс ботаники.— Спб., 1910.— 283 с. [10]. Сатлис А. Les chenes. Monographie du genre Quercus.— Paris, 1936—1938.— 358 p.

Поступила 14 августа 1992 г.

УДК 626.861.5

## МОДЕЛИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КАНАЛОВ ЛЕСОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Ю. А. ДОБРЫНИН

С.-Петербургский НИИЛХ

Эффективность функционирования лесосушительной системы и получение дополнительного прироста древостоя, ожидаемого от гидролесомелиорации, зависят от состояния каналов. Техническая эксплуатация лесосушительных систем, наряду с многочисленными видами работ [3, 5], предусматривает профилактическое обслуживание каналов, включающее уход за ними, капитальный, текущий, аварийный и профилактический ремонты. Капитальный ремонт проводится при заилении русла канала на  $1/2$ — $2/3$  первоначальной глубины, установленной проектом и реализованной при строительстве объекта осушения; текущий — на  $1/3$ ; профилактический и уход за каналом предусматривают очистку его донной части от заиления, когда толщина наносов не превышает 0,2 м, и периодическое удаление кустарника из русла канала и с его берм. Невыполнение мероприятий приводит к вторичному заболачиванию объекта и, как следствие, потерям дополнительного прироста древостоев. Установлено, что поддержание нормальной работы каналов особенно необходимо в первые 50...60 лет после осушения, поскольку этот период, в силу биологических свойств хвойных древостоев, соответствует наиболее интенсивному накоплению дополнительного прироста [4]. В дальнейшем требования к работе каналов могут быть снижены, так как возможное избыточное увлажнение объекта не отражается заметно на интенсивности прироста в силу высокой транспирации практически спелых деревьев.

Систему профилактических мероприятий можно предварительно оценить по анализу результатов моделирования процесса профилактического обслуживания каналов с использованием различной техники и особенностей лесорастительных (почвенно-грунтовых) условий, в которых заложен гидролесомелиоративный объект.

Основываясь на довольно продолжительных временных интервалах между технологическими операциями эксплуатационных работ, выдвигаем гипотезу о независимости рассматриваемого состояния отдельного канала от прошлого и прямой зависимости от будущего состояния. Иными словами, рассмотрим только нынешнее состояние канала, подвергающегося профилактическому обслуживанию, и результат — отремонтированный (восстановленный до проектных размеров) канал. Принимаемая гипотеза соответствует основному свойству марковских процес-

сов [1], что позволяет моделировать профилактическое обслуживание лесомелиоративных каналов.

Представим работу канала, подвергающегося систематическому ремонту, как однородную марковскую цепь с двумя состояниями. Матрица переходов в такой цепи имеет вид

$$P^p = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{vmatrix}, \quad (1)$$

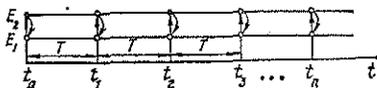


Рис. 1. Реализация процесса функционирования канала по схеме работа — ремонт

и ее можно рассматривать как временной процесс следующим образом (рис. 1). В момент времени  $t_0 = 0$  канал как элемент осушительной системы начинает функционировать сразу после окончания строительства объекта гидрлесомелиорации и ввода его в эксплуатацию (или после реконструкции). Его рабочее состояние на рисунке обозначено  $E_1$ . Через период времени  $T$  канал переходит в состояние отказа и последующего ремонта  $E_2$ , и поскольку время ремонта пренебрежимо мало по сравнению с периодом осуществления профилактического мероприятия, оно на схеме не учтено (мгновенное восстановление). Подразумевается, что переходы  $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_1$  и т. д. происходят скачкообразно, что несколько идеализирует реальную картину процесса, но не противоречит ей. Предполагается, что при выполнении профилактического мероприятия восстанавливаются первоначальные (проектные) параметры канала, т. е. он полностью обновляется. Период профилактического мероприятия  $T$  имеет случайный характер, что находит отражение в функции времени безотказной работы  $\tau_i$  [2], которая, в свою очередь, имеет различные значения  $T$  для капитального, текущего и профилактического ремонтов:

$$p\{\tau_i < T_i\} = F(T_i), \quad i = \text{к, т, п.} \quad (2)$$

Здесь переходы в рассматриваемые состояния в моменты  $t_k$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) процесса не зависят от предыстории, т. е. соблюдается свойство, на котором основано использование математического аппарата марковских и полумарковских процессов.

Очевидно, что состояния могут сменяться детерминированно, по стационарной (жесткой) стратегии  $\sigma$  с отличием по периоду  $T_i$ , назначаемому для обеспечения задаваемого показателя вероятности безотказной работы  $p(t)$  или среднему времени длительности безотказной работы  $\tau_i$ :

$$\sigma = (T_i, E_2), \quad (3)$$

где  $T_i = T_{\text{к}}, T_{\text{т}}, T_{\text{п}}$  — назначаемые периоды регулярного выполнения капитального, текущего и профилактического ремонта соответственно.

Управляющие воздействия (УВ) по стационарной стратегии  $\sigma$  переводят процесс из состояния  $E_1$  в  $E_2$  и обратно в  $E_1$  ( $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_1$ ). При дальнейшей эволюции функционирования канала (рис. 1), независимо от каких-либо обстоятельств, всегда выбирают соответствующее постоянное УВ  $\sigma$  на весь назначенный срок службы канала.

Вероятностная модель такого процесса с учетом наличия поглощающих состояний примет вид

$$p^p = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}; \quad R^p = \begin{vmatrix} 0 & G_1(t) \\ G_2(t) & 0 \end{vmatrix} \quad (4)$$

или

$$Q^p = | Q_{ij}^p(t) |; \quad Q_{ij}^p(t) = p_{ij}^p R_{ij}^p(t), \quad (5)$$

где

$p^p$  — матрица переходов в процессе работа — ремонт;  
 $R^p$  — матрица доходов и затрат (штрафов);  
 $Q^p$  — матрица полумарковского процесса функционирования канала;

$G_1(t)$  — функция дохода от работы лесосушительного канала, выражающаяся в получении дополнительного прироста древостоя на объекте гидрлесомелиорации, р./га;

$G_2(t)$  — функция затрат на профилактическое мероприятие, проводимое на канале, р./км (р./га);

$Q_{ij}^p, p_{ij}^p, R_{ij}^p$  — элементы соответствующих матриц.

Как видно из выражения (5), модель функционирования канала-осушителя по принятым жестким стратегиям полностью зависит от функций доходов и затрат, которые, в свою очередь, определяются тем или иным управляющим воздействием (УВ).

Для УВ по реализации капитального ремонта (КР) зависимость доходов и затрат на протяжении назначенного ресурса канала имеет вид

$$R_{12}^{кр}(t) = \sum_k M \{q_k\} M \{c_k^y\} t_k - \sum_m M \{q_m\} M \{c_m^y\} t_m - M \{c_{кр}^y\} \bar{z}_{кр}(t); \quad (6)$$

для УВ по реализации текущего ремонта (ТР)

$$R_{12}^{тр}(t) = \sum_k M \{q_k\} M \{c_k^y\} t_k - M \{c_{тр}^y\} \bar{z}_{тр}(t); \quad (7)$$

для УВ по реализации профилактического ремонта (ПР)

$$R_{12}^{пр}(t) = \sum_k M \{q_k\} M \{c_k^y\} t_k - M \{c_{пр}^y\} \bar{z}_{пр}(t), \quad (8)$$

где

$M \{q_k\}$  — математическое ожидание дополнительного прироста осушаемого древостоя, м<sup>3</sup>/(га · год);

$M \{c_k^y\}$  — математическое ожидание удельной стоимости 1 м<sup>3</sup> дополнительного прироста древостоя, р./га;

$M \{q_m\}$  — математическое ожидание потерь дополнительного прироста, м<sup>3</sup>/(га · год);

$M \{c_m^y\}$  — математическое ожидание удельной стоимости потерь дополнительного прироста, м<sup>3</sup>/(га · год);

$M \{c_{кр}^y\}, M \{c_{тр}^y\}, M \{c_{пр}^y\}$  — математическое ожидание удельной стоимости КР, ТР, ПР соответственно, р./га;

$\bar{z}_{кр}(t), \bar{z}_{тр}(t), \bar{z}_{пр}(t)$  — интегральные функции восстановления при КР, ТР и ПР;

$t_k, t_m$  — интервалы времени, по которым определяются математические ожидания дополнительного прироста древостоя от осушения и его потерь соответственно, лет ( $k = 10, 20, 30, 40, 50; m = 20, 40$ ).

Кроме того, введем вспомогательную стационарную стратегию профилактического обслуживания  $\sigma = (T_y, E_s)$  по назначаемому периоду выполнения технологических операций ухода за каналом, которая находит отражение при определении затрат на профилактические мероприятия.

Технологический процесс удаления кустарника из зоны русла канала, т. е. профилактический уход (ПУ), описывается моделью режима работа — уход, аналогичной модели ремонта,

$$P^y = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}; \quad R^y = \begin{vmatrix} 0 & G(t) \\ 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (9)$$

или

$$Q^y = |Q_{ij}^y(t)|; \quad Q_{ij}^y(t) = p_{ij}^y R_{ij}^y(t). \quad (10)$$

Здесь в матрице  $R^y$  доходы, как таковые, отсутствуют, а есть лишь затраты на проведение механизированных профилактических уходов  $G(t)$ :

$$R_{12}^y(t) = G(t) = M\{c_y^y\} \bar{z}_y(t), \quad (11)$$

где  $M\{c_y^y\}$  — математическое ожидание удельной стоимости профилактического мероприятия по уходу за осушителем, р./га;

$\bar{z}_y(t)$  — интегральная функция восстановления канала при уходе.

В моделях полумарковских процессов (5) и (10) отражаются данные о производительности лесорастительных условий, потерях прироста при запаздывании с капитальными ремонтами, виде применяемых машин, что учитывается удельной стоимостью ремонта 1 км канала или его длины, приходящейся на 1 га объекта осушения. Анализируя эти модели, можно выбрать наиболее целесообразную для конкретных лесорастительных условий стратегию проведения профилактических работ и применить соответствующие УВ, исходя из экономического критерия эффективности мероприятий.

Например, для гидролесомелиоративного объекта, относящегося к II группе эффективности осушения и заложенного в сосновом древостое II класса возраста, в сфагновом типе лесорастительных условий (переходное болото, мощность торфа до 0,5 м) [3], и применяющейся многофункциональной лесомелиоративной машины КЛН-1,2 функции (6) — (8), (11) примут следующие значения, р./га:

$$\begin{aligned} R_{12}^{кр}(t) &= 384,2 - 79,7 - 15 = 285,5; \\ R_{12}^{тр}(t) &= 384,2 - 24 = 360,2; \\ R_{12}^{пр}(t) &= 384,2 - 13 = 371,2; \\ R_{12}^y(t) &= 7,65. \end{aligned} \quad (12)$$

В таблице приведены удельные затраты на выполнение профилактических мероприятий в течение назначенного срока службы лесоосушительной системы 50 лет (для машины непрерывного действия типа КЛН-1,2 (в ценах 1990 г.).

Анализ результатов (12) показывает, что длительный временной интервал между капитальными ремонтами (20 лет) приводит к существенному снижению доходов за счет падения дополнительного прироста, вызванного вторичным заболачиванием, и указывает на малую эффек-

Мероприятие	Математическое ожидание стоимости работ, р.		Значение функции восстановления	Плановые затраты, р.	
	на 1 км	на 1 га		на 1 км	на 1 га
Капитальный ремонт	125,5	7,5	2	251	15
Текущий ремонт	66,5	4,0	6	399	24
Профилактический ремонт	13,3	0,8	16	213	13
Удаление кустарника	14,1	0,85	9	127	7,65

тивность стационарной стратегии УВ по реализации КР. Более практично применять УВ по проведению ПР и при необходимости (в случае обязательного восстановления откосов канала) дополнять их УВ по ТР. Сказанное справедливо для технической эксплуатации незапущенных объектов осушения. Для объектов, не подвергавшихся технической эксплуатации в течение длительного времени, профилактические мероприятия следует начинать именно с КР, а перед его проведением, весьма вероятно, потребуется и предварительное удаление кустарника.

С учетом выполнения регулярных периодических эксплуатационных работ на лесоосушительных системах построим модель профилактического обслуживания по неоднородной стратегии, предусматривающей проведение ТР, ПР и ПУ. В этом случае управляемый полумарковский процесс с поглощающими состояниями адекватно отображается матрицей переходов

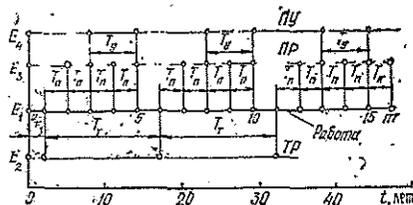
$$p_{[3]} = \begin{vmatrix} 0 & F_{12}(t) & F_{13}(t) \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}. \tag{13}$$

Установим закономерности переходов  $E_1 \rightarrow E_2$  и  $E_1 \rightarrow E_3$ .

Управляющие воздействия могут быть спрогнозированы с самого начала функционирования объекта на основе накопленного опыта и имеющихся характеристик лесорастительных условий. Так, исходя из наблюдений за работой каналов регулирующей сети в первые годы их функционирования, необходимо через 2 года (рис. 2, период  $T_1$ ) после ввода лесоосушительной системы в эксплуатацию [3] проводить текущий послеосадочный ремонт осушителей, а затем назначать профилактические ремонты и уходы (ПР и ПУ), связанные с систематической очисткой донной части канала. Через 15-16 лет после проведения послеосадочного текущего ремонта следует назначать ремонт деформирующихся со временем откосов каналов в нижней их половине, что обеспечивается также ТР.

Систематическое проведение ТР позволяет поддерживать уровень надежности канала  $p(t) \geq 0,6$ , т. е. на границе нормы [2], ниже которой начинается вторичное заболачивание.

Рис. 2. Реализация процесса профилактического обслуживания канала-осушителя по неоднородной стратегии (16)



Закономерность переходов  $E_1 \rightarrow E_2$  в изложенном виде имеет скачкообразный детерминированный характер и отображается следующим распределением:

$$F_{12}(t) = \begin{cases} 0, & t < T_1; \\ 1, & t \geq T_1; \\ 0, & t < T_1 + T_T; \\ 1, & t \geq T_1 + T_T; \\ 0, & t < T_1 + 2T_T; \\ 1, & t \geq T_1 + 2T_T. \end{cases} \quad (14)$$

Для осушительного канала, в соответствии со свойствами рассматриваемых лесорастительных условий, определен период профилактического ремонта  $T_n = 3$  года, что позволяет поддерживать надежность функционирования канала на достаточно высоком уровне  $p(t) \geq 0,8$ . В рассматриваемом нами случае за 3 года в русле канала накапливаются донные наносы толщиной не более 0,17 м, которые могут быть удалены сменным рабочим органом гидрлесомелиоративной машины КЛН-1,2 или ОСК-3 за один проход. Если же назначить  $T_n > 3$  лет, то весьма вероятно восстановление канала тем же рабочим органом за два прохода, что вызывает увеличение вдвое затрат на ПР. Однако в некоторых лесорастительных условиях среднегодовые характеристики заиления канала менее интенсивны, что позволяет назначать  $T_n > 3$  лет. Такой случай мы пока опускаем.

По выполнении послеосадочного ремонта, в результате которого достигнуто полное восстановление, начинается отсчет периода следующего профилактического ремонта  $T_n$  (рис. 2). Когда время безотказной работы [2] будет больше или равно  $T_n$ , начинается ПР (переход  $E_1 \rightarrow E_3$ ).

Для удобства формализации процесса на стадии прогнозирования фактических состояний введем нумерацию шагов, имеющих конечное значение  $m = 0, 1, 2, \dots, 16$  (рис. 2).

Очевидно, что переход  $E_1 \rightarrow E_3$  совершается постоянно через  $T_n$ , начиная со второго шага ( $m = 2$ , причем первый шаг равен отрезку времени  $T_1 = 2$  года) по пятый ( $m = 5$ ), с седьмого ( $m = 7$ ) по десятый ( $m = 10$ ) и с двенадцатого ( $m = 12$ ) по шестнадцатый ( $m = 16$ ) включительно, поэтому

$$F_{13}(t) = \begin{cases} 0, & t_m < T_n, \quad m = 2 \dots 5, 7 \dots 10, 12 \dots 16; \\ 1, & t_m \geq T_n. \end{cases} \quad (15)$$

Закономерность переходов  $E_1 \rightarrow E_4$  требует особых пояснений. Поскольку между наличием кустарника в русле канала и дополнительным приростом осушаемого древостоя нет прямой связи, то технологическую операцию по профилактическому уходу (ПУ) не выделяем в отдельное состояние, а присоединяем к ПР с периодом один раз в 6 лет (рис. 2). Если периодичность ПР отличается от принятой нами в сторону увеличения, то ПУ необходимо проводить один раз в 4...6 лет.

После определения сроков проведения рассматриваемых технологических операций (профилактических мероприятий) можно сформулировать все потребные УВ на каждом шаге в виде реализации неоднородной по времени (номеру шага) стратегии, удовлетворяющей эксплуатационным требованиям.

Выражая рассматриваемые периоды профилактических работ через шаг  $\Delta$ :  $T_1 = \Delta - 1$ ;  $T_T = 5\Delta$ ;  $T_n = \Delta$ ;  $T_y = 2\Delta$ , получаем

$$\begin{aligned} \sigma = & \{\Delta - 1, E_2; [\Delta(1 + K) - 1, E_3, K = 2; 4, E_4]; \\ & 6\Delta - 1, E_2; [\Delta(6 + K) - 1, E_3, K = 2; 4, E_4]; \\ & 11\Delta - 1, E_2; [\Delta(11 + K) - 1, E_3, K = 2; 4, E_4]\}, \quad (16) \\ & K = 1 \dots 4, \end{aligned}$$

где  $\Delta$  — фиксируемый отрезок времени, численно равный устанавливаемому шагу процесса, лет,  $\Delta = 3$  года;

$K$  — целое положительное число.

Исходя из (16), устанавливаем зависимость по определению доходов от нормально функционирующего канала осушителя и затрат на его профилактическое обслуживание:

$$\begin{aligned} R_n(t) = & \sum_k M\{q_k\} M\{c_k^y\} t_k - M\{c_{тр}^y\} \bar{z}_{тр}(t) - \\ & - M\{c_{пр}^y\} \bar{z}_{пр}(t) - M\{c_y^y\} \bar{z}_y(t), \quad (17) \\ & k = 10, 20, 30, 40, 50. \end{aligned}$$

Для рассматриваемых конкретных данных

$$R_n(t) = 384,2 - 4 \cdot 3 - 0,8 \cdot 13 - 0,85 \cdot 6 = 366,7 \text{ р./га.} \quad (18)$$

Сравнение итоговых значений функций доходов — затрат по стационарной (12) и нестационарной (16) стратегии показывает преимущество последней как обеспечивающей приемлемый уровень надежности работы канала и позволяющей исключить вторичное заболачивание и, как следствие, потерю дополнительного прироста и снижение доходов, характерные для стационарной стратегии проведения КР. Затраты на профилактическое обслуживание с применением машин непрерывного действия типа КЛН-1,2 по нестационарной стратегии составляют менее 8 % ожидаемых доходов от дополнительного прироста (расчеты проведены по Прейскуранту 07—01 «Таксы на древесину основных лесных пород, отпускаемую на корню»), что указывает на рентабельность эксплуатационных работ, которым до настоящего времени не уделяется (в силу разных причин) должного внимания.

Рассмотренные модели и стратегии профилактического обслуживания канала-осушителя могут быть распространены на весь объект осушения, который, как правило, закладывается в сравнительно однородных лесорастительных условиях. В каждом конкретном случае стратегия может быть выбрана в зависимости от УВ и оптимизирована по минимуму затрат при обязательном ограничении по уровню надежности [2] функционирования канала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Герцбах И. Б. Модели профилактики (теоретические основы планирования профилактических работ).— М.: Сов. радио, 1969.— 216 с. [2]. Добрынин Ю. А. Организация использования машин для ремонта и содержания осушительных каналов на основе теории надежности систем // Гидролесомелиоративный мониторинг и эксплуатация лесосушительных систем: Сб. науч. тр. / ЛенНИИЛХ.— Л., 1991.— С. 108—118. [3]. Константинов В. К. Эксплуатация и совершенствование осушительных систем в лесном хозяйстве: Методич. рекомендации.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1982.— 41 с. [4]. Сабо Е. Д. Важнейшие задачи гидролесомелиорации // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 2.— С. 36—40. [5]. Сабо Е. Д., Иванов Ю. Н., Шатилло Д. А. Справочник гидролесомелиоратора / Под. ред. Е. Д. Сабо.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 200 с.

УДК 630\*232.312.2

## О ПРИЧИНАХ ПОПАДАНИЯ КОНДИЦИОННЫХ СЕМЯН В ОТХОДЫ В СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

А. И. ЗЕМЛЯНУХИН

Воронежский лесотехнический институт

Опыт эксплуатации машин для очистки и сортировки семян по плотности показал наличие в отходах высокого процента кондиционных семян [2, 3].

Нами установлено, что одним из факторов, влияющих на эффективность очистки и сортировки, является несовершенство конструкции системы воздушной очистки. Это явилось причиной неравномерности скоростного поля воздушного потока в воздуховодах. В данном случае под равномерностью воздушного потока понимается степень различия его скоростей в отдельных точках поперечного сечения пневмосепарирующего канала.

Обычно равномерность воздушного потока характеризуется графическим полем его скоростей. Однако этой характеристики недостаточно для сравнения равномерности воздушных потоков при различных условиях. Нужен объективный показатель равномерности. В наших исследованиях использован один из методов вариационной статистики, позволяющий численно оценить степень равномерности воздушного потока по коэффициенту  $\Phi$ , %:

$$\Phi = (\sigma/V_{cp}) 100,$$

где  $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение скоростей в отдельных точках  $V_i$  от средней скорости  $V_{cp}$  воздушного потока, м/с,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{cp} - V_i)^2}{n-1}};$$

$V_{cp}$  — средняя скорость воздушного потока в пневмоканале, м/с,

$$V_{cp} = \sum_{i=1}^n V_i/n;$$

$n$  — число точек замера в сечении пневмоканала.

В данном случае коэффициент вариации является показателем степени отклонения скоростей воздушного потока в отдельных точках поперечного сечения пневмоканала от средней в этом сечении. Чем выше коэффициент вариации, тем больше неравномерность воздушного потока.

Одним из факторов, влияющих на равномерность воздушного потока, является режим последнего, зависящий от вязкости воздуха, его скорости и размеров канала воздуховода.

Зная среднюю скорость воздушного потока, периметр воздуховода и коэффициент кинематической вязкости, можно установить характер потока, пользуясь критерием Рейнольдса  $Re$ :

$$Re = V_{cp} R_r / \nu,$$

где  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости, м/с;  
 $R_r$  — гидравлический радиус воздуховода, м,

$$R_r = F/P,$$

$F$  — площадь поперечного сечения воздуховода, м;  
 $P$  — периметр воздуховода, м.

Для исследуемого канала  $F = 0,0072$  м<sup>2</sup>;  $P = 0,34$  м;  $V_{cp} = 4,2$  м/с;  
 $\nu = 15 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;  $R_r = \frac{0,0072}{0,34} = 0,0212$  м;  $Re = \frac{4,2 \cdot 0,0212}{15 \cdot 10^{-6}} = 5929,4$ .

Величина  $Re = 2320$  характеризует границу между ламинарной и турбулентной формами потока. При  $Re < 2320$  поток ламинарный, при  $Re > 2320$  — турбулентный. В нашем случае  $Re = 5929,4$  характеризует воздушный поток в пневмосепарирующем канале как турбулентный.

Пневмосистема исследована нами в трех сечениях (см. рисунок), находящихся на расстоянии от входа в пневмоканал соответственно 205, 120 и 35 мм. Замеры проводили при помощи микроманометра ЛТА-4 и пневмонасадок ПН-10ВИМ. Размеры сечений  $78 \times 110$ ,  $78 \times 100$  и  $78 \times 90$  мм.

Скорость в точках находили по динамическому давлению, измеряемому микроманометром.

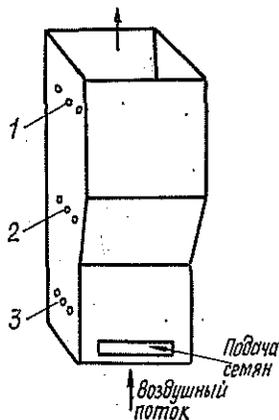
Пневматическую трубку, с помощью которой снимали характеристики воздушного потока, вводили в отверстия, просверленные в боковой стенке канала, и перемещали по всему фронту с шагом 10 мм. В каждом сечении делали по 54 замера, повторность опыта двукратная.

Анализ распределения скоростей воздушного потока по сечению пневмоканала показал, что скоростной поток в пневмоканале очень неравномерен. Так, в сечениях 1—3 коэффициент вариации  $\Phi$  равен соответственно 77,1, 90,7 и 20,8 %.

Относительно невысокое значение коэффициента вариации в сечении 3 объясняется его непосредственной близостью к входному окну пневмосепарирующего канала.

Отмечена также большая неравномерность скоростей по высоте канала. В сечениях 1—3 средняя скорость воздушного потока составила 2,25; 2,7 и 4,2 м/с.

Таким образом, установлено, что одной из главных причин попадания кондиционных семян в отходы является неравномерность скоростей воздушного потока по сечению пневмоканала: максимальная — в центре пневмоканала, минимальная — в пристеночной его зоне. Отношение средней скорости пневмопотока к максимальной составляет 0,8. В ре-



зультате кондиционные семена, попадая в центральную зону канала, уносятся в отходы.

В целях устранения указанного недостатка нами предложено устройство [1], в основе которого лежит принцип принудительного изменения скорости во взаимно перпендикулярных направлениях восходящего пневмопотока, обеспечивающий равномерное распределение воздушного потока по сечению пневмоканала. Формирование такой структуры пневмопотока, как показали результаты лабораторных и производственных испытаний, позволяет до минимума сократить попадание кондиционных семян в отходы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1351700 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 07 В 4/00. Пневмосепарирующее устройство для разделения сыпучих материалов / Б. М. Скрынников, А. И. Землянухин, Б. А. Фрыкин, А. А. Харченко (СССР).— № 4080716/23—03; Заявлено 24.06.86 // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 42.— С. 36. [2]. Баранов А. И., Землянухин А. И. Повышение эффективности работы машины для механической обработки семян // Лесн. журн.— 1980.— № 3.— С. 24—26.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Землянухин А. И. Машина для механической обработки семян // Лесн. журн.— 1983.— № 1.— С. 124—126.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 17 марта 1992 г.

УДК 630\*433.3 + 630\*453

### КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЕЛИ К НЕОДНОТИПНЫМ ПАТОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

А. В. ЛЕБЕДЕВ

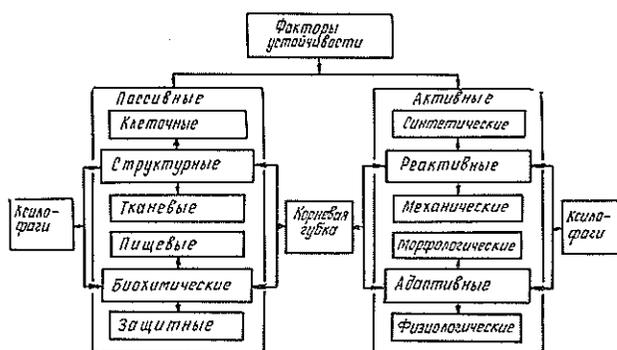
Архангельский лесотехнический институт

Изучение устойчивости деревьев к различным вредным организмам имеет важное значение для разработки системы мероприятий по оздоровлению древостоев [4, 5, 24, 37]. В имеющихся сведениях об естественной сопротивляемости ели по отношению к корневой губке есть заметные пробелы [31, 34], а ряд аспектов взаимоотношений дерева и стволовых насекомых изучен явно недостаточно [13, 33].

Известно, что в процессе коэволюции между корневой губкой и насекомыми-ксилофагами возникли и сформировались взаимовыгодные отношения, которые можно трактовать как приспособления к расширению трофической базы на популяционном уровне [21, 22]. Отдельные аспекты сопряженного воздействия корневой губки и насекомых-ксилофагов на древесные растения изучены также недостаточно. Тем не менее уже сегодня, опираясь на теоретические положения известных ученых [1, 3, 6, 9, 10, 25, 29, 31, 34], суммируя и систематизируя результаты частных исследований, можно составить обобщенную условную классификацию факторов устойчивости ели к корневой губке и насекомым-ксилофагам (см. схему). Подобный подход к значительной степени обусловлен спорностью вопроса о роли стволовых насекомых в очагах корневой губки, решение которого невозможно без четкого представления об общности факторов устойчивости дерева к неоднотипным патологическим воздействиям [15].

В основу нашей классификации положено традиционное деление факторов (механизмов) устойчивости на две большие группы: пассивные и активные.

Пассивные — это факторы устойчивости растений, выражающиеся в особенностях их анатомического строения (структурные) и наличии в клеточном соке определенных химических веществ (биохимиче-



ские), существующие независимо от угрозы нападения патогена или вредителя. В свою очередь, структурные факторы устойчивости дерева можно разделить на клеточные и тканевые, а биохимические — на пищевые и защитные.

### 1. Структурные.

#### 1. Клеточные.

а) Корневая губка. Гифы гриба проникают в полости клеток двумя путями: через окаймленные поры, разрушая их, или через отверстия в клеточных стенках древесины. В последнем случае стенки клеток, тесно прижатые друг к другу, по-видимому, представляют существенное препятствие для мицелия корневой губки [25]. От их толщины зависит плотность древесины. В экземплярах ели с относительно плотной древесиной мицелий гриба распространяется меньше.

б) Насекомые-ксилофаги. У ели, в отличие от сосны обыкновенной, оболочки выстилающих клеток паренхимы, окружающей смоляные каналы, утолщаются и древеснеют [7]. Для нормального же действия смоловыделительного аппарата необходимы тонкие эластичные оболочки. Наблюдаются три вида структурных изменений смоляных ходов ели: утолщение и одревеснение оболочек эпителиальных клеток, отмирание одревесневших клеток эпителия и окружающей паренхимы, образование тиллоидов неодревесневшими клетками. В свою очередь, скорость процессов старения смоляных ходов у разных экземпляров ели неодинакова, а в выделении живицы участвуют смоляные ходы заболони всего ствола [12]. Это свидетельствует о важном косвенном значении быстроты анатомических изменений на клеточном уровне для энтомоустойчивости ели. Роль клеточных факторов пока выяснена не полностью и требует дополнительного изучения.

#### 2. Тканевые.

а) Корневая губка. Гриб разрушает в основном внутреннюю древесину, а наружные слои заболони более устойчивы и продолжают функционировать. Древесина ложного ядра разрушается очень медленно вследствие ее разбухания и уплотнения по мере созревания, что приводит к значительному сокращению поверхности тканей, доступных действию ферментов гриба. Неоднородность строения центральной и заболонной частей ствола ели обуславливает их различную сопротивляемость гниению, которая возрастает от основания ствола к вершине и от центра к периферии [36, 40].

б) Насекомые-ксилофаги. Толщина и характер строения коры имеют определенное значение для энтомоустойчивости ели, хотя ослабленное дерево заселяется ксилофагами независимо от данных признаков. Экземпляры ели с толстой корой надежнее защищены от механических повреждений, а пластинчато- и чешуйчатокорые особи меньше подвер-

жены перегреву. Подчеркивая важное косвенное значение структурных особенностей мертвой коры в энтомоустойчивости ели, нельзя упускать из виду, что судьба потомства ряда ксилофагов во многом зависит от толщины луба. Так, жизнедеятельность большого елового лубоеда всегда связана с толстой корой, а заселение дендроктоном части ствола с более тонкой корой приводит к быстрому отмиранию и высыханию тканей луба, а следовательно, и гибели личинок.

## II. Биохимические.

### 1. Пищевые.

а) Корневая губка. Ингибирующее влияние на рост мицелия оказывает недостаток ряда углеводов, солей органических кислот некоторых азотистых оснований и элементов минерального питания [25]. Из числа углеводов наибольшее трофическое значение имеют моносахариды: D-глюкоза, D-рибоза, D-рибулеза, D-фруктоза и D-ксилоза, а из солей органических кислот — соединения, входящие в циклы Кребса и глиоксиловой кислоты. Из источников азотного питания для корневой губки наиболее доступны аминокислоты, а из элементов минерального питания самое важное значение имеет фосфор, затем калий, кальций и ряд микроэлементов.

б) Насекомые-ксилофаги. Качество питательного субстрата оказывает исключительное влияние на жизнеспособность насекомых и их потомство [9, 21]. Для развития всех насекомых-ксилофагов необходим набор из 10 незаменимых и 8 заменимых аминокислот, а также ряд углеводов и витаминов. При недостатке каких-либо из этих компонентов увеличивается длительность фаз развития короедов, замедляется рост личинок и в ряде случаев не происходит окукливания. Для короедатипографа наиболее важными элементами питания являются сахара: трегалоза, арабиноза, фруктоза, сахароза и стахиоза [30], содержание которых в кормовом субстрате может влиять не только на выживаемость потомства, но и на аттрактивный эффект.

### 2. Защитные.

а) Корневая губка. В стволовой древесине ели существуют химические защитные механизмы, которые предотвращают или задерживают проникновение корневой губки в заболонь. Наибольшее угнетающее воздействие на рост мицелия оказывают фенольные соединения и компоненты живицы [25, 31, 32, 39]. К первым относятся резорцин и таннин, степень подавления роста гриба которыми определяется специфическими особенностями этих веществ и их концентрацией; ко вторым —  $\Delta^3$ -карен, а также лимонен,  $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен и др.

б) Насекомые-ксилофаги. Защищенность деревьев ели от нападения ксилофагов во многом определяется содержанием в смолах монотерпенов [2, 11, 28, 30], из которых  $\alpha$ -пинен и  $\beta$ -пинен являются репеллентными для короедатипографа. Большинство других терпеноидов выполняет подобную функцию лишь в больших количествах. Наиболее токсичны для стволовых вредителей ели  $\Delta^3$ -карен,  $\alpha$ -терпиниол, терпинилацетат и терпинилдиацетат. Однако степень токсичности живицы для насекомых-ксилофагов обуславливается не общим содержанием какого-либо одного компонента, а их сочетанием. В связи с этим эффект терпентина может быть не только летальным, но и сублетальным. Снижается жизнедеятельность жуков, они становятся неустойчивыми к физическому действию смолы, уменьшается яйцекладка.

Активные — это факторы устойчивости растений, проявляющиеся в возникновении специфических защитных реакций (реактивные) и адаптивных преобразований (адаптивные) в ответ на внедрение патогена или вредителя. В свою очередь, реактивные факторы устойчивости можно разделить на синтетические и механические, адаптивные — на морфологические и физиологические.

## I. Реактивные.

### 1. Синтетические.

а) Корневая губка. Торможение роста и развития мицелия вызывается возникновением особой зоны реакции противодействия между тканями здоровой и пораженной древесины. Эта зона имеет серый вплоть до коричневого цвет и отличается высоким содержанием калия, кальция, магния и некоторых других элементов, а также большой концентрацией лигнина [32]. Она характеризуется повышенным биосинтезом биологически активных соединений, главным образом фенольных, а также накоплением токсинов [38]. У деревьев ели, которые после заражения образуют указанную зону, глубина распространения мицелия в естественных условиях оказывается значительно меньшей.

б) Насекомые-ксилофаги. Устойчивость ели к насекомым-ксилофагам в значительной мере зависит от активизации защитных реакций, главным образом за счет повышения биосинтеза биологически активных соединений. Этот процесс тесно взаимосвязан с образованием патологических смоляных каналов, что способствует поддержанию относительно высокого давления в смолопроводящей системе [29]. У деревьев может возникать также раневая паренхима, из которой смола вытекает наружу или внутрь паренхимной тонкостенной ткани [7]. Токсичность живицы ослабленных и заселяемых короedами экземпляров бывает даже несколько выше, чем у здоровых [2, 30], что объясняется перестройкой состава монотерпенов, обеспечивающей сохранение антибиоза.

### 2. Механические.

а) Корневая губка. Смоляное давление у ели довольно слабое, поэтому гниль в большинстве случаев успевает проникнуть в ствол и водоснабжение кроны нарушается меньше, чем у сосны. Между тем в тканях корней ели мицелий нередко растет сравнительно медленно в результате сильного засмоления древесины. В ряде случаев на фазе проникновения гнили в ствол заболонь ели реагирует на воздействие грибного патогена усиленным смолообразованием. Вопрос о механическом влиянии живицы ели на рост мицелия корневой губки требует дополнительного экспериментального изучения.

б) Насекомые-ксилофаги. Основным фактором, влияющим на начальный успех атаки короedов, является выделение живицы, что для ели отмечалось многократно [2, 8, 10, 15, 17, 23, 27]. Наиболее резистентные ели оказывают механическое воздействие на короedов, заливая их при попытках внедрения или заполняя живицей маточные ходы жуков. Реже поселения подкоровых насекомых гибнут в начальный период прокладки ходов личинками, что является запоздалой реакцией деревьев ели.

## II. Адаптивные.

### 1. Морфологические.

а) Корневая губка. Ель, реагируя на внедрение грибного патогена, способна увеличивать объем корневой системы за счет покоящихся точек роста боковых ответвлений [26]. Это, очевидно, в определенной степени обуславливает отсутствие каких-либо специфических изменений в состоянии кроны в течение весьма продолжительного времени. Однако в ряде случаев ель, пораженная корневой губкой, имеет частично изреженную или равномерно-ажурную крону, но при этом остается достаточно жизнеспособной. Данное явление, по-видимому, можно объяснить адаптивной возможностью дерева регулировать площадь поверхности хвои путем опада при уменьшении объемов ризосферы в результате гниения и отмирания отдельных корней.

б) Насекомые-ксилофаги. Небольшие сухобочины на стволах деревьев ели, иногда образуемые в результате местного поселения подкоровых вредителей, в благоприятных условиях зарастают. При более

крупных локальных повреждениях деревьев ели насекомыми-ксилофагами в отдельных случаях наблюдается пограничное зарубцовывание тканей. Обнаженная рана обладает способностью восстанавливать кору и древесину только при защищенности камбия или молодой древесины от высыхания. В противоположной ситуации возможно только обеззараживание раны за счет выделения живицы и пропитывание омертвевших тканей терпенами. Поражение ели во вновь образующейся древесине, а также на краях раны и наплывах из каллюса вызывает появление сначала паренхимной ткани, затем переходной к трахеидной и, наконец, нормальной трахеидной [7, 29].

## 2. Физиологические.

а) Корневая губка. В ряде случаев даже при поражении всех горизонтальных корней ели дерево остается жизнеспособным, так как питающая и водопроводящая функции осуществляются мелкими корневыми окончаниями, расположенными в гумусовом горизонте почвы, или вертикальными неповрежденными корнями [31]. Кроме того, гибель части корней у деревьев с достаточно высоким потенциалом жизнеспособности нередко приводит к резкому увеличению интенсивности поглощения воды и питательных веществ работоспособной частью корневой системы [12]. Водный ток в стволах деревьев, в том числе ели, передвигается по спирали, что обеспечивает лучшую связь кроны с возможно большей частью корневой системы. Под воздействием корневой губки интенсивность транспирации уменьшается [25], однако на ранних этапах ослабления ели приведенный факт следует, очевидно, расценивать как адаптивную реакцию дерева, обеспечивающую поддержание его водного режима.

б) Насекомые-ксилофаги. Физиологические защитные реакции у деревьев, подвергающихся нападению стволовых насекомых, выражаются в изменении водного режима, активизации углеводного и фосфорного обмена, усилении дыхания луба и повышении давления газа в межклеточных полостях и каналах [6, 29]. У деревьев ели, заселяемых ксилофагами, изменяется осмотическое давление клеточного сока луба [2], которое само по себе не препятствует развитию насекомых и может рассматриваться лишь как один из индикаторов жизнеспособности последних.

Диагностические показатели степени сопротивляемости деревьев ели к поражению корневой губкой и повреждению стволовыми насекомыми достаточно подробно рассмотрены в наших предыдущих работах [14—20].

Предлагаемый системный подход к изучению факторов устойчивости ели раскрывает перспективы для дальнейших комплексных научных исследований в этом направлении. Составленная нами классификация может быть использована при разработке новой системы мероприятий по повышению устойчивости ельников к корневой губке и стволовым вредителям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вавилов Н. И. Иммуитет растений к инфекционным заболеваниям.— М.: Наука, 1986.— 504 с. [2]. Васечко Г. И. Взаимодействие короедов с кормовыми деревьями // Эпифитология.— М.: ВНИИТИ, 1981.— Т. 5.— С. 3—139. [3]. Васильев А. П. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов.— Вильнюс: Мокслас, 1989.— 175 с. [4]. Воронцов А. И. Патология леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 170 с. [5]. Воронцов А. И., Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С. Технология защиты леса.— М.: Экология, 1991.— 304 с. [6]. Гирс Г. И. Физиология ослабленного дерева.— Новосибирск: Наука, 1982.— 246 с. [7]. Иванов Л. А. Биологические основы добывания терпентина в СССР.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961.— 290 с. [8]. 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. [9]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых—

ксилофагов.—Новосибирск: Наука, 1975.—346 с. [10]. Катаев О. А. Короеды и усыхание еловых лесов // Сб. докл. на 29-м чтении памяти Н. А. Холодковского.—Л.: Наука, 1977.—С. 22—43. [11]. Катаев О. А., Аникин А. С. Изучение живицы ели обыкновенной в связи с энтомоустойчивостью // Экология и защита леса.—Л.: ЛТА, 1988.—С. 59—63. [12]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений / Пер. с англ.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—462 с. [13]. Кривошеина Н. П., Потоцкая В. А. Современное состояние исследований насекомых-ксилофагов в таежной зоне европейской части СССР // Животный мир южной тайги.—М.: Наука, 1984.—С. 132—164. [14]. Лебедев А. В. Новый подход к диагностике резистентности ели европейской // Повышение продуктивности лесов и улучшение ведения лесного хозяйства.—М.: МЛТИ, 1980.—С. 110—113. [15]. Лебедев А. В. Энтомоустойчивость ели европейской в рекреационных лесах Московской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.—Воронеж, 1983.—22 с. [16]. Лебедев А. В. Стволовые вредители в рекреационных ельниках и диагностика устойчивости деревьев // Современные проблемы рекреационного лесопользования.—М.: Наука, 1985.—С. 105—106. [17]. Лебедев А. В. Пороги устойчивости деревьев ели к насекомым-ксилофагам // Достижения науки и передового опыта защиты леса от вредителей и болезней.—М.: ВНИИЛМ, 1987.—С. 90—91. [18]. Лебедев А. В. Электрондикация состояния деревьев ели в очагах корневой губки // Лесн. журн.—1987.—№ 6.—С. 29—33.—(Изв. высш. учеб. заведений). [19]. Лебедев А. В. Патогенные грибы в рекреационных ельниках и диагностика устойчивости деревьев // Проблемы лесоведения и лесной экологии.—М.: Наука, 1990.—Ч. 2.—С. 526—528. [20]. Лебедев А. В. Живичная индикация устойчивости деревьев ели к короеду-типографу // Лесн. журн.—1991.—№ 1.—С. 18—22.—(Изв. высш. учеб. заведений). [21]. Мамаев Б. М. Биология насекомых-разрушителей древесины // Энтомология.—М.: ВНИИТИ, 1977.—Т. 3.—213 с. [22]. Мамаев Б. М. Симбиоз насекомых-ксилофагов с грибами как фактор повышения их агрессивности // Достижения науки и передового опыта защиты леса от вредителей и болезней.—М.: ВНИИЛМ, 1987.—С. 101—103. [23]. Маслов А. Д., Кутеев Ф. С., Прибылова М. В. Стволовые вредители леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—143 с. [24]. Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1984.—152 с. [25]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка.—М.: Агропромиздат, 1986.—196 с. [26]. Новиков Н. А. Развитие корневой системы у здоровых и пораженных корневой губкой деревьев ели обыкновенной // Лесоведение и лесное хозяйство.—Минск: Высш. шк., 1972.—Вып. 6.—С. 138—140. [27]. Положенцев П. А. Об условиях заселения деревьев вторичными вредителями // Науч. зап. ВЛХИ.—Воронеж, 1950.—Т. 11.—С. 155—168. [28]. Положенцев П. А., Золотов Л. А. Некоторые биологически активные вещества и их значение в энтоморезистентности древесных растений к стволовым вредителям // Тр ВИЗР.—Л., 1973.—Т. 2.—С. 10—27. [29]. Рожков А. С. Дерево и насекомое.—Новосибирск: Наука, 1981.—176 с. [30]. Рожков А. С., Массель Г. И. Смолистые вещества хвойных и насекомые-ксилофаги.—Новосибирск: Наука, 1982.—148 с. [31]. Федоров Н. И. Корневые гнили хвойных пород.—М.: Лесн. пром-сть, 1984.—160 с. [32]. Alfku-billa M., Aufsess H. V. Untersuchungen über die Pilzhenwicklung des Fichtenholzes (*Picea abies* Karst.) // Proceed. Tourth. Intern. Conf. *Fomes annosus* USA.—1973.—P. 139—162. [33]. Berryman A. A., Raffa K. F., Millstein J. A. Interaction dynamics of bark beetle aggregation and conifer defence rates // *Oikos*—1989.—Vol. 56, N 2.—P. 256—263. [34]. Dimitri L. Presistenzforschung bei der Fichte gegenüber des *Fomes annosus*.—Proceed. Tourth. Intern. Conf. *Fomes annosus*. USA.—1973.—P. 76—80. [35]. Holdenrieder O. *Heterobasidion annosum* und *Armillaria mellea*: Aktuelle Forschungsansätze zu zwei alten forstpathologischen Problemen // Schweiz. Z. Forstwesen.—1989.—Bd. 140, N 12.—S. 1055—1067. [36]. Kliefoth R. Sporenkeimung und Mizelwachstum in Holzauszügen verschiedener Fichten // Proceed. Tourth. Intern. Conf. *Fomes annosus* USA.—1973.—P. 81—85. [37]. Schwerdtfeger F. Die Waldkrankheiten.—4 Aufl.—Hamburg und Berlin: Verl. Paul. Parey, 1981.—486 S. [38]. Stenlid J., Johanson M. Infection of roots of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) by *Heterobasidion annosum* // Eur. J. Forest. Pathol.—1987.—Vol. 17, N 4.—P. 217—226. [39]. Weissenberg K. Resistance of *Picea abies* to *Heterobasidion annosum* // Proceed. Intern. Conf. on Problems of Root and Butt Rot in Conifers.—Münden, 1980.—P. 67—74. [40]. Zycha H., Ahrberg H., Courtois H. Der Wurselschwamm (*Fomes annosus*) und die Rotfäule der Fichte (*Picea abies*).—Hamburg und Berlin: Verl. Paul. Parey, 1976.—83 S.

Поступила 3 ноября 1992 г.

УДК 616.89-008.446 : 551.4

## МЕТОДИКА ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПЕЙЗАЖЕЙ НА ВИДОВЫХ ТОЧКАХ

*И. А. МАРКЕВИЧ, А. А. ШУЖМОВ*

Петрозаводский КИВЦ Кареллеспрома  
Валаамский музей-заповедник

«Создатель ландшафта — природа — и скульптор, и организатор пространства» [5, с. 62]. Она «выленила» формы рельефа, определяющие местный микроклимат, почвообразовательные и гидрологические процессы, т. е. создала условия, влияющие на распространение древесных пород, их комбинацию в биогеоценозах. Скульптура рельефа — это своеобразные барьеры, разделяющие пространство суши на отдельные, по-разному связанные друг с другом ячейки или «емкости». Ландшафтоведы, градостроители, архитекторы определяют эти емкости как «визуальные бассейны» [1], «ландшафтные бассейны» [3], «единичные визуальные пространства» [4], «визуальные местности» [8], «визуальные пространственные единицы ландшафта» [5]. Такие единицы фаций или урочищ, обладающие особой аттрактивностью, служат объектами показа на видовых точках, смотровых площадках. Точки обозрения могут быть замкнутыми и открытыми, сквозными и односторонними. Наблюдаемые пейзажи как конкретные фрагменты природной среды в аспекте ландшафтной архитектуры определяются «свойствами нескольких своих взаимосвязанных структур: объемно-пространственной, графической, цветовой, текстурной и фактурной» [5, с. 76]. С позиций лесоводов и географов названные структуры опосредствованно описываются через известные признаки пейзажей, рассматриваемые ниже.

Это, прежде всего, условная высота пейзажного подступа — высота центральной точки смотровой площадки над самой низкой точкой в данной визуальной емкости. Паркостроители и ландшафтные архитекторы оценивают ее по-разному. Так, Н. М. Тюльпанов [10] считает низкой высотой видовой точки 0,6...0,8, средней 1,5...2,0, высокой 2...3 м по отношению к основанию ландшафта. Б. И. Бобруйко [2] превышает смотровой площадки над пейзажем в 0...20 м оценивает баллом эстетичности 0; 20...100 м — 0,25; 100...300 м — 0,5; 300...500 м — 0,75 и более 500 м — 1,0. Сам характер рельефа называется соответственно равниной, переходом к холмистой местности, низкогорьем, высокогорной долиной и возвышенностью. Для условий Русской равнины, в том числе и для Валаама, ближе балльная оценка эстетичности условной высоты пейзажного подступа, разработанная литовскими ландшафтоведами К. И. Эрингисом и А. Р. Будрюнасом [10]. Учеными предложены категории: низовой подступ (0...2 м), промежуточный (3...30 м) и верховой (31...100 м). Эстетическая оценка условной высоты от 0 баллов при подступе 0...2 м равномерно возрастает до 10 баллов при высоте 87...100 м над основанием пейзажа. Однако ландшафтный архитектор З. А. Николаевская предостерегает: «Подъем видовой площадки не должен превышать высоту обозреваемого объекта, так как с более высокого уровня он большей частью выглядит сплюснутым и как бы утопленным в землю» [6, с. 55]. Кроме того, стометровые перепады высот нечасты даже в условиях северо-запада Ка-



ты пейзажа, элементарный, секторный, панорамный и циркурамный пейзаж (см. таблицу). Можно оспаривать наименование категорий или правомерность градуирования величины пейзажа определенной суммой градусов горизонта, но предложенная оценка аттрактивности панорам представляет несомненную ценность и служит мерой оценки многих признаков пейзажа. Кстати, оптимальное число объектов в панораме, установленное литовскими учеными (7...13), отличается от известного числа Мюллера ( $7 \pm 2$ ).

Горизонтальная замкнутость (степень ажурности) показывает, насколько данный пейзаж изолирован от окружающего пространства. По данным М. Пурвинаса [8], высокой замкнутостью обладает пейзаж при плотных визуальных препятствиях, занимающих не менее 85 % периметра пейзажа, средней — 65 %, малой — 30 %. Это недостаточно дробная качественная оценка. Категории пейзажа, выделенные К. И. Эрингисом и А. Р. Будрюнасом, позволяют оценить горизонтальную замкнутость в избранной нами 5-балльной системе эстетической оценки панорам (см. таблицу).

Вертикальная замкнутость окружения видовой точки определяется высотой визуальных препятствий: при наблюдении под углом более  $45^\circ$  создается ощущение полной вертикальной замкнутости,  $18^\circ$  — частичной, менее  $14^\circ$  — полной потери замкнутости в некотором направлении визирования. Достигнув смотровых площадок, экскурсанты как бы освобождаются от «узости» маршрута при всей его привлекательности и с восхищением осматривают открывшиеся панорамы, свободные от «невидимого потолка». Поэтому высокая вертикальная замкнутость на видовой точке оценивается баллом 0, частичная — 1, отсутствие замкнутости — 4.

Конфигурация зрительных барьеров, воспринимаемых с видовой точки, определяется числом перегибов местности на единицу горизонтального угла зрения. Учитывая фактор монотонности, М. Пурвинас [8] предложил понятие доминантности или резкого визуального выделения перегибов местности по углу обзора: абсолютная доминантность при угловой видимости объекта по горизонту  $120^\circ$ , частичная —  $40^\circ$ , визуальная значимость —  $18^\circ$ , предел хорошей просматриваемости —  $10^\circ$ , практический предел четкой видимости —  $5^\circ$ .

Доминантой в пейзаже может быть любой объект, особо привлекающий внимание: озеро, холм, роща, отдельное дерево, архитектурный памятник... Фоном для нее являются земля, вода, растительность, небо. Важно, чтобы фон со всех сторон окружал доминанту, резко отличался от нее и был физиономически цельным. Оценка эстетичности горизонтальной доминантности обусловлена, на наш взгляд, глубиной панорам. В дальних планах она может изменяться от 4 до 0 баллов в соответствии с приведенным порядком их обозначения: абсолютная доминантность — практический предел четкой видимости. При короткой перспективе оценка эстетичности должна быть обратной, так как в случае абсолютной доминантности близлежащих элементов рельефа элиминируется и само явление перспективы.

Такой же порядок оценки эстетичности правомерен для вертикальной доминантности. При глубоких панорамах доминантность  $45^\circ$  оценивается баллом 4,  $18^\circ$  — 3,  $5^\circ$  — 2,  $1^\circ$  — 1 и  $5^\circ$  — 0.

Оценка глубины панорам различна в городских парках. Здесь короткой считается перспектива в 50 м, средней — 100 м, дальней — 200 м [7, с. 56]. В лесопарках, национальных парках, заповедниках короткой является панорама в 100 м от наблюдателя, средней — 500 м, дальней — 1,0...1,5 км [10]. Для естественных ландшафтов короткая перспектива оценивается баллом 0, дальняя — 1, их сочетание или панорама средней глубины — 2.

При обзоре панорам важна композиция зрительных барьеров. Вид глубоких панорам из темного окружения пейзажного подступа оценивается баллом 4; при светлом, ажурном окружении смотровой площадки — 3; вид коротких перспектив из темного окружения — 2; из ажурного — 1.

Ажурность переднего плана видовой точки оценивается просто: либо она есть (балл 1), либо нет (0). Обозреваемые пейзажи, как правило, имеют тенденцию к развитию по горизонтали. Пространство до зрительных барьеров часто не охватывается полностью с одной видовой точки. Поэтому при неглубоких перспективах в поисках соотношений размеров объемов и пространств экскурсанты произвольно соотносят свои ощущения высоты зрительных барьеров с удалением их от наблюдателя. Для глубинных перспектив важен передний план образуемых кулисами групп деревьев, воспринимаемых в качестве оправы или «рамы» кадра. Туристам трудно оценить глубину кадра, расстояние до удаленных от них элементов пейзажа и их размеры, если в поле зрения нет объемов переднего плана. Экскурсанты оценивают их размеры, подсознательное же перенесение их в глубину дает возможность установить параметры обозреваемого пространства и величину определяющих его объемных форм. Декоративность кулис переднего плана влияет на эстетическую оценку панорамы в целом. Она определяется величием деревьев (I категория — балл 4, II — 3, III — 2, молодняки — 1), а также формой и архитектурной крон. Группы деревьев с кронами одной-двух форм (длинные и широкие) оцениваются баллом 4; 2-3 форм (средних по длине и ширине) — 3; с полным разнообразием крон по форме, длине и ширине — 2; с одинаковыми короткими и широкими кронами — 1. Нулевую оценку получают видовые точки, на которых нет деревьев переднего плана.

Оценка насыщенности панорам однотипными объектами (озера, ро-щи, холмы, острова, архитектурные и селитебные объекты) зависит от их наличия и категории пейзажей (см. таблицу).

Боковые кулисы («шторы») оцениваются довольно просто: с одной стороны — балл 1, с двух — 2, нет кулис — 0.

Признаком пейзажа, характеризующим его масштабность, глубину перспектив, является поясность или ступенчатость в радиальном направлении. Пейзажу с двумя-тремя поясами присваивается максимальная оценка (балл 3); просматривается один-два пояса — 2, четыре-пять — 1; нет выраженной ступенчатости панорамы — 0.

Красочность пейзажа — не столько обилие, сколько гармоничность сочетания цветов. Если в движении по маршруту обнаруживается гармония контраста, то при обзоре с пейзажных подступов появляется возможность оценить тонкое изменение цветовых характеристик — это гармония подобия. На смотровых площадках рекреанты испытывают и психическое воздействие цвета: теплоту или холодность, возбуждение или успокоение. Гармонично сочетание красного и зеленого цветов, но доля красного не должна превышать трети общего цветового тона, а также оранжевого и голубого, желтого и синего, желто-зеленого и фиолетового, если холодных тонов в 2,0—2,5 раза больше, чем желтого и желто-зеленого [7]. Они оцениваются баллом 4. Если требуемые пропорции нарушены, сочетания рассматриваются как полугармоничные и оцениваются баллом ниже. Еще меньше балл у слабо гармонирующих цветов: красного и желтого, оранжевого и зеленого, желтого и голубого, если они не прерываются белым или серым. Ощущение пестроты вызывает бессистемное сочетание цветовых пар: красный — оранжевый, оранжевый — желтый, голубой — синий. Такой цветовой ковер оценивается баллом 1. Один невыразительный (серый, цвет земли) тон не оценивается, так как нет разнообразия красок.

Немаловажным фактором привлекательности является натуральность (девственность) пейзажей. Известна возрастающая потребность жителей урбанизированных поселений в «дикой» природе. Поэтому девственный пейзаж оценивается баллом 2, частично измененный — 1, измененный — 0. Участки интродуцентов, особенно спелого возраста, разнообразят архитектуру и колоритность древесного полога. Им присваивается балл 3.

Перечисленные признаки характеризуют общую выразительность пейзажа. Дополнительно на смотровых площадках оценивается общая расчлененность рельефа, обилие холмов на линии горизонта, наличие островов и полуостровов, обнажений скал и отчетливость отражения в воде. Обилие элементов рельефа рассматривается в соответствии с категориями пейзажей (см. таблицу). Сильно всхолмленный рельеф с отдельными вершинами и скалами; глубокие, обрывистые долины рек и ручьев; наличие лесных озер или иных водных поверхностей оцениваются максимальным баллом 4; плоские корытообразные долины и лощины — 3; небольшие всхолмления, слегка пересеченная местность — 2; равномерно понижающийся рельеф — 1; равнинная местность — 0. Обнажения скал: нет — 0, есть — 1, крупные — 2 балла; отражения в воде: отчетливое — 1, неотчетливое — 0 баллов.

Растительность оценивается по таким признакам, как отчетливость видения различных древостоев (выделяются — 1, не выделяются — 0 баллов); разнообразие вершинной линии лесов (не выделяется — 0, одна форма силуэта — 1, несколько — 2 балла), обилие и качество травянистой растительности, групп деревьев в панораме и на горизонте. Последний признак учитывается согласно категориям пейзажа. Оценка напочвенного покрова требует более подробного рассмотрения. Он условно подразделяется на высокий (50...60 см), средней высоты (30...40 см) и низкий (10...20 см). Благоприятны композиции, включающие 50...70 % однотипных и 30...50 % контрастных видов. Балл 4 присваивается панорамам с покровом из трав газонного типа средней высоты и плотного стояния, имеющих разнообразную цветовую гамму и относительно длительный период последовательного цветения. Пространства с относительно низким плотным травостоем и незначительной долей красиво цветущих трав или с менее плотным покровом из высоких трав и обилием ярко цветущих растений оцениваются баллом 3; с редким травостоем из высоких трав и небольшой долей живописно цветущих видов — 2; с покровом из трав, характерных для очень сухих или сырых почв, — 1; с «проплешинами» и покровом из очень редких трав — 0.

Эстетичность прибрежной растительности определяется подобно изложенной методике, водной — несколько по-иному. Низким, средневысоким и высоким, редким, среднегустым и густым зарослям осок, тростника, козляка, рдеста, горца присваиваются баллы соответственно 1, 2 и 3. Участки, на которых листья водной растительности занимают не более трети поверхности, оцениваются баллом 3; при распространении их на 60...70 и менее 10 % водного зеркала баллы снижаются до 1 и 2; при большем покрытии водной глади водными растениями или их отсутствии — до 0.

Наличие архитектурных акцентов в перспективе и на линии горизонта (колокольни, мосты, архитектура малых форм, руины), просматриваемость усадеб, скитов и отдельных построек в оптимальном количестве не вызывает негативных ощущений, а подчеркивает человеческие усилия и оценивается по категориям панорам (см. таблицу).

Вписанность мостов и дорог в пейзаж, а также приобщение к нему мелиоративных систем оценивается просто: вписывается — 1, не

вписывается — 0 баллов. Отправной точкой является суждение о наличии негативных изменений ландшафта.

Всего предложено 27 признаков пейзажей, обозреваемых со смотровых площадок. Видовые точки размещены на туристских маршрутах и совместно с оценкой 18 признаков ландшафта, учитываемых в процессе движения, составляют пакет из 45 оцениваемых элементов визуального бассейна. По каждому маршруту определяется суммарная балльная оценка, для их сопоставления вычисляется удельная оценка на километр маршрута.

Естественно, изложенная методика субъективна, но это один из возможных путей количественной оценки качества ландшафтов. Проведение натурных работ рядом экспертов по единой методике с последующим обсуждением результатов, формализация постановки задачи и применение математических методов, возможно, позволят выявить общий подход к решению проблемы детальной эстетической оценки пейзажей в национальных парках и заповедниках.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Антонов В. А. Естественные условия — категория объемно-пространственной композиции // *Строительство и архитектура*.— 1974.— № 6.— С. 33—37. [2]. Бобруйко Б. И. Методы экономической оценки рекреационных лесов.— М.: ЦНТИлесхоз, 1978.— 21 с. [3]. Вергунов А. П., Вильнер М. Я. Архитектурно-ландшафтная оценка территории при районной планировке // *В помощь проектировщику-градостроителю: Районная планировка*.— Киев, 1979.— С. 23—27. [4]. Кругнус В. Г. Учет рельефа местности при формировании архитектурно-художественного облика города // *В помощь проектировщику-градостроителю: Вопросы градостроительного проектирования*.— Киев, 1974.— Вып. 5.— С. 23—30. [5]. Курбатов Ю. И. Архитектурные формы и природный ландшафт.— Л.: ЛГУ, 1988.— 136 с. [6]. Николаевская Э. А. Садово-парковый ландшафт.— М.: Стройиздат, 1989.— 341 с. [7]. Палентреер С. Н. Ландшафтное искусство.— М.: МЛТИ, 1972.— 87 с. [8]. Пурвинас М. Эстетическая оценка природной среды в архитектурном проектировании: Аналитич. обзор.— Вильнюс: ЛитНИИТИ, 1982.— 41 с. [9]. Тюльпанов Н. М. Лесопарковое хозяйство.— Л.: Стройиздат, 1975.— 161 с. [10]. Эрингис К. И., Будрюнас А. Р. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей // *Экология и эстетика ландшафта*.— Вильнюс, МинТИС, 1975.— С. 107—160.

Поступила 9 июня 1992 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.456.3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК НА КУЗОВ АВТОЩЕПОВОЗА

А. Б. ЖУКОВ, С. П. МОХОВ, А. Р. ГОРОНОВСКИЙ

Белорусский технологический институт

Опыт эксплуатации автощеповозов показывает, что основной причиной их отказов являются поломки и трещины элементов несущей системы. Оценка напряженно-деформированного состояния несущих кузовов позволяет оптимизировать их конструкцию на стадии проектирования.

При оценке прочности кузова щеповоза, представляющего сложную пространственную пластинчато-стержневую систему, использован метод конечных элементов (МКЭ). Одним из наиболее сложных и важных этапов расчета является учет специфических особенностей конструкции и характера ее нагружения. В общем случае внешняя нагрузка представляется в виде вектора вертикальных гравитационных сил от полезного груза, приведенных к узловым точкам системы. Для решения задачи с помощью МКЭ надо иметь решение системы уравнений [1]:

$$[K]\{X\} = \{P\},$$

где  $[K]$  — матрица жесткости конструкции в общей системе координат;

$\{X\}$  — вектор узловых перемещений;

$\{P\}$  — вектор внешней нагрузки.

При моделировании нагруженности щеповоза, помимо вертикальных сил, следует учитывать боковое давление щепы на борта кузова. Взаимосвязь между боковым и вертикальным давлением при допущении [3], что щепы в кузове насыпаны слоями [2], определяется соотношениями:

$$q_x = \rho H; \quad q_y = m q_x,$$

где  $q_x$ ,  $q_y$  — давление на горизонтальные и вертикальные стенки кузова соответственно;

$\rho$  — плотность щепы;

$H$  — высота бортов кузова;

$m$  — коэффициент подвижности.

Коэффициент подвижности может быть выражен через коэффициент внутреннего трения  $f$ :

$$m = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1 + f^2}$$

или через угол внутреннего трения  $\varphi$ :

$$m = \operatorname{tg}^2 \frac{90 - \varphi}{2}.$$

Зная  $m$  и распределение бокового давления, можно определить нагрузку на борт щеповоза:

$$P = q_y LH/2 = \rho m LH^2/2,$$

где  $L$  — длина кузова.

Характерным режимом нагружения кузова является разгрузка щеповоза. Определим давление на борт при боковой разгрузке щеповоза для случая, когда кузов повернут на угол  $\alpha < \varphi_1$ , где  $\varphi_1$  — угол трения щепы по днищу (рис. 1). При повороте кузова давление на днище уменьшается от  $\rho H$  до  $\rho H \cos \alpha$ , на верхний борт в точке 1 равно  $\rho m H$ , на нижний в точке 2 возрастает до  $q'_y$ , определяемой по формуле [3]

$$q'_y = \rho (2B \sin \alpha + mH),$$

где  $B$  — ширина кузова.

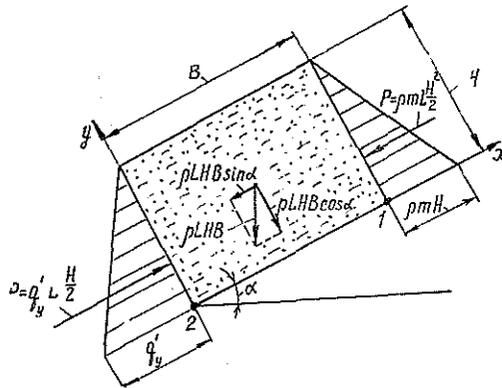


Рис. 1. Эпюра давления на борта наклоненного кузова

При дальнейшем опрокидывании кузов поворачивается на угол  $\alpha$  ( $\varphi_1 < \alpha < \varphi$ ). В этом случае допустим, что дополнительные нормальные напряжения на нижнем борту возникают тогда, когда исчерпается сила трения щепы по днищу кузова. Давление на верхний борт обозначим через  $q'$ , на нижний — через  $q''$ . Сила трения щепы по днищу кузова

$$T = \rho L H B \cos \alpha f_1,$$

где  $f_1$  — коэффициент трения щепы по днищу.

Избыточное давление на нижний борт

$$q'' - q' = 2\rho B (\sin \alpha - f_1 \cos \alpha).$$

Выражение для  $q'$  имеет вид

$$q' = \rho H \frac{1 + 2f^2 - 2\sqrt{(f^2 + 1)(f^2 - f_1^2)}}{\sqrt{1 + f^2}}.$$

На основании опыта эксплуатации в рассмотренных вариантах бокового опрокидывания кузова нагрузку принимали с учетом высыпания только 20 % щепы.

Напряженно-деформированное состояние кузова в режиме выгрузки определено на примере щеповоза ОНЩ-54. Расчетная схема приведена на рис. 2. Она содержит 72 балочных конечных элемента, стыкующихся в 48 узлах. Число узловых перемещений, описывающих модель, равно 273. За расчетные принимали наиболее неблагоприятные режимы нагружения в начальный и конечный моменты опрокидывания кузова, а также при его промежуточном наклоне. В начальный момент рассматривали отрыв кузова от рамы прицепа при исключении трех опор в узлах 10, 22, 34. Конечный момент соответствовал наклону на угол  $\alpha = 45^\circ$ .

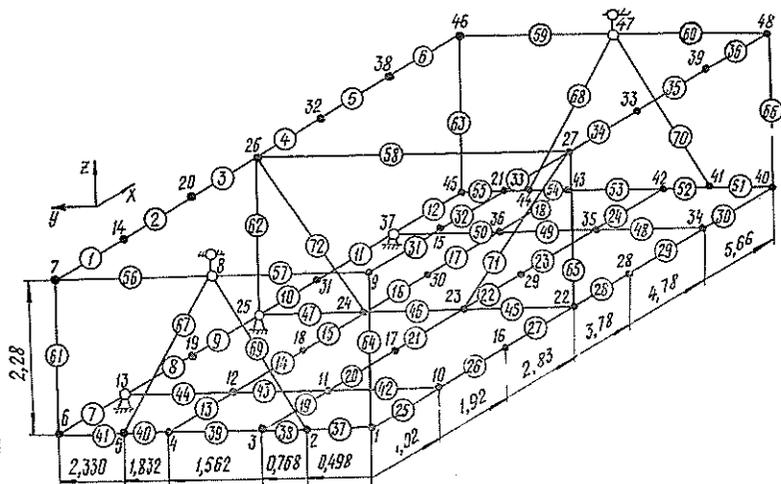


Рис. 2. Расчетная схема кузова щеповоза

Наряду с оценкой статических напряжений МКЭ позволяет исследовать динамическую нагруженность несущих систем щеповозов при любых внешних возмущениях с единых алгоритмических позиций [1]. Динамическая система дорога — транспортное средство описывается системой дифференциальных уравнений, которая в матрично-векторной форме имеет вид

$$[M]\{\ddot{X}(t)\} + [C]\{\dot{X}(t)\} + [K]\{X(t)\} = \{P(t)\}, \quad (1)$$

где  $[M]$ ,  $[C]$ ,  $[K]$  — матрицы масс, сопротивлений и жесткости динамической системы соответственно;

$\ddot{X}$ ,  $\dot{X}$ ,  $X$  — векторы ускорений, скоростей и перемещений узловых точек конечно-элементной модели несущего кузова;

$\{P(t)\}$  — вектор внешнего воздействия.

Матрицы  $[M]$ ,  $[C]$ ,  $[K]$  получаются по правилам конечно-элементного суммирования отдельных матриц конечных элементов. Систему (1) решали в виде разложения по собственным формам колебаний:

$$\{X(t)\} = [\Phi]\{U(t)\},$$

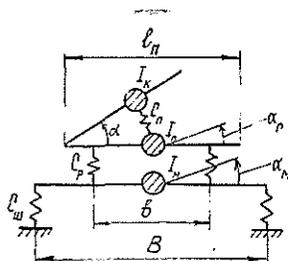
где  $[\Phi]$  — матрица, столбцы которой являются собственными векторами, полученными без учета демпфирования;

$\{U(t)\}$  — вектор обобщенных перемещений.

При подъеме кузова общий центр тяжести прицепа смещается в сторону высыпания щепы. За счет прогиба рессор и шин прицепа его подрессоренная часть поворачивается на дополнительный угол. Рассмотрим режим нагружения кузова при разгрузке щеповоза с учетом этих особенностей.

Как правило, щепы начинает высыпаться из кузова сразу после открытия борта под углом естественного откоса. При достижении угла наклона кузова, равного углу естественного откоса, сползает весь оставшийся груз. Слежавшаяся или смерзшаяся щепы сбрасывается всей массой. Такой режим нагружения наиболее неблагоприятен, так как соответствует максимальному опрокидывающему моменту кузова с грузом, а следовательно, характеризуется наибольшей динамической нагрузкой.

Рис. 3. Расчетная схема колебаний при опрокидывании кузова



Для определения динамических усилий, действующих при боковом опрокидывании кузова, использовали расчетную схему колебаний, приведенную на рис. 3. Был принят ряд допущений, не оказывающих существенного влияния на точность расчета. В рассматриваемом положении динамическая система совершает поперечно-угловые колебания, не связанные с вертикальными и продольно-угловыми перемещениями. Распределенные массы мостов, платформ, кузова имеют соответствующие моменты инерции  $I_m, I_n, I_k$ . Учитывали упругую податливость шин, подвески и подъемника с коэффициентами жесткости  $C_{ш}, C_p, C_n$  соответственно. Было принято, что движение кузова происходит под действием ускоряющей силы гидроцилиндров подъема  $P_1$ , изменяющейся во времени [2].

Возмущающую силу определяли по выражению

$$P_1(t) = C_n \mu t,$$

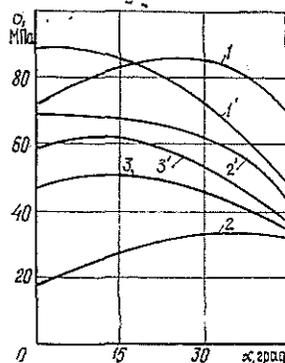
где  $\mu$  — скорость выдвижения штока гидроцилиндра.

Сделанные допущения позволяют свести число степеней свободы рассматриваемой системы к трем —  $\alpha_m, \alpha_n, \alpha$ . С помощью уравнений Лагранжа второго рода была получена система из трех дифференциальных уравнений. Ее решали методом Рунге — Кутты. Динамические нагрузки, найденные в зависимости от угла поворота кузова, являлись исходными для конечно-элементной модели.

Точность разработанных математических моделей оценивали, сопоставляя результаты расчетных и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния кузова щеповоза ЛТ-7А. Так, в режиме разгрузки средняя относительная погрешность полученных результатов не превышала 15,3 %, что позволяет сделать вывод об адекватности принятой расчетной модели реальной динамической системе.

Как показали исследования, критическим режимом нагружения щеповоза является начальный момент опрокидывания кузова (рис. 4).

Рис. 4. Изменение напряжений в элементах кузова (1—3 — нагруженный борт, 1'—3' — противоположный борт) в зависимости от угла опрокидывания: 1, 1' — верхняя обвязка; 2, 2' — нижняя обвязка; 3, 3' — лонжерон



При этом происходит перераспределение нагрузки, что сказывается на напряженно-деформированном состоянии всей конструкции кузова в целом. Одним из наиболее нагруженных элементов является средняя часть верхней обвязки разгруженного борта, где напряжения  $\sigma$  составляют 87,1 МПа. Максимальные напряжения в лонжероне со стороны, противоположной нагрузке, достигают 61,4 МПа, несколько ниже со стороны разгрузки — до 52,2 МПа, в местах соединения боковых вертикальных стоек с верхней обвязкой 70 МПа. Напряженное состояние нижней обвязки борта, относительно которого опрокидывается кузов, по сравнению с транспортным положением изменялось незначительно.

При дальнейшем подъеме кузова масса технологической щепы перемещается к борту, относительно которого происходит опрокидывание. Верхняя обвязка противоположного борта разгружается, максимальные напряжения снижаются от 87,1 до 45,6 МПа. В нижней обвязке они также уменьшаются от 70,2 до 41,4 МПа, в лонжероне от 61,4 до 37,0 МПа. Борт со стороны разгрузки, наоборот, испытывает дополнительное воздействие от массы щепы, что приводит к увеличению его нагруженности. В верхней обвязке максимальные напряжения возрастают от 71,5 до 86,6 МПа, в нижней смещаются из средней части в зоны установки опор.

Проведенные исследования показали, что при разгрузке нагруженность отдельных элементов конструкции кузова на 22...27% выше, чем при движении автощеповоза по гравийной дороге. Следовательно, для всесторонней оценки конструкции кузова автощеповоза необходимо учитывать все характерные воздействия не только при транспортировке, но и при разгрузке щепы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов / Пер. с англ.— М.: Стройиздат, 1982.— 447 с. [2]. Жуков А. В., Кадошко Л. И. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний.— Минск: Наука и техника, 1978.— 264 с. [3]. Зенкол Р. Г. Механика насыпных грузов.— М.: Машиностроение, 1964.— 251 с.

Поступила 12 мая 1993 г.

УДК 630\*377.1

### К ОБОСНОВАНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УПРАВЛЯЮЩЕГО МОМЕНТА ПРИ НАПРАВЛЕННОЙ ВАЛКЕ ДЕРЕВА

Д. Г. ШИМКОВИЧ

Московский государственный университет леса

Управляющий момент  $M_y$ , создаваемый валочным устройством лесозаготовительной машины и обеспечивающий направленную валку дерева, принято записывать в виде [1, 4]

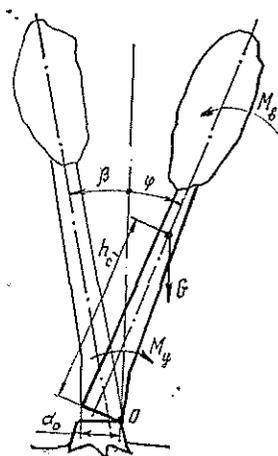
$$M_y = n M_{c0}, \quad (1)$$

где  $n$  — коэффициент запаса управляющего момента,  $n > 1$ ;  
 $M_{c0}$  — максимальный момент сопротивления при валке дерева (без учета сопротивления в перемычке недопила),

$$M_{c0} = G \left( \frac{d_0}{2} + h_c \sin \beta \right) + M_v;$$

$G$ ,  $d_0$ ,  $h_c$ ,  $\beta$  — соответственно сила тяжести, диаметр в плоскости среза, высота центра тяжести и угол отрицательного наклона расчетного дерева (см. рисунок);

$M_v$  — момент от ветровой нагрузки.



Экспериментально установлено [4], что оптимальные значения угловой скорости  $\omega_0$  поворота дерева перед началом его свободного падения (в конце периода работы валочного устройства) составляют 0,10... 0,16 1/с, что обеспечивает направленную валку дерева без скола у комля. Этот факт можно использовать для определения коэффициента запаса  $n$  управляющего момента.

Запишем уравнение поворота дерева относительно перемычки недопила (точка  $O$  на рисунке) в процессе работы валочного устройства ( $\cos \varphi \approx 1$ ):

$$I_0 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_y - G \frac{d_0}{2} + Gh_c \sin \varphi - M_b \quad (2)$$

или

$$I_0 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_y - \left( G \frac{d_0}{2} + Gh_c \sin \beta + M_b \right) + Gh_c (\sin \varphi + \sin \beta),$$

где  $I_0$  — момент инерции дерева относительно точки  $O$ ;

$\varphi$  — текущий угол поворота дерева, отсчитываемый от вертикали.

Учитывая соотношение (1), а также малость углов  $\varphi$  и  $\beta$  преобразуем последнее уравнение к виду

$$I_0 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_{c0} (n - 1) + Gh_c (\varphi + \beta). \quad (3)$$

Примем следующую схему валки дерева. В процессе срезания поддерживается минимальный управляющий момент, обеспечивающий беззажимность пиления до некоторой малой величины перемычки недопила без поворота дерева; после этого создается управляющий постоянный момент  $M_y = nM_{c0}$  ( $n = \text{const}$ ), под действием которого дерево поворачивается на угол  $\varphi_0$  начала свободного падения. Момент от верховой нагрузки в течение указанного периода принимаем постоянным.

Угол  $\varphi_0$  определяем из формулы (2) при  $\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = 0$  и  $M_y = 0$ :

$$\sin \varphi_0 = \frac{G \frac{d_0}{2} + M_b}{Gh_c} = \frac{M_{c0} - Gh_c \sin \beta}{Gh_c} = \frac{M_{c0}}{Gh_c} - \sin \beta$$

или (ввиду малости углов  $\varphi_0$  и  $\beta$ )

$$\varphi_0 = \frac{M_{c0}}{Gh_c} = \beta. \quad (4)$$

Общее решение уравнения (3) имеет вид

$$\varphi = C_1 e^{at} + C_2 e^{-at} - \frac{M_{c0}(n-1)}{Gh_c} - \beta, \quad (5)$$

где  $a = \sqrt{\frac{Gh_c}{I_0}}$ .

Константы  $C_1$  и  $C_2$  определяются из начальных условий при  $t = 0$ :

$$\varphi = -\beta; \quad \dot{\varphi} = 0,$$

что дает

$$C_1 = C_2 = \frac{M_{c0}(n-1)}{2Gh_c}.$$

Подставляя выражение для  $C_1$  и  $C_2$  в (5) и переходя к гиперболическим функциям, получаем

$$\varphi = \frac{M_{c0}(n-1)}{Gh_c} (\operatorname{ch} at - 1) - \beta. \quad (6)$$

Из уравнения (6) можно найти время  $t_0$  поворота дерева от угла  $\varphi = -\beta$  до  $\varphi = \varphi_0 = \frac{M_{c0}}{Gh_c} - \beta$ .

Расчетное уравнение имеет вид

$$\frac{M_{c0}}{Gh_c} - \beta = \frac{M_{c0}(n-1)}{Gh_c} (\operatorname{ch} at_0 - 1) - \beta,$$

откуда

$$\operatorname{ch} at_0 = \frac{n}{n-1} \quad (7)$$

или

$$t_0 = \frac{1}{a} \operatorname{arch} \frac{n}{n-1}.$$

Из (6) находим также угловую скорость дерева в момент  $t_0$ :

$$\omega_0 = \left. \frac{d\varphi}{dt} \right|_{t=t_0} = \frac{M_{c0}(n-1)a}{Gh_c} \operatorname{sh} at_0.$$

Учитывая, что

$$\operatorname{sh} at_0 = \sqrt{\operatorname{ch}^2 at_0 - 1} = \frac{\sqrt{2n-1}}{n-1},$$

получаем.

$$\omega_0 = \frac{M_{c0}a\sqrt{2n-1}}{Gh_c}. \quad (8)$$

Отсюда требуемый коэффициент запаса  $n$  управляющего момента для сообщения дереву заданной угловой скорости  $\omega_0$  перед началом свободного падения ( $\varphi = \varphi_0$ ) равен

$$n = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{\omega_0 Gh_c}{a M_{c0}} \right)^2 \right]. \quad (9)$$

Момент  $M_{c0}$  — величина случайная, так как зависит от угла  $\beta$  и момента ветровой нагрузки  $M_v$ . Соответственно  $n$  является случайной функцией  $n = f(M_{c0})$  момента  $M_{c0}$ .

Обозначая через  $\langle M_{c0} \rangle$  и  $\sigma_M$  математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение момента  $M_{c0}$ , по методу линеаризации [2] находим с помощью (9) математическое ожидание (среднее значение) коэффициента запаса

$$\langle n \rangle = f(\langle M_{c0} \rangle) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{\omega_0 Gh_c}{a \langle M_{c0} \rangle} \right)^2 \right] \quad (10)$$

и его среднее квадратичное отклонение

$$\sigma_n = |f'(\langle M_{c0} \rangle)| \sigma_M = \frac{\sigma_M}{\langle M_{c0} \rangle^3} \left( \frac{\omega_0 G h_c}{a} \right)^2. \quad (11)$$

Если принять, что  $M_{c0}$  распределен по нормальному закону и известны его минимальное  $M_{c0}^{\min}$  и максимальное  $M_{c0}^{\max}$  значения, то числовые характеристики  $M_{c0}$  можно оценить по формулам, вытекающим из правила «трех сигм» [2]:

$$\begin{aligned} \langle M_{c0} \rangle &\approx \frac{M_{c0}^{\min} + M_{c0}^{\max}}{2}; \\ \sigma_M &\approx \frac{M_{c0}^{\max} - M_{c0}^{\min}}{6}. \end{aligned} \quad (12)$$

Рассмотрим числовой пример. Параметры расчетного дерева: порода — ель; диаметр дерева на высоте 1,3 м  $d = 46$  см, у комля  $d_0 = 58$  см;  $H = 28$  м; масса дерева  $m = 2330$  кг;  $I_0 = 0,21 m H^2 = 0,21 \cdot 2330 \cdot 28^2 = 3,84 \cdot 10^5$  кг · м<sup>2</sup>;  $h_c = 0,4H = 11,2$  м;  $G = 2330 \times 9,81 = 22,9$  кН.

При скорости ветра  $v$ , равной 2, 4, 6, 8 и 10 м/с, момент ветровой нагрузки  $M_v$  составляет соответственно 1,1; 4,1; 8,6; 14,2 и 20,5 кН · м. Значения момента  $M_{c0}$  при  $\beta$  от 0 до 5° и  $v$  от 0 до 10 м/с, допускаемых правилами техники безопасности при работе лесозаготовительных машин, приведены в таблице.

$v$ , м/с	Значения $M_{c0}$ , кН · м, при $\beta$ , град					
	0	1	2	3	4	5
0	6,63	11,1	15,6	20,0	24,5	28,9
2	7,73	12,2	16,7	21,1	25,6	30,0
4	10,70	15,2	19,7	24,1	28,6	33,0
6	15,20	19,7	24,2	28,6	33,2	37,5
8	20,80	25,3	29,8	34,2	38,7	43,2
10	27,10	31,6	36,1	40,5	44,9	49,4

Как видим из таблицы,  $M_{c0}^{\min} = 6,63$  кН · м,  $M_{c0}^{\max} = 49,4$  кН · м. По формулам (12) вычисляем

$$\begin{aligned} \langle M_{c0} \rangle &= (6,63 + 49,4)/2 = 28,0 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ \sigma_M &= (49,4 - 6,63)/6 = 7,1 \text{ кН} \cdot \text{м}, \end{aligned}$$

а по формулам (5), (10), (11), принимая  $\omega_0 = 0,12$  1/с;  $G h_c = 22,9 \times 11,2 = 256,5$  кН · м, находим

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{\frac{G h_c}{I_0}} = \sqrt{\frac{256,5 \cdot 10^3}{3,84 \cdot 10^5}} = 0,817 \text{ 1/с}; \\ \langle n \rangle &= \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{0,12 \cdot 256,5}{0,817 \cdot 28,0} \right)^2 \right] = 1,40; \\ \sigma_n &= \frac{7,1}{28,0^3} \left( \frac{0,12 \cdot 256,5}{0,817} \right)^2 = 0,46. \end{aligned}$$

Таким образом, для обеспечения с вероятностью 0,5 направленной валки расчетного дерева с угловой скоростью  $\omega_0 = 0,12$  1/с в указанных условиях ( $\beta$  до 5°,  $v$  до 10 м/с) требуется управляющий момент валочного устройства

$$M_y = \langle n \rangle \langle M_{c0} \rangle = 1,4 \cdot 28,0 = 39,2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления перемычки недопила  $M_{\text{пер}}$  можно рассчитать по формулам, приведенным в [4, 5] или увеличить коэффициент запаса  $\langle n \rangle$  на 0,10...0,15, поскольку  $M_{\text{пер}} \approx (0,10 \dots 0,15) M_{\text{с0}}$  [3].

Из формулы (8) следует, что в случае  $M_y = \text{const}$  ( $n = \text{const} \geq 1$ ) скорость  $\omega_0$  при  $\varphi = \varphi_0$  не может быть меньше предельного значения  $\omega_{0 \text{ lim}}$ , соответствующего  $M_y = M_{\text{с0}}$  ( $n = 1$ ):  $\omega_{0 \text{ lim}} = M_{\text{с0}} a / (Gh_c)$ . Так, для рассмотренного примера при  $M_{\text{с0}} = 28,0 \text{ кН} \cdot \text{м}$

$$\omega_0 \geq \omega_{0 \text{ lim}} = \frac{M_{\text{с0}} a}{Gh_c} = \frac{28,0 \cdot 0,817}{256,5} = 0,089 \text{ 1/с.}$$

Существование минимального значения угловой скорости дерева  $\omega_{0 \text{ lim}}$  при  $M_y = \text{const} = M_{\text{с0}}$  объясняется тем, что в процессе поворота дерева момент сопротивления с ростом угла  $\varphi$  уменьшается по сравнению с  $M_{\text{с0}}$ , а  $M_y = \text{const}$ ; работа разности этих моментов идет на соопещение кинетической энергии дереву.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Барниов К. М., Александров В. А. Проектирование лесопромышленного оборудования: Учеб. пособие.—Л.: Изд-во ЛГУ, 1988.—240 с. [2]. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения.—М.: Наука, 1988.—480 с. [3]. Кочегаров В. Г., Бит Ю. А., Меньшиков В. М. Технология и машины лесосечных работ.—М.: Лесн. пром-сть, 1990.—392 с. [4]. Л ю м а н о в Р. Машинная валка леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1990.—280 с. [5]. П о л и щ у к А. П. Валка леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1964.—232 с.

Поступила 12 апреля 1993 г.

УДК 630\*37 : 630\*383

## ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Р. Н. КОВАЛЕВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Лесное хозяйство — это большая система, в которой тесно взаимосвязаны все элементы. Одним из них является транспортная система лесного предприятия (ТСЛП). При частном решении ее необходимо знать прямые и косвенные, близкие по времени и отдаленные последствия для основного лесохозяйственного производства.

Ранее, на основе принятой у нас сугубо сырьевой направленности лесопользования, лесные дороги проектировали в основном в расчете на освоение лесных массивов с приспевающими и спелыми насаждениями, без учета уровня систем лесное хозяйство — природопользование. При обосновании эффективности проектных решений превалировал технико-экономический подход, при котором за основной показатель принимали минимум приведенных капитальных и эксплуатационных затрат на вывозке леса. Такой подход привел к неоправданным экономическим потерям, не говоря уже об экологических. Лесная отрасль столкнулась сейчас с кризисной ситуацией, проявляющейся в необходимости резкого наращивания темпов дорожного строительства для вовлечения в хозяйственный оборот по промежуточному пользованию насаждений I—IV классов возраста. Нарастают диспропорции между новым тяжелым подвижным составом и техническим уровнем существующих дорог, ростом средних расстояний и неравномерности вывозки леса и др.

В «Основах лесного законодательства Российской Федерации» сформулированы основные принципы рационального лесопользования [5, ст. 12, разд. II]. В частности, лесное хозяйство должно обеспечивать многоцелевое непрерывное, неистощительное пользование лесным фондом; воспроизводство, улучшение породного состава и качества лесов, повышение их продуктивности, рациональное использование земель лесного фонда и др. Иными словами, главными в лесопользовании с точки зрения лесотранспорта становятся не объемы вывезенной древесины, а разработка и создание ТСЛП с параметрами, обеспечивающими формирование экологически и экономически продуктивных лесов. Это сложная научная проблема, которая ставит перед теорией лесотранспорта ряд новых задач: разностороннее описание ТСЛП с позиции экологии, лесоводства, теории транспортных систем, математического моделирования, теории надежности и др.; многокритериальная оценка эффективности ТСЛП, которая не может быть сделана при традиционном подходе к оптимизации.

Для выявления и анализа параметров ТСЛП, взаимодействия и взаимозависимости между ними и принципов управления качеством функционирования необходимо разработать ее параметрическое описание. Согласно общему принципу теории систем нужно определить следующие характерные черты объекта:

- цель формирования и функционирования системы;
- структура системы;
- связь с внешней средой, взаимное влияние рассматриваемой системы и внешней среды;
- результаты функционирования системы.

Сформулированная цель позволяет определить показатели эффективности функционирования системы. Лучшим является решение, которое в максимальной степени способствует достижению поставленной цели. Но ТСЛП, с одной стороны, это элемент предприятия, ведущего рациональное лесопользование, а с другой — условно самостоятельная система с пространственными, технологическими и организационными связями между ее элементами. Это порождает противоречивость оценки. Она формируется из свойств самой системы и в то же время вытекает из потребностей производственной среды, в данном случае лесного предприятия с конкретными природно-производственными условиями. В этом отличие ТСЛП от транспортных систем общего назначения, которые предназначены для выполнения чисто транспортных задач и не имеют технологических функций. Вот почему попытки приложить методы оптимизации транспортных систем общего пользования (например задачи Штейнера) к оптимизации ТСЛП не дали положительного эффекта.

ТСЛП в виде технической системы раскрывает специфику ее функционирования и развития. Наряду с этим ТСЛП как элемент предприятия, ведущего рациональное лесо- и природопользование, представляет собой экологический и экономический объект, который может рассматриваться как неспецифическое основание. Неспецифические (эколого-экономические) основания значимы в пределах выяснения специфических качеств (технических параметров) для выработки критериев их оценки. Законы структурообразования и процессов технической системы, экономические и экологические оценки взаимно дополняют друг друга, и только через их единство на основе системных представлений можно получить многомерную и многофакторную ТСЛП.

С учетом сказанного параметры ТСЛП должны максимально отвечать интересам эксплуатации лесного фонда предприятия, являющегося основой его деятельности. Главная цель лесопользования на современном этапе — формирование высокопродуктивных лесов по всему ком-

плексу его ресурсов. На основе глубоких и разносторонних исследований [4] данную проблему можно решить при полном выполнении региональной системы лесохозяйственных мероприятий (РСЛМ), разработанных на зонально-типологической основе. Отсюда оптимальной следует считать такую ТСЛП, которая обеспечит эффективное выполнение РСЛМ в конкретных природно-производственных условиях того или иного предприятия.

Таким образом, основная цель функционирования ТСЛП может быть сформулирована следующим образом: обеспечить максимальный эколого-экономический эффект при организации и ведении лесного хозяйства на принципах многоцелевого лесопользования. Количественная оценка эффективности ТСЛП, характеризующая степень достижения цели ее функционирования, может быть выражена величиной интегрального эколого-экономического эффекта ( $ИЭ$ )

$$ИЭ = \frac{\Pi^T}{ПЗ^T} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $ПЗ^T$  — приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛП или ее реконструкцию за время  $T$ ;  
 $\Pi^T$  — потери в лесном хозяйстве от бездорожья за плановый период  $T$ ,

$$\Pi^T = f [(1 - K_n) S_n]; \quad (2)$$

$K_n$  — коэффициент уровня развития транспортной сети,

$$K_n = 200 \sum_{n=1}^m \sum_{k=1}^t \sum_{j=1}^p \frac{l_{nk} d_{nkj}}{S_n} \leq 1; \quad (3)$$

$l_{nk}$  — протяженность  $n$ -х основных технологических путей за  $k$ -й плановый период, км;

$d_{nkj}$  — протяженность  $j$ -х первичных технологических путей по  $n$ -му основному технологическому пути за  $k$ -й плановый период, км;

$S_n$  — площадь лесного фонда, пригодная к эксплуатации, га.

Транспортная система лесного предприятия, параметры которой соответствуют максимуму  $ИЭ$ , обеспечит максимальную продуктивность лесного фонда за плановый период, примерно равный обороту рубки главной породы. Если исходить из тезиса, что наиболее экологически устойчивы самые продуктивные древостои [4], то показатель эффективности  $ИЭ$  можно считать неспецифической экологической оценкой эффективности ТСЛП.

Анализ функционала (1) показывает, что параметром ТСЛП, определяющим эколого-экономический эффект от ее реализации в системе лесопользования, является густота транспортной сети и технический уровень ее элементов, определяющий производительность ТСЛП и затраты на ее создание. Именно густота транспортной сети  $\Delta_{уд}$  определяет интенсивность лесопользования и позволяет реализовать РСЛМ в условиях предприятия. Эту величину находят по формуле

$$\Delta_{уд} = 1000 \frac{\Sigma l_{о.т.п}}{S_n}, \quad (4)$$

где  $\Sigma l_{о.т.п}$  — протяженность основных технологических путей, км.

В связи с требованием о рациональном использовании земель лесного фонда [5] целесообразно ввести такой критерий эффективности ТСЛП, как экологическая густота транспортной сети:

$$\Delta_{уд}^{\circ} = \frac{\Sigma I_{о.т.п.}}{S_{л}}, \quad (5)$$

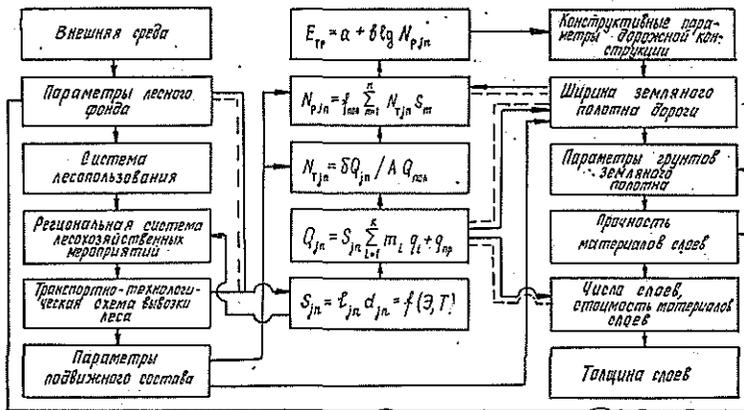
где  $S_{л}$  — площадь лесных земель, изымаемых под дороги, га, или их эколого-экономическая ценность.

Введение в целевую функцию параметра, оценивающего густоту транспортной сети, отодвигает на второй план такой важнейший показатель, как годовой грузооборот ТСЛП, делая его производным от густоты. В связи с этим в первую очередь необходима оптимизация ТСЛП по густоте транспортной сети, а все остальные проектные параметры (в рамках ограничений на расчетную лесосеку) уже зависят от нее.

При ориентации на значительное увеличение густоты транспортных путей, а значит и их суммарной протяженности, растет  $\Delta_{уд}$ , но не улучшается показатель  $\Delta_{уд}^{\circ}$ . Разрешить это противоречие можно с помощью проверенного на практике метода размещения технологических путей по квартальным просекам. Например, для доведения густоты транспортной сети до 38 м/га (уровень Германии) необходимо на территории лесного фонда площадью 10 000 км<sup>2</sup> изъять (в случае отклонения от квартальной сети) из лесопroduцирующей площади под дорожные просеки 20...25 тыс. га лесных земель, что равноценно убыткам 6...8 млрд р. (в ценах II квартала 1993 г.).

Поскольку в России и других странах СНГ исторически сложилась квартальная сеть огромной протяженности (разной степени густоты и капиталности), то очевидна экологическая целесообразность ее использования для транспортных целей.

Параметры первичных технологических путей (трелевочные волокна, технологические коридоры) определяются главным образом внешней средой (типами леса) и параметрами трелевочных средств. На основании последних можно рассчитать рациональную дальность трелевки из экологического критерия — максимально допустимого числа проходов



Параметрическая модель ТСЛП:  $N_{тjn}$ ,  $N_{рjn}$  — техническая и приведенная расчетные интенсивности движения транспортных средств;  $\delta$  — коэффициент, учитывающий движение порожняка по грузовой полосе;  $A$  — число дней работы дороги в весенне-летний период;  $Q_{пол}$  — полезная нагрузка на автопоезд;  $f_{пол}$  — коэффициент, учитывающий число полос движения;  $S_m$  — суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортных средств различных марок к расчетной нагрузке;  $a$ ,  $b$  — коэффициент линеаризации; сплошными линиями показаны статические связи, штриховыми — динамические

транспортного средства по одному следу из условия сохранения верхних горизонтов почвы и корневой системы деревьев при рубках промежуточного пользования [2].

Исходя из отмеченных принципов и подходов разработана параметрическая модель ТСЛП, отражающая ее связь с внешней средой, а также внутренние связи в системе с выходом на основные параметры дорожных конструкций транспортных путей различной иерархии. В укрупненном виде модель приведена на рисунке. Поставленная цель — обеспечение максимальной продуктивности древостоев, оцениваемой интегральным эколого-экономическим эффектом в динамике, — реализуется через связь согласованных параметров лесоводственной и транспортной подсистемой в рамках лесной типологии и вытекающих отсюда РСЛМ. В частности, модель дает функциональную связь параметров дорожных конструкций с параметрами лесного фонда через расчетную формулу [1]

$$Q_n = 0,01 l_{jn} d_{jn} \left( \sum_{i=1}^k m_i q_i + \frac{0,8 m_{сп} \gamma_{л}}{n_{об}} + 100 q_{пр} \right), \quad (6)$$

- где  $Q_n$  — расчетный годовой грузооборот  $n$ -го транспортного пути, т;  
 $l_{jn}$  — длина  $n$ -го транспортного пути с  $j$  тяготеющими к нему кварталами, км;  
 $d_{jn}$  — расстояние подвозки древесины к  $n$ -му пути от  $j$ -го квартала, км;  
 $m_i$  — доля площадей, занятых лесом различных классов возраста, %;  
 $q_i$  — расчетная грузоотдача  $i$ -х лесных площадей по промежуточному пользованию, т/га;  
 $m_{сп}$  — доля спелых и перестойных насаждений в зоне тяготения, %;  
 $\gamma_{л}$  — ликвидный запас древесины на лесосеках главного пользования, м<sup>3</sup>/га;  
 $n_{об}$  — период вырубki запасов спелого и перестойного леса, лет;  
 $q_{пр}$  — грузоотдача по перевозке прочих нелесных грузов, т/га.

Данная модель может служить основой для разработки оптимизационной модели ТСЛП на основе векторного критерия оптимизации, а также для решения ряда частных задач.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ильин Б. А. Об основных принципах транспортного освоения сырьевых баз комплексных лесных предприятий // Комплексная механизация лесозаготовок и транспорт леса: Межвуз. сб. науч. тр.—Л., 1986.—С. 20—27. [2]. Ковалев Р. Н. Обоснование рациональной дальности первичной вывозки древесины на основе экологических критериев // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: Межвуз. сб. науч. тр.—Л., 1993.—С. 56—59. [3]. Ковалев Р. Н., Хлюстов В. К. Экологический подход к формированию рациональной структуры и стадийному развитию транспортной сети лесных предприятий // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: Межвуз. сб. науч. тр.—Л., 1992.—С. 64—68. [4]. Лесное хозяйство на рубеже XXI века. Мировой лесной конгресс. Париж, т. 1.—М., 1991.—315 с. [5]. Основы лесного законодательства Российской Федерации // Российск. газ.—1993.—17 апр.

Поступила 1 июня 1993 г.

УДК 556.536

## НАТУРНОЕ ПОДОБИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В. Е. СЕРГУТИН

Красноярский инженерно-строительный институт

Геометрическое подобие открытых речных, в том числе лесосплавных и судоходных, потоков не влечет за собой подобия элементов гидравлики и морфометрии. Так, относительная ширина, различная для рек разной водности и условий протекания, зависит от многих факторов вплоть до размера частиц взвешенных наносов. Это отражено во многих источниках, например [2, 6]. Моделирование, при котором условия подобия получены с использованием морфометрических зависимостей, называется натурным. Его основы заложены М. А. Великановым [1]. Суть моделирования состоит в том, что естественные реки малых размеров могут рассматриваться как модели крупных потоков. В Среднеазиатском НИИ ирригации в 1978—1985 гг. был выполнен цикл лабораторных исследований. Опыты, проведенные в разных масштабах, показали, что при искажении последних невозможно достичь подобия руслового процесса на модели и в натуре.

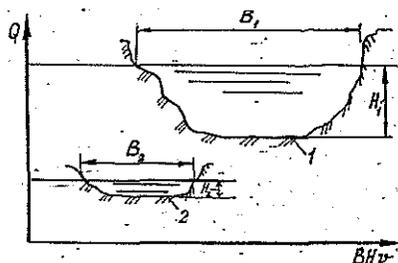


Рис. 1. Гидравлическая аналогия  
натурного (1) и модельного (2)  
потоков

В данной статье приняты обозначения:

$Q, B*H*v$  — соответственно фактический и фиктивный расход открытого потока;

$B, H$  — наибольшая ширина и глубина потока (рис. 1);

$v$  — средняя скорость потока,  $v = Q/\omega$ ;

$\omega$  — площадь поперечного сечения потока;

$h$  — средняя глубина,  $h = \omega/B$ ;

$\varepsilon$  — показатель формы сечения,  $\varepsilon = H/h$ ;

$W$  — объем стока за время  $t$ ;

$\gamma$  — плотность воды;

$p$  — гидравлическая обеспеченность расхода,  $p = [m/(n + 1)] 100 \%$ ;

$m, n$  — порядковый номер в ряду наблюдений, составленном в убывающем порядке, и число членов ряда (СНиП 2.01.14—83).

Связь между  $Q$  и  $B*H*v$  показана на рис. 2 [4—6]. Она выражается формулой

$$\frac{Q}{B*H*v} = \text{idem} = K. \quad (1)$$

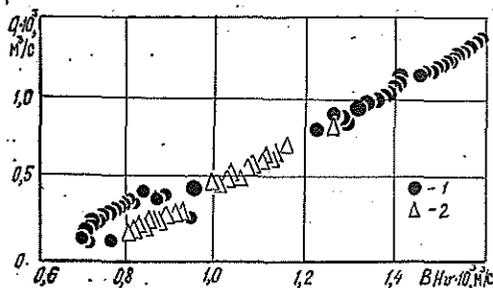


Рис. 2. Исходные данные по натурному подобию для гидравлического моделирования. Характерный пример по р. Иртыш: 1 — с. Аблакетка (расстояние от устья 3068 км, площадь водосбора 147 000 км<sup>2</sup>); 2 — с. Камышенка (3414 км, 113 000 км<sup>2</sup>)

Постоянство этого отношения при разных уровнях и расходах до выхода потока на пойму дает основание считать, что гидравлически подобны два потока, у которых отношение расходов  $Q$  и  $BHv$  одинаково. Это служит основой для натурального естественного подобия:

$$\left(\frac{Q}{BHv}\right)_1 = \left(\frac{Q}{BHv}\right)_2, \quad (2)$$

где индексы 1 и 2 относятся соответственно к аналогу, принятому за образец, и к лабораторной модели. Не вызывает сомнения тождество или пропорциональность расхода воды и ее массы  $Q \sim \gamma W$ , поэтому моделирование по расходу, как и по Фруду ( $v^2/gh = \text{idem}$ ), основывается на учете силы тяжести как главной действующей силы. В развитие сказанного получим связи между элементами натурального аналога и лабораторного модельного потока:

$$\left. \begin{aligned} \frac{B_2}{B_1} &= \frac{(Hv)_1}{(Hv)_2} \frac{Q_2}{Q_1}; \\ \frac{H_2}{H_1} &= \frac{(Bv)_1}{(Bv)_2} \frac{Q_2}{Q_1}; \\ \frac{v_2}{v_1} &= \frac{(BH)_1}{(BH)_2} \frac{Q_2}{Q_1}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

откуда искомые величины для модели

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= \left[ \frac{(Hv)_1}{(Hv)_2} \frac{Q_2}{Q_1} \right] B_1; \\ H_2 &= \left[ \frac{(Bv)_1}{(Bv)_2} \frac{Q_2}{Q_1} \right] H_1; \\ v_2 &= \left[ \frac{(BH)_1}{(BH)_2} \frac{Q_2}{Q_1} \right] v_1. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Новые элементы морфометрии русла  $B$  и  $H$  и гидравлики потока  $v$  должны соответствовать новым относительной его ширине  $B/h$  и форме сечения  $\epsilon$  которые определяются по натурным данным аналога при расходе, равном выбранному  $Q_1$ .

При графическом решении вначале строят гидрограф стока естественной реки (аналога) для года заданной водности, затем назначают гидрологическую обеспеченность расхода  $p$ , %, которая позволяет на гидрографе выбрать его расчетную величину. Далее находят связь между фактическими и фиктивными расходами, прямолинейная аппроксимация которой должна служить основанием для расчета ширины, максимальной глубины в сечении и наибольшей поверхностной скорости потока. Вычисленные параметры дают возможность определить и схематизированную площадь живого сечения нового потока на модели.

$$\omega_2 = [1/(\epsilon_2 + 1)](BH)_2,$$

а затем — среднюю скорость  $(Q/\omega)_2$  и среднюю глубину  $(\omega/B)_2$ . Показатель формы сечения  $\epsilon = H/h - 1$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Великанов М. А. Морфометрия равнинных рек как основа моделирования руслового процесса // Тр. III Всесоюз. гидрологического съезда.—Л., 1960.—Т. 5.—С. 262—270. [2]. Знаменская Н. С. Противоречия в области моделирования // Донные наносы и русловые процессы.—Л.: Гидрометеиздат, 1976.—С. 192. [3]. Сергутин В. Е. Эмпирические связи фактических и фиктивных расходов для рек Ангаро-Енисейского бассейна // Энергетика.—1976.—№ 6.—С. 103—109.—(Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Сергутин В. Е. О гидравлико-гидрологическом способе измерения расхода открытых потоков // Метеорология и гидрология.—1976.—№ 6.—С. 72—76. [5]. Сергутин В. Е. Приближенный способ измерения расхода воды в речном потоке // Лесн. журн.—1978.—№ 2.—С. 61—68.—(Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Штеренлихт Д. В. Основы моделирования гидравлических явлений. // Гидравлика.—М.: Энергоатомиздат, 1984.—С. 581.

Поступила 12 мая 1992 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.887

К РАСЧЕТУ ОРТОТРОПНОЙ ВТУЛКИ  
РАВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕМУ ДАВЛЕНИЮ

Ю. Ф. ЧЕРНЫШЕВ, И. А. ЗЫРЯНОВ

Красноярский политехнический институт

В деревообрабатывающих станках часто применяют успокоители цепей и различного рода направляющие устройства, где имеются узлы трения, в которых используют различного рода антифрикционные материалы (чаще всего неметаллические). Для обеспечения надежной посадки антифрикционных колец на металлические стержни их обычно прессовывают с помощью горячей посадки.

Расчетной схемой для антифрикционной толстостенной трубы в этом случае является кольцо, нагруженное внутренним давлением. У таких толстостенных цилиндров при действии на них внутреннего давления опасным считается внутренний слой, так как там возникают наибольшие нормальные напряжения в тангенциальном направлении, в основном и определяющие их прочность. Главные напряжения в этом слое вычисляют по известным формулам Г. Ламе [4]

$$\sigma_1 = \sigma_\theta = \frac{p(1+C^2)}{1-C^2}; \quad \sigma_3 = \sigma_r = -p.$$

Здесь  $\sigma_\theta$ ,  $\sigma_r$  — нормальные напряжения соответственно в тангенциальном и радиальном направлениях цилиндра;

$C = r_2/r_1$  — относительный геометрический размер, равный отношению внутреннего радиуса цилиндра  $r_2$  к наружному  $r_1$ ;

$p$  — величина внутреннего давления на цилиндр.

Эквивалентные напряжения находят по теории наибольших касательных напряжений

$$\sigma_{\text{экр}}^I = \sigma_1 - \sigma_3. \quad (1)$$

Подставляя сюда приведенные выше выражения для  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  получаем после преобразований

$$\sigma_{\text{экр}}^I = \frac{2p}{1-C^2}. \quad (2)$$

Известно, что внутреннее давление, воспринимаемое цилиндром без возникновения пластических деформаций, не может быть больше значения  $\sigma_t/2$  (по теории наибольших касательных напряжений) или  $0,57 \sigma_t$  (по критерию удельной потенциальной энергии формоизменения) [2] как бы мы не увеличивали толщину его стенки ( $\sigma_t$  — предел текучести материала стенок цилиндра). Объясняется это тем, что с возрастанием толщины стенки нормальные напряжения в тангенциальном направлении  $\sigma_\theta$  быстро убывают, и материал наружных слоев работает малоэффективно.

Разгрузить внутренние слои можно за счет более интенсивного использования наружных. Для этого цилиндр делают составным из двух

частей, надевая одну из них на другую с определенным натягом (обычно с помощью горячей посадки). В таких цилиндрах величина допускаемого внутреннего давления может быть значительно увеличена по сравнению с цельным.

Используя условие равнопрочности внутреннего и внешнего цилиндров, определим эквивалентное напряжение по теории наибольших касательных напряжений с условием Гадолина [1]

$$\sigma_{\text{эkv}}^{\text{II}} = \frac{P}{1-C}. \quad (3)$$

Кроме этого метода, для увеличения несущей способности толстостенного цилиндра может быть применено так называемое автофретирование или автоскрепление, а также азотизация и закалка токами высокой частоты (ТВЧ), позволяющие произвести местное упрочнение материала внутренней поверхности [3]. Эти методы дают такой же (обычно чуть меньший) эффект, как и составные цилиндры.

Несущую способность толстостенного цилиндра можно увеличить за счет изготовления цилиндра со стенкой переменной плотности по радиусу, например металлизированной прессованной древесины (МДП), композитных материалов и др. [5, 7].

В зависимости от технологии изготовления цилиндров контурного прессования ДП-КП при прессовании изнутри или снаружи получают цилиндры, имеющие большую (до 25 %) плотность внутренних или наружных волокон древесины [7]. Если такие цилиндры пропитать легкоплавкими сплавами металлов, то плотности наружных и внутренних волокон будут различаться в 3—4 раза ( $\gamma = 10 \dots 40 \text{ кН/м}^3$ ) [5].

У таких цилиндров как плотность, так и модуль упругости при растяжении и сжатии зависят от радиуса цилиндра.

В общем случае

$$E = E_{\theta} \rho^{\nu},$$

где  $E_{\theta}$ ,  $E$  — модули упругости при растяжении — сжатии соответственно наружного слоя с радиусом  $r_1$  и слоя с текущим радиусом  $r$ ;

$\rho = r/r_1$  — относительный радиус;

$\nu$  — показатель степени, характеризующий изменение модуля упругости по радиусу.

Равнопрочности внутренних и наружных слоев можно добиться за счет распределения соответствующим образом плотности материала цилиндра по радиусу.

В толстостенном цилиндре переменной плотности главные напряжения вычисляются по следующим формулам [6]:

на внутреннем слое

$$\sigma_1 = \sigma_{\theta} = \frac{(a+b)C^{2b} - (a-b)}{1-C^{2b}} p;$$

$$\sigma_2 = \sigma_z = 0; \quad \sigma_3 = \sigma_r = -p;$$

на наружном слое

$$\sigma_1 = \sigma_{\theta} = \frac{2b}{C^{a-b-1}(1-C^{2b})} p;$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_r = \sigma_z = 0.$$

Здесь  $a = \nu/2$ ;

$$b = \frac{\sqrt{\nu^2 + 4(1-\mu\nu)K^2}}{2};$$

$\mu = 0,3$  — коэффициент поперечной деформации;  
 $K = \sqrt{E_0/E_r} = 1$  — коэффициент анизотропии материала стенки цилиндра.

Используя уравнение (1), запишем выражение для определения эквивалентных напряжений по теории наибольших касательных напряжений:

на внутреннем волокне

$$\sigma_{\text{экр}}^{\text{III}} = \frac{(a+b)C^{2b} - (a-b)}{1 - C^{2b}} p + p; \quad (4)$$

на наружном волокне

$$\sigma_{\text{экр}}^{\text{III}} = \frac{(a+b) - (a-b)C^{2b}}{1 - C^{2b}} p. \quad (5)$$

Условие равнопрочности внутреннего и наружного слоев получаем, приравнявая эквивалентные напряжения (4) и (5):

$$\left[ \frac{(a+b)C^{2b} - (a-b)}{1 - C^{2b}} + 1 \right] p = \frac{(a+b) - (a-b)C^{2b}}{1 - C^{2b}} p. \quad (6)$$

В результате численного решения трансцендентного уравнения (6) находим величины  $\nu$  и  $\psi$  ( $\psi$  — отношение плотности внешнего слоя втулки к плотности внутреннего) при относительном геометрическом размере втулки  $C$  от 0,30 до 0,85 включительно.

Затем по формулам (2) — (4) определим эквивалентные напряжения опасных точек следующих толстостенных цилиндров: цельного  $\sigma_{\text{экр}}^{\text{I}}$ , составного  $\sigma_{\text{экр}}^{\text{II}}$  и переменной плотности  $\sigma_{\text{экр}}^{\text{III}}$ .

Результаты сравнительных расчетов  $\nu$ ,  $\psi$ ,  $\sigma_{\text{экр}}^{\text{I}}$ ,  $\sigma_{\text{экр}}^{\text{II}}$ ,  $\sigma_{\text{экр}}^{\text{III}}$  и процентное соотношение трех последних величин сведены в таблицу.

Таким образом, втулка постоянной плотности (цельная и составная) по сравнению с втулкой переменной плотности имеет большее эквивалентное напряжение, изменяющееся соответственно от 110,0 и 36,3 до 16,7 и 8,0 % при изменении относительного геометрического размера  $C$  от 0,30 до 0,85.

Следовательно, ее несущая способность (прочность посадки) будет больше на такую же величину при соотношениях  $C$  и  $\nu$ , приведенных в таблице. Но реально можно изготовить втулки из МДП при  $C$  от 0,60 до 0,85, так как у них плотность наружного слоя не может быть больше плотности внутреннего слоя в четыре раза ( $\psi < 4$ ).

Относительный размер $C$	$\nu$	$\psi$	Эквивалентные напряжения, доли $p$			Расхождение эквивалентных напряжений с $\sigma_{\text{экр}}^{\text{III}}$ , %	
			$\sigma_{\text{экр}}^{\text{I}}$	$\sigma_{\text{экр}}^{\text{II}}$	$\sigma_{\text{экр}}^{\text{III}}$	$\sigma_{\text{экр}}^{\text{I}}$	$\sigma_{\text{экр}}^{\text{II}}$
0,30	3,42	62,50	2,20	1,43	1,05	109,5	36,2
0,40	2,94	14,70	2,38	1,67	1,24	91,9	34,7
0,50	2,64	6,25	2,67	2,00	1,55	72,2	29,0
0,55	2,53	4,54	2,87	2,22	1,76	63,1	26,1
0,60	2,43	3,46	3,13	2,50	2,03	54,2	23,2
0,65	2,36	2,76	3,46	2,86	2,38	45,4	20,2
0,70	2,29	2,26	3,92	3,33	2,85	37,5	16,8
0,75	2,22	1,89	4,57	4,00	3,51	30,2	14,0
0,80	2,17	1,62	5,56	5,00	4,51	23,3	10,9
0,85	2,12	1,41	7,21	6,67	6,17	16,8	8,1

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Биргер И. А., Пановко Я. Г. Прочность, устойчивость, колебания.— М.: Машиностроение, 1968.— Т. II.— 464 с. [2]. Писаренко Г. С. и др. Сопrotивление материалов.— Киев: Выш. шк., 1979.— 694 с. [3]. Пономарев С. Д. и др. Расчеты на прочность в машиностроении.— М.: Машгиз, 1958.— Т. II.— 974 с. [4]. Феодосьев В. И. Сопrotивление материалов.— М.: Наука, 1986.— 512 с. [5]. Чубов Н. И. Металлизированная прессованная древесина.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1975.— 136 с. [6]. Чернышев Ю. Ф. Напряженное состояние ортотропного цилиндра переменной плотности // Лесн. журн.— 1990.— № 6.— С. 71—75.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Шейдт И. А., Пюдик П. Э. Технология производства древесных пластиков и их применение.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 264 с.

Поступила 28 декабря 1992 г.

УДК 674.053

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

Л. В. СЕНЬКЕВИЧ

Архангельский лесотехнический институт

Выбор рациональных параметров фрезерования, обеспечивающих наиболее высокий процент кондиционных фракций технологической щепы, обсуждался в многочисленных экспериментальных и теоретических работах. В экспериментальных исследованиях [4, 6] задача решается методом пробных вариантов и сводится к количественной оценке фракционного состава щепы при тех или иных параметрах резания. Полученные при этом результаты имеют применение, ограниченное диапазоном варьируемых в эксперименте величин. Вместе с тем из рассмотрения исключается процесс образования щепы, что не способствует пониманию механизма отделения элементов щепы и не создает предпосылок целенаправленного изменения варьируемых параметров. Имеющиеся теоретические работы [2] в основном посвящены кинематическому анализу движения лезвия и не вскрывают основных закономерностей образования щепы.

Наиболее полное представление о механизме образования элементов щепы может быть получено при рассмотрении процесса резания, как процесса разрушения древесины под действием напряжений, возникающих в результате внедрения лезвия.

При таком подходе к анализу процесса резания образование элементов щепы может быть представлено в следующей последовательности. При определенной величине внедрения лезвия в области, непосредственно прилегающей к его поверхностям, образуется зона начальных разрушений. Как следует из рассмотрения элементов щепы, эта зона представлена двумя видами: смятие волокон древесины и образование системы трещин, ориентированных вдоль волокон. По мере продвижения лезвия в древесине происходит расширение зоны повреждений, которое сопровождается ростом нагрузки. Рост продолжается до того момента, пока какая-либо из трещин не переходит в режим неустойчивого развития, что соответствует возникновению сквозной трещины с частичным или полным отделением щепы. При этом происходит уменьшение нагрузки, действующей на лезвие, и повторение процесса. Таким образом, процедура расчета процесса резания должна содержать два этапа.

Первый этап состоит в исследовании напряженного состояния в прирезцово́й области и его оценке в смысле наступления предельного состояния, которое в данном случае должно расцениваться как образование начальных трещин.

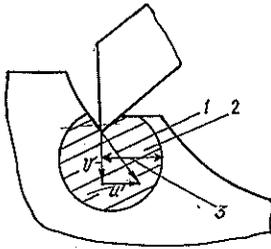


Рис. 1. Расчетная схема: 1 — вектор перемещения лезвия ( $u, v$  — составляющие этого вектора); 2 — область предельного состояния; 3 — начальная длина трещины

Реализация этого этапа требует решения задачи о напряженном состоянии области со свойствами ортогональной анизотропии при заданных перемещениях (рис. 1). Очевидно, что поставленная задача может быть реализована лишь численным методом, в частности методом конечных элементов. При этом существует возможность рассмотрения плоской задачи.

Оценка напряженного состояния и определение границы области повреждений (размер начальных трещин) требуют выбора критерия перехода материала в запредельное состояние. Сложность данной задачи состоит в том, что понятие предельного состояния древесины объединяет многообразные явления и процессы различной физической природы, зависящие от различных факторов. В рассматриваемом случае с достаточной точностью можно полагать, что все виды повреждений так или иначе приводят к образованию трещин. При этом критерий наступления предельного состояния какой-либо точки может быть использован в виде [1]

$$\frac{\sigma_x^2}{\sigma_a^2} + \frac{\sigma_y^2}{\sigma_r^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{\tau_{ar}^2} - \frac{\sigma_x \sigma_y}{\sigma_a \sigma_r} = 1, \quad (1)$$

где  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  — компоненты напряжений в главных осях анизотропии (ось  $x$  совпадает с направлением волокон);

$\sigma_a, \sigma_r$  — пределы прочности древесины соответственно вдоль и поперек волокон;

$\tau_{ar}$  — предел прочности древесины на сдвиг в плоскости  $xy$ .

Второй этап расчета состоит в оценке состояния трещин. Следуя методам механики разрушения [3], будем полагать, что трещина переходит в неустойчивый режим развития, если выполняется равенство

$$\frac{K_I}{K_{Ic}} + \frac{K_{II}}{K_{IIc}} = 1, \quad (2)$$

где  $K_I, K_{II}$  — коэффициенты интенсивности напряжений соответственно нормального отрыва и поперечного сдвига;

$K_{Ic}, K_{IIc}$  — вязкость разрушения древесины (механические характеристики).

Учитывая, что размеры трещин в устойчивом состоянии малы по сравнению с размерами элементов щепы, используем при определении  $K_I$  и  $K_{II}$  решение задачи для тела с краевой трещиной [5]

$$\left. \begin{aligned} K_I &= \sigma_y \sqrt{\pi l}; \\ K_{II} &= \tau_{xy} \sqrt{\pi l}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Здесь  $\sigma_y, \tau_{xy}$  — компоненты напряжений;  
 $l$  — длина трещины.

Если  $\sigma_y < 0$ , то раскрытия трещины не происходит и следует полагать  $K_I = 0$ . Подставляя (3) в (2), получаем критическую длину трещины  $l_{кр}$ , при которой наблюдается отделение элемента щепы или, по крайней мере, расслоение древесины:

$$l_{кр} = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{K_{Ic} K_{IIc}}{\sigma_y K_{Ic} + \tau_{xy} K_{IIc}} \right]^2 \quad (4)$$

Таким образом, в принятом подходе предполагают следующий порядок расчета. При любом малом внедрении лезвия определяют методом конечных элементов напряженное состояние древесины. По формуле (1) для каждого элемента производят оценку напряженного состояния. Если ни для одного элемента, расположенного в прирезцовой зоне, условие (1) не выполняется, то увеличивают внедрение лезвия и повторяют расчет напряжений, пока не образуется непрерывная область предельного состояния непосредственно у лезвия резца. Размер этой области в направлении волокон (рис. 1) предполагается равным начальной длине трещины  $l_n$ . Критическую длину трещины (4) вычисляют при значениях напряжений, соответствующих элементам, которые расположены на границе области предельного состояния. Если  $l_n < l_{кр}$ , то производят увеличение внедрения и расчет повторяют.

Положение трещины, оказавшейся в неустойчивом состоянии, определяет толщину отделяемой щепы, а силы, действующие на поверхности лезвия в данный момент времени (рис. 2), являются наибольшими и вычисляются по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} P_\sigma &= \int_0^S \sigma dS; & P'_\sigma &= \int_0^{S'} \sigma' dS'; \\ P_\tau &= \int_0^S \tau dS; & P'_\tau &= \int_0^{S'} \tau' dS', \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

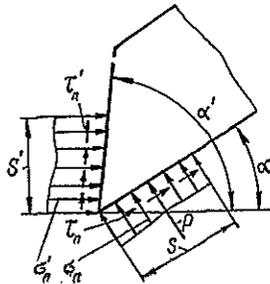
где  $P_\sigma$  и  $P_\tau$ ,  $P'_\sigma$  и  $P'_\tau$  — нормальная и касательная силы, действующие соответственно по задней и передней поверхностям лезвия;

$S$ ,  $S'$  — размер площадки контакта соответственно задней и передней поверхностей лезвия с древесиной;

$\sigma$  и  $\tau$ ,  $\sigma'$  и  $\tau'$  — нормальные и касательные напряжения соответственно на передней и задней поверхностях лезвия,

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \sigma_x \cos^2 \alpha + \tau_{xy} \sin 2\alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha; \\ \tau &= \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{xy} \cos 2\alpha, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Рис. 2. Схема действия сил



где  $\alpha$  — угол, составленный осью и соответствующей поверхностью лезвия.

Этот метод расчета процесса резания позволяет учесть ряд факторов (гидротермическое состояние древесины, порода, геометрические параметры резца и др.), не поддающихся учету при других подходах.

Рассмотрим фрезерование древесины с получением технологической щепы малоножевыми торцово-коническими фрезами.

Параметры процесса: максимальный диаметр резания 725 мм; минимальный диаметр резания 465 мм; высота фрезерования  $B = 160$  мм; углы резания  $\gamma = 45^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ; подача на нож  $u_z = 20$  мм; средняя скорость резания  $v = 22$  м/с.

Упругие характеристики рассматриваемой древесины (ель в состоянии воздушно сухой влажности) по данным [1]:  $E_a = 14\,200$  МПа;  $E_r = 590$  МПа;  $E_t = 360$  МПа;  $G_{ar} = 869$  МПа;  $G_{at} = 637$  МПа;  $G_{rt} = 35,8$  МПа;  $\nu_{rt} = 0,43$ ;  $\nu_{ar} = 0,37$ ;  $\nu_{at} = 0,018$ .

Характеристики прочности:  $\sigma_{ar} = 100,5$  МПа;  $\sigma_{ac} = 39$  МПа;  $\sigma_{rp} = 5,02$  МПа;  $\sigma_{rc} = 7,37$  МПа;  $\tau = 6,2$  МПа.

По результатам исследований, проведенных автором, критические коэффициенты интенсивности напряжений нормального отрыва и поперечного сдвига равны соответственно 0,42 и 0,40 МПа  $\cdot$  м<sup>1/2</sup>.

При расчете напряженного состояния используют треугольные элементы с шестью степенями свободы. Наибольший размер элементов в зоне внедрения лезвия составляет 5 мм.

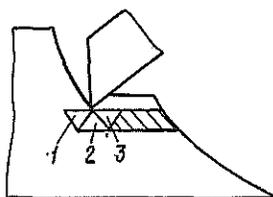


Рис. 3. Область развития трещин (номера позиций соответствуют номерам элементов в таблице)

Расчеты показывают, что впервые область предельного состояния возникает при перемещении лезвия по траектории движения на 0,9 мм. Элементы, испытывающие наибольшие напряжения (рис. 3), расположены непосредственно под режущей кромкой. Значения напряжений в этих элементах представлены в таблице.

Номер элемента	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\tau_{xy}$
	МПа		
1	8,54	—1,50	6,20
2	7,93	—5,70	6,45
3	1,88	—3,08	6,80

Наибольшие растягивающие напряжения  $\sigma_x$ , действующие вдоль волокон, возникают со стороны задней поверхности лезвия (элемент 1). Однако эти напряжения меньше предела прочности древесины на растяжение  $\sigma_a$ , следовательно, разрыва волокон при внедрении лезвия не следует ожидать. Предельное состояние в отмеченных элементах обусловлено в основном касательными напряжениями. Рассматривая поврежденную зону как зону образовавшихся трещин и оценивая их на основании критерия устойчивости  $r$  (2), приходим к выводу, что трещины при данном уровне напряженного состояния могут распространяться

на всю длину отделяемых элементов щепы. Зона образования сквозных трещин показана на рис. 3 штриховой линией. Следует также отметить, что основной механизм распространения трещин—деформация сдвига. Об этом свидетельствуют значения коэффициентов интенсивности напряжений на фронте трещины  $K_I = -0,386 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ ,  $K_{II} = 0,852 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ . Так как  $K_I < 0$ , то в расчете примем  $K_I = 0$ .

Несмотря на образование сквозных трещин, по-видимому, полного отделения элементов щепы в данный момент времени еще не происходит, и процесс можно рассматривать как подготовительный. Это связано с тем, что волокна непосредственно под режущей кромкой еще не разделены. Для осуществления этого акта необходимо дальнейшее внедрение лезвия. Как только совершится перерезание волокон на глубину до первой магистральной трещины, элемент щепы отделится. При этом можно полагать, что возрастание напряжений в области отделяемой щепы не произойдет, так как наличие трещин обеспечивает свободную податливость материала. Рост напряжений возможен лишь в малых объемах древесины, контактирующих с задней поверхностью лезвия.

Анализ процесса образования щепы показывает, что последовательность актов разрушения, приводящих к отделению элементов, зависит от соотношения составляющих  $u$ ,  $v$  вектора перемещения лезвия. Величина этих составляющих определяется кинематическим углом встречи и изменяется по мере перемещения лезвия в древесине. Расчетом установлено, что при одних и тех же значениях перемещений  $u = v = 1$  касательные напряжения  $\tau_{xy}$  от горизонтальной составляющей в 30—40 раз (в зависимости от положения элемента) больше, чем от вертикальной составляющей. При рассмотренном положении лезвия в момент образования зоны предельного состояния  $u = 0,445 \text{ мм}$ ,  $v = 0,782 \text{ мм}$ . Поэтому первоначальной причиной разрушения являются касательные напряжения, и расслоение щепы предшествует ее отделению. При этом зона возможного развития трещин оказывается достаточно обширной, и, следовательно, возможно измельчение щепы.

При другом положении лезвия, например в начале траектории резания, горизонтальное и вертикальное перемещения соответственно составляют 0,160 и 0,885 мм. В критерии наступления предельного состояния определяющими становятся напряжения  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ . Поэтому вначале происходят разрушения, связанные с разделением древесины вдоль волокон.

Таким образом, представленный метод расчета позволяет провести углубленный анализ процесса резания и определить оптимальные параметры, обеспечивающие получение щепы необходимого качества с минимальными затратами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ашкенази Е. К., Ганов Э. В. Анизотропия конструкционных материалов.—Л.: Машиностроение, 1972.—216 с. [2]. Боровиков Е. М., Фефилов Л. А., Шестаков В. В. Лесопиление на агрегатном оборудовании.—М.: Лесн. пром-сть, 1985.—215 с. [3]. Механика разрушения и прочность материалов. Справочное пособие / Под общ. ред. В. В. Панасюка.—Киев: Наукова думка, 1988.—Т. 1.—487 с. [4]. Поромов В. Н. Влияние гидротермического состояния древесины и сучков на силовые характеристики процесса фрезерования // Материалы 4-й науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов.—Архангельск: ЦНИИМОД, 1980.—С. 82—85. [5]. Слепян Л. И. Механика трещин.—Л.: Судостроение, 1981.—295 с. [6]. Шестаков В. В. Исследование фрезерования древесины многоножевыми торцово-коническими фрезами с получением технологической щепы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—М., 1978.—21 с.

УДК 674.048

**БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АНТИСЕПТИКОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРΟΣЛЕЙ**

Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Н. А. КУРБАТОВА, Н. С. РОСТОВЦЕВА

ЦНИИМОД

Токсичность сточных вод, содержащих антисептические препараты, влияющие на естественные процессы самоочищения и фотосинтеза водоемов, можно контролировать экспресс-методом. Метод экономичен, за короткое время с его помощью можно исследовать большое число проб сточной воды на малом объеме суспензии водорослей (10...20 мл). Он основан на определении изменения интенсивности размножения (изменение численности) клеток водорослей под воздействием сточной воды в сравнении с дистиллированной водой.

Для тестирования использовали альгологически чистые, выращенные в стерильных условиях культуры зеленых протококковых водорослей *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Gréb., которые повсеместно распространены в водоемах умеренной зоны России. Данный вид водорослей относится к ценобальным организмам. Ценобии 2-, 4- и реже 8-клеточные имеют строение плоских пластинок. Клетки удлиненно-овальные с закругленными концами, краевые — с двумя отогнутыми наружу шипами. Размеры клеток  $7,0 \times 43,0 \times 2,5 \dots 16,0$  мкм. Оболочка гладкая, трехслойная. На сколах видны три типа поверхностей клеточной стенки: сетчатая, глобулярная и фибриллярная. Средний слой толщиной около 10 нм образован спорополенином, обеспечивающим достаточно высокую устойчивость оболочки к химическому воздействию. Внешний (толщина около 15 нм) и внутренний целлюлозный (20...200 нм) слои придают оболочке механическую прочность. Клеточная стенка покрывает протопласт, где располагается пластинчатый хроматофор, пиреноид, одно ядро и вакуоли. Перед делением клетки увеличиваются. Размножаются они автоспорами. Автоспоры в материнской оболочке располагаются пучком, после освобождения они разворачиваются в пластинки. Иногда вместо ценобиев образуются отдельные клетки.

Водоросли выращивали на искусственной питательной среде Успенского. В ее состав входили, г:  $\text{KNO}_3$  — 2,50;  $\text{MgSO}_4$  — 7,00;  $\text{H}_2\text{O}$  — 2,50;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  — 10,00;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 2,50;  $\text{K}_2\text{CO}_3$  — 3,45. Навеску каждого вещества растворяли в 100 мл дистиллированной воды, приготовленные растворы стерилизовали кипячением в течение 20...30 мин. Перед посевом водорослей колбы обрабатывали сухим жаром (температура 180 °С) в течение 1 ч. На 1 л питательной среды вносили по 1 мл каждого раствора солей в строго определенном, указанном выше, порядке, чтобы избежать образования осадка, и добавляли 1—2 капли 1 %-го раствора  $\text{FeCl}_3$ . Альгологически чистую культуру водорослей для посева вносили в количестве, достаточном для образования светло-зеленого окрашивания. После посева колбу закрывали стерильной ватно-марлевой пробкой. Водоросли культивировали при освещении лампами дневного света мощностью 20...40 Вт, размещенными на расстоянии 30...40 см от поверхности культуры. Оптимальная температура для выращивания водорослей  $(20 \pm 2)$  °С. Через 7 сут культуру водорослей, нахо-

дующая в стадии экспоненциального роста, отделяли от питательной среды путем отстаивания. Плотность культуры определяли перед постановкой эксперимента путем подсчета численности клеток водорослей под микроскопом «Биолам-Р17» при 300-кратном увеличении в камере Горяева. Численность клеток должна составлять 5...10 млн кл./мл.

Для испытаний на острую токсичность использовали водные растворы антисептиков ЭОК и Катан с концентрацией 2,0 %, а также К-12 — 1,5 %.

При кратковременном биотестировании в течение 96 ч использовали по 100 мл содержащей антисептические препараты сточной воды и дистиллированной воды (контроль). Повторность испытаний — трехкратная. В каждую колбу добавляли такое количество сгущенной культуры водорослей, чтобы исходное содержание клеток составляло 250...300 тыс. кл./мл. Содержимое колб тщательно перемешивали. Испытания проводили при одинаковой температуре и освещенности. Через определенные промежутки времени (1, 3, 4 сут) из колб отбирали по 2 мл проб и проводили подсчет числа живых водорослевых клеток.

Под действием антисептиков зеленая масса водорослей меняла окраску до полного обесцвечивания. В некоторых случаях изменения окраски водорослей не происходило, но они становились более вялыми и легко повреждались. Наблюдая клетки водорослей под микроскопом, можно было обнаружить сравнительно ранний признак поражения — плазмолиз. В клеточной вакуоли содержатся довольно высокие концентрации различных органических и неорганических веществ. Толща протопласта, отделяющая вакуоль от окружения, в нормальном состоянии очень слабо проницаема для этих веществ и сравнительно хорошо — для воды. При этом в клетке создается сильное давление, так как растворенные в вакуоли вещества можно рассматривать как газ, концентрация которого намного выше, чем снаружи. Окружающий вакуоль протопласт удерживает молекулы веществ, оказывая давление на клеточную стенку. Химическое поражение клетки вызывает резкое увеличение проницаемости протопласта, что приводит к потере его упругости и отслаиванию от клеточной стенки. Живые клетки сильно ограничивают проницаемость внутрь органических веществ.

Важнейшим показателем, характеризующим действие антисептика на водоросли, является нарушение процесса их размножения. Цикл деления у многих одноклеточных длится всего лишь несколько часов. Токсический эффект не обязательно проявляется в снижении абсолютной численности живых клеток, так как за время наблюдения осуществляется несколько циклов клеточного деления. Поэтому параллельно с культурой водорослей, выращиваемой на тестируемой пробе воды, в аналогичных условиях закладывается контрольная культура в среде, не содержащей антисептиков. Сравнивая численность обеих культур, можно судить о наличии или отсутствии токсического эффекта. Острое токсическое действие антисептиков на водоросли определяли по формуле

$$A = \frac{(\bar{X}_k - \bar{X}_t) 100}{\bar{X}_k},$$

где  $\bar{X}_k$  — отклонение численности водорослевых клеток, %;  
 $\bar{X}_k$  и  $\bar{X}_t$  — среднее арифметическое значение численности живых водорослевых клеток соответственно в дистиллированной воде и тестируемой воде, содержащей антисептик.

Если отклонение за 1 сут составляет 50 % и более, то тестируемая вода токсична, если 70 % и более — гипертоксична. Если отклонение за

4 сут составляет 50 % и более, то тестируемая вода токсична, если 50 % — то она средней токсичности, если от 25 до 35 % — малой токсичности.

Результаты наблюдений при определении острого токсического действия водных растворов антисептиков обработаны статистически (табл. 1).

Таблица 1

Результаты биотестирования воды с антисептиками  
на острую токсичность водорослей

Антисептик, концентрация $C$ , кратность разбавления (КР)	Продолжительность наблюдения, сут	Среднее арифметическое $\bar{X}$ *	Среднее квадратичное отклонение $\pm \sigma$	Ошибка среднего арифметического $\pm m$	Критерий достоверности $t_d$	Отклонение от контроля, %
Контроль**	1	528	118,05	48,19	—	—
	2	525	113,80	46,45	—	—
	3	668	89,31	36,45	—	—
Катап, $C = 2$ % (20 г/л)	1	427	10,33	4,22	2,09	19,1
	2	298	52,70	21,51	4,43	43,2
	3	236	94,80	38,69	8,13	64,7
Контроль	1	360	116,80	47,80	—	—
	3	527	75,28	30,72	—	—
	4	728	106,29	43,38	—	—
Катап, $C = 0,0001$ % (1 мг/л), КР = $20 \cdot 10^3$	1	337	22,30	9,10	0,47	6,4
	3	397	90,70	37,02	2,70	24,7
	4	550	8,94	3,65	4,09	24,4
Контроль	1	312	26,40	10,77	—	—
	2	423	13,67	5,58	—	—
	3	513	155,13	63,32	—	—
ЭОК, $C = 1$ % (10 г/л)	1	337	52,79	21,55	-2,70	21,0
	2	350	143,67	58,64	1,24	17,0
	3	227	90,70	37,02	3,90	56,0
Контроль	1	403	25,03	10,22	—	—
	4	913	152,50	62,26	—	—
	4	353	43,67	17,82	2,43	12,4
ЭОК, $C = 0,004$ % (0,04 г/л), КР = 250	1	353	43,67	17,82	2,43	12,4
	4	643	53,54	21,85	4,09	29,6
Контроль	1	528	118,05	48,18	—	—
	2	525	113,80	46,45	—	—
	3	668	89,30	36,45	—	—
К = 12, $C = 1,5$ % (15 г/л)	1	288	17,23	7,03	4,93	45,0
	2	433	48,44	19,77	1,82	18,0
	3	322	84,48	34,48	6,90	52,0
Контроль	1	305	16,43	6,71	—	—
	4	650	42,40	17,30	—	—
К = 12, $C = 0,0001875$ % (1,9 мг/л), КР = 8000	1	297	29,40	12,00	0,58	2,6
	4	485	16,43	6,71	8,89	25,4

\* Здесь и далее, в табл. 2, численность водорослей в тыс. кл./мл для шести сеток камеры Горяева.

\*\* Контроль — дистиллированная вода.

О наличии острого токсического действия можно судить по критерию достоверности  $t_d$ . Достоверное снижение прироста численности клеток в тестируемой воде по сравнению с контролем ( $t_d > t_{st}$ ) в течение 4 сут свидетельствует о наличии острого токсического действия антисептиков на водоросли. Критерий Стьюдента  $t_{st} = 2,23$  при уровне значимости 0,05 и степени свободы  $n_k + n_m - 2$ .

Испытания на острую токсичность водных растворов антисептиков позволили определить их минимальные концентрации, при которых они

оказывают токсическое действие на водоросли *Scenedesmus* в течение 4 сут. Для Катана, ЭОК и К-12 они составили соответственно 1,0; 40,0 и 1,9 мг/л. Вода, содержащая антисептические препараты в таких количествах обладала малой токсичностью. Отклонение от контроля не превышало 30 %.

Для установления хронического токсического действия тестируемой воды на водоросли проводили испытания в течение 14 сут. Их целью является нахождение кратности разбавления тестируемой воды, при которой токсическое действие на водоросли не проявляется. Эксперимент осуществляли как в опыте по острой токсичности. Учет численности водорослевых клеток производили через 1, 4, 7, 14 сут. На седьмые сутки от начала биотестирования контрольную и тестируемую воду меняли на свежую. Для этого отбирали по 75 мл свежих проб воды, вносили все необходимые соли для создания питательной среды, затем добавляли по 25 мл хорошо перемешанного содержимого колб после биотестирования в течение первых 7 сут. Проверяли численность водорослевых клеток и продолжали эксперимент еще в течение 7 сут. Через 14 сут тестируемую воду оценивали на хроническое токсическое действие. Результаты наблюдений обрабатывали статистически (табл. 2). Степень токсичности тестируемой воды оценивали по 5-балльной шкале. Результаты биотестирования и степень токсичности приведены в табл. 3.

Статистически недостоверное снижение прироста численности водорослевых клеток в тестируемой воде по сравнению с контролем ( $t_d < < t_{st}$ ) в течение 14 сут свидетельствует об отсутствии токсического

Таблица 2

Результаты биотестирования воды с антисептиками на хроническую токсичность водорослей

Антисептик, концентрация $C$ , кратность разбавления (КР)	Продолжительность наблюдения, сут	Среднее арифметическое, $\bar{X}$	Среднее квадратичное отклонение $\pm \sigma$	Ошибка среднего арифметического $\pm m$	Критерий достоверности $t_d$	Отклонение от контроля, %
Контроль	1	360	116,80	47,80	—	—
	4	728	106,29	43,38	—	—
	7	158	42,62	17,40	—	—
	14	927	163,79	66,85	—	—
Катан, $C = 0,00005$ % (0,5 мг/л), КР = $40 \cdot 10^3$	1	373	21,61	8,82	-0,27	3,6
	4	625	77,90	31,79	1,92	14,6
	7	177	33,75	13,80	-0,86	12,0
	14	883	78,40	32,00	0,59	4,7
Контроль	1	343	20,66	8,43	—	—
	4	500	97,36	39,74	—	—
	7	263	45,02	18,38	—	—
	14	750	116,02	47,35	—	—
ЭОК, $C = 0,002$ % (20 мг/л), КР = 1000	1	333	93,52	38,17	0,26	2,9
	4	540	93,81	38,29	-0,72	8,0
	7	243	67,13	27,40	0,61	7,6
	14	617	149,89	61,18	1,72	17,7
Контроль	1	343	36,70	14,98	—	—
	4	500	109,54	44,71	—	—
	7	263	124,85	50,96	—	—
	14	750	144,64	59,03	—	—
К = 12, $C = 0,000094$ % (0,94 мг/л), КР = $16 \cdot 10^3$	1	353	123,88	50,56	0,19	2,0
	4	463	131,10	53,51	0,53	7,4
	7	170	65,42	26,70	1,62	35,4
	14	747	150,55	61,42	0,03	0,4

Таблица 3

## Шкала оценки токсичности тестируемой воды с использованием водорослей

Баллы	Отклонение численности водорослевых клеток в тестируемой воде по сравнению с контролем	Продолжительность наблюдений, сут	Степень токсичности тестируемой воды
1	Недостаточно ( $t_d < t_{st}$ ) или 10...15 %	14	Не оказывает токсического действия
2	Достаточно ( $t_d > t_{st}$ ) или 15...30 %	< 14	Обладает слабо выраженной токсичностью
3	Достаточно ( $t_d > t_{st}$ ) или 15...30 %	7	Слаботоксична
4	То же или 30...50 % Достаточно ( $t_d > t_{st}$ ) или 50...70 %	< 7 < 4	» Высокотоксична
5	Достаточно ( $t_d > t_{st}$ ) или 50...80 % и более	1	Гипертотоксична

действия воды, содержащей антисептики, на водоросли. Критерий Стьюдента  $t_{st} = 2,23$  при уровне значимости 0,05 и степени свободы  $n_k + n_m - 2$ .

Испытания водных растворов антисептических препаратов позволили определить концентрации, при которых они не оказывают токсического действия на водоросли *Scenedesmus* в течение 14 сут. Для Катана, ЭОК и К-12 они составили соответственно 0,50; 20,00 и 0,94 мг/л.

Полученные данные можно использовать при составлении экологического паспорта антисептиков, санитарно-гигиенической оценки технологических процессов антисептирования, а также для определения уровня опасного загрязнения водоемов в аварийных ситуациях на участках химической защитной обработки древесины.

Поступила 10 марта 1993 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.017

ВЛИЯНИЕ МАССЫ 1 м<sup>2</sup>  
И СООТНОШЕНИЯ МАСС ОСНОВНОГО И ПОКРОВНОГО СЛОЕВ  
НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА  
ТАРНОГО КАРТОНА

А. В. ГУРЬЕВ, Г. И. ЧИЖОВ, В. И. КОМАРОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия  
Архангельский лесотехнический институт

Придание таре из гофрированного картона определенной жесткости может быть осуществлено различными способами. Наиболее простым является повышение массы 1 м<sup>2</sup> картона для плоских слоев. Но возможность такого повышения ограничена, с одной стороны, увеличением расхода полуфабрикатов, с другой — наличием верхнего предела массы 1 м<sup>2</sup>, при котором происходит разрушение картона по линиям рилевки при сгибании [2]. Кроме того, следует учитывать, что в последнее время четко определилась тенденция к снижению массы 1 м<sup>2</sup> бу-

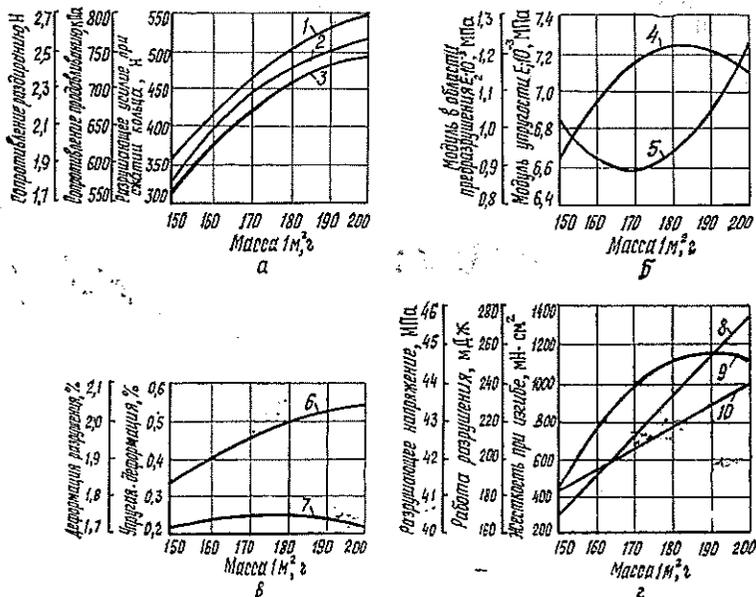


Рис. 1. Влияние массы 1 м<sup>2</sup> на прочность (а), упруго-пластические свойства (б), деформацию (в); разрушающее напряжение, работу разрушения, жесткость при изгибе (г) тарного картона: 1 — сопротивление раздиранию; 2 — сопротивление продавливанию; 3 — разрушающее усилие при сжатии кольца; 4 — модуль в области предразрушения; 5 — модуль упругости; 6 — деформация разрушения; 7 — упругая деформация; 8 — разрушающее напряжение; 9 — работа разрушения; 10 — жесткость при изгибе

маги и картона, в том числе тарного. Однако, по мнению автора работы [2], следует учитывать нагрузки, испытываемые картонной тарой при эксплуатации. В противном случае снижение массы  $1 \text{ м}^2$  может привести к понижению качества продукции при транспортировке и хранении.

Нами изучено влияние массы  $1 \text{ м}^2$ , изменяющейся от 150 до 200 г (рис. 1), и соотношения основного и покровного слоев (рис. 2) на прочностные и деформационные свойства картона для плоских слоев гофрированного картона. Показатели для оценки названных свойств описаны в работе [1]. На рис. 1, а показано изменение стандартных показателей качества картона и сопротивления раздиранью. Наблюдается увеличение всех характеристик с ростом данного фактора. Сопротивление продавливанию возрастает на 33 %, разрушающее усилие при сжатии кольца — на 54 %, сопротивление раздиранью — на 42 %, Жесткость при изгибе картона увеличивается примерно в 2,5 раза, а работа разрушения — на 64 % (рис. 1, з). Кроме того, значительно увеличивается растяжимость, характеризующая деформацией разрушения (рис. 1, в). Наибольшее значение модуля в области предразрушения  $E_2$  наблюдается при массе  $1 \text{ м}^2$  180...185 г (рис. 1, б).

Упругие свойства картона оценивали величиной упругой деформации и значением модуля упругости  $E_1$  (рис. 1, б, в). В исследованном диапазоне значений массы  $1 \text{ м}^2$  величина упругой деформации остается практически неизменной, а модуль упругости обнаруживает минимум при 170 г. В интервале от 170 до 200 г значение этого показателя увеличивается примерно на 10 %. Величина разрушающего напряжения (предел прочности) возрастает до массы 190 г, оставаясь далее примерно постоянным (рис. 1, з).

На рис. 2 представлены зависимости прочностных и деформационных характеристик от изменения соотношения основного и покровного слоев картона. Долю покровного слоя изменяли от 10 до 20 % при степени помола целлюлозы 45 °ШР и массе  $1 \text{ м}^2$  200 г. Количество покровного слоя во многом определяет потребительские свойства тарного картона: внешний вид, способность к восприятию печатных изображе-

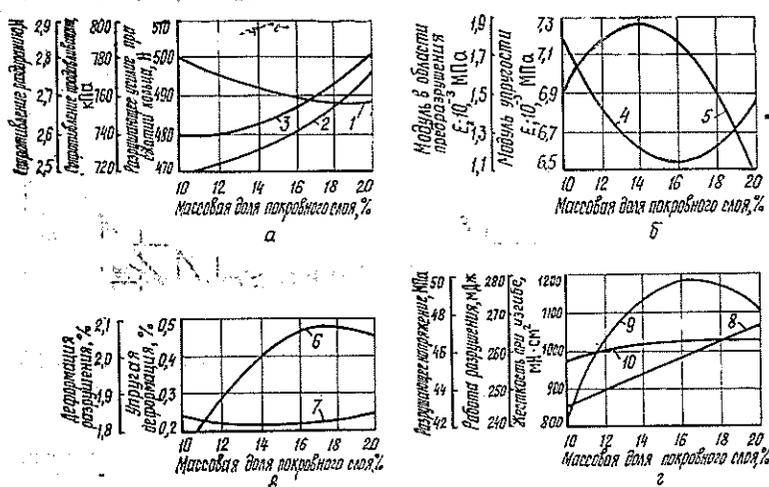


Рис. 2. Влияние содержания покровного слоя на прочность (а), упруго-пластические свойства (б), деформацию (в), разрушающее напряжение, работу разрушения, жесткость при изгибе (з) тарного картона. (Обозначения 1—10 приведены на рис. 1.)

ний, устойчивость к внешнему трению и иным силовым воздействиям. Нас интересовало, как отражается количество покровного слоя, изготовляемого из сульфатной целлюлозы с высокой степенью помола, на общей прочности и деформативности картона. Как видно из рис. 2, а, с возрастанием доли покровного слоя сопротивление продавливанию увеличивается с 720 до 770 кПа, разрушающее усилие при сжатии кольца — с 479 до 502 Н. При этом сопротивление раздиранию снижается незначительно.

Жесткость при изгибе (рис. 2, г) образцов картона практически не зависит от соотношения масс основного и покровного слоя. Также незначительно изменяется величина упругой деформации (рис. 2, в). Рост общей деформации обусловлен, по-видимому, развитием вязкоупругих свойств материала, так как возникновение значительных пластических деформаций при увеличении содержания в общей массе картона более прочного компонента с развитыми межволоконными связями маловероятно. Анализ графиков, отражающих характер изменения работы разрушения и общей деформации показал, что максимальная растяжимость картона наблюдается при доле покровного слоя, равной 17...18 %.

Получена несколько неожиданная зависимость модуля упругости от количества покровного слоя. При увеличении доли покровного слоя с 14 до 20 % значение этого показателя снижается с 7600 до 6400 МПа, хотя на начальном участке  $E_1$  растет. Такой характер зависимости можно объяснить возможным уменьшением межслоевой прочности, которое возникает вследствие того, что при сушке образцов картона испаряемая через покровный слой влага встречает возрастающее сопротивление по мере увеличения толщины этого слоя, обладающего плотной структурой. С другой стороны, повышение в общей массе числа образцов сульфатной целлюлозы с высокой степенью помола должно способствовать росту  $E_1$ . Таким образом, возрастание доли покровного слоя до 14 % (рис. 2, б) положительно влияет на модуль упругости картона, дальнейшее ее увеличение резко снижает межслоевую прочность и, как следствие, модуль упругости.

### Выводы

1. Увеличение массы 1 м<sup>2</sup> картона, а также доли покровного слоя приводит к улучшению качества плоских слоев тарного картона.
2. С повышением массы 1 м<sup>2</sup> наблюдается увеличение общей деформации и значительный рост работы разрушения. Для придания картону большей упругости необходимо повысить массу 1 м<sup>2</sup>.
3. В исследованном диапазоне соотношений масс покровного и основного слоев жесткость картона практически не меняется, а упругость и растяжимость достигают максимальных значений при содержании покровного слоя соответственно 13...15 и 17...18 % от общей массы картона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гурьев А. В., Чижов Г. И., Комаров В. И. Влияние композиции и степени помола массы основного слоя на деформационные и прочностные свойства тарного картона // Лесн. журн.— 1993.— № 1.— С. 93—96.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Личман В. Ф. Проблемы надежности картонной тары для продукции народного хозяйства // Бум. пром-сть.— 1991.— № 8—9.— С. 35—36.

Поступила 16 февраля 1993 г.

УДК 676.164.3.022.62 : 032.14

## ВЛИЯНИЕ АНТРАХИНОНА НА РАСХОД АКТИВНОЙ ЩЕЛОЧИ ПРИ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКЕ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННОЙ МАНЬЧЖУРСКОЙ

*ПУ ЦЗЮНЬ ВЕНЬ, Ю. Г. БУТКО*

Государственный технологический университет растительных полимеров

Лиственница является одной из основных лесообразующих пород. По размеру лесопокрытой ею площади Россия занимает первое место в мире [1]. В Китае на долю лиственницы приходится 12,5 % от площадей, покрытых лесом [4]. Поэтому использование древесины лиственницы как сырья для производства волокнистых полуфабрикатов имеет большое значение как для КНР, так и для России.

Сульфатный способ получения целлюлозы в настоящее время доминирует, так как имеет существенные преимущества по сравнению с другими способами производства волокнистых полуфабрикатов. К ним можно отнести универсальность сырьевой базы [1, 4] и высокую механическую прочность получаемого материала. Одним из основных недостатков способа является относительно низкий выход целлюлозы, который может быть увеличен за счет катализатора — антрахинона [2].

В настоящей работе исследовалось влияние антрахинона на расход активной щелочи в ходе сульфатной варки древесины лиственницы маньчжурской, свойства и химический состав которой очень близки к лиственнице, произрастающей в Китае.

Предварительными опытами установлен оптимальный расход активной щелочи в процессе сульфатной варки древесины лиственницы маньчжурской при получении целлюлозы жесткостью 30...35 ед. Каппа. Проведены серии поисковых варок традиционным сульфатным способом в батарейных автоклавах вместимостью 0,3 л с обогревом на глицериновой бане. Расход активной щелочи варьировали (15,0; 17,5; 20,0; 22,5 % в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$  к массе абс. сухой древесины) при оптимальной сульфидности (30 %), установленной ранее. Необходимую степень провара целлюлозы регулировали продолжительностью варки при конечной температуре 172 °С. Гидромодуль варки 5:1, продолжительность заварки 2,5 ч. Продолжительность стоянки на конечной температуре изменялась в пределах 15...70 мин в зависимости от расхода активной щелочи.

Белые и черные щелока исследовали на содержание эффективной и активной щелочи, сульфидность и рН.

У полученной целлюлозы определяли выход, влагосодержание по ГОСТ 16932—71; жесткость по ГОСТ 10070—74; механические свойства по ГОСТ 13525—79 при степени помола 60 °ШР.

Для исследования влияния антрахинона при сульфатной делигнификации лиственницы маньчжурской варки с добавкой (0,1 % от массы абс. сухой древесины) и без добавки антрахинона проводили в сопоставимых условиях при одинаковой сульфидности и конечной температуре.

В ходе предварительных опытов установлены оптимальные режимы традиционной и модифицированной сульфатных варок для получения

целлюлозы заданной жесткости при различных расходах активной щелочи в варочном растворе.

Оптимальный расход активной щелочи в процессе варки с антрахиноном и без его добавки составил 17,5 % ед. Na<sub>2</sub>O от массы абс. сухой древесины, что отвечает при данной жесткости целлюлозы (30...35 ед. Каппа) высокому выходу, небольшой продолжительности варки на конечной температуре.

В табл. 1 приведены результаты варок древесины лиственницы маньчжурской и данные механических испытаний, полученные по оптимальным режимам целлюлозы.

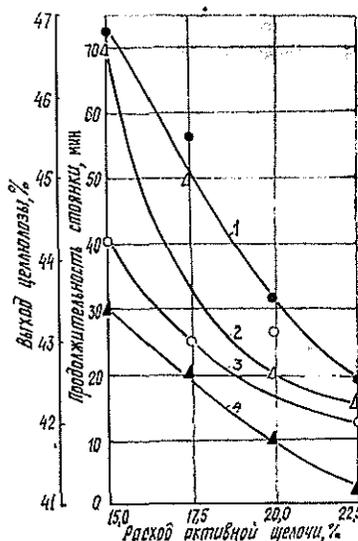
Как видно из табл. 1, оптимальным можно считать расход щелочи 17,5 % в ед. Na<sub>2</sub>O от массы абс. сухой древесины. С другой стороны,

Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей при расходе активной щелочи, %			
	15,0	17,5	20,0	22,5
Условия варки:				
гидромодуль	5 : 1	5 : 1	5 : 1	5 : 1
продолжительность заварки, мин	150	150	150	150
стоянка, мин	70/30	45/20	20/10	15/2
Характеристика продукта:				
жесткость, ед. Каппа	28/30	34/30	35/26	33/31
выход целлюлозы, %	44,2/46,8	43,0/45,5	43,1/43,5	42,0/42,5
непровар, %	0,04/0,0	1,43/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0
общий выход, %	44,2/46,8	44,4/45,5	43,1/43,5	42,0/42,5
Результаты механических испытаний:				
а) сопротивление:				
продавливанию, кПа · м <sup>2</sup> /г	415/455	480/500	440/465	295/315
раздиранию, мН	840/1040	920/1200	760/1040	840/1010
излому, ч. д. п.	805/935	970/980	830/900	755/855
б) разрывная длина, м	9305/9530	8700/9315	8595/8930	7490/7570

Примечание. В числителе данные для варок без антрахинона, в знаменателе — с антрахиноном.

Рис. 1. Влияние расхода активной щелочи на выход целлюлозы (1, 3) и продолжительность стоянки (2, 4) при варке с добавкой антрахинона (1, 4) и без добавки (2, 3)



расход щелочи 17,5 % ускоряет делигнификацию, что также существенно.

По полученным данным построены графики (рис. 1), из которых видно, что при увеличении расхода активной щелочи на 2,5 % продолжительность стоянки уменьшается на 5...25 мин, также снижается выход целлюлозы на 1,0...1,2 %.

Применение в качестве катализатора антрахинона при сульфатной варке оказывает значительное влияние на выход целлюлозы и скорость делигнификации. При этом длительность варки на конечной температуре уменьшается в 2—3 раза, выход целлюлозы увеличивается на 1,5...2,5 %. Анализ данных табл. 1 показывает, что целлюлоза, полученная с применением антрахинона, имеет более высокую прочность.

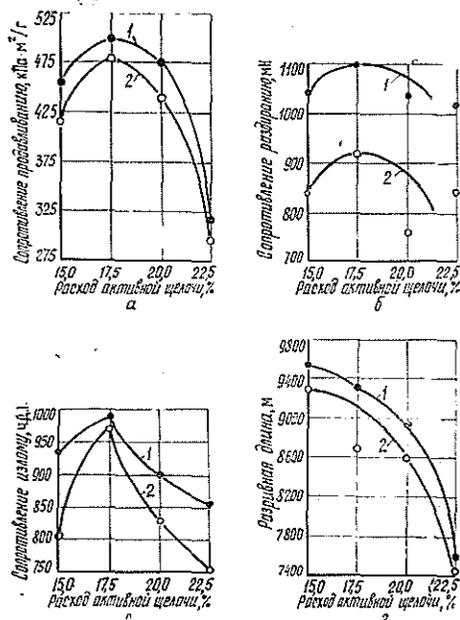


Рис. 2. Влияние расхода активной щелочи на прочностные показатели целлюлозы при варках с добавкой антрахинона (1) и без него (2): а — сопротивление продавливанию; б — сопротивление раздиранию; в — сопротивление излому; г — разрывная длина

Из рис. 2 видно, что при расходе активной щелочи 17,5 % показатели сопротивления продавливанию, раздиранию и излому имеют в данных условиях максимальное значение, а величина показателя разрывной длины изменяется незначительно. При дальнейшем увеличении расхода активной щелочи механические показатели снижаются.

Для уточнения режимов обычной и модифицированной сульфатных варок древесины лиственницы маньчжурской проведены варки в 2-литровых автоклавах с электрообогревом по установленным ранее оптимальным режимам. В табл. 2 приведены результаты этих варок с расходом активной щелочи 17,5 % и показатели механической прочности полученной целлюлозы.

Из данных табл. 2 следует, что применение антрахинона способствует увеличению выхода целлюлозы примерно на 2,0 %.

Характеристики продукта и показатели механической прочности близки к полученным в батарейных автоклавах и подтверждают правильность выбранных режимов.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Добавка антрахинона при сульфатной варке древесины лиственницы маньчжурской приводит к увеличению выхода целлюлозы на

Таблица 2

Показатели	Численные значения показателей для варок	
	без антрахинона	с антрахиноном
Условия варки:		
гидромодуль	5:1	5:1
продолжительность заварки, мин	150	150
стоянка, мин	45	20
Характеристика продукта:		
жесткость, ед. Каппа	30	32
выход целлюлозы, %	45,4	47,5
непровар, %	0,0	0,0
общий выход, %	45,4	47,5
Результаты механических испытаний:		
а) сопротивление продавливанию, кПа · м <sup>2</sup> /г	440	450
раздиранию, мН	980	1040
излому, ч. д. п.	980	980
б) разрывная длина, м	8930	9200

1,5...2,5 %, позволяет сократить продолжительность варки на конечной температуре в 2—3 раза и уменьшить расход активной щелочи на 2,5...3,0 % к массе абс. сухой древесины за одинаковое время при равной жесткости целлюлозы.

2. Прочностные свойства целлюлозы, полученной при сульфатной варке с добавкой антрахинона, выше, чем у целлюлозы с аналогичной жесткостью, сваренной по традиционному сульфатному способу.

3. Оптимальный расход активной щелочи при варке с антрахиноном составляет 17,5 % в ед. Na<sub>2</sub>O от массы абс. сухой древесины, что способствует при заданной жесткости (30...35 ед. Каппа) увеличению выхода целлюлозы, снижению продолжительности варки при конечной температуре и улучшению прочностных свойств конечного продукта. При одинаковой продолжительности варки на конечной температуре и применении антрахинона можно сократить расход активной щелочи на 10...15 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Лесная промышленность в СССР. Статистический сборник.— М.: Гослесбумиздат, 1957.— С. 300. [2]. Пу Цзюнь Вень, Бутко Ю. Г. Влияние антрахинона при сульфатной варке лиственницы маньчжурской с различной сульфидностью // Лесн. журн.— 1993.— № 1.— С. 96—99.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Модифицированная сульфатная варка целлюлозы с низким содержанием остаточного лигнина / Н. М. Шарпанов, Ю. Г. Бутко, А. Б. Маршак и др. // Бум. пром-сть.— 1989.— № 2.— С. 17. [4]. Forestry of China // Publishing house of forestry.— 1984.— N 4.— P. 27.

Поступила 3 февраля 1993 г.

УДК 674.815—41

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОВМЕЩЕННОГО СВЯЗУЮЩЕГО  
ДЛЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ  
НА КОРРОЗИЮ МЕТАЛЛОВ**

*Б. Ф. НИКАНДРОВ, Н. И. ПРЕДИНА, Л. П. КОВРИЖНЫХ,  
А. А. ЭЛЬБЕРТ*

С.-Петербургская лесотехническая академия

На кафедре древесных пластиков и плит ЛТА разработано эффективное связующее на основе карбамидоформальдегидной смолы (КФС) и лигносульфонатов, окисленных персульфатом аммония (ОЛС). Использование этого связующего позволяет снизить расход смолы на 30 %, не ухудшая физико-механических показателей получаемых древесностружечных плит [1, 3].

Применение ОЛС в составе связующего вызывает необходимость защиты от коррозии металлических емкостей, насосов и трубопроводов для водных растворов как персульфата аммония, так и ОЛС.

Нами изучено влияние растворов лигносульфонатов (ЛС) на кальциево-натриевом, натриевом и аммониевом основаниях, ОЛС и персульфата аммония на общую коррозию образцов различных металлов.

Для проведения эксперимента использовали 45 %-й раствор ЛС с рН 6,5...7,0. Лигносульфонаты окисляли 20 %-м раствором персуль-

Таблица 1

Среда	Металл	Продолжительность испытаний, ч	Скорость коррозии, г/(м <sup>2</sup> · год)	Скорость проникновения коррозии, мм/год
ЛС Ca—Na	Сталь 3	1	973	0,131
	Сталь 10X18H10T	141	—	—
	Бронза	2	1 788	0,203
ЛС Na	Сталь 3	1	6 813	0,918
	Сталь 10X18H10T	141	19	—
	Бронза	2	19 467	2,627
ЛС NH <sub>4</sub>	Сталь 3	1	8 760	1,195
	Сталь 10X18H10T	141	—	—
	Бронза	2	6 537	0,755
ОЛС Ca—Na	Сталь 3	1	5 547	0,732
	Сталь 10X18H10T	141	—	—
	Бронза	2	3 156	0,358
ОЛС Na	Сталь 3	1	32 119	4,249
	Сталь 10X18H10T	141	—	—
	Бронза	2	40 827	4,919
ОЛС NH <sub>4</sub>	Сталь 3	1	22 387	2,965
	Сталь 10X18H10T	141	—	—
Персульфат аммония	Сталь 3	1	369 866	49,982
	Сталь 10X18H10T	141	—	—
	Бронза	2	661 022	77,764

фата аммония в количестве 3...5 % от абс. сухих ЛС. Подготовленные образцы стали 3, нержавеющей стали 10Х18Н10Т и бронзы погружали в исследуемые растворы. Продолжительность испытаний изменялась в зависимости от активности металла, температура составляла  $20 \pm 2$  °С.

Как показывают данные табл. 1, неокисленные ЛС представляют собой слабую агрессивную среду. Использование ОЛС приводит к увеличению скорости коррозии для образцов стали 3 в 55 раз по сравнению с исходными ЛС и ее снижению в 68 раз по сравнению с 20 %-м раствором персульфата аммония. Аналогичные показатели для бронзы составляют 2 и 200. У образцов нержавеющей стали наблюдается устойчивость к коррозионному воздействию.

С целью снизить скорость коррозии нами предпринята попытка подобрать ингибитор [2]. Установлено, что применение в качестве ингибитора сульфата аммония (табл. 2) обеспечивает степень защиты образцов стали 3 на 80...90 % для растворов ОЛС<sub>Na</sub> и ОЛС<sub>NH<sub>4</sub></sub>, а также на 60...70 % для ОЛС<sub>Ca-Na</sub>. Оптимальная добавка сульфата аммония для растворов ОЛС<sub>Ca-Na</sub> и ОЛС<sub>Na</sub> составила 0,01 %, для ОЛС<sub>NH<sub>4</sub></sub> — 0,001 % от абс. сухого персульфата аммония.

Введение ингибитора коррозии практически не изменило продолжительность отверждения совмещенного связующего, массовую концентрацию водорастворимых веществ и свободного формальдегида (табл. 3).

Выявлено наименьшее содержание свободного формальдегида при 20...30 % ОЛС<sub>Ca-Na</sub> в связующем.

Наблюдается увеличение продолжительности отверждения композиции, начиная с 30 % ОЛС<sub>NH<sub>4</sub></sub>. В этом случае отмечена и наибольшая концентрация водорастворимых веществ. Доля свободного формальдегида практически не изменилась.

Для ОЛС<sub>Na</sub> введение 0,001 % сульфата аммония от абс. сухого персульфата аммония несколько увеличило продолжительность отверждения для композиции с 10...20 % модифицированных ЛС. Доля водорастворимых веществ и свободного формальдегида неизменна.

Оценивая влияние ингибитора на физико-химические свойства совмещенного связующего, содержащего 10...30 % различных лигносульфонатов, можно отметить, что введение сульфата аммония в выбранном

Таблица 2

Среда	Массовая доля ингибитора, %	Скорость коррозии, г/(м <sup>2</sup> · год)	Скорость проникновения коррозии, мм/год	Степень защиты, %
ОЛС <sub>Ca-Na</sub>	0,001	2 244	0,303	58,8
	0,010	1 509	0,206	72,1
	0,100	1 995	0,272	62,8
	1,000	2 141	0,291	60,7
Контроль ОЛС <sub>Na</sub>	—	5 556	0,741	—
	0,001	2 190	0,298	92,0
	0,010	2 039	0,278	94,1
	0,100	2 064	0,375	90,9
Контроль ОЛС <sub>NH<sub>4</sub></sub>	—	2 238	0,304	91,8
	0,001	32 110	4,149	—
	0,010	1 995	0,272	89,9
	0,100	3 699	0,501	81,4
Контроль	—	3 796	0,517	80,8
	0,001	3 893	0,532	80,2
	0,010	22 287	2,695	—
	1,000	—	—	—

Примечание. Продолжительность испытаний 20 ч.

Таблица 3

Среда	Массовая доля, %		Продолжительность желатинизации, с	Массовая доля, %	
	ОЛС в связующем	ингибитора		свободного формальдегида	водорастворимых веществ
ОЛС <sub>Ca-Na</sub>	10	0,010	105	1,49	12
		—	100	1,75	20
	20	0,010	98	0,75	14
		—	85	0,70	21
		—	88	0,85	17
ОЛС <sub>Na</sub>	10	0,001	76	1,80	25
		—	65	2,10	25
	20	0,001	80	1,71	27
		—	70	2,00	30
		—	80	1,81	36
ОЛС <sub>NH<sub>4</sub></sub>	10	0,010	66	1,82	18
		—	68	1,91	24
	20	0,010	110	1,50	16
		—	80	1,80	26
		—	135	1,75	33
30	0,010	120	1,83	40	
	—	—	—	—	—

Примечание. Условия отверждения: температура 100 °С, продолжительность 5 мин.

количестве не ухудшает свойств карбамидного связующего. Лучшие результаты получены для связующего, имеющего в своем составе 20 % ОЛС.

Влияние ингибитора коррозии в совмещенном связующем на физико-механические свойства плит (табл. 4) изучали в условиях получения трехслойных древесностружечных плит. Массовая концентрация связующего в наружных и внутреннем слоях соответственно составляла 15 и 12 % от абс. сухой древесины. Доля ОЛС в связующем наружного слоя — 5 %, внутреннего — 20 %. Температура прессования 160 °С, продолжительность прессования 0,3 мин на 1 мм плиты, максимальное давление 2,2 МПа, расчетная плотность плит 700 кг/м<sup>3</sup>.

Испытания изготовленных плит показали, что совмещенное связующее, содержащее КФС и ОЛС, повышает водостойкость плит в среднем на 40 % и способствует снижению выделения свободного формальдегида в 2—3 раза как в случае использования ингибитора коррозии металлов, так и без него. Плиты имеют более высокие показатели ме-

Таблица 4

Состав связующего	Добавки, %		Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности, МПа		Набухание, %	Массовая концентрация свободного формальдегида, мг/100 г плиты
	персульфата аммония	сульфата аммония		при статическом изгибе	при растяжении перпендикулярно пласти		
КФС + ОЛС <sub>Ca-Na</sub>	5	—	705	24,1	0,42	29,1	13,1
	5	0,010	712	24,3	0,44	29,5	11,4
КФС + ОЛС <sub>Na</sub>	4	—	675	26,2	0,45	28,9	13,5
	4	0,010	701	29,6	0,46	29,0	13,7
КФС + ОЛС <sub>NH<sub>4</sub></sub>	3	—	702	28,0	0,42	29,5	10,8
	3	0,001	706	25,0	0,46	29,0	14,2
КФС	—	—	745	21,2	0,44	42,0	30,2

ханической прочности, чем контрольные без ОЛС в композиции связующего.

**Выводы**

Предложенное ранее совмещенное связующее на основе КФС коррозионно активно, но добавка сульфата аммония в количестве 0,001... 0,010 % от абс. сухого персульфата аммония, введенного в ЛС, значительно снижает коррозию металлических частей оборудования и не влияет на физико-химические свойства как совмещенного связующего, так и древесностружечных плит на его основе. Для хранения и транспортировки раствора персульфата аммония необходимо использовать оборудование, изготовленное из нержавеющей стали или синтетических материалов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

[1]. А. с. 1399315 СССР, 4СО 81 61/24. Полимерное связующее для древесностружечных плит / А. А. Эльберт, Л. П. Коврижных, А. П. Штембах и др. (СССР).— № 3967494; Заявл. 12.08.85; Оpubл. 1.02.88, Бюл. № 20 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 20.— С. 108. [2]. Решетников С. М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов.— Л.: Химия, 1986.— 65 с. [3]. Эльберт А. А., Коврижных Л. П., Хотилевич П. А. Использование лигносульфонатов в производстве древесностружечных плит // Лесн. журн.— 1990.— № 3.— С. 89—95.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 25 августа 1992 г.

УДК 676.017

**«КРИТИЧЕСКАЯ» ДЛИНА ВОЛОКНА — ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*В. И. КОМАРОВ*

Архангельский лесотехнический институт

Бумагообразующие свойства полуфабрикатов во многом определяются свойствами отдельного волокна [3]. Одним из них, по мнению ряда авторов, является средняя длина волокна [6].

Изучение корреляции фундаментальных свойств целлюлозы с характеристиками деформативности и прочности (см. таблицу) показало, что средняя длина не всегда имеет тесную связь с исследуемыми характеристиками [4, 5], что может быть объяснено вариацией фракционного состава по длине волокна. У образцов целлюлозы с одинаковой средней длиной волокна относительное содержание отдельных фракций может значительно различаться (рис. 1). Различные фракционный

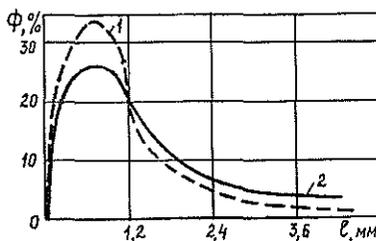


Рис. 1. Кривые распределения  $\Phi$  фракций волокна различной длины  $l$  у образцов сульфатной небеленой целлюлозы: 1 — образец № 1, средняя длина волокна 1,45 мм; 2 — образец № 2, средняя длина волокна 1,46 мм

Характеристика	Степень помола, %ШР	Фундаментальные свойства				
		Средняя длина волокна	Силы связи	Пухлость	Грубость	Нулевая разрывная длина
Разрывная длина	14	0,938	0,888	-0,970	-0,005	0,963
	25	0,743	0,561	-0,526	0,442	0,647
	45	0,793	0,510	-0,376	0,408	0,704
Разрушающее напряжение	14	0,932	0,913	-0,979	-0,012	0,975
	25	0,738	0,623	-0,533	0,280	0,688
	45	0,788	0,489	-0,455	0,382	0,731
Работа разрушения	14	0,881	0,844	-0,906	-0,119	0,894
	25	0,436	0,193	-0,088	0,266	0,284
	45	0,338	0,083	-0,048	0,258	0,247
Сопротивление продавливанию	14	0,845	0,769	-0,918	0,112	0,887
	25	0,225	0,007	-0,060	0,188	0,221
	45	-0,042	-0,217	0,070	0,157	-0,092
Сопротивление раздиранию	14	0,363	0,180	-0,378	0,455	0,377
	25	-0,507	-0,574	0,483	0,163	-0,424
	45	-0,663	-0,522	0,665	-0,233	-0,678
Начальный модуль упругости	14	0,917	0,861	-0,943	0,047	0,958
	25	0,679	0,846	-0,725	0,071	0,702
	45	0,848	0,678	-0,581	0,212	0,884
Модуль упругости в зоне предразрушения	14	0,823	0,765	-0,826	0,168	0,856
	25	0,428	0,314	-0,528	0,153	0,502
	45	0,356	0,217	-0,290	-0,218	0,398
Деформация разрушения	14	0,700	0,690	-0,751	-0,205	0,702
	25	0,086	-0,135	0,166	0,113	-0,002
	45	0,095	-0,076	0,126	0,134	0,018
Жесткость при изгибе	14	0,847	0,640	-0,770	0,095	0,794
	25	0,187	-0,103	0,091	-0,002	0,236
	45	0,094	-0,121	-0,146	0,200	-0,001
Модуль упругости при изгибе	14	0,921	0,912	-0,973	-0,002	0,980
	25	0,664	0,570	-0,604	0,192	0,748
	45	0,712	0,469	-0,388	-0,053	0,775
Модуль сдвига	14	0,754	0,758	-0,877	0,077	0,788
	25	0,867	0,748	-0,906	0,154	0,971
	45	0,831	0,512	-0,931	0,126	0,870

состав по длине волокна и его адгезионная способность (у образца 1 определяемые межволоконные силы связи равнялись 1,1, у образца 2 — 0,9 МПа) приводят к различиям в ходе кривых зависимости напряжение — деформация, а следовательно, и в значениях характеристик деформативности и прочности (рис. 2).

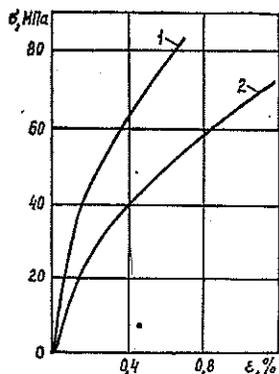


Рис. 2. Кривые зависимости напряжение — деформация ( $\sigma - \epsilon$ ) при испытании на растяжение. Обозначение см. на рис. 1

Исследования показали, что желательна разработка интегрально-го, относительно фундаментальных свойств целлюлозы, критерия, который позволил бы с большей вероятностью прогнозировать деформативность и прочность целлюлозно-бумажных материалов.

Бумага как материал по своим свойствам занимает место между полимерами и композитами. Считая целлюлозно-бумажный материал композитом, армированным дискретными волокнами, мы должны определить, какие составляющие композиции бумажной массы, а затем структуры материала обладают свойствами матрицы, а какие — свойствами упрочняющих элементов. В настоящее время нет ответа на этот вопрос. Но точно известно, что при испытании на растяжение в зоне разрушения образца одни волокна выдергиваются из структуры без изменения их длины, а другие разрушаются. Из теории прочности композитов, армированных дискретными волокнами, известно, что нагрузки в структуре данных материалов передаются по граничным поверхностям [1]. При этом важны состояние этих поверхностей, отношение диаметра волокна к его длине и соотношение модулей упругости волокна и матрицы.

Б. Розен предложил модифицированную модель структуры материала и ввел понятие неэффективной длины волокна (выдергиваемого из структуры без изменения длины) [7]:

$$\frac{l^*}{d_f} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \left[ \frac{E_f}{8G_m} \left( \frac{r_b}{r_f} - 1 \right) \right]^{1/2} \operatorname{arch} \left[ \frac{1 + (1 + \varphi)}{2(1 - \varphi)} \right], \quad (1)$$

- где  $l^*$  — неэффективная длина волокна;  
 $d_f$  — диаметр волокна;  
 $E_f$  — модуль упругости волокна;  
 $G_m$  — модуль сдвига матрицы;  
 $r_b$  — радиус матрицы, в которой находится волокно;  
 $r_f$  — радиус волокна;  
 $\varphi$  — коэффициент, используемый в условии  $\sigma_f = \varphi \sigma_{f \max}$  ( $\sigma_f$ ,  $\sigma_{f \max}$  — напряжение в поперечном сечении волокна и его максимальное значение).

Если неэффективная длина превысит свое критическое значение  $l_k$ , т. е. в зоне разрушения материала будет наблюдаться не выдергивание, а разрушение отдельного волокна, то эффект упрочнения структуры возрастет.

Расчет неэффективной длины волокна по уравнению (1) на практике затруднен, ввиду сложности определения характеристик  $E_f$ ,  $G_m$ ,

$r_b$ ,  $r_f$ .

Для специалиста ЦБП представляет практический интерес определение «критической» длины волокна. При выводе расчетного уравнения исходим из следующих рассуждений. В структуре материала действуют растягивающие силы в направлении волокон (ось  $x$ ). При этом на поверхности волокон возникают касательные напряжения. Изменение усилия  $dF_f$ , растягивающего волокно, равно напряжению сдвига  $\tau_m$  на поверхности раздела волокна и матрицы на участке  $dx$ . Запишем дифференциальное уравнение

$$dP_f/dx = 2\pi r_f \tau_m. \quad (2)$$

Интегрируя его, получаем

$$P_f = 2\pi r_f \tau_m x. \quad (3)$$

Напряжение, действующее в поперечном сечении волокна,

$$\sigma_f = (2\tau_m/r_f) x. \quad (4)$$

По мере удаления от конца волокна напряжение  $\sigma_f$  линейно возрастает. Когда оно достигнет максимального значения  $\sigma_{f \max}$ , т. е. превысит прочность при растяжении  $\sigma_{fu}$ , начинается разрушение волокон. При критической длине волокна  $l_k$

$$l_k/2 = \frac{r_f \sigma_{fu}}{2\tau_m}; \quad x = l_k/2. \quad (5)$$

Для критической относительной длины

$$\frac{l_k}{d_f} = \frac{\sigma_{fu}}{2\tau_m}. \quad (6)$$

Адаптируя уравнение (6) к условиям испытаний целлюлозно-бумажных материалов, принимаем

$$\frac{l_k}{d_b} = \frac{\sigma_{p_0}(1,54/\rho_1)}{2F_{св}(1,54/\rho_2)}, \quad (7)$$

где  $d_b$  — ширина волокна;  
 $\sigma_{p_0}$  — разрушающее напряжение материала при испытании на растяжение при нулевом расстоянии между зажимами разрывной машины;  
 $F_{св}$  — адгезионная способность волокна, определяемая по методу Иванова [2];  
 $\rho_1, \rho_2$  — плотность материала;  
 1,54 — плотность стенки целлюлозного волокна.

Таким образом, проведя общепринятые испытания, определив разрушающие напряжения материала, межволоконные силы связи по Иванову и плотность материала образцов, а также оценив влияние пористости структуры, по уравнению (7) можно рассчитать относительную критическую длину волокна. Дополнительно измерив ширину волокон в данном материале, получим собственно критическую длину волокна.

Критическая длина волокна является интегрированной характеристикой фундаментальных свойств целлюлозы (по Кларку), так как при

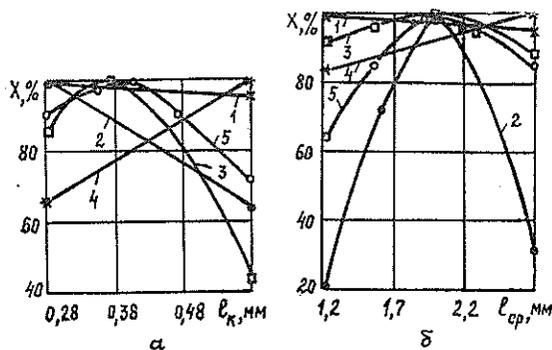


Рис. 3. Влияние критической (а) и средней (б) длины волокна на характеристики деформативности и прочности книжно-журнальной бумаги ( $X$  — значение исследуемой характеристики, % от ее максимума, принятого за 100 %): 1 — разрывная длина; 2 — сопротивление излому; 3 — стойкость поверхности к выщипыванию; 4 — начальный модуль упругости; 5 — жесткость при изгибе

ее расчете учитывается в скрытой форме прочность отдельного волокна, его адгезионная способность, грубость и способность к уплотнению во влажном состоянии. Сказанное хорошо иллюстрируют кривые рис. 3, ход которых был рассчитан с помощью ЭВМ на основании экспериментальных данных. Критическая длина волокна, по сравнению со средней, оказывает большее влияние на стойкость поверхности к выщипыванию, начальный модуль упругости и жесткость при изгибе. Особенно наглядно ее преимущество проявляется при определении сопротивления излому (кривая 2) и стойкости поверхности к выщипыванию (кривая 3). Влияние средней длины волокна в этих случаях труднообъяснимо.

### Выводы

1. С помощью критической длины волокна можно с достаточной степенью надежности прогнозировать деформативность и прочность бумажной массы.

2. Критическая длина волокна может быть использована при выборе полуфабриката для составления композиции и обоснования относительного содержания в ней каждого вида волокнистого материала, а также при контроле качества.

3. Управление процессом размола может основываться на измерении не только степени помола, но и критической длины волокна.

4. Использование характеристики критической длины волокна позволяет увеличить стабильность качества готовой продукции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Волокнистые композиционные материалы.— М.: Мир, 1967.— 283 с. [2]. Иванов С. Н. Силы сцепления волокон в бумаге // Бум. пром-сть.— 1948.— № 3.— С. 8—17. [3]. Кларк Дж. Технология целлюлозы.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 456 с. [4]. Комаров В. И., Казаков Я. В. Связь фундаментальных свойств (по Кларку) неразмолотой сульфатной небеленой целлюлозы с характеристиками деформативности и прочности // Лесн. журн.— 1993.— № 2—3.— С. 112—116.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Комаров В. И., Казаков Я. В. Влияние размола на корреляцию фундаментальных свойств (по Кларку) сульфатной небеленой целлюлозы с характеристиками деформативности и прочности // Актуальные проблемы рационального использования природных и энергетических ресурсов Европейского Севера: Сб. науч. тр.— Архангельск, 1993. [6]. Фляте Д. М. Свойства бумаги.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 680 с. [7]. Фудзин Т., Дзако М. Механика разрушения композиционных материалов.— М.: Мир, 1982.— 232 с.

Поступила 30 ноября 1993 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*174.754

К СИСТЕМАТИКЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ,  
ПОДВИД КРЮЧКОВАТАЯ

М. М. ВЕРЕСИН, А. И. ЧЕРНОДУБОВ, О. Н. БЕСПАЛЕНКО,  
Е. Ю. БЕЛЯКОВА

Воронежский лесотехнический институт  
ЦНИИЛГиС

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) имеет обширный ареал на территории Евразии. В ряде районов ей присущи специфические морфологические и анатомо-физиологические признаки. Это послужило причиной выделения внутри вида пяти подвидов [2]: лапландская, лесная, сибирская, кулундинская, которые имеют общий ареал, и крючковатая — островной подвид, приуроченный к горным районам Крыма, Кавказа и Закавказья.

Систематическое положение сосны обыкновенной, подвид крючковатая, спорное. Одни авторы [2] считают ее подвидом сосны обыкновенной, другие [1, 3, 6, 7] самостоятельным видом — сосна Сосновского (*Pinus Sosnowskyi* Nakai).

В последнее время для решения спорных вопросов, наряду с морфологическими и анатомо-физиологическими, широко привлекают биохимические показатели (состав изоферментов, монотерпеноидов и др.).

В 1953 г. в квартале 94 Левобережного лесничества Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ под руководством проф. М. М. Вересина заложены географические культуры сосны обыкновенной из 353 образцов, в том числе сосны обыкновенной, подвид крючковатая. Образцы семян получены из Грузии (Аспиндзский лесхоз, Ахалкалинское лесничество) и Азербайджана (Гадрутский лесхоз, Нагорный Карабах). Правда, относительно последнего образца были сомнения, действительно ли он заготовлен в естественном насаждении, так как, согласно литературным данным [3], в этом районе нет лесов из сосны обыкновенной.

В июне 1992 г. нами проведена подсочка пяти деревьев каждого географического образца методом микронасечки, живица собрана в пробирки в течение 24 ч. На следующий после подсочки день из живицы извлечено терпентинное масло, для которого с помощью поляриметра найден угол вращения плоскости поляризации. Состав монотерпеновой фракции терпентинного масла определен методом газожидкостной хроматографии [5].

Данные представлены в таблице, из которой видно, что у грузинского образца угол вращения плоскости поляризации отрицательный, у азербайджанского положительный. Качественный состав монотерпеновой фракции терпентинных масел идентичен, но количественное содержание различно. У образцов из Грузии содержание  $\beta$ -Пинена в 8 раз выше, а  $\Delta^3$ -Карена в 6 раз меньше. Азербайджанский образец по составу и содержанию терпентинных масел относится к сосне обыкновенной, подвид лесная из островных боров. Вероятно, в Гадрутском лесхозе семена для закладки географических культур под Воронежем были собраны в культурах, которые, в свою очередь, выращены из семян островных боров юга России. Подтверждением этому может быть работа

Показатели	Значения показателей		
	Грузия	Азербайджан	Островные боры*
Угол вращения плоскости поляризации, град	$\frac{-1,96}{-1,53 \dots -2,29}$	$\frac{+5,41}{+0,13 \dots -9,69}$	—
Содержание компонентов, %:			
α-Пинен	$\frac{42,6}{34,2 \dots 47,2}$	$\frac{52,1}{33,8 \dots 54,2}$	49,1
Камфен	$\frac{5,8}{5,0 \dots 6,1}$	$\frac{4,9}{4,2 \dots 7,1}$	7,1
β-Пинен	$\frac{34,4}{31,1 \dots 38,8}$	$\frac{4,0}{2,5 \dots 5,0}$	6,3
Мирцен	$\frac{5,4}{3,2 \dots 6,4}$	$\frac{2,5}{2,1 \dots 3,3}$	4,2
Δ <sup>3</sup> -Карен	$\frac{6,1}{4,3 \dots 9,1}$	$\frac{30,5}{27,9 \dots 40,6}$	22,3
Лимонен	$\frac{3,5}{3,1 \dots 4,9}$	$\frac{2,3}{2,9 \dots 7,0}$	2,6
β-Фелландрен	$\frac{1,0}{0,8 \dots 1,1}$	$\frac{0,8}{0,6 \dots 1,1}$	0,8
Терпинолен	$\frac{1,2}{0,9 \dots 1,4}$	$\frac{2,9}{2,7 \dots 5,0}$	2,8

Примечание. В числителе — средние значения показателей, в знаменателе — их пределы. Для островных боров приведены данные из работы [4, с. 71].

Г. М. Агаева [1], где указано, что сосна Сосновского в Азербайджане произрастает на Большом Кавказе в Кусарском районе, а на Малом Кавказе — в Кедабекском и Таузском районах и Гек-Гельском заповеднике. В Нагорном Карабахе отсутствуют естественные насаждения сосны обыкновенной, подвид крючковая, или сосны Сосновского.

Нами [4] при изучении состава эфирных масел сосны из хвои в Грузии (Ахалцехинский и Ахалкалакский лесхозы) и Азербайджане (Гек-Гельский заповедник) в 1975—1976 гг. также установлено, что данный подвид сосны обыкновенной (по Л. Ф. Правдину) отличается от других подвидов и отнесен к самостоятельному виду — *P. Sosnowskyi Nakai*.

Таким образом, состав терпентинных масел и угол вращения плоскости поляризации, наряду с другими показателями, может быть использован для решения спорных вопросов систематики сосен.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Агаев Г. М. Естественное произрастание и формовое разнообразие сосен эльдарской и Сосновского, произрастающих в Азербайджане: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Баку, 1968. — 30 с. [2]. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. — М.: Наука, 1964. — 191 с. [3]. Фомин А. В. К систематике крымско-кавказских видов и подвидов рода *Pinus* L. // Вестн. Тифлис. бот. сада. — 1914. — Т. 34. — С. 141—168. [4]. Чернодубов А. И., Дерюжкин Р. И. Эфирные масла сосны. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. — 112 с. [5]. Чернодубов А. И., Белякова Е. Ю. Состав монотерпенов сосны обыкновенной при контролируемом скрещивании // Гибридизация лесных древесных пород: Сб. науч. тр. ЦНИИЛГиС, 1988. — С. 96—100. [6]. Шишнин А. Ш. И. Р. М. Изменчивость морфологических признаков сосны Сосновского // Тр. Тбилис. ин-та леса. — 1967. — Т. 17. — С. 339—356. [7]. Шишнин А. Ш. И. Р. М. Внутривидовая изменчивость сосны Сосновского: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Тбилиси, 1968. — 25 с.

УДК 630\*416.3 : 595.765.8

## МЕДНАЯ ЗЛАТКА — ОПАСНЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ ШИПОВНИКА НА КОПЕТДАГЕ

Н. А. АЛЕКСЕЕВ

Московский государственный университет леса

Медная златка (*Aurigena lugubris* F.) — древний средиземноморский вид. На территории бывшего СССР в его ареал входят юг европейской части, Крым, Кавказ и Средняя Азия. Несмотря на обширный ареал, массовость и высокую вредоносность вида, исследована его биология главным образом применительно к культурным растениям (косточковые плодовые и розы) [1, 3, 4, 6] и совершенно не выяснена роль медной златки в естественных насаждениях. В литературе содержатся сведения в основном о местонахождении вида и сроках лёта. Часто встречаются ошибочные данные о кормовых растениях личинок, что связано с большим сходством личинок медной и черной златок (*Capnodis tenebrionis* L.). Наиболее полно экология и биология личинки медной златки рассмотрены Рейхартом [7].

Исследование естественных насаждений шиповника проводили в Западном Копетдаге (Туркменистан) — сравнительно молодых, складчатых горах, с сильно эродированными склонами, сетью долин, по дну которых протекают мелкие речки, часто пересыхающие летом. Климат Западного Копетдага субтропический с высокими среднесуточными температурами (до 30 °С и выше), среднегодовые от 1,6 до 4,8 °С. Среднегодовое количество осадков 328 мм, основная их масса выпадает в период с ноября по май и небольшое количество летом [5]. Реки в долинах питаются большую часть года за счет подземных вод и пересыхание их летом связано с разбором воды для полива. Древесная растительность приурочена главным образом к руслам рек, где преобладают лох восточный, ива высокая, карагач граболистный, миндаль метельчатый и вишня мелкоплодная, реже на склонах клен туркменский. Из кустарников наиболее распространены шиповник, барбарис, ежевика, пузырник, парнолистник, эфедра и др. Ближе к населенным пунктам встречаются искусственные посадки грецкого ореха, яблони, абрикоса и других плодовых.

Естественные насаждения шиповника (*Rosa corymbifera* Borkh. — роза щитконосная), образуя куртины, иногда вперемежку с ежевикой и вишней, тянутся вдоль рек и по надпойменным террасам. В условиях засушливого и жаркого лета шиповник на Копетдаге в припойменных участках имеет очень мощную и разветвленную корневую систему с хорошо развитыми как вертикальными, так и горизонтальными корнями, причем на глубине 5...10 см от поверхности почвы образуется большой «наплыв» — каудекс, имеющий побеговое происхождение, от которого отходят многочисленные стволы разного диаметра (до 5...7 см). На горизонтальных корнях появляется поросль, образующая со временем новый куст. Так появляются многочисленные куртины диаметром до 4...5 м [2].

Исследование видового состава ксилофагов, развивающихся на шиповнике, проводили в Ипайкалинском лесхозе на надпойменных и пойменных террасах р. Ипайки с 1989 г. по 1991 г. на четырех учетных

площадках с различными условиями: две с хорошей освещенностью и дефицитом влаги летом на надпойменной террасе, две с хорошей влагообеспеченностью, но одна затененная, другая освещенная. Видовой состав и численность вредителей анализировали на модельных растениях. Особое внимание было уделено медной златке как наиболее важному в хозяйственном отношении вредителю.

На шиповнике здесь были выявлены четыре вида златок и один вид усача. В отмерших ветвях развивается *Acmalodera* sp., в отмирающих стволиках *Agrilus cuprescens* Men. и *Chrysobothris* (s. str.) *affinis tetragramma* Men. (определен по личинкам), в каудексе медная златка и усач *Prionis asiaticus* Fald., в корнях только медная златка. Наиболее массовый вид на шиповнике — медная златка, но из-за хорошей покровительственной окраски и трудности поиска она достаточно редка в сборах из этих мест.

Личинки медной златки в Западном Копетдаге обнаружены только на шиповнике, хотя есть сведения о развитии этого вида в косточковых плодовых и яблоне [1, 3, 4, 7]. Генерация двухлетняя. Лёт начинается в начале мая. В это время жуки встречаются на шиповнике, мелкоплодной вишне, цветущем гребенщике. Чаще всего жуки поселяются на хорошо освещенной вишне, где обгрызают листья и кору молодых побегов. Здесь же происходит их спаривание. В утренние часы жуки неподвижно сидят на хорошо освещенных ветках, днем совершают небольшие перелеты. В случае опасности они прячутся за ветку или падают на землю. К концу мая численность самцов уменьшается, в середине июня встречаются одни самки. С середины мая до конца июня в дневные часы при хорошей освещенности и температуре воздуха 27...30 °C и выше самка откладывает по несколько желтовато-белых яиц в трещины коры у основания стволиков шиповника. Вышедшие из яиц личинки уходят в корневую систему на глубину 0,5 м и более. В первую очередь они повреждают периферические корни и подземные побеги, расположенные горизонтально, в последнюю главный корень. Зимуют личинки в корнях. Перед окукливанием они возвращаются в комлевую часть, где вблизи поверхности почвы выгрызают куколочную камеру 10...15 × 20...25 мм. Лётные отверстия располагаются чаще на уровне почвы или чуть ниже. Очень редко личинка поднимается по стволику на 15...20 см, где может окукливаться.

Трехлетние наблюдения за состоянием шиповника показали, что медная златка — наиболее важный его физиологический вредитель; она способна заселять временно ослабленные летней засухой растения. Мощная корневая система и каудекс у основания корня дают возможность развиваться большому числу личинок в одном растении, что создает опасность возникновения очагов массового размножения. Так, в одном растении (12 стволиков диаметром от 2 до 5 см, имеющих каудекс диаметром около 20 см) было обнаружено два лётных отверстия позапрошлого года, три — прошлого года, девять личинок длиной 5...6 см и одну — 3 см. Растение усохло на 3/4. Два года назад при развитии двух личинок у него не было заметных признаков угнетения. Обследование ослабленных, усыхающих и погибших растений показало, что для гибели небольшого растения (2-3 стволика, диаметр корня 5...6 см) достаточно одной-двух личинок. Более крупные растения отмирают секторами, начиная с южной и юго-восточной сторон, более подверженных заселению. Быстрое отмирание растений можно объяснить тем, что личинки, прокладывая извилистые ходы, часто обкольцовывают корни и губят их. Наблюдения показали, что на хорошо освещенных участках количество заселенных растений за три года увеличилось с 19 % (12 погибших и 7 усыхающих) до 62 % (40 и 22). На некоторых участках были заселены все растения кроме растущих у

воды, в тени или в смешанных куртинах (вишня — шиповник — барбарис). После гибели большинства насаждений шиповника златки уходят, насаждения возобновляются из почек на неповрежденных корнях и участках каудекса.

Результаты исследований свидетельствуют о необходимости контроля за численностью медной златки — основного вредителя шиповника.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Багдавадзе А. И. Обзор златок, повреждающих плодово-ягодные культуры Восточной Грузии // Тр. / Ин-т защиты растений ГрССР — 1978. — Т. 29. — С. 78—84. [2]. Ботаника / А. Е. Васильев, Н. С. Воронин, А. К. Еланевская, Т. И. Серебрякова. — М.: Просвещение, 1978. — 478 с. [3]. Михайловская Н. Ф. Абрикосовая златка в Крыму — вредитель роз // Новинки науки и техники эфиромасляной промышленности. — 1938. — № 1—2. — С. 27—29. [4]. Насекомые и клещи — вредители сельскохозяйственных культур. Т. 2. — Л., 1974. — 336 с. [5]. Природа Западного Копетдага. — А.: Ылым, 1982. — 232 с. [6]. Рихтер А. А. Фауна СССР. — М.; Л., 1952. — Т. 13, вып. 4. — 234 с. [7]. Reichart G. Contribution à l'étude de la biologie du Bupreste bronze (*Perotis lugubris* F.) // Acta agron. Acad. Scient. Hungaricae. — Budapest, 1953. — III, 1—2. — P. 71—88.

УДК 631.811.98 : 630\*232

### АКТИВАЦИЯ РОСТА КУЛЬТУР СОСНЫ N-НИТРОЗОДИМЕТИЛМОЧЕВИНОЙ

Е. Н. САМОШКИН, Л. А. КРЮЧКОВА

Брянский технологический институт  
ВНИИХлесхоз

Известно [2], что обработка семян N-нитрозодиметилмочевинной (НДММ) может усиливать рост сеянцев сосны. Нас интересовал анализ роста культур сосны по годам.

Водными растворами НДММ (концентрации 0,05; 0,025; 0,012; 0,006; 0,003 %) в лабораторных условиях обрабатывали воздушно-сухие семена последнего года сбора, выдерживая их в растворах в течение 18 ч. После просушивания на свежем воздухе семена высевали в теплице с полиэтиленовым покрытием (ОПЛХО «Русский лес» Московской области). Сеянцы-однолетки пересаживали на лесокультурную площадь (тип условий произрастания В<sub>2</sub>). Почву подготавливали бороздами, тракторным плугом ПКЛ-70. Схема размещения растений 2,5 × 0,5 м. Уходы за культурами проводили вручную: два в первый год, один во второй.

Растения учитывали ежегодно в течение 8 лет. У сеянцев-однолеток измеряли высоту, у саженцев прирост в высоту за последний год. Полевые материалы обрабатывали статистически [1]. Условные обозначения:  $n_x$  — число измерений;  $M \pm m$  — средняя арифметическая и ее ошибка;  $S$  — коэффициент вариации;  $m_s$  — ошибка разностей средних арифметических величин;  $P$  — доверительные уровни.

Как видно из таблицы, у сеянцев-однолеток эффекта активации роста не обнаружено, а при сильной и слабой концентрациях наблюдалось даже ингибирование.

Существенное активизирующее действие НДММ проявилось в двухлетнем возрасте саженцев, на лесокультурной площади, особенно при концентрации 0,025 %.

У саженцев старшего возраста (до восьми лет) практически во всех вариантах наблюдался устойчивый и достаточно высокий стимуляционный эффект (прирост до 26 %).

С увеличением возраста культур наблюдается тенденция к выравниванию средних приростов саженцев по высоте, т. е. уменьшение ко-

Вариант-концентрация, %	$n_x$	$M + m$ , см	Показатель, % к контролю	$C$ , %	$m_\delta$	$t$ факт через $m_\delta$	$P$ , %
Сеянцы-однолетки							
1—0,050	51	12,6 ± 0,37	88,7	21,0	0,52	2,390	95,0
2—0,025	56	14,2 ± 0,58	100,0	30,5	0,82	0,000	—
3—0,012	58	15,4 ± 0,44	108,5	21,7	0,62	1,670	—
4—0,006	55	13,9 ± 0,55	97,9	29,3	0,78	0,370	—
5—0,003	51	10,7 ± 0,43	75,4	28,6	0,61	4,930	99,9
Контроль	69	14,2 ± 0,58	100,0	33,7	0,82	—	—
Саженьцы-двухлетки							
1—0,050	107	6,5 ± 0,17	144,4	26,9	0,24	9,091	99,9
2—0,025	113	6,7 ± 0,14	148,9	22,2	0,20	11,000	99,9
3—0,012	120	5,9 ± 0,14	131,1	26,1	0,20	7,000	99,9
4—0,006	142	4,9 ± 0,12	108,9	28,9	0,17	2,222	95,0
5—0,003	125	4,2 ± 0,09	93,3	23,8	0,13	1,875	—
Контроль	127	4,5 ± 0,14	100,0	35,1	0,20	—	—
Саженьцы-трехлетки							
1—0,050	205	13,9 ± 0,33	113,0	34,3	0,47	4,324	99,9
2—0,025	229	14,1 ± 0,31	114,6	33,1	0,44	5,000	99,9
3—0,012	144	13,8 ± 0,37	112,2	32,6	0,52	3,750	99,9
4—0,006	482	12,2 ± 0,19	99,2	34,1	0,27	0,370	—
5—0,003	350	10,8 ± 0,22	87,8	37,8	0,31	5,172	99,9
Контроль	577	12,3 ± 0,20	100,0	30,1	0,28	—	—
Саженьцы-четырёхлетки							
1—0,050	299	22,9 ± 0,36	102,7	27,0	0,51	1,250	—
2—0,025	237	27,2 ± 0,33	121,6	18,7	0,47	10,652	99,9
3—0,012	182	24,9 ± 0,39	111,7	21,4	0,55	5,200	99,9
4—0,006	286	22,4 ± 0,30	100,4	22,8	0,42	0,232	—
5—0,003	370	26,0 ± 0,27	116,6	19,9	0,38	9,024	99,9
Контроль	294	22,3 ± 0,32	100,0	24,9	0,45	—	—
Саженьцы-пятилетки							
1—0,050	163	24,7 ± 0,51	107,9	26,1	0,72	2,769	99,0
2—0,025	197	28,4 ± 0,47	124,0	23,1	0,66	3,871	99,9
3—0,012	186	25,4 ± 0,42	110,9	22,7	0,59	4,310	99,9
4—0,006	248	26,8 ± 0,45	117,0	28,3	0,64	6,393	99,9
5—0,003	271	27,8 ± 0,37	121,4	22,1	0,52	8,074	99,9
Контроль	198	22,9 ± 0,40	100,0	24,5	0,57	—	—
Саженьцы-шестилетки							
1—0,050	175	39,5 ± 0,61	111,6	20,6	0,86	4,831	99,9
2—0,025	217	40,5 ± 0,54	115,0	19,6	0,76	6,235	99,9
3—0,012	212	39,0 ± 0,51	110,8	19,0	0,72	4,634	99,9
4—0,006	198	40,5 ± 0,55	115,0	19,1	0,78	6,163	99,9
5—0,003	215	39,1 ± 0,54	111,1	20,3	0,76	4,588	99,9
Контроль	204	35,2 ± 0,66	100,0	26,7	0,93	—	—
Саженьцы-семилетки							
1—0,050	154	48,8 ± 0,65	117,6	16,5	0,92	9,359	99,9
2—0,025	144	49,3 ± 0,61	118,8	14,9	0,86	10,400	99,9
3—0,012	140	48,8 ± 0,53	117,6	12,8	0,75	10,580	99,9
4—0,006	188	49,5 ± 0,52	119,3	14,4	0,74	12,594	99,9
5—0,003	242	48,3 ± 0,48	116,4	15,4	0,68	10,303	99,9
Контроль	160	41,5 ± 0,45	100,0	13,8	0,64	—	—
Саженьцы-восьмилетки							
1—0,050	189	50,6 ± 0,50	116,3	13,6	0,71	10,000	99,9
2—0,025	220	52,4 ± 0,48	120,5	13,4	0,68	12,714	99,9
3—0,012	225	51,5 ± 0,40	118,4	11,7	0,57	12,500	99,9
4—0,006	236	52,3 ± 0,42	120,2	12,2	0,59	13,538	99,9
5—0,003	325	55,0 ± 0,41	126,4	13,4	0,58	17,692	99,9
Контроль	166	43,5 ± 0,50	100,0	17,2	0,71	—	—

эффicientsа вариации. Эта закономерность имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как появляется перспектива увеличить в насаждениях число деревьев лучших селекционных категорий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике.—М.: Наука, 1973.—256 с. [2]. Иванов В. П. Изучение стимулирующего действия химических мутагенов на посадочном материале сосны обыкновенной: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.—Брянск, 1982.—17 с.

УДК 676.11.082.1 : 631.811.98

### ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЧЕРНОГО СУЛЬФАТНОГО ЩЕЛОКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ САЖЕНЦЕВ ЕЛИ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

Л. Г. ПОПОВА, А. А. ЮРИНОВА, А. И. КИПРИАНОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой является перспективным направлением повышения эффективности лесного хозяйства, так как позволяет расширить сроки лесопосадочных работ, механизировать технологический процесс создания лесных культур [3]. Однако при такой технологии приживаемость растений в брикетах или контейнерах оказывается низкой. Применение стимуляторов корнеобразования может повысить приживаемость и снизить потери посадочного материала.

Исследования, выполненные нами ранее, показали, что препараты на основе черных сульфатных щелоков активизируют процессы корнеобразования ели и сосны [1]. Изучение возможности применения указанных продуктов при выращивании саженцев ели с закрытой корневой системой представляет практический интерес для лесоводства.

Нами проведены опыты по использованию препаратов на основе черных сульфатных щелоков для обработки корневой системы сеянцев перед заделкой в торфяной брикет. Опыты поставлены на лесосеменной станции Гатчинского механизированного лесхоза Ленинградской области в течение 1988—1990 гг. Испытано действие двух продуктов: полупарного листовного черного щелока (ЛЧЩ) и выделенной из него фракции водорастворимых веществ, содержащей в основном моно- и полигидроксикислоты, их лактоны и минеральные вещества (ФЧЩ). Среднюю пробу щелока ежегодно отбирали на Котласском ЦБК небольшими порциями (по 0,5 л) три раза в сутки в течение двух недель. Фракцию ФЧЩ выделяли из подкисленного щелока после удаления эфирорастворимых веществ и лигнина с последующей нейтрализацией продукта до pH 4 раствором гидроксида натрия. Плотность щелока, отобранного в 1988, 1989 и 1990 гг., колебалась в пределах 1172...1222 кг/м<sup>3</sup>, pH 12,1...12,2, содержание сухих веществ 28,7...36,0 %, в том числе органических 14,6...18,9 %, минеральных 14,1...17,1 %; плотность ФЧЩ 1085...1110 кг/м<sup>3</sup>, содержание сухих веществ 13,6...16,9, в том числе органических 6,0...10,1, минеральных 6,9...7,8 %.

В 1988 г. были использованы растворы ЛЧЩ концентрацией  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  (в пересчете на содержание органических веществ), ФЧЩ— $10^{-2}$  и  $10^{-3}$  %, продолжительность обработки корневой системы сеян-

Условия проведения опыта		Характеристика семян перед брикетированием					Показатели роста саженцев с закрытой корневой системой								
Год	Препарат	Концентрация раствора препарата, %	Продолжительность обработки ботки, ч	Условья выращивания	Возраст, лет	Высота, см	Диаметр стволика, мм	Число побегов, шт.	Приживаемость, %	Прирост в высоту, см	Диаметр стволика, мм	Биомасса, г		Соотношение надземной и подземной биомассы	
												корневой системы	стволлика		хвон
1988	ЛЧЦ Вода (контроль)	10 <sup>-4</sup>	2	Открытый грунт	2	12,5	2,2	3,5	86	6,9	2,9 ± 0,1	0,34 ± 0,02	0,56 ± 0,02	0,83 ± 0,02	4,1 : 1
						12,4	2,2	3,7	78	4,9	2,9 ± 0,1	0,30 ± 0,01	0,51 ± 0,02	0,70 ± 0,02	4,0 : 1
1989	ФЧЦ Вода (контроль)	10 <sup>-3</sup>	2	Открытый грунт	2	9,2	1,9	3,1	82	6,5	2,4 ± 0,1	0,22 ± 0,01	0,34 ± 0,01	0,52 ± 0,02	3,9 : 1
						9,6	2,0	3,2	65	4,5	2,4 ± 0,1	0,20 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,44 ± 0,02	3,7 : 1
1990	ЛЧЦ ФЧЦ Вода (контроль)	10 <sup>-4</sup>	4	Открытый грунт	2	16,3	1,7	4,3	43	3,6	2,6 ± 0,1	0,21 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,43 ± 0,02	4,1 : 1
						16,4	1,4	4,6	48	4,1	2,5 ± 0,1	0,18 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,52 ± 0,02	5,3 : 1
1990	ЛЧЦ ФЧЦ Вода (контроль)	10 <sup>-3</sup>	4	Теплица	1	10,2	1,8	3,5	95	—	2,1 ± 0,1	0,16 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,27 ± 0,01	3,1 : 1
						10,6	1,6	2,6	96	—	2,0 ± 0,1	0,20 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,30 ± 0,01	2,5 : 1
					1	10,6	1,6	3,1	83	—	2,1 ± 0,1	0,14 ± 0,01	0,17 ± 0,01	2,8 : 1	

цев перед брикетированием 2 ч. В 1989 и 1990 гг. испытаны растворы ЛЧЩ концентрацией  $10^{-4}$ , ФЧЩ —  $10^{-3}$  % как показавшие лучшие результаты в 1988 г. В 1989 г. продолжительность обработки корней составляла 18, в 1990 г. — 4 ч.

Подготовка растений к брикетированию заключалась в намачивании корневых систем в растворах препаратов или в воде (контрольные) в течение указанного времени. В опытах 1988 и 1989 гг. исходным посадочным материалом служили двухлетние сеянцы ели, выращенные в питомнике открытого грунта лесосеменной станции, в 1990 г. — однолетние сеянцы ели из теплиц. Характеристика сеянцев до брикетирования приведена в таблице. Обработанные корни сеянцев заделывали в торфяные брикеты на посадочно-механизированной линии ЛПБ-16. В 1988, 1989 и 1990 гг. забрикетировано соответственно 1200, 720 и 2100 сеянцев, из них 800, 480 и 1400 намочены растворами препаратов, 400, 240 и 700 — водой. Саженцы в брикетах устанавливали в ящики по 40 шт. и доращивали в теплицах. В конце вегетации произведен учет и биометрические замеры опытных и контрольных саженцев. Данные измерений статистически обработаны методом вариационной статистики [2].

Результаты проведенных опытов показали (см. таблицу), что все испытанные препараты положительно повлияли на приживаемость сеянцев и рост саженцев ели в брикетах. Так, раствор ЛЧЩ обеспечил увеличение приживаемости двухлетних сеянцев на 5 и 10 % по сравнению с контролем, однолетних — на 14 %, ФЧЩ — на 17, 26 и 16 % соответственно. К концу вегетации прирост в высоту растений, корни которых намачивали растворами ЛЧЩ и ФЧЩ в течение 2 ч, превышал контрольный в среднем на 40, биомасса корневой системы и стволика — на 12, хвои — на 18 %. Более длительная предпосадочная обработка (18 ч) двухлетних сеянцев усиливала накопление биомассы саженцами ели. В варианте с ЛЧЩ различие с контролем составило: по биомассе корней 61, стволика — 19, хвои — 48 %, для ФЧЩ соответственно 38, 19 и 79 %. Саженцы, выращенные из однолетних тепличных сеянцев с применением испытанных продуктов, также опережали контрольные растения по биомассе основных органов. В варианте с препаратом ЛЧЩ увеличение биомассы корневой системы по сравнению с контролем составило 14, стволика — 29, хвои — 23 %, для ФЧЩ соответственно 43, 12 и 36 %. Во всех вариантах опыта увеличение статистически достоверно. Соотношение надземной и подземной биомасс опытных саженцев, выращенных из тепличных сеянцев, близко к оптимальному значению (от 2,5:1 до 3,1:1). Саженцы, полученные из грунтовых сеянцев, характеризуются более высокими значениями этого показателя, находящимися на уровне контроля.

В целом испытания препаратов при выращивании посадочного материала ели с закрытой корневой системой, проведенные в течение 1988—1990 гг., свидетельствуют об эффективности предпосадочной обработки сеянцев биопрепаратами на основе черного сульфатного щелока, способствующей повышению приживаемости и улучшению качества саженцев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние препаратов на основе сульфатных черных щелоков на приживаемость и рост саженцев ели и сосны / Л. Г. Попова, А. А. Юринова, М. В. Кульмина и др. // Лесн. журн.— 1990.— № 3.— С. 16—21.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 101 с. [3]. Посадочный материал с закрытой корневой системой / Е. Л. Маслаков, П. И. Мелешин, И. М. Извекова и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 143 с.

УДК 630\*432.31

## УРАВНЕНИЯ ВЫСОТЫ И ДЛИНЫ ПЛАМЕНИ ФРОНТА ПОЖАРА НА БЕЗЛЕСНЫХ ПЛОЩАДЯХ ЗАБАЙКАЛЯ

Ю. А. КУЗНЕЦОВ

Байкальская ЛОС

Оперативность и качество тушения ландшафтных пожаров зависят в первую очередь от правильного выбора сил и средств пожаротушения. В практике их определяют интуитивно, что повышает вероятность принятия неправильного решения. Устранить такую ошибочность можно при использовании математических моделей, адекватно описывающих процесс горения и позволяющих прогнозировать его основные параметры.

Нами сделана попытка рассчитать уравнения высоты и длины пламени фронта пожара на безлесных площадях. Они получены обработкой на ЭВМ по программе линейного многофакторного анализа ФАК-3 данных огневых экспериментов.

Опыты проведены весной до появления вегетирующей растительности. Наклон местности, на которой располагались выжигаемые участки, не превышал 5°. Протяженность части фронтальной кромки пожара в опытах составила 15 м. Высоту и длину пламени регистрировали при подходе фронта пожара к минерализованной полосе глазомерно, используя вешки, расположенные на полосе в шахматном порядке через 0,5 м. Для определения высоты пламени вешки градуировали через 10 см, длину находили по линии срединного сечения. В качестве факторов, влияющих на интенсивность горения сухих травянистых остатков, приняты скорость ветра, высота и запас надземной биомассы сухих трав, показатель влажности покрова. Их значения определяли по методикам, принятым в лесопирологических исследованиях.

Скорость ветра измеряли крыльчатым анемометром на высоте трав с тыльной части воспроизведенного пожара. Запас надземной биомассы сухих трав в абсолютно сухом состоянии находили с точностью, не превышающей 10 %. Для этого при необходимости увеличивали минимальное число учетных площадок размером 0,5 × 0,5 м до 15 шт. [1]. В таблице приведены области определения факторов.

Кроме того, опыты проводили на участках с травостоями высотой 0,3 и 0,5 м, при скоростях воздушного потока 5, 7, 8 и 9 м/с. Области

Фактор	Обозначение фактора	Область определения фактора в эксперименте	Коэффициент корреляции связи факторов	
			с высотой пламени	с длиной пламени
Высота сухих трав, м	$X_1$	0,15 ... 0,60	0,93	0,64
Запас надземной биомассы сухих трав, кг/м <sup>2</sup>	$X_2$	0,2 ... 0,3	0,71	0,71
Скорость ветра, м/с	$X_3$	2 ... 10	-0,29	0,58
Показатель влажности покрова	$X_4$	600 ... 1100	0,10	-0,37

определения двух других факторов не столь значительны. Показатель влажности покрова ограничивался ходом погоды.

Массив исходных данных для программы ФАК-3 был представлен 11 рядами, длина которых равнялась 5. В таблице показаны парные коэффициенты корреляции факторов с высотой и длиной пламени фронта пожара. Коэффициенты существенны, если их абсолютное значение выше табличного. Для нашего эксперимента при 95 %-м уровне значимости минимум коэффициента корреляции составляет 0,602 [2]. Этому требованию отвечает зависимость изучаемых параметров от высоты и запаса надземной биомассы сухих трав. Корреляция скорости ветра с длиной пламени неудовлетворительна, однако различие с табличным значением невелико. Следует отметить наиболее тесную связь между показателями, характеризующими надземную биомассу сухих трав, и умеренную между скоростью ветра и длиной пламени.

Нами получены следующие уравнения зависимости высоты ( $Y_1$ , м) и длины ( $Y_2$ , м) пламени фронта пожара от перечисленных факторов:

$$Y_1 = 0,09 + 1,4 X_2 + 0,98 X_1 - 0,03 X_3 - 0,0005 X_4; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,36 + 3,12 X_2 + 1,63 X_1 + 0,09 X_3 - 0,004 X_4. \quad (2)$$

Индекс детерминации данных уравнений равен соответственно 0,97 и 0,74, что свидетельствует о влиянии изучаемых факторов на вариацию высоты и длины пламени. Относительно высокая ошибка определения длины пламени (0,05 и 0,21) может быть объяснена визуальностью ее регистрации.

Сравнение коэффициентов регрессии показывает, что наибольшее влияние на высоту и длину пламени фронта пожара оказывает запас надземной биомассы сухих трав: абсолютные значения коэффициентов при  $X_2$  соответственно равны 1,34 и 3,12. Следующим по значению фактором является высота сухих трав: коэффициенты при  $X_1$  составили 0,98 и 1,63. Пределы фактора  $X_1$  в проведенном эксперименте разнятся в 4 раза,  $X_2$  — на 50 % (см. таблицу).

Наиболее широкие пределы варьирования зарегистрированы для скорости ветра (в 5 раз). Однако влияние этого фактора на высоту пламени относительно невелико. В уравнении (1) коэффициент при  $X_3$  равен 0,03, что составляет 1/3 свободного члена. По уравнению (2) воздействие скорости ветра на длину пламени оценивается несколько ниже. Коэффициент при  $X_3$  равен 0,09, что в 4 раза меньше абсолютного значения свободного члена. Невысокое влияние скорости ветра на параметры пламени объясняется экранирующим действием тлеющей части фронта пожара. Воздействием влажности сухих трав можно пренебречь: коэффициенты при  $X_4$  соответственно равны 0,0005 и 0,004. Это обусловлено небольшим пределом варьирования области определения показателя влажности покрова.

С помощью полученных уравнений можно определять высоту и длину пламени как непосредственно во время пожара, так и при получении сообщения о нем. Расчет этих показателей без предварительной разведки позволит ускорить выбор способа тушения и технического обеспечения, что в конечном итоге повысит оперативность ликвидации пожара. Высота сухих трав определяется просто. Значение показателя скорости ветра берется с ближайших метеостанций. Некоторое затруднение возникает при определении запаса надземной биомассы сухих трав, здесь необходимо использовать несложный экспресс-метод. Для повышения оперативности тушения можно разработать устройство, упрощающее расчеты высоты и длины пламени в полевых условиях.

Ввиду специфичности фитоценологических и погодно-климатических условий Забайкалья найденные уравнения могут быть использованы

лишь в регионе проведения исследований. Их применение ограничено также областями определения факторов, характерных для весенне-раннелетнего периода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта.— М.: Колос, 1979.— 416 с.  
[2]. Минкевич И. И., Захарова Т. И. Математические методы в фитопатологии.— Л.: Колос, 1977.— 48 с.

УДК 630\*237

### К ПРОБЛЕМЕ ОБЛЕСЕНИЯ МЕЛОВЫХ ОБНАЖЕНИЙ ЮГА РУССКОЙ РАВНИНЫ

А. И. ЧЕРНОДУБОВ, О. А. ЧЕРНОДУБОВА

Воронежский лесотехнический институт

Территория юга Русской равнины в результате эрозионных процессов покрыта густой сетью овражно-балочных систем с выходом на поверхность материнских пород (мел, маргель, доломит, известняк), разрушающихся из-за невысоких механических свойств. На щебнистых почвах произрастают специализированные растительные сообщества — кальцефилы, в том числе меловой эдафотип сосны обыкновенной. По данным М. М. Вересина [1], «... на юге Среднерусской возвышенности находится более полутора миллионов гектаров меловых обнажений и сильно смытых перегнойно-карбонатных почв (причем площадь их непрерывно возрастает), на которых только сосновые леса смогут дать ценную продукцию и экономический эффект».

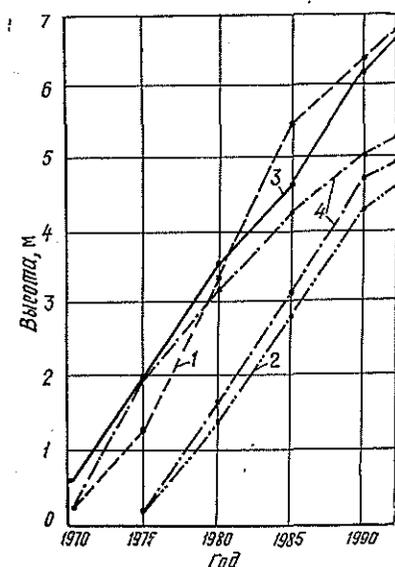
На 1 января 1990 г., по данным региональных институтов Гипрозем, площадь меловых обнажений и неиспользуемых в сельскохозяйственном производстве земель превышает 1 млн га, составляя в ЦЧЭР 770,6 тыс. га (Воронежская область — 335,1, Курская — 100,0, Тамбовская — 94,6, Липецкая — 23,9, Белгородская — 217,0 тыс. га); в Среднем Поволжье — 82,0 тыс. га (Саратовская область — 34,1, Ульяновская — 38,9, Самарская — 9,0 тыс. га); на Украине (Донецкая, Луганская, Харьковская области) — 183,0 тыс. га. Начиная с середины 50-х гг. здесь заложена целая серия опытных объектов с целью разработать приемы облесения и подобрать ассортимент древесных пород, пригодных для этих условий [2—9].

В Воронежской области один из таких объектов был создан лесничим Коротоякского лесничества Острогужского лесхоза Н. П. Перовым на правом высоком, крутизной 35...40°, берегу р. Путоданы, где сохранился небольшой участок естественного «мелового» бора на площади 1,2 га и имеются участки меловых обнажений, требующие закрепления. Весной 1960 г. под его руководством созданы культуры сосны обыкновенной мелового эдафотипа и с песчаных почв. В последующие годы в них введены сосна черная австрийская и черная крымская. Глубина залегания плитчатого мела — от 18 до 22 см. Почва подготовлена с помощью конного плуга бороздами, посадка проведена под меч Колесова. Первоначальная густота 20...22 тыс. шт./га.

В июле 1992 г. нами в этих культурах были заложены пробные площади, на которых измеряли высоту деревьев и диаметр на высоте груди. После статистической обработки брали модельные деревья для определения хода роста в высоту. Данные представлены в таблице и на рисунке.

Сосна	Возраст, лет	Сохранность, %	Объем выборки, шт.	Статистические показатели				
				Лимит	Средняя и ее ошибка	Дисперсия	Коэффициент вариации	Точность опыта
Черная австрийская	32	68,1	213	3,0...14,0	$7,2 \pm 0,2$	2,6	36,4	2,5
				3,0...11,0	$6,3 \pm 0,1$	1,3	20,3	1,4
Черная крымская	26	64,0	175	2,0...11,0	$5,5 \pm 0,2$	2,4	43,7	3,3
				3,0...9,5	$5,5 \pm 0,1$	1,8	33,4	2,5
Обыкновенная: меловая	33	58,2	217	2,0...9,0	$4,8 \pm 0,1$	1,9	38,9	3,0
				4,0...10,5	$6,5 \pm 0,1$	1,3	21,0	1,6
песчаная	33	52,1	205	2,0...11,0	$5,0 \pm 0,1$	2,0	40,5	2,8
				3,0...10,5	$5,2 \pm 0,1$	2,1	40,0	2,7
	26	39,6	186	1,0...11,0	$4,7 \pm 0,2$	2,2	47,7	3,5
				2,0...9,0	$4,6 \pm 0,1$	1,6	35,6	2,6

Примечание. В числителе — данные для диаметра, в знаменателе — для высоты.



Ход роста в высоту сосны черной австрийской (1), черной крымской (2), обыкновенной меловой (3) и обыкновенной песчаной (4)

Из таблицы видно, что наибольшую сохранность имеют сосна черная австрийская (68,1 %) и черная крымская (64,0 %), затем обыкновенная меловая (58,2 %). Приживаемость сосны обыкновенной песчаной составляет 39,6 и 52,1 %. Под пологом сосны черной австрийской и крымской имеется мощная хвойная подстилка, которая регулирует сток и предохраняет склон от размыва. Максимальный диаметр имеет сосна черная австрийская, минимальный — обыкновенная меловая, что заметно даже визуально, но качество стволов сосны меловой и песчаной значительно выше, сучья тонкие, крона небольшая и высоко поднятая, отсутствует коленчатость и вильчатость стволов. Средняя высота максимальная у сосны меловой, минимальная у сосны обыкновенной песчаной. Из рисунка видно, что в первые 10 лет сосна меловая растет медленно, но к 20 годам обгоняет сосну черную австрийскую.

Хотя наши данные носят предварительный характер, но уже можно сказать, что для облесения меловых обнажений и смытых карбонатных почв наиболее перспективны сосна обыкновенная мелового эдафотипа и черная австрийская.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вересин М. М. Леса воронежские.— Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1971.— 224 с. [2]. Гурский В. В. Черные сосны крымская и австрийская и введение их в лесные и агролесомелиоративные культуры Украины // Лесоводство и агролесомелиорация.— Киев: Урожай, 1971.— Вып. 25.— С. 3—11. [3]. Доронин Ю. А. К вопросу создания культур сосны обыкновенной на смытых перегнойно-карбонатных почвах и меловых обнажениях // Изв. Воронежск. пед. ин-та.— 1970.— Т. 112.— С. 46—51. [4]. Дрюченко М. М. Облесение меловых обнажений // Науч. тр. УкрНИИЛХА.— 1956.— Вып. 18.— С. 209—217. [5]. Костенко И. П. Сосна меловая и возможности ее использования для облесения меловых склонов // Науч. зап. ВЛТИ.— 1960.— Вып. 18.— С. 140—147. [6]. Костенко И. П. К вопросу облесения меловых склонов // Науч. зап. ВЛТИ.— 1961.— Т. 24.— С. 33—39. [7]. Опрятная Л. Н. Возможность использования сосны обыкновенной для облесения перегнойно-карбонатных и меловых почв // Сб. тр. по лесн. хоз-ву Шиповской ЛОС.— 1960.— Вып. 2.— С. 143—153. [8]. Оринич Н. Я. Сосна меловая и ее значение для защитного лесоразведения // Лесн. хоз-во.— 1953.— № 3.— С. 66. [9]. Попов В. К., Панков Я. В. Опыт облесения меловых обнажений и бедных карбонатных почв в ЦЧО // Защитное лесоразведение в Центрально-Черноземных областях.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1972.— С. 70—80.

УДК 674.093.6-412.85

## К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОЗИЦИОННЫХ ТОРЦОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ В ЛЕСОПИЛЬНОМ ПОТОКЕ

А. Д. ГОЛЯКОВ

Архангельский лесотехнический институт

В настоящее время в лесопильных потоках торцуют тонкие доски в целях удаления острых обзолных концов и явной гнили. Для расчета пропускной способности позиционных торцовочных устройств используют формулу

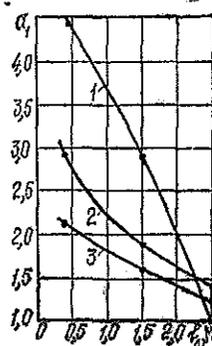
$$P = a/a_1,$$

где  $P$  — пропускная способность торцовочного устройства, шт./мин;  
 $a$  — число резов, которые можно сделать на станках в минуту,  $a = 8 \dots 12$  в зависимости от назначения торцовочной операции (предварительная или окончательная);  
 $a_1$  — число резов, приходящееся на одну доску,  $a_1 = 1$  (предварительная торцовка).

Значения  $a$  и  $a_1$  определены для условий работы на торцовочных станках с механическим подъемом пилы.

Цель нашей работы — уточнить значения  $a$  и  $a_1$  для расчета пропускной способности позиционных торцовочных устройств с дистанционным управлением и гидравлическим приводом подачи пилы.

Зависимость числа резов, приходящихся на один полуфабрикат, при торцовке на позиционном торцовочном устройстве от длины лока  $l_d$ : 1 — горбыль; 2 — доска; 3 — пропущенный полуфабрикат



Экспериментальные исследования проведены на лесопильно-деревообрабатывающих комбинатах г. Архангельска путем наблюдения за работой позиционных торцовочных устройств. Они установлены в потоках ЛАПБ и обслуживаются одним рабочим, осуществляющим предварительную торцовку тонких досок шириной 75 и 100 мм, а также вырезку облопа из деловых горбылей. Торцовые срезки и неделовые горбыли используют для последующей переработки на технологическую щепу. Подача на стол полуфабрикатов и удаление со стола торцованных досок и облопа поперечное.

После статистической обработки результатов наблюдений получили следующее.

1. Число резов за одну минуту при торцовке досок и горбылей соответственно равно 28,5 и 33,0.

2. Число резов, приходящееся на один торцуемый полуфабрикат, оказалось непостоянным, так как определяющими факторами являлись не назначение продукции или вид торцовки, а размер люков у вершинных пил, предназначенных для сброса торцовых срезок. Аппроксимированная зависимость  $a_1$  от длины люка  $l$  представлена на рисунке.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы.

1. При расчете производительности позиционных торцовочных устройств на базе станков ЦКБ-40 число резов, совершаемых в 1 мин, следует принимать равным 20...24, а число резов, приходящихся на один торцуемый полуфабрикат находить, используя графики, приведенные на рисунке.

2. При проектировании позиционных торцовочных устройств длина люков у вершинных пил должна быть не менее 1,0, у комлевых — не менее 0,4 м.

УДК 621.935

## КОНТРОЛЬ УГЛОВ РАЗВОРОТА ШКИВОВ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНОГО СТАНКА СПОСОБОМ БОКОВОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

*В. В. РЫЛЬЩИКОВ, В. И. ВЕСЕЛКОВ, И. В. МИЛЬЧЕНКО*

Архангельский лесотехнический институт

Одним из важных факторов, влияющих на точность и качество распиловки древесины, являются углы ориентации шкивов ленточнопильного станка (ЛПС). Составляющая угла ориентации — взаимный угол разворота шкивов влияет на величину суммарного угла между плоскостью натяжения пилы и осью рельсовых путей механизма подачи заготовок. Он определяет устойчивость плоской формы изгиба ленточных пил, их поперечную жесткость и точность распиловки [1, 5].

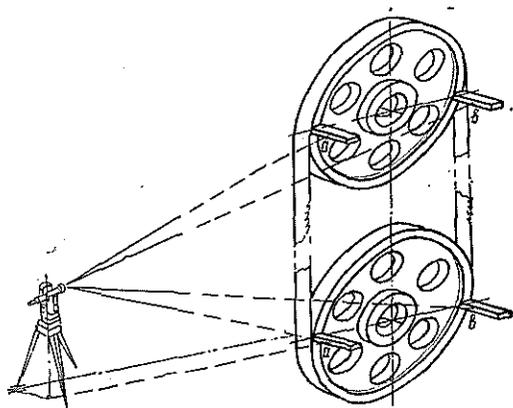
Для задания необходимых углов разворота верхние шкивы некоторых ЛПС снабжены соответствующим механизмом.

Проведенные исследования [1] указывают на необходимость регулирования угла разворота верхнего шкива в диапазоне 5...25°. Диапазон требуемых значений углов разворота, главным образом его нижний предел, накладывают ограничения на точность контроля углов. Ошибка при этом должна быть, по крайней мере, в 5 раз меньше нижней границы, т. е. составлять около 1°.

В настоящее время для измерения углов разворота при контроле монтажа и технического состояния механизма резания применяют отвесы и щуп [4].

Этот способ дает недостаточную точность. При спокойном состоянии нитяного отвеса точность построения вертикали с его помощью составляет 0,001 его длины [3], что соответствует 4' для отвеса длиной 15 м. В лесопильных цехах на положение отвеса влияют воздушные потоки, поэтому суммарная ошибка определения угла разворота возрастает до 10...20'. Другим недостатком является малая оперативность, связанная с необходимостью крепления и подгонки отвесов под торцы ободов шкивов. Более точным считается способ бокового нивелирования, применяемый при контроле ориентации элементов строительных конструкций и оборудования [3].

Схема контроля угла разворота шкивов



Способ предусматривает использование теодолита и реечки. Теодолит устанавливают на расстоянии 4...5 м от шкивов ленточнопильного станка в плоскости торца обода нижнего шкива (см. рисунок). Вертикальную ось теодолита приводят в отвесное положение по показаниям уровня при алидаде горизонтального круга. В выверенном теодолите коллимационная плоскость, описываемая визирной осью при вращении зрительной трубы вокруг горизонтальной оси, занимает вертикальное положение. Вращением алидады горизонтального круга зрительную трубу ориентируют таким образом, чтобы коллимационная плоскость заняла положение, близкое к плоскости торца обода нижнего шкива. Реечку с миллиметровыми делениями прикладывают последовательно к торцам ободов шкивов на уровне концов их горизонтальных диаметров перпендикулярно к плоскости торцов. В качестве реечки может быть использована укрепленная на деревянном бруске штриховая мера длины — металлическая линейка или отрезок плоской ленты с миллиметровой шкалой, имеющей предел допускаемой погрешности 0,10...0,15 мм. Нами при измерениях углов разворота в качестве реечки применялся штангенциркуль ПШ1. Вращением зрительной трубы вокруг горизонтальной оси визируют на реечку и берут отсчеты, соответствующие положению центра сетки нитей.

Угол разворота верхнего и нижнего шкивов относительно коллимационной плоскости находят по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{b-a}{d}, \quad (1)$$

где  $b$  и  $a$  — отсчеты по реечке, приложенной к противоположным концам горизонтального диаметра;

$d$  — диаметр шкива.

Взаимный угол разворота шкивов  $\Delta\alpha$  ЛПС вычисляют как разность нижнего  $\alpha_n$  и верхнего  $\alpha_v$  углов разворота шкивов:

$$\Delta\alpha = \alpha_n - \alpha_v. \quad (2)$$

Способ бокового нивелирования прост в исполнении. Он предусматривает использование распространенных измерительных приборов, однако существующие оценки его применимости противоречивы.

Так, в статье [2] приведен пример неприемлемости использования бокового нивелирования при определении перекоса колес мостового крана из-за невозможности достижения точности, сопоставимой с рассматриваемой в нашем случае, когда расстояние до объекта составляет 100...200 м.

По нашим расчетам и подтвердившим их экспериментальным данным установлено, что способ позволяет определить угол разворота шкива с достаточной точностью при установке теодолита в 4...5 м от шкивов и определенных конструктивных параметрах измерительных приборов.

Ниже приведен расчет оценки точности определения угла взаимного разворота шкивов по средним квадратическим ошибкам.

При равенстве средних квадратических ошибок определения углов разворота верхнего  $m_{ав}$  и нижнего  $m_{ан}$  шкивов ( $m_{ав} = m_{ан} = m_\alpha$ ) получим среднюю квадратическую ошибку определения угла взаимного разворота

$$m_{\Delta\alpha}^2 = 2m_\alpha^2. \quad (3)$$

Дифференцируя уравнение (1) и переходя к средним квадратическим ошибкам, получаем формулу средней квадратической ошибки  $m_\alpha$ . С учетом допускаемых упрощений

$$m_\alpha^2 = 2 \frac{m_{ab}^2}{d^2} \rho^2 + \frac{(b-a)^2 m_d^2}{d^4} \rho^2, \quad (4)$$

где  $m_{ab}$  — средняя квадратическая ошибка отсчета по реечке;  
 $m_d$  — средняя квадратическая ошибка определения диаметра шкива;  
 $\rho$  — радиан.

Для  $d = 1000$  мм, приняв  $m_d = 0,5$  мм и  $b - a = 20$  мм, что соответствует  $\alpha \approx 1^\circ$ , второй член правой части составит в этом случае малую величину ( $\approx 2''$ ), которой можно пренебречь.

С учетом этого, после подстановки (4) в (3), найдем

$$m_{\Delta\alpha}^2 = 2 \frac{m_{ab}^2}{d} \rho. \quad (5)$$

При малых расстояниях от теодолита до шкива (4...5 м) и измерениях, проведенных при двух положениях вертикального круга прибора, основное влияние на  $m_{ab}$  окажут ошибка оценки доли деления реечки при отсчете  $m_0$ , ошибка деления реечки  $m_d$ , ошибка неперпендикулярности реечки к плоскости торца обода шкива  $m_n$  и ошибка негоризонтальности  $m_r$  диаметра шкива, к концам которого приложена реечка.

Суммарная ошибка отсчета по реечке

$$m_{ab}^2 = m_0^2 + m_d^2 + m_n^2 + m_r^2. \quad (6)$$

Одна из основных ошибок способа бокового нивелирования — не вертикальность оси вращения алидады горизонтального круга теодолита, приводящая к наклону его коллимационной плоскости, не оказывает заметного влияния на ошибку определения углов разворота шкивов и

их разности. Это объясняется тем, что ошибка отсчета в разности  $b - a$  практически исключается. Остаточное влияние систематической ошибки, вызываемой отличием углов наклона направлений на реечку, установленную на концах горизонтального диаметра, при высоте шкива 2,5... 3,0 м составит около 0,01 мм и им можно пренебречь.

Полагая, что входящие в (6) составляющие оказывают одинаковое влияние на ошибку отсчета по реечке  $m_{ab}$ , т. е.

$$m_o = m_d = m_n = m_r = m,$$

найдем

$$m_{\Delta a} = \frac{4m}{d} \rho. \quad (7)$$

Решив (7) относительно ошибки  $m$  и приняв в соответствии с требованиями точности определения угла взаимного разворота шкивов  $m_{\Delta a} = 1'$ , для шкива с диаметром  $d = 1000$  мм вычислим  $m = 0,07$  мм.

Рассмотрим величину и характер влияния на результаты измерений каждой из составляющих ошибок.

Ошибку оценки доли деления реечки можно подсчитать по известной эмпирической формуле [3]

$$m_o = 0,03t + 0,20 \frac{S}{v}, \quad (8)$$

где  $t$  — цена деления реечки;

$S$  — расстояние от теодолита до реечки;

$v$  — кратность увеличения зрительной трубы теодолита.

При  $t = 1$  мм,  $S = 5$  м, а  $v = 25^{\times}$  имеем  $m_o = 0,07$  мм, что не превышает значения допустимой средней квадратической ошибки 0,07 мм.

Если принять предел допускаемой погрешности шкалы за случайную составляющую — предельную ошибку делений шкалы реечки, то средняя квадратическая ошибка делений  $m_d$  составит 0,03... 0,05 мм при ( $m_d = (1/3) \Delta$ ).

В действительности ошибку делений шкалы можно уменьшить, учитывая возможность выявления случайной и систематической составляющих поверкой и тарировкой шкалы реечки с помощью контрольно-измерительных приборов.

Влияние на результаты измерений неперпендикулярности реечки к плоскости торца обода шкива целесообразно рассматривать в проекции угла неперпендикулярности на вертикальную и горизонтальную плоскости. Это условие объясняется тем, что учет составляющих определяет требования, предъявляемые к конструкции измерительной реечки. Если принять во внимание допустимую величину совместного влияния составляющих и требование равенства их воздействия на результаты измерений, средняя квадратическая ошибка, вносимая в результаты измерений каждой из составляющих, не должна превышать 0,05 мм.

Ошибку в отсчете из-за неперпендикулярности реечки к плоскости торца обода шкива в проекции на вертикальную плоскость можно рассчитать по известной формуле

$$m'_n = \frac{av^2}{2\rho^2}, \quad (9)$$

где  $a$  — отсчет по реечке;

$v$  — угол неперпендикулярности реечки к плоскости торца обода шкива в вертикальной плоскости.

Приняв максимальное значение отсчета  $a = 120$  мм, для угла  $v = 1^\circ$  получим  $m'_n = 0,02$  мм.

Для обеспечения установки реечки в вертикальной плоскости с ошибкой, не превышающей  $1^\circ$ , ее основание имеет подготовленную опорную плоскость, контактирующую с торцом обода шкива.

Влияние на результаты измерений неперпендикулярности реечки к горизонтальному диаметру шкива оценим по формуле, найденной из простых геометрических соотношений:

$$a' = a (\cos \gamma - \sin \gamma \operatorname{tg} \alpha), \quad (10)$$

где  $a'$  — отсчет по реечке, установленной перпендикулярно к плоскости торца обода шкива;

$\gamma$  — угол неперпендикулярности реечки к плоскости шкива.

Учитывая малые значения  $\alpha$  и  $\gamma$ , примем  $\cos \gamma = 1$ , а  $\sin \gamma \operatorname{tg} \alpha$  заменим первыми членами разложения в степенной ряд. Ошибку измерений, соответствующую разности  $a - a' = m_n''$ , найдем по формуле

$$m_n'' = a \frac{\gamma \alpha}{\rho^2}. \quad (11)$$

Приняв  $a = 120$  мм,  $\alpha = 2^\circ$  и  $\gamma = 0,5^\circ$ , получим  $m_n'' = 0,04$  мм.

Для обеспечения угла неперпендикулярности менее  $0,5^\circ$  было предусмотрено базирование реечки относительно внутренней поверхности обода шкива при помощи устройства, скрепляемого с линейкой глубиномера штангенциркуля.

Для верхнего шкива, который может иметь небольшой угол наклона к вертикальной плоскости, ошибку отсчета по реечке  $m_r''$  из-за негоризонтальности радиуса шкива можно вычислить по формуле

$$m_r'' = R \sin \varphi \operatorname{tg} \beta + (R - R \cos \varphi) \operatorname{tg} \alpha, \quad (12)$$

где  $\varphi$  — угол наклона радиуса  $R$  шкива, к концу которого приложена при измерениях реечка;

$\beta$  — угол наклона верхнего шкива к вертикальной плоскости.

Не принимая во внимание влияние на ошибку  $m_r''$  второго члена правой части, решим уравнение (12) относительно угла  $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{m_r'' \rho^2}{R \beta}. \quad (13)$$

Для  $m_r'' = 0,07$  мм,  $R = 500$  мм и  $\beta = 15'$  допустимый угол наклона  $\varphi$  составит примерно  $110'$ .

При  $\varphi = 110'$ ,  $\alpha = 2^\circ$  и  $R = 500$  мм второй член правой части (12) равен пренебрежимо малой величине (0,009 мм).

Таким образом, перед измерениями угла разворота верхнего шкива предварительно на торце обода шкива следует разметить концы горизонтального диаметра, к которым будет прикладываться реечка.

Для нижнего шкива, монтируемого отвесно, допустимый угол наклона радиуса  $R$ , к концу которого прикладывается реечка, рассчитаем по формуле, найденной из (12) после допустимых упрощений:

$$\varphi = \sqrt{\frac{2m_r'' \rho^3}{R \alpha}}, \quad (14)$$

где  $m_r''$  — ошибка отсчета по реечке из-за негоризонтальности радиуса, к концу которого она приложена.

При  $m_r'' = 0,07$  мм,  $\alpha = 2^\circ$  и  $R = 500$  мм допустимый угол наклона  $\varphi$ , при котором ошибка не превышает заданного предела, составит примерно  $5^\circ$ . Так этот угол наклона радиуса легко может быть определен визуально, предварительной разметки горизонтального диаметра нижнего шкива не требуется.

Приведенный априорный расчет точности измерений показывает, что суммарная средняя квадратическая ошибка определения угла взаимного разворота шкивов при рассматриваемых выше условиях  $m_{\Delta\alpha} = 1'$ .

Учитывая, что измерения рекомендуется выполнять при двух положениях вертикального круга теодолита и двух его установках с вычислением среднего значения, определяем среднюю квадратическую ошибку измерения угла разворота:

$$m'_{\Delta\alpha} = \frac{m_{\Delta\alpha}}{\sqrt{4}} = 0,5'. \quad (15)$$

Переходя к предельным ошибкам  $\Delta$  и принимая их в интервале  $2m \dots 3m$ , получаем  $\Delta = 1,0 \dots 1,5'$ .

Следовательно, метод бокового нивелирования при указанных выше условиях измерений и особенностях конструкции реечки позволяет измерять угол взаимного разворота шкивов с предельной ошибкой  $1,0 \dots 1,5'$ .

Для проверки предлагаемой методики в марте 1989 г. были выполнены измерения угла взаимного разворота шкивов ленточнопильного станка марки «Standart» (ГДР), установленного в АЛТИ, с помощью теодолита марки 2Т2.

Было проведено 6 приемов измерений с перестановкой теодолита между приемами. Среднее значение угла взаимного разворота  $\Delta\alpha = 0^\circ 13' 46''$ . Средняя квадратическая ошибка его измерения, найденная по отклонениям результатов от среднего арифметического,  $m_{\Delta\alpha} = 25''$ .

Полученные результаты подтвердили данные априорного расчета точности определения угла взаимного разворота шкивов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веселков В. И., Веселкова Б. А., Селезнев А. Ф. Влияние разворота верхнего пильного шкива ленточнопильного станка на работоспособность пил // Лесн. журн.— 1988.— № 4.— С. 61—67.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Литвин Г. М. Способ определения перекосов колес мостовых кранов // Инженерная геодезия.— 1990.— Вып. 33.— С. 58. [3]. Лукьянов В. Ф. Расчеты точности инженерно-геодезических работ.— М.: Недра, 1990.— 252 с. [4]. Справочник по монтажу, эксплуатации и ремонту оборудования лесопильных и деревообрабатывающих предприятий.— М.: Гослесбумиздат, 1961.— С. 101—105; 138—142. [5]. Феоктистов А. Е. Ленточнопильные станки.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 151 с.

УДК 624.011.04.004.67

### ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И ИНЖЕНЕРНОЙ РЕСТАВРАЦИИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПАМЯТНИКАХ АРХИТЕКТУРЫ

Е. Н. СЕРОВ, Б. В. ЛАБУДИН, Л. Г. ШАПОВАЛОВА

С.-Петербургский архитектурно-строительный университет

Архангельский лесотехнический институт

ЦНИИМОД

В С.-Петербурге и его пригородах под государственной охраной находятся почти 900 памятников архитектуры. Несущие конструкции перекрытий и покрытий этих сооружений выполнялись, как правило, деревянными. Это относится не только к шпилью Адмиралтейства, который является символом и силуэтом города, но и к Стасовскому куполу Троицкого собора, Мариинскому театру, Дому культуры им. Горького, домику Петра, дворцу Кочубея, Русскому музею, С.-Петербургскому хореографическому училищу им. А. Я. Вагановой и др.

С течением времени в древесине, использованной в деревянных конструкциях, происходят процессы, приводящие к безусловному изменению физико-механических свойств, в первую очередь прочности и жесткости [4, 7].

В табл. 1 приведены результаты механических испытаний по ГОСТ 16483.0—78 малых чистых образцов древесины, взятых из зданий и сооружений, эксплуатируемых длительное время. Эти испытания проводили в ЛИСИ, АЛТИ, ЦНИИМОДе [6].

Таблица 1

Характеристика конструкции	Вид напряженного состояния	Статистические показатели					
		Число образцов, шт.	Среднее арифметическое значение, МПа	Среднее квадратичное отклонение, МПа	Коэффициент вариации, %	Ошибка среднего арифметического значения, МПа	Показатель точности, %
Балки жилого дома [1]	Растяжение	3	82,5				
	Сжатие	3	62,5				Нет сведений
	Изгиб	3	75,0				
Стропильные конструкции кирпич*	Растяжение	21	87,5	12,0	13,7	2,83	
	Сжатие	36	43,8	3,7	8,4	0,64	1,5
	Изгиб	21	67,8	6,1	9,0	1,43	2,1
Балки, стропила жилых домов [8]	Растяжение	≈ 1200	83,5				Нет сведений
	Сжатие		43,0				
	Изгиб		75,7				
	Скалывание		5,3				
Несущие конструкции [7]	Сжатие	9	46,4	—	7,4	—	—
	Изгиб	4	76,1	—	5,2	—	—

\* Информационный листок / ЦНТИ.— Архангельск, 1985.— № 196—85.

Расчетные сопротивления, полученные в результате обработки экспериментальных значений кратковременной прочности малых чистых образцов по методике ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, приведены в табл. 2. Для сравнения здесь же представлены показатели, нормируемые СНиП II-25—80. Из табл. 2 видно, что прочностные свойства исследованной древесины незначительно отличаются от стандартных. В ряде испытаний у древесины, имеющей срок службы более двухсот лет, расчетное сопротивление существенно превышает нормируемое. Это можно объяснить следующими причинами:

1) для строительства ответственных сооружений в прошлые века осуществляли индивидуальный качественный отбор древесины, при этом прочность древесины растущего дерева определяли по косвенным признакам [3];

Таблица 2

Литературный источник	Расчетные сопротивления, МПа				Примечание
	Растяжение	Сжатие	Изгиб	Скалывание	
[1]	8,3	19,8	13,0	—	Сосна, ель
Информ. лист. [8]	11,5	15,8	15,2	—	То же
	8,0	14,4	12,0	1,3	
[7]	—	16,5	17,6	—	Сосна
СНиП II-25—80	10,0	16,0	16,0	1,8	Сосна, ель

2) возможно, при длительной эксплуатации в благоприятных температурно-влажностных условиях происходит упрочнение древесины (для проверки этого предположения требуется проведение дополнительных исследований, т. к. начальная прочность древесины неизвестна).

Таким образом, при благоприятной эксплуатации деревянные конструкции могут работать без снижения прочности довольно продолжительное время, т. е. более 300 лет [6].

Ключевой проблемой сохранения деревянных конструкций и декора памятников архитектуры является целостность кровли. Особенно опасно переменное увлажнение материала, которое происходит как от атмосферных осадков, так и от неисправных инженерных сетей и других факторов.

Например, в покрытиях и чердачных перекрытиях над курсантской столовой бывшего II Кадетского корпуса (архитектор Ф. И. Демерцов, 1795—1803 гг.) примерно 30 лет назад были обнаружены возрастающие прогибы и дефекты. По нашему мнению, главная причина такой ситуации заключается в том, что при очередном капитальном ремонте в целях «улучшения архитектуры» были частично разобраны торчащие над крышей кирпичные трубы с множеством каналов. Теперь все испарения из варочного (горячего) цеха поступают в чердачное пространство через вентиляционные отверстия потолка и разобранных труб, влага аккумулируется в виде конденсата на металлической кровле. Наибольшее увлажнение по длине корпуса (около 90 м) наблюдается над горячим цехом, а по ширине — у конька кровли. Влага, стекая по кровле изнутри к карнизу, встречает на своем пути обрешетку и распространяется по конструкциям или собирается на выступах. Это приводит к увеличению нагрузок на чердачное перекрытие, уменьшению прочностных и упругих характеристик древесины, нарастанию деструктивных процессов в материале, его гниению, накоплению деформаций обмятия в сопряжениях элементов и др.

Другой причиной увлажнения древесины являются дефекты и неисправности кровли, но не следует забывать и об опасности проникновения на чердаки влаги в виде факелов снега через незакрытые на зиму проемы-двери и слуховые окна на крышах.

Во дворце Кочубея, построенном в 1777 г., (поликлиника № 84), в результате того, что большинство подвальных помещений было занято водолечебными залами, происходило увлажнение стен и основания под фундаментом. Если собственно вышележащие деревянные конструкции и не увлажнялись, то факторами риска являлись неравномерные осадки и коррозия фундамента.

Во многих случаях очаги загнивания создаются при покрытии деревянных полов линолеумом, куда хорошо проникает влага, но практически не испаряется.

Большой вред наносится памятникам архитектуры при комплексном капитальном ремонте зданий, во время которого разбирают «неиндустриальные» и «устаревшие» деревянные перекрытия, а в стенах, взамен имеющихся гнезд для деревянных балок, пробивают сплошные штрабы для железобетонных перекрытий. В раскрытом здании увлажняются не только стены и фундаменты, но и основание. Ярким примером может служить музей А. С. Пушкина на Мойке, в котором уже давно нет деревянных перекрытий, но «цветут» не только стены, но, что особенно опасно, и экспонаты.

Аналогичный капремонт был запланирован и в хореографическом училище с его гордостью — уникальными деревянными «танцующими полами». Они имеют не только цепочки податливых сопряжений элементов, но и пролеты балок из цельной древесины. Например, брусья с поперечным сечением 300 × 400 мм, вытесанные топорами, перекрывают

пролет 11 м и установлены с шагом 1,2... 1,3 м. Перекрытия включают чистый пол из корабельного бруса, систему лаг и подкладок, строительный мусор по известковой стяжке, опилки, слой кирпича и шерстяной войлок на растворе, лафетный настил по черепным брускам, подшивной потолок из досок и штукатурку по драни. Это обеспечивает как идеальную звукоизоляцию, так и огнезащиту.

В целях сохранения перекрытий нами предложена отдельная передача нагрузок: на существующие балки — только от потолков, а на новые — от собственной массы и полезных нагрузок. На наш взгляд, этот метод является весьма эффективным. В случае перехода конструкций в запредельное состояние, особенно при загнивании приопорных зон, применяют и другие приемы их усиления, в частности традиционное протезирование [2, 4], а также замена деревянных конструкций в балки стальной арматуры. Полная замена деревянных конструкций может быть рекомендована для отдельных чердачных перекрытий.

Сохранение первоначальных деревянных конструкций в сочетании с выборочным ремонтом дает и экономический эффект [1, 5, 7]. По последним данным [5], щадящие методы сократили суммарные капиталовложения по старому жилфонду центра С.-Петербурга более чем на 1 млрд р. (в ценах 1984 г.). Примером может служить хореографическое училище, где при сохранении только «танцующих полов» достигнут экономический эффект в размере 403 тыс. р. (в ценах 1984 г.).

При разработке щадящей методики капитального ремонта практически заново должно возродиться применение древесины, в том числе и клееной. Конкурентоспособность древесины, особенно клееной, при реконструкции и сохранении как памятников архитектуры, так и города в целом, прежде всего связана с малой массой и свободой формообразования конструкций. Кроме того, один из обязательных технологических процессов — высокотемпературная сушка, приводит к увеличению биостойкости клееных деревянных конструкций (КДК). Огнестойкость КДК с большими поперечными сечениями более чем в 4 раза выше, чем металлоконструкций. (Во многих технически развитых странах КДК не относят к пожароопасным.) Эти конструкции легко можно привязать к любой модульной системе. Изготовление КДК любых размеров и форм осуществляется без существенной переналадки оборудования, для этого не требуются ни новые прессформы, ни оснастка, крепления к ним осуществляются в любом месте без индивидуального расположения закладных деталей и т. д. Применение КДК при реконструкции памятников целесообразно не только с точки зрения экономии металла и цемента, но и воссоздания сущности конструктивного решения с сохранением массы сооружения, а также несущей способности основных конструкций.

Современные КДК становятся незаменимыми при реконструкции и ремонте зданий промышленной архитектуры. Показательными в этом отношении являются корпуса Сталеπροкатного завода. В его цехах практически постоянно ведутся работы по замене «сгоревших» от контакта с химически агрессивными средствами металлических и железобетонных конструкций, а рядом уже около 60 лет успешно эксплуатируется сквозная дощатая двухконсольная рама. Хотя в противопожарном отношении эта многоэлементная конструкция существенно уступает массивным КДК, но ее применение в подобных условиях эксплуатации оправдано.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Арский Г. М. Сохранить для потомков // Курсом научно-технического прогресса.— Л.: Стройиздат, 1983.— С. 156—160. [2]. Дайдбеков С. Д. Восстановление деревянных покрытий и перекрытий.— М.: 1962.— 123 с. [3]. Инструк-

ция по заготовке лесоматериалов для реставрации объектов деревянного зодчества.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1989.— 16 с. [4]. Квасников Е. Н. Вопросы облесения и усиления деревянных конструкций.— Л.: ЛИСИ, 1958.— 9 с. [5]. Поздних А. В. Сохранение целостной исторической среды Ленинграда. Поиск новых решений // Спасти и сохранить — М.: Знание, 1990.— С. 3—19.— (Новое в жизни, науке, технике. Сер. Строительство и научно-технич. прогресс; № 8). [6]. Разработать и внедрить конструкционные способы повышения долговечности полносборных производственных зданий из клееной древесины для лесопильно-деревообрабатывающей промышленности: (Промежуточ. отчет) / ЦНИИМОД; Руководитель темы Ю. А. Варфоломеев.— № ГР 01870059978; Инв. № 02890027739.— Архангельск, 1988.— 153 с. [7]. Серов Е. Н. и др. Дерево и реконструкции // Разработка современных конструкций из дерева, фанеры и пластмасс: Межвуз. темат. сб. тр.— Л.: ЛИСИ, 1989.— С. 48—52. [8]. Терентьев В. Я., Никонов Н. И., Сушинская Р. И. Механические свойства древесных сосны после длительной эксплуатации в несущих конструкциях зданий // Деревообаб. пром-сть.— 1987.— № 7.— С. 15—17.

УДК 536.24

## ТЕПЛООБМЕН И АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ПУЧКАХ ИЗ ТРУБ С НАКАТНЫМИ РЕБРАМИ ДЛЯ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В. Б. КУНТЫШ, А. Э. ПИИР

Архангельский лесотехнический институт

В технологических схемах целлюлозно-бумажного производства (ЦБП) и деревообработки широко применяют поверхностные теплообменники в качестве паровых и водяных калориферов для нагрева сушильного [2] и вентиляционного воздуха залов бумагоделательных машин [1], утилизации теплоты паровоздушной смеси, подогрева первичного и вторичного воздуха в энерготехнологических содорегенерационных котлах.

Эти импортные теплообменники, закупленные более 15—20 лет назад, к настоящему времени физически износились и морально устарели.

Теплопередающая поверхность импортных калориферов и воздухоподогревателей выполнена из круглых стальных труб преимущественно с наружным диаметром  $d_n = 25$  мм, оребренных поперечными спиральными ребрами из стальной или алюминиевой ленты. Коэффициент оребрения  $\varphi \approx 7 \dots 15$ . Трубы скомпонованы в шахматные или коридорные пучки с различным числом поперечных рядов  $z$  по направлению движения воздуха.

В нашей стране в большом количестве выпускаются биметаллические трубы с накатной алюминиевой ребристой оболочкой на наружном диаметре, равном 16, 25, 38 мм. Их коррозионная стойкость и конструктивные параметры ребер удовлетворяют требованиям, изложенным в работе [2]. Единичные исследования [4, 5] подтверждают эффективность и практическую целесообразность использования таких труб при замене импортного теплового оборудования в схемах ЦБП и деревообработки, а также применения монометаллических алюминиевых труб с накатными ребрами для второй ступени теплорекуперационных агрегатов (ТРА). На перспективность внедрения их в ЦБП обращено внимание и в работе [3].

Отсутствие формул для расчета теплоотдачи и сопротивления поперечнообтекаемых воздухом пучков из оребренных труб в характерном для калориферов и теплорекуператоров интервале компоновочных, геометрических, режимных и температурных характеристик препятствует их внедрению в модернизируемые и реконструируемые теплотехнологические установки.

Цель данной работы — восполнить отмеченные пробелы в исследованиях биметаллических труб с накатными ребрами, являющихся аналогом импортных трубчатых калориферов и монометаллических алюминиевых труб для ступени ТРА с насыщенной зоной охлаждения паровоздушной смеси.

Работа по экспериментальному исследованию теплоаэродинамических характеристик пучков состояла из двух частей. Объектом исследования в первой части являлись стальные трубы  $d_{\text{н}} = 25$  мм с накатными однозаходными поперечновинтовыми ребрами из алюминиевого сплава АД1М, имеющими следующие размеры, мм: наружный диаметр  $d = 47,3$ ; диаметр у основания  $d_0 = 30,8$ ; высота  $h = 8,25$ ; шаг  $s = 3,4$  и средняя толщина  $\Delta = 1,1$ . Коэффициент оребрения трубы  $\varphi = F/F_0 = 7,33$  ( $F$  — площадь полной наружной поверхности оребрения;  $F_0$  — площадь поверхности гладкой трубы по основанию ребер на диаметре  $d_0$ ). Трубы собирали в модели однорядных I, II, шахматных двухрядных III, IV и трехрядных V, VI пучков, а также в двухрядные VII, VIII и трехрядные IX, X коридорные пучки. Трубы в решетках пучков размещали с поперечным  $S_1$ , продольным  $S_2$  и среднедиагональным  $S'_2$  шагами, численные значения которых приведены в таблице. В шахматных пучках, трубы располагали в вершинах равностороннего треугольника  $S_1 = S_2$ . Относительные шаги расположения труб определяли по формулам

$$\sigma_1 = S_1/d; \quad \sigma_2 = S_2/d; \quad \sigma'_2 = S'_2/d.$$

Основные характеристики опытных пучков

Но- мер пуч- ка	Шаг, мм		Относительный шаг		Чис- ло ря- дов z	Коэффициенты и показатели уравнений (1—3)			
	$S_1$	$S_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$		$C$	$n$	$B$	$m$
Биметаллические оребренные трубы ( $\varphi = 7,33$ )									
I	49,5	—	1,047	—	1	0,082	0,650	1,63	0,14
II	55,5	—	1,173	—	1	0,082	0,650	1,35	0,14
III	49,5	42,9	1,047	0,907	2	0,094	0,650	13,19	0,28
IV	55,5	48,1	1,173	1,017	2	0,094	0,650	7,70	0,24
V	49,5	42,9	1,047	0,907	3	0,098	0,650	18,03	0,28
VI	55,5	48,1	1,173	1,017	3	0,098	0,650	10,56	0,24
VII	49,5	49,5	1,047	1,047	2	0,052	0,695	3,25	0,18
VIII	55,5	55,5	1,173	1,173	2	0,052	0,695	2,66	0,18
IX	49,5	49,5	1,047	1,047	3	0,042	0,715	4,00	0,18
X	55,5	55,5	1,173	1,173	3	0,042	0,715	3,24	0,18
Алюминиевые оребренные трубы ( $\varphi = 14,67$ )									
XI	80,0	—	1,150	—	1	0,220	0,560	12,91	0,33
XII	80,0	86,0	1,150	1,240	2	0,131	0,630	17,16	0,28
XIII	80,0	86,0	1,150	1,240	3	0,114	0,650	25,09	0,28
XIV	80,0	86,0	1,150	1,240	4	0,106	0,660	31,92	0,28
XV	80,0	86,0	1,150	1,240	6	0,098	0,670	48,00	0,28
XVI	80,0	82,0	1,150	1,180	6	0,103	0,660	48,85	0,28
XVII	80,0	78,0	1,150	1,120	6	0,105	0,660	48,85	0,28
XVIII	80,0	74,0	1,150	1,065	6	0,109	0,660	48,85	0,28

Объектом исследования второй части являлись монометаллические трубы с накатными однозаходными ребрами из алюминиевого сплава АД1М, имеющими следующие геометрические размеры, мм:  $d = 69,5$ ;  $d_0 = 39,9$ ,  $h = 14,8$ ;  $s = 3,0$ ;  $\Delta = 0,6$ . Внутренний диаметр трубы  $d_{\text{вн}} = 38$  мм. Коэффициент оребрения  $\varphi = 14,67$ . Из труб собирали однорядный пучок XI и шахматные пучки XII—XVIII различной рядности, компоновочные параметры которых представлены в таблице.

Исследования проводили методом локального теплового моделирования в аэродинамической трубе поперечного сечения  $300 \times 300$  мм.

Описание методики эксперимента и обработки данных приведены в [6]. Температуру наружной поверхности калориметрической трубы у основания ребер измеряли хромель-алюмелевыми термопарами. Обогрев трубы-калориметра осуществляли пароэлектрическим способом, температура насыщения пара 100 °С. Приведенный коэффициент  $\alpha_i$  теплоотдачи  $i$ -го поперечного ряда пучка определяли по тепловому потоку, отнесенному к полной наружной поверхности  $F$  ребренной трубы и арифметической разности средних температур трубы у основания ребер и потока воздуха перед пучком. Приведенный средний коэффициент теплоотдачи вычисляли арифметическим усреднением теплоотдачи всех рядов пучка.

Опытные данные обработаны в безразмерных числах подобия:

$$Nu_i = \alpha_i d_0 / \lambda; \quad Nu = \alpha d_0 / \lambda;$$

$$Re = \omega d_0 / \nu; \quad Eu = \Delta p / \rho \omega^2,$$

где  $\Delta p$  — перепад статистического давления воздуха в пучке, Па.

В качестве определяющей выбрана скорость воздуха  $\omega$  в сжатом поперечном сечении пучка. Физические параметры воздуха  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $\rho$  принимали по его средней температуре в пучке. Среднеквадратичная относительная ошибка опытных значений  $Nu_i$ ,  $Re$ ,  $Eu$  не превышала соответственно 3,6; 3,0; 4,1 %.

Результаты тепловых испытаний пучков I—XVIII обобщены степенными уравнениями подобия для теплоотдачи  $i$ -го ряда и средней теплоотдачи пучка:

$$Nu_i = C_i Re^{n_i}; \quad (1)$$

$$Nu = C Re^n. \quad (2)$$

Аэродинамическое сопротивление пучков I—XVII обобщено критериальной зависимостью

$$Eu = B Re^{-m}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов пропорциональности  $C$ ,  $B$  и показателей степени  $n$ ,  $m$  приведены в таблице. Для однорядных пучков  $C_i = C$  и  $n_i = n$ .

Экспериментальные данные о теплоотдаче каждого ряда и аэродинамического сопротивления пучков из труб с  $\phi = 7,33$  представлены в логарифмической сетке на рис. 1, 2. У всех пучков I—X шаг разбивки труб не влияет на интенсивность теплоотдачи ввиду сохранения геометрического подобия как в шахматных, так и в коридорных компоновках. Теплоотдача первого ряда пучков III—X одинакова и равна теплоотдаче однорядных пучков I, II. Теплоотдача второго и третьего рядов шахматных пучков III—VI на 30 % выше, чем у первого ряда (из-за турбулизации потока этим рядом) и описывается уравнением (1) при  $C_i = 0,106$  и  $n_i = 0,65$ . По сравнению с первым рядом теплоотдача второго и третьего рядов коридорных пучков VII—X одинакова ( $C_i = 0,0365$ ,  $n_i = 0,73$ ), но кривая  $Nu_i = f(Re)$  располагается круче, вследствие чего при  $Re = (11 \dots 20) \cdot 10^3$  интенсивность теплоотдачи понижена на 8,5...0 %, а при  $Re = (20 \dots 80) \cdot 10^3$  повышена на 0...13 %. Увеличение числа рядов от 1 до 2 и 3 приводит к росту средней теплоотдачи шахматного пучка на 14,7 и 19,5 %. Переход от однорядной компоновки труб к коридорным (двух- и трехрядным) при  $Re = 11 \cdot 10^3$  сопровождается уменьшением среднего коэффициента теплоотдачи соответственно на 3,6 и 6,2 %, а при  $Re = 80 \cdot 10^3$  — увеличением на 5,4 и 6,7 %.

При  $Re = (11 \dots 80) \cdot 10^3$  возрастание относительного поперечного шага,  $\sigma_1$  от 1,047 до 1,173 снижает сопротивление однорядного пучка в

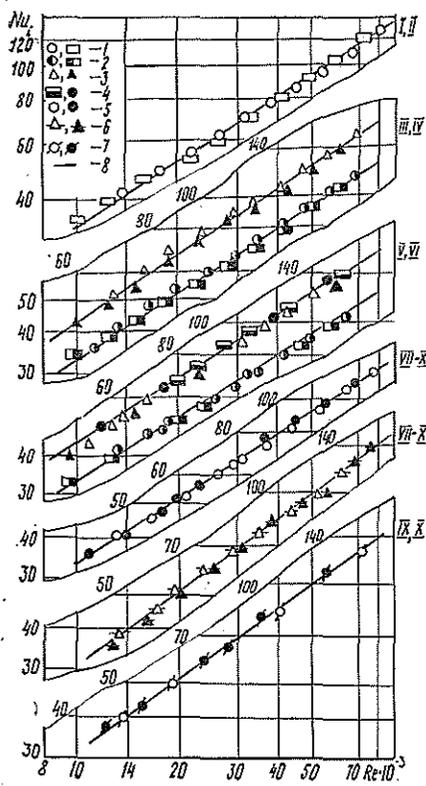


Рис. 1. Теплоотдача пучков из биметаллических труб ( $\varphi = 7,33$ ): I—X—номера пучков (см. таблицу); 1—опытные точки для пучков I, II; 2—1-го ряда пучков III, IV и V, VI; 3—2-го ряда пучков III, IV и V, VI; 4—3-го ряда пучков V, VI; 5—1-го ряда пучков VII, VIII и IX, X; 6—2-го ряда пучков VII, VIII и IX, X; 7—3-го ряда пучков IX, X; 8—рассчитанные по уравнению (1)

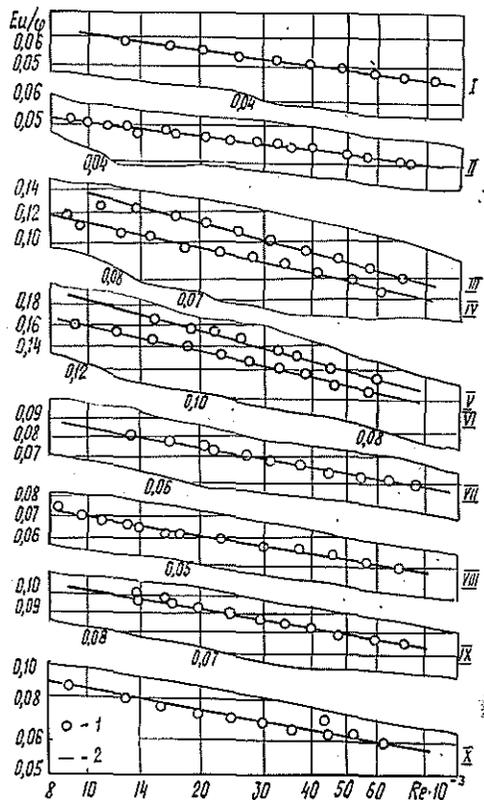


Рис. 2. Аэродинамическое сопротивление пучков из биметаллических труб ( $\varphi = 7,33$ ): I—X—номера пучков (см. таблицу); 1—опытные точки; 2—рассчитанные по уравнению (3)

1,21 раза, двухрядного шахматного — в 1,230—1,075 раза, коридорных двух- и трехрядных — в 1,23 раза.

Сопротивление шахматных пучков во всем интервале  $Re$  выше коридорных: двухрядных на 30...40 %, трехрядных на 34...42 %. Кроме того, повышенному сопротивлению шахматных пучков отвечает и более высокая интенсивность теплоотдачи: для  $z = 2$  — в 1,19...1,09 раза;  $z = 3$  — в 1,27...1,12 раза при указанных выше крайних значениях  $Re$ . Расчеты показывают, что малорядные шахматные пучки из труб с  $\varphi = 7,33$  превосходят коридорные по тепловой производительности на 20 %, уступая последним по аэродинамическому сопротивлению и затратам энергии на перемещение воздуха более чем на 50 %. В ряде случаев, например при использовании малонапорных осевых вентиляторов, применение коридорных пучков с меньшим по сравнению с шахматными сопротивлением может быть оправдано.

Тепловые и аэродинамические испытания пучков XI—XVIII из монометаллических оребренных труб представлены опытными точками на рис. 3, 4. Теплоотдача первого ряда пучков XII—XV с  $\sigma_1 = 1,15$  —

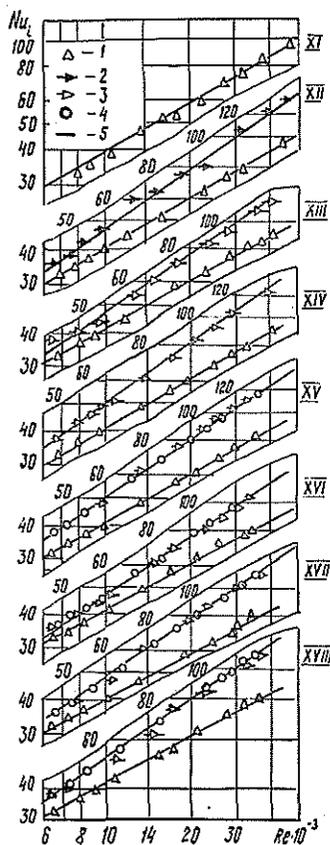


Рис. 3. Теплоотдача шахматных пучков из монометаллических труб ( $\varphi = 14,67$ ): XI—XVIII—номера пучков (см. таблицу); 1, 2, 3, 4—опытные точки для 1-, 2-, 3-, 5-го рядов пучков; 5—рассчитанные по уравнению (1)

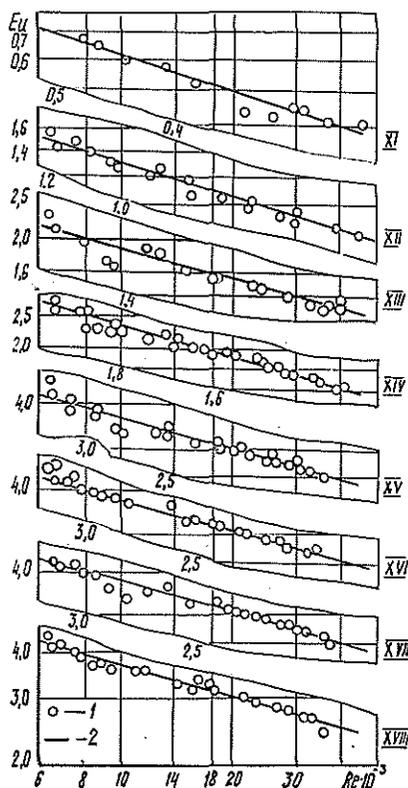


Рис. 4. Аэродинамическое сопротивление шахматных пучков из монометаллических труб ( $\varphi = 14,67$ ): XI—XVIII—номера пучков (см. таблицу); 1—опытные точки; 2—рассчитанные по уравнению (3)

$= \text{const}$  одинакова и больше теплоотдачи однорядного пучка XI на 4,5 %, что объясняется поджатием потока в кормовой половине расположенными сзади трубами поперечного ряда. Стабилизация теплоотдачи в этих пучках с  $\sigma_1 = 1,15$  и  $\sigma_2 = 1,24$  наступает со второго ряда, а коэффициенты теплоотдачи стабилизированных рядов компонок XII—XV описываются зависимостью (1) при  $C_i = 0,081$ ,  $n_i = 0,69$ . Теплоотдача последнего ряда пучков XII—XVIII на 5 % ниже теплоотдачи стабилизированных рядов.

Увеличение числа рядов в пучке от 1 до 6 сопровождается монотонным ростом средней теплоотдачи на 16,5 % при  $Re = 6 \cdot 10^3$ , на 42 % — при  $Re = 35 \cdot 10^3$ . Темп прироста теплоотдачи замедляется в пучках с  $z \geq 4$ . Применение шестирядной компоновки XV вместо четырехрядной XIV приводит к увеличению средней теплоотдачи лишь на 1,3...3,0 %.

Потеря давления воздуха в пучке также возрастает при наращивании числа рядов, однако сопротивление на один ряд пучка достигает постоянного значения при  $z \geq 4$ .

Уменьшение продольного шага  $\sigma_2$  от 1,240 до 1,065 при  $\sigma_1 = \text{const}$  не влияет на сопротивление пучка (компоновки XV—XVIII), а средняя

теплоотдача повышается очень слабо (до 1,07 раза). Следовательно, в относительно свободных шахматных компоновках величина продольного шага не оказывает существенного влияния на изменение теплоаэродинамических характеристик.

Средняя теплоотдача шахматных шестирядных пучков XV—XVIII обобщается уравнением подобия

$$Nu = 0,112\beta^{0,25} Re^{0,66}, \quad (4)$$

которое действительно для  $\beta = (S_1 - d_0)/(S'_2 - d_0) = 0,92 \dots 0,98$  и  $Re = (6 \dots 40) \cdot 10^3$ .

Область применения этих уравнений можно принять по рис. 1—4 и характеристикам пучков труб, представленным в таблице.

Таким образом, полученная информация позволяет выполнить расчетно-проектные работы по модернизации импортных ребристых теплообменников ЦБП с паровым или водяным теплоносителем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бельский А. П., Лотвинов М. Д. Вентиляция бумагоделательных машин.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 216 с. [2]. Богданов Е. С., Кунтыш В. Б., Новиков В. В. Рациональное теплопользование в современных лесосушильных камерах: Обзор, информ. / ВНИПИЭИлеспром.— 1983.— 48 с. [3]. Кунтыш В. Б., Мелехов В. И. Защита водных ресурсов от теплового и химического загрязнения целлюлозно-бумажными и деревообрабатывающими производствами // Лесн. журн.— 1989.— № 6.— С. 90—92.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Кунтыш В. Б., Мелехов В. И. Основы проектирования компактных теплорекUPERаторов из ребристых труб для сушильных установок // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1988.— С. 77—81. [5]. Топорокова М. А., Саскин В. Г. Разработка и внедрение калорифера из труб с накатным спиральным оребрением // Основные этапы и направления развития энергетики Архангельской области: Тез. докл. к областной конф. энергетиков, посвященной 60-летию образования СССР.— Архангельск, 1982.— С. 38—39. [6]. Экспериментальное исследование теплоотдачи и сопротивления пучков АВО из биметаллических труб / В. Б. Кунтыш, А. Э. Пиир, А. И. Егоров и др. // Энергетика.— 1977.— № 12.— С. 89—93.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 674.05

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ФЕРРОМАГНИТНЫХ СТАЛЕЙ

Г. А. ШЕПЕЛЬ

Архангельский лесотехнический институт

На предприятиях лесопромышленного комплекса имеется мощное и разнообразное технологическое оборудование. Для его эксплуатации организуют ремонтные производства с большим объемом работ, связанных, в том числе, с нагревом деталей из ферромагнитных сталей перед последующей термической обработкой или пластической деформацией.

Одним из наиболее эффективных способов нагрева ферромагнитных материалов является индукционный. При нагреве сталей меняются их электрическое сопротивление и магнитные свойства, а при переходе точки Кюри эти свойства вообще утрачиваются. Предлагаемый нами метод учитывает эти факторы в инженерных расчетах установок индукционного нагрева ферромагнитных сталей (ИНФС).

В работе приняты следующие обозначения.

#### Параметры индуктора

$D$  — внутренний диаметр обмотки, м;  
 $L$  — длина катушки, м;

- $\omega$  — число витков катушки;  
 $S_{\text{тр}}$  — площадь сечения трубки обмотки, м<sup>2</sup>;  
 $\rho_1$  — удельное сопротивление металла обмотки при рабочей температуре, Ом · м;  
 $d_{\text{тр. из}}$  — диаметр трубки с изоляцией, м;  
 $R_{\text{кат. ср}}$  — средний радиус катушки, м;  
 $n$  — число слоев катушки;  
 $m$  — толщина катушки, м;  
 $l_w$  — длина трубки обмотки, м;  
 $D_{\text{ф}}$  — внутренний диаметр футеровки, м;  
 $D_{l \text{ ср}}$  — среднегеометрический диаметр слоя футеровки, м;  
 $\lambda_{\text{ф}}$  — коэффициент теплопроводности данного слоя футеровки, Вт/(м · К);  
 $G_{\text{ф}}$  — коэффициент лучеиспускания внутреннего слоя футеровки, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  
 $B_{\text{ф}l}$  — толщина слоя футеровки, м;  
 $t_D$  — температура охлаждающей воды, К.

Параметры заготовки

- $d$  — наружный диаметр, м;  
 $d_{\text{вн}}$  — внутренний диаметр, м;  
 $K_{\Delta}, K_{\Delta x}, K_v$  — коэффициенты заполнения металлом соответственно поверхностного, промежуточного и внутреннего слоев заготовки;  
 $t$  — температура поверхностного слоя, К;  
 $t_0$  — температура начальная,  $t_0 \approx 0$  °С;  
 $t_k$  — температура фазового перехода, К;  
 $t_{\text{вс}}$  — эквивалентная температура внутреннего слоя при данной  $t$ , К;  
 $t_{\text{min}}$  — температура на внутренней поверхности или на оси заготовки, К;  
 $\rho_0$  — удельное сопротивление стали при  $t = t_0$ , Ом · м;  
 $B$  — температурный коэффициент сопротивления стали, К<sup>-1</sup>;  
 $\mu_p$  — относительная магнитная проницаемость стали при  $t = t_0$ ,  $\mu_p = f(P_{\text{суд}})$ ;  
 $P_{\text{суд}}$  — удельная поверхностная мощность, кВт/м<sup>2</sup>;  
 $C_t, C_0, C_{\text{ок}}$  — удельная теплоемкость стали соответственно при температуре  $t, t = t_0, t = t_k$  (по окончании фазового перехода), Дж/(г · К);  
 $\lambda_t$  — коэффициент теплопроводности стали, Вт/(м · К);  
 $G_c$  — коэффициент лучеиспускания стали, Вт/(м<sup>2</sup> · К);

Параметры сети

- $V$  — напряжение, В;  
 $f$  — частота тока, Гц.

Определим расчетные параметры теплоизоляции.  
 Тепловое сопротивление футеровки, (К · м<sup>2</sup>)/Вт,

$$r_{\text{ф}} = d \Sigma \frac{b_{\text{ф}l}}{\lambda_{\text{ф}l} D_{l \text{ ср}}} \quad (1)$$

Коэффициент теплоотдачи поверхности заготовки, Вт/(м<sup>2</sup> · К),

$$K_{\tau} = 5,7 \left/ \left[ \frac{1}{G_{\text{ф}}} + \frac{d}{D_{\text{ср}}} \left( \frac{1}{G_{\text{ф}}} - 1 \right) \right] \right. \quad (2)$$

Показатель температуры поверхности футеровки

$$B = 1/(r_{\phi} K_T). \quad (3)$$

Здесь  $r_{\phi}$  найдем из рис. 10\*.

Удельная теплопередача через футеровку, Вт/м<sup>2</sup>:  
мгновенная

$$q_t = \frac{1}{r_{\phi}} (t_{\phi} - t_D); \quad (4)$$

средняя при  $t \leq t_k \approx 750$  °С

$$q_{t \text{ ср}} = \frac{1}{r_{\phi}} \left( \frac{t_{\phi}}{2} - t_D \right); \quad (5)$$

средняя при фазовом переходе  $t = t_k$

$$q_k = q_{750}. \quad (6)$$

Вычислим расчетные параметры обмотки индуктора.  
Активное сопротивление, Ом,

$$r_1 = \rho_1 L_w / S_{\text{тр}}, \quad (7)$$

где

$$L_w \approx 2\pi R_{\text{кат. ср}} w + (n + 1) L. \quad (8)$$

Индуктивное сопротивление, Ом,

$$x_1 = 2\pi f \frac{0,32 \cdot 10^{-4} R_{\text{кат. ср}}^2 w^2}{6R_{\text{кат. ср}} + 9L + 10m}. \quad (9)$$

Найдем расчетные электрофизические параметры заготовки.

Удельное электрическое сопротивление стали при температуре  $t$ ,  
Ом · м,

$$\rho_t = \rho_0 B^n. \quad (10)$$

Значения температурного коэффициента сопротивления стали,  $K^{-1}$ ,  
 $B^n = f(t)$  при  $t \geq 750$  °С:

$$B = 1 + 2,7 \cdot 10^{-3} t + 4 \cdot 10^{-6} t^2;$$

$$B^{0,625} = 1 + 2,3 \cdot 10^{-3} t + 0,27 \cdot 10^{-6} t^2 = 1 + 2,5 \cdot 10^{-3} t;$$

$$B^{0,5} = 1 + 1,75 \cdot 10^{-3} t;$$

$$B^{0,375} = 1 + 1,5 \cdot 10^{-3} t;$$

$$B^{0,25} = 1 + 0,65 \cdot 10^{-3} t;$$

$$B^{0,125} = 1 + 0,28 \cdot 10^{-3} t.$$

Относительная магнитная проницаемость стали при  $P_{\delta t}$  и  $t \leq 750$  °С

$$\mu_{pt} = \mu_p \sqrt[4]{\rho_t / \rho_0} = \mu_p B^{0,25}, \quad (11)$$

где  $\mu_p$  — находим графически (Электротехнический справочник, 1970, рис. 5):

$$\mu_p = \mu_t A_t^n. \quad (12)$$

Здесь

$\mu_t$  — относительная магнитная проницаемость в начале интервала  $P_{\delta t}$ ;

\* Электротехнический справочник, Т. 1.— М.: Энергия, 1970.— 472 с.

$A_i^n = f(P_{\delta t})$  — коэффициент, зависящий от поверхностной удельной мощности (рис. 1).

При  $t \geq t_k$  относительная магнитная проницаемость  $\mu_{pt} = \mu_p = 1$ .

Толщина нагреваемого слоя при  $t \leq t_k$ , м,

$$\Delta_{pt} = 503 \sqrt{P_{pt} / (\mu_{pt} f)} = \Delta_{p0} B^{0,375}, \quad (13)$$

где  $\Delta_{p0}$  — толщина нагреваемого слоя при  $t = t_0 \approx 0$  °С, для Ст. 45 и  $f = 50$  Гц, м,

$$\Delta_{p0} = 31,8 \cdot 10^{-3} / \sqrt{\mu_p}. \quad (14)$$

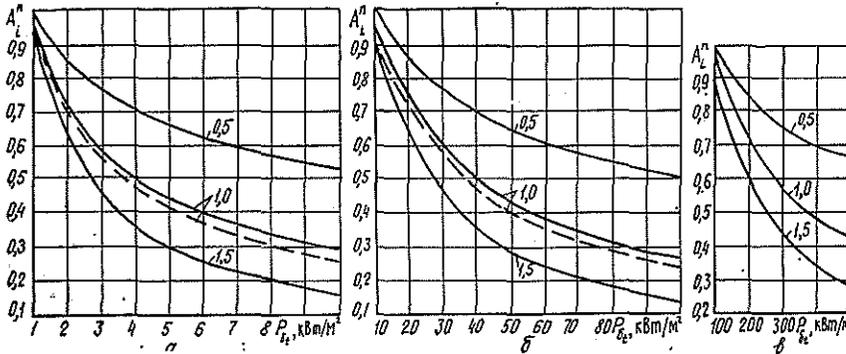


Рис. 1. Зависимость коэффициента  $A_i^n$  от поверхностной мощности при различных значениях  $n$ ,  $f$  (пунктирная — 10; сплошная 50 Гц) и диапазона  $P_{\delta t}$ : а — 1...10; б — 10...100; в — 100...500 кВт/м<sup>2</sup>

Приведенная к воздушному зазору толщина нагреваемого слоя

$$\Delta_{pt} = \Delta_{pt} / \mu_{pt} = \Delta'_{p0} B^{0,125}, \quad (15)$$

где

$$\Delta'_{p0} = 31,8 \cdot 10^{-3} / \mu_p^{1,5}. \quad (16)$$

Значения  $\Delta_{p0}$  и  $\Delta'_{p0}$  при  $t \leq t_k$  определяют по следующим формулам, м:

при  $P_{\delta t} = 1 \dots 120$  кВт/м<sup>2</sup>

$$\Delta'_{p0} \cdot 10^{-2} = 2 + 0,55 \sqrt{P_{\delta t}};$$

$$\Delta_{p0} \cdot 10^{-3} = 4,2 \cdot 10^{-3} \sqrt{P_{\delta t}};$$

при  $P_{\delta t} = 120 \dots 300$  кВт/м<sup>2</sup>

$$\Delta'_{p0} \cdot 10^{-2} = 6,73 + 10,5 \cdot 10^{-3} P_{\delta t};$$

$$\Delta_{p0} \cdot 10^{-3} = 0,21 + 2,4 \cdot 10^{-3} P_{\delta t};$$

при  $P_{\delta t} = 300 \dots 500$  кВт/м<sup>2</sup>

$$\Delta'_{p0} \cdot 10^{-2} = 8,1 + 6 \cdot 10^{-3} P_{\delta t};$$

$$\Delta_{p0} \cdot 10^{-3} = 0,21 + 2,4 \cdot 10^{-3} P_{\delta t}.$$

При завершении фазового перехода в поверхностном слое и  $t = t_k$  имеем, м,

$$\Delta'_{pt} = \Delta_{pt}. \quad (17)$$

При прогреве поверхностного слоя ( $\Delta_{pt}$ ) до  $t > t_k$ , промежуточного слоя ( $\Delta_x - \Delta_{pt}$ ) до  $t_k$  и внутренней части заготовки до  $t_{вз} < t_k$  получаем

$$\Delta'_{pt} = \Delta_x,$$

где  $\Delta_x$  — толщина слоя, прогретого до  $t \geq t_k$ , м,

$$\Delta_x = \frac{d}{2} \left[ 1 - \sqrt{\frac{(t_k - t_{\min t})}{(t - t_{\min t})} \left[ \left( 1 - \frac{2\Delta_{p750}}{d} \right)^2 - \frac{d_{\text{вн}}^2}{d^2} \right]} \right]. \quad (18)$$

Здесь  $\Delta_{p750}$  — толщина поверхностного слоя, прогретого до 750 °С, м;

$t_{\min t}$  — температура внутренней поверхности или центра ( $d_{\text{вн}} = 0$ ) заготовки при температуре поверхностного слоя  $t$ , °С.

При прогреве внутреннего слоя до  $t_{вз} = t_k$ , м,

$$\Delta'_{pt} = (d - d_{\text{вн}})/4. \quad (19)$$

Толщина нагреваемого слоя, м, при  $t_{вз} \geq 750$  °С ( $\mu_{pt} = 1$ )

$$\Delta_{kt} = \Delta_{k0} B^{0,5}; \quad (20)$$

где

$$\Delta_{k0} = 31,8 \cdot 10^{-7} = \text{const}. \quad (21)$$

Находим  $t_{\min t}$ , °С:

$$t_{\min t} = \frac{B+t}{2} - \sqrt{\left( \frac{B+t}{2} \right)^2 - B \left[ t - \frac{(P_{\text{а. ср. уд}} - qt_{\text{ср}}) 10^3}{4\pi\lambda_t} \times \left( 1 - \frac{d_{\text{мин}}^2}{d_0^2} \right) \right]}, \quad (22)$$

где  $P_{\text{а. ср. уд}}$  — активная средняя удельная мощность, кВт/м<sup>2</sup>;

$$d_{\text{мин}} = \sqrt{2} d_{\text{вн}}/d;$$

$$d_0 = \sqrt{\left( 1 - \frac{2\Delta_{p750}}{d} \right)^2 - \frac{d_{\text{вн}}^2}{d^2}}.$$

Определяем эквивалентную температуру внутреннего слоя, °С:

$$t_{\text{вз}} = (t + 2t_{\min t})/3. \quad (23)$$

Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры (рис. 2) выражается формулой

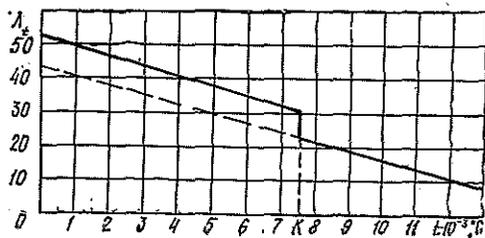


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности стали Ст. 45 от температуры (К — точка Кюри)

$$\lambda_t = \lambda_0 (1 - t/B), \quad (24)$$

где  $\lambda_0$  — коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К).

Определение удельных поверхностных активной, кВт/м<sup>2</sup>, и реактивной, квар/м<sup>2</sup>, мощностей при температуре поверхностного слоя  $t \leq t_k$  проводим следующим образом:

$$P_{ат\ уд} = 10^{-6} H_0^2 \sqrt{\rho_{t\ \mu_{pt}} f} F_{ц}; \quad (25)$$

$$P_{рт\ уд} = 10^{-6} H_0^2 \sqrt{\rho_{t\ \mu_{pt}} f} G_{ц}. \quad (26)$$

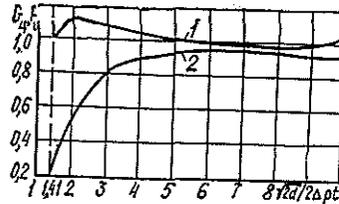
Здесь  $H_0$  — напряженность поля в воздушном зазоре, А/м,

$$H_0 = i\omega/\delta' = \sqrt{2} I_0 \omega / \delta'; \quad (27)$$

$F_{ц}$ ,  $G_{ц}$  — безразмерные коэффициенты (рис. 3),

$$F_{ц} = f(\sqrt{2} d / (2\Delta_{pt})); \quad G_{ц} = \varphi(\sqrt{2} d / (2\Delta_{pt})).$$

Рис. 3. Зависимость коэффициентов  $G_{ц}(1)$  и  $F_{ц}(2)$  от параметра  $\sqrt{2}d/(2\Delta_{pt})$



Коэффициент  $G_{ц}$  практически при любых  $\Delta_{pt} \leq d/2$  равен 1.

Коэффициент  $F_{ц}$  находим по следующим формулам:

при  $\sqrt{2} d / (2\Delta_{pt}) \geq 3$

$$F_{ц} = 1,25 \cdot 10^{-2} d / \Delta_{pt} + 0,75 \leq 1; \quad (28)$$

при  $1,41 \leq \sqrt{2} d / (2\Delta_{pt}) \leq 3$

$$F_{ц} = 0,26 d / \Delta_{pt} - 0,3. \quad (29)$$

Принимая  $F_{ц} \approx 1$  из (25) и учитывая (10), (11), (27), при  $f = 50$  Гц для Ст. 45 получаем, кВт/м<sup>2</sup>,

$$P_{ат\ уд} = P_{\delta_{т\ уд}} B^{0,625} = \frac{I_0^2 \cdot 10^{-3} \omega^2 63,2 \cdot 10^{-7} \sqrt{\mu_p}}{(\delta')^2} B^{0,625} = I^2 r_{2t}, \quad (30)$$

где

$I_0$  — действующее значение тока обмотки при  $t = t_0$ , А;  
 $r_{2t} = x_{2t}$  — активное и индуктивное сопротивление обмотки индуктора, Ом, при  $F_{ц} = G_{ц} = 1$ ,

$$r_{2t\ уд} = r_{20\ уд} B^{0,625}; \quad (31)$$

$r_{20\ уд}$  — начальное сопротивление обмотки, Ом, при  $t = t_0$ .

$$r_{20\ уд} = \omega^2 \frac{63,2 \cdot 10^{-7} \sqrt{\mu_p}}{(\delta')^2} = \omega^2 R_k; \quad (32)$$

$\delta'$  — приведенная к воздушному зазору длина средней магнитной линии, м.

Принимаем:

при  $t \leq t_k$

$$\delta' = \left(1 + \frac{1}{\mu_p B^{0,25}}\right) l + 2(\delta + \Delta'_{pt}); \quad (33)$$

при  $t > t_k$  и  $t_{вз} < 750$  °С

$$\delta' = \left(1 + \frac{1}{\mu_p B^{0,25}}\right) l + 2(\delta + \Delta_{pt}); \quad (34)$$

при  $t > t_k$ ,  $t_{\min} \geq t_k$  и  $\mu_{pt} = \mu_p = 1$

$$\delta' = 2 \left[ l + \delta + \frac{d - d_{вн}}{4} \right]. \quad (35)$$

Тогда в этом случае имеем, кВт/м<sup>2</sup>,

$$P_{ат\ уд} = P_{а.к\ о\ уд} B^{0,5}. \quad (36)$$

Необходимый действующий ток обмотки, А,

$$I_0 = \sqrt{\frac{P_{от\ уд}}{r_{2\ о\ уд}}} = \sqrt{\frac{P_{ат\ уд}}{r_{2t}}} = \sqrt{\frac{P_{а.к\ т\ уд}}{r_{2kt}}}. \quad (37)$$

Фактическая мощность в заготовке, кВт,

$$P_{ат} = P_{от\ уд} B^{0,625} \pi dl. \quad (38)$$

Активное сопротивление обмотки индуктора при  $F_{ц} = G_{ц} = 1$ , Ом,

$$r_{2\ о} = r_{2\ о\ уд} \pi dl. \quad (39)$$

Ток источника, А, при  $U = \text{const}$  и  $r_{2\ о} = x_{20}$

$$I_{ист} = U/z_{2t}, \quad (40)$$

где

$$z_{2t} = \sqrt{(x_1 + x_{2t})^2 + (r_1 + r_{2t})^2}.$$

Ток обмотки индуктора, А, при температуре  $t$  находим из соотношения

$$I_{ист} = I_0. \quad (41)$$

Расчет мощностей удобно производить в табличной форме, определение  $G_{ц}$  и  $F_{ц}$  — графически.

Для определения среднего значения удельной мощности, кВт/м<sup>2</sup>, в интервале  $t_0 \dots t$  при  $t \leq t_k$  воспользуемся формулой

$$P_{ат\ ср.\ уд} = (P_{от\ уд} + P_{ат\ уд})/2. \quad (42)$$

В период прогрева слоя  $\Delta$  при фазовом переходе ( $t = t_k$ ) имеем

$$P_{а.к\ ср.\ уд} = (P_{а.750\ уд} + P_{а.0\ уд})/2, \quad (43)$$

где

$$P_{а.0\ уд} = I^2 r_{2kt} = I_0^2 r_{2к0} B^{0,5} = P_{а.к0} / \pi dl.$$

При прогреве заготовки до  $t > t_k$

$$P_{ат\ ср.\ уд} = (P_{а.0\ уд} + P_{ат\ уд})/2. \quad (44)$$

Определим продолжительность прогрева заготовки, с, при  $t \leq t_k$  и  $t_0 \approx 0$ :

$$\tau_t = Q_{ty} / (P_{ат\ ср.\ уд} - q_{т\ ср}),$$

где  $Q_{ty}$  — удельное теплосодержание заготовки, Дж/г, при температуре  $t$ ,

$$Q_{ty} = \gamma \left\{ K_{\Delta} C_t t \Delta_{pt} \left(1 - \frac{\Delta_{pt}}{d}\right) + K_v C_{тв} t_{вз} \left[ \frac{d}{4} - \Delta_{pt} \left(1 - \frac{\Delta_{pt}}{d}\right) - \frac{d_{вн}}{4d} \right] \right\}. \quad (45)$$

Здесь  $\gamma$  — плотность стали, г/м<sup>3</sup>;  
 $C_t$  — интегральная теплоемкость стали при температуре  $t$ .

Значения  $C_t$  и  $C_{t_3}$  найдем по формулам

$$C_t = C_0 (1 + a_1 t^2); \quad C_{t_3} = C_0 (1 + a_1 t_{v3}). \quad (46)$$

Для Ст. 45  $C_0 = 47,5$  Дж/(г · К);  $a_1 = 0,61 \cdot 10^{-6}$ .

Рассчитаем продолжительность нагрева, с, слоя  $\Delta_{pt}$  при фазовом переходе:

$$\Delta\tau_k = \frac{\Delta Q_{ky}}{(P_{a, k \text{ ср. уд}} - q_t) 10^3}, \quad (47)$$

где

$$\Delta Q_{ky} = \gamma \left\{ K_{\Delta} (C_k - C_{tk}) t_k \Delta_{pt} \left( 1 - \frac{\Delta_{pt}}{d} \right) + K_v (C_{v_{k3}} - C_{t3}) \times \right. \\ \left. \times t_{v_{k3}} \left[ \frac{d}{4} - \Delta_{pt} \left( 1 - \frac{\Delta_{pt}}{d} \right) - \frac{d_{\text{вн}}^2}{4d} \right] \right\}. \quad (48)$$

Здесь  $C_{v_{k3}}$  — теплоемкость внутренней части в конце фазового перехода, Дж/(г · К);

$t_{v_{k3}}$  — эквивалентная температура внутренней части в конце фазового перехода, К.

Продолжительность нагрева, с, поверхностного слоя от  $t = t_k$  до  $t > t_k$  вычислим из выражения

$$\Delta\tau_t = \frac{Q_{\Sigma y} - Q_{ty} - \Delta Q_{ky}}{(P_{a, k \text{ т ср. уд}} - q_t \text{ ср}) 10^3}, \quad (49)$$

где  $Q_{\Sigma y}$  — полное удельное теплосодержание заготовки, Дж/г, при температуре  $t$ , которое найдем из следующих уравнений:

при  $t_{\min} t < t_k$  и  $t_{v3} \leq t_k$

$$Q_{\Sigma y} = \gamma \left\{ K_{\Delta} C_t t \Delta_{pt} \left( 1 - \frac{\Delta_{pt}}{d} \right) + K_{\Delta} \Delta_x C_k t_k \left[ \Delta_x \left( 1 - \frac{\Delta_x}{d} \right) - \Delta_{pt} \left( 1 - \frac{\Delta_{pt}}{d} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + K_v C_{t3} t_{v3} \left[ \frac{d}{4} - \Delta_x \left( 1 - \frac{\Delta_x}{d} \right) - \frac{d_{\text{вн}}^2}{4d} \right] \right] \right\}; \quad (50)$$

при  $t_{v3} \geq t_k$

$$Q_{\Sigma y} = \gamma \left\{ K_{\Delta} C_t t \Delta_{pt} \left( 1 - \frac{\Delta_{pt}}{d} \right) + K_v C_{t3} t_{v3} \left[ \frac{d}{4} - \Delta_{pt} \left( 1 - \frac{\Delta_{pt}}{d} \right) - \frac{d_{\text{вн}}^2}{4d} \right] \right\}.$$

При учете времени полного прогрева заготовки до температуры  $t$  полное удельное теплосодержание

$$Q_{\Sigma y} = \gamma K_{\Delta} C_{\Delta} t \left( 1 - \frac{d_{\text{вн}}^2}{d^2} \right) d \cdot 0,25. \quad (51)$$

Тогда полное время нагрева, с,

$$\tau_t = \tau_k + \Delta\tau_k + \Delta\tau_t. \quad (52)$$

### Выводы

Разработан метод расчета параметров процесса индукционного нагрева ферромагнитных сталей с учетом изменения сопротивления и магнитных свойств нагреваемого изделия. В дальнейшем необходимы поиски инженерных решений по оптимизации процесса индукционного нагрева.

УДК 547.992.3

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА

В. В. НЕКРАСОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для характеристики состояния макромолекул сульфатного лигнина (СЛ) в растворах предложены [2] следующие удельные объемы:  $r_2$  — рефракция, отражающая объемы атомов и связей, образующих макромолекулу;  $\omega_2$  — несжимаемый объем, занимаемый макромолекулой в растворе;  $v_r$  — гидродинамический объем, образуемый макромолекулой вместе с сольватной оболочкой, которая удерживает молекулы растворителя водородными связями и силами Ван-дер-Ваальса.

В работе [1] в качестве растворителя СЛ были использованы диметилсульфоксид (ДМСО), диметилформамид (ДМФ), диоксан (Д) и этиленгликоль (ЭГ). Молекулы этих растворителей содержат либо акцепторы (Д, ДМСО, ДМФ), либо доноры (ЭГ) протонов.

В настоящем сообщении приведены результаты аналогичных исследований с тетрагидрофуруриловым спиртом (ТГФС) и метилцеллозольвом (МЦ), содержащими как доноры, так и акцепторы протонов.

Методики приготовления растворов и измерений изложены в работах [1, 3]. Результаты расчетов трех характеристических удельных объемов для ТГФС и МЦ приведены в таблице, где для сравнения представлены данные работы [1].

Из данных таблицы можно сделать предварительные выводы.

1. Удельная рефракция в пределах ошибки опыта для всех исследованных растворителей  $r_2 = (0,2900 \pm 0,0042)$  см<sup>3</sup>/г (0,0042 — средняя квадратичная стандартная погрешность, соответствующая относительной погрешности 1,6 %).

2. Удельный несжимаемый объем в пределах ошибки опыта для всех исследованных растворителей  $\omega_2 = (0,804 \pm 0,013)$  см<sup>3</sup>/г (0,013 — средняя квадратичная стандартная погрешность, соответствующая относительной погрешности 1,6 %).

3. Удельный несжимаемый объем больше удельной рефракции, их отношение изменяется от 2,45 в МЦ до 3,17 в ДМФ. Это отношение для всех растворителей  $\omega_2/r_2 = 2,75 \pm 0,11$  (0,11 — средняя стандартная квадратичная погрешность, соответствующая относительной погрешности 3,9 %). Согласно модели Ван-дер-Ваальса это отношение равно 4. Для СЛ оно составляет около 3.

Показатели	Численные значения показателей при температуре 20 °С					
	ДМСО	ДМФ	Д	ЭГ	ТГФС	МЦ
Удельный объем:						
$r_2$	0,280	0,292	0,287	0,287	0,283	0,309
$\omega_2$	0,739	0,927	0,847	0,745	0,812	0,756
$v_r$	3,64	3,20	2,82	1,00	3,36	4,22
$\omega_2/r_2$	2,64	3,17	2,95	2,60	2,87	2,45

4. Для сольватированного растворителя ЭГ гидродинамический объем  $v_r$  представляет простую сумму  $r_2$  и  $\omega_2$ . В других растворителях этот показатель значительно превышает аналогичную сумму.

5. Значения удельных гидродинамических объемов СЛ в исследованных растворителях резко отличаются и колеблются от 1,00 см<sup>3</sup>/г в ЭГ до 4,22 см<sup>3</sup>/г в МЦ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние природы растворителя на удельные объемы сульфатного лигнина / Некрасов В. В., Рюмина М. М., Червятина К. П. и др. // Лесн. журн.— 1976.— № 3.— С. 119—121.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Некрасов В. В. К вопросу о трех характеристических объемах лигнина в растворах // Исследование продуктов химической переработки древесины.— Архангельск: АЛТИ, 1973.— Стр. 61—65. [3]. Некрасов В. В., Некрасова Н. В. Исследование энтропии вязкого течения растворов сульфатного лигнина // Лесн. журн.— 1991.— № 2.— С. 124—126.— (Изв. высш. учеб. заведений).

## ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 06.091.5

**ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ  
НАДЕЖДА НИКОЛАЕВНА ШОРЫГИНА**

9 сентября 1993 г. исполнилось 95 лет со дня рождения Надежды Николаевны Шорыгиной — химика-органика, доктора химических наук, профессора, бывшего заведующего лабораторией целлюлозы и лигнина Института органической химии Академии наук СССР и лабораторией лигнина ВНИИГидролиза.

Н. Н. Шорыгина блестяще окончила химико-технологический институт им. Д. И. Менделеева, защитила кандидатскую и докторскую диссертации. Докторская диссертация Надежды Николаевны непосредственно связана с классической реакцией, открытой ее супругом П. П. Шорыгиным. Защита первой в нашей стране докторской диссертации по химии лигнина, проходившая в ИОХ АН СССР в 1948 г., явилась научным событием, получившим широкий резонанс. Н. Н. Шорыгина доказала, что в макромолекуле хвойного лигнина присутствуют не только углерод — углеродные связи, как считал Фрейденберг. В ней преобладают простые эфирные связи. Это открытие, подтвержденное скандинавскими и американскими учеными, стало кардинальным положением современной химии лигнина.

Надежда Николаевна — соавтор капитальных монографий «Целлюлоза и ее спутники» (совместно с З. А. Роговиным); «Реакционная способность лигнина» (совместно с В. М. Резниковым и В. В. Елкиным).

Не один десяток лет Н. Н. Шорыгина поддерживала тесные контакты с архангельскими химиками. В качестве сопредседателя оргкомитета и ведущего докладчика она участвовала в работе первого на Севере Всесоюзного семинара на тему «Современные методы исследования в химии лигнина», проходившего в АЛТИ в 1968 г. и посвященного 10-летию Проблемной лаборатории института.

Надежда Николаевна знания и опыт щедро передавала своим ученикам В. В. Елкину, О. П. Грушникову, Л. Я. Габитовой. Ее ближайшими сотрудниками были А. Ф. Семечкина, Изумрудова и др.

Характерными чертами Н. Н. Шорыгиной были доброжелательность, исключительная скромность и беззаветное служение науке.

Н. Н. Шорыгиной нет с нами, но светлая память об этом замечательном человеке живет в сердцах ее учеников, коллег, всех тех, кто знал и общался с нею.

**Б. Д. Богомолов**

Архангельский лесотехнический институт

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3 : 630\*266

**ГОДИЧНОЕ СОБРАНИЕ  
ОТДЕЛЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК**

17-февраля 1993 г. состоялось годовое собрание действительных членов и членов-корреспондентов Отделения лесного хозяйства и защитного лесоразведения Россельхозакадемии. Собрание проходило на базе головного института лесного хозяйства ВНИИЛМ (г. Пушкино Московской области). В его работе приняли участие ученые и директора отраслевых, академических, высших учебных заведений разных городов России, руководство Федеральной службы лесного хозяйства страны, ответственные работники Министерств экологии, сельского хозяйства РФ и других ведомств.

В отчетном докладе академика-секретаря Отделения Н. А. Моисеева «О работе Отделения за 1992 год и задачах на 1993 год» отмечено, что в 1992 г. деятельность Отделения и координируемых им научных учреждений через научные советы и специализированные секции была направлена на решение важнейших проблем, связанных с проводимыми экономическими реформами, повышение эффективности агролесомелиорации в сельскохозяйственном производстве и роли лесов в социально-экономическом развитии страны. Научные исследования в области лесного хозяйства и защитного лесоразведения велись в рамках государственных научно-технических программ «Российский лес», «Глобальные изменения природной среды и климата», «Продовольствие», а также отраслевых НТП. Получен значительный задел по их реализации, выполнен ряд работ, имеющих важное научное и практическое значение.

Исследования ученых ВНИИЛМ и координируемых им научных учреждений в 1992 г. концентрировались на вопросах ландшафтно-экологического совершенствования агролесосистем в целях более полного и рационального использования биоклиматических ресурсов, повышения плодородия почв и борьбы с их деградацией.

Учеными и специалистами лесного хозяйства разработаны концепция управления лесами России в условиях рыночных отношений и предложения по реализации государственной программы приватизации предприятий и производств, связанных с предпринимательской деятельностью по использованию лесных ресурсов. Завершена система общих и региональных лесотаксационных нормативов для кадастровой оценки лесов, подготовлен ряд нормативных документов. Разработаны руководство по радиационному обследованию лесов, концепция ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях, в том числе рекомендации по лесопользованию и правила по охране труда. Применительно к лесному хозяйству эти работы выполнены впервые в мире.

Усовершенствована автоматизированная информационная система лесного хозяйства в части сбора и обработки аэрокосмической информации о динамике лесного фонда, методов мониторинга лесов. Составлен обзор санитарно-лесопатологического состояния лесов России. Выполняется российско-американский проект «Экотон — тайга — тундра»,

предусматривающий изучение реакций лесов на глобальные изменения климата. Благодаря исследованиям научных и конструкторских коллективов существенно пополнился комплекс машин и орудий для лесовосстановления, рубок ухода, тушения пожаров, борьбы с вредителями и болезнями леса.

Вместе с этим ослаблено внедрение законченных научных разработок в производство. Медленно осваиваются необходимые для этого рыночные и другие организационно-экономические формы в системе наука — производство.

В 1992 г. Отделением через его бюро, Научный совет по проблемам лесного хозяйства и защитного лесоразведения, секции и комиссии проделана большая организационная работа. На заседаниях рассмотрен ряд вопросов, связанных с повышением эффективности научного потенциала отрасли.

На заседаниях бюро обсуждены и приняты основные направления и сроки разработки Государственной программы «Леса России» и Государственной программы развития агролесомелиоративных работ в стране, рассмотрены итоги деятельности ВНИАЛМИ за 1992 г. и др.

Научным советом предложена стратегия ведения научно-исследовательских работ по проблемам лесного хозяйства и защитного лесоразведения в новых общественно-экономических условиях. Согласно его рекомендациям в связи с изменением структурных, организационных и экономических основ научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности научных организаций Управление науки Комитета по лесу России совместно с членами Научного совета разработали Государственную научно-техническую программу «Российский лес» на 1993—1995 гг., выделив приоритетные проблемы и задания, а также программу экологической безопасности лесов Российской Федерации.

Проведено специальное заседание совета, посвященное 125-летию со дня рождения выдающегося русского ученого-лесоведа, профессора М. М. Орлова, труды которого по лесоуправлению, лесной экономике и организации лесного хозяйства и в настоящее время, в период перехода лесного хозяйства к рыночным отношениям, не потеряли своей актуальности. Одним из решений совещания явилось ходатайство перед Россельхозакадемией об учреждении памятной Золотой медали имени этого ученого.

Отделением совместно с Комитетом по лесу и Международным союзом лесных исследовательских организаций (ИЮФРО) проведена международная конференция «Интегрированное управление лесами при неистощительном многоцелевом лесопользовании в условиях рыночной экономики».

Совместно с Комитетом по лесу проведена научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития защитного лесоразведения Российской Федерации». На ней был поднят вопрос о создании земельного фонда для защитного лесоразведения и фонда поддержки агролесомелиоративной науки, а также дано поручение ВНИАЛМИ подготовить предложения об учреждении премии им. Г. Н. Высоцкого за выдающиеся достижения в области защитного лесоразведения.

Члены Отделения приняли активное участие в подготовке и проведении научной сессии Россельхозакадемии, посвященной 100-летию Особой экспедиции В. В. Докучаева.

Акад. Е. С. Павловский, члены-корреспонденты Н. Г. Петров и Г. Я. Маттис участвовали в разработке материалов о состоянии и перспективах развития защитного лесоразведения в России для представления в Правительство Российской Федерации, акад. А. И. Писаренко — в создании Государственной программы лесовосстановления в России.

На собрании Отделения с большим и содержательным докладом «Задачи лесного хозяйства и защитного лесоразведения на 1993 г. и на перспективу» выступил Руководитель Федеральной службы лесного хозяйства России В. А. Шубин. Он подвел итоги деятельности отрасли за 1992 г., наметил задачи лесного хозяйства и защитного лесоразведения на ближайшие годы, выявил недостатки в ведении лесного хозяйства и работе научно-исследовательских учреждений, определил требования к научным учреждениям и главные задачи науки.

В докладе «Мировое значение бореальных лесов» акад. И. С. Мелехов отметил все увеличивающийся во всем мире интерес к состоянию и эксплуатации бореальных лесов. Такое внимание к ним объясняется тем, что в настоящее время, когда сильно нарушено природное равновесие, планетарное экологическое значение лесов Северного полушария, прежде всего пояса вечнозеленых хвойных лесов, как стабилизатора биосферы, резко возрастает. Нельзя забывать и о сырьевом назначении бореальных, прежде всего таежных, лесов. Мировое потребление древесины за их счет будет увеличиваться. Сохранение, рациональное использование и воспроизводство, повышение экологической роли бореальных лесов — проблема международная и требует внимания на международном (в том числе и межправительственном) уровне.

В докладе акад. Е. С. Павловского «Развитие научных исследований по агролесомелиорации» определены первоочередные задачи последней на ближайшую перспективу. Это конструирование устойчивых региональных агролесоландшафтов с учетом различных форм собственности на землю: повышение комплексной устойчивости, биопродуктивности, мелиоративной и рекреационной эффективности защитных лесонасаждений; лесоаграрное освоение эродированных земель, песчаных территорий и других неудобий, а также малопродуктивных земель аридной зоны; выявление агроэкологической роли систем защитных лесонасаждений в условиях глобальных изменений климата и реакции на них. Кроме того, подчеркнута необходимость постоянных и непрерывных исследований мониторингового характера, к которым в общем виде относятся: слежение за развитием эрозионных процессов, засоления, подтопления и других негативных явлений, наблюдения за ростом и состоянием защитных лесных насаждений разных видов и т. д. Отмечено, что переход к рыночным отношениям и многоукладному сельскому хозяйству выдвигает ряд производственных, экологических и социальных проблем к защитному лесоразведению. К ним относятся новое устройство территории, полей севооборотов, использование малогабаритной техники, приемы интенсификации и т. д.

В докладе чл.-кор. Н. Г. Петрова «Основные положения Государственной долгосрочной программы по защитному лесоразведению в России» изложены структура и содержание основных разделов программы, которая по заказу Министерства сельского хозяйства России должна быть разработана к концу 1993 г. Она включает разделы: агроэкологическая обстановка и состояние защитного лесоразведения в стране; научное обоснование масштабов и объемов лесомелиоративных работ по основным природным зонам и экономическим регионам России; организационно-экономические проблемы защитного лесоразведения; совершенствование управления работами по защитному лесоразведению и их правовое обеспечение; научное и кадровое обеспечение лесомелиоративных работ; формы и методы международного сотрудничества с зарубежными странами в области защитного лесоразведения; экономическая, экологическая и социальная эффективность программы и механизм ее реализации.

В сообщении А. В. Комарова (ВНИАЛМИ) «Биодренажные системы и оптимизация водно-солевого режима агроценозов» предпринята

попытка его оптимизации и методов регулирования в условиях орошаемого земледелия.

Сообщение Т. Я. Турчина (ВНИИЛМ) «Смена пород и пути восстановления пойменных лесов Дона» посвящено особенностям экологического условия прирусловой, центральной и притеррасной части поймы среднего Дона. В нем представлена динамика смены пород за 40-летний период в Вешенском лесхозе; раскрыта успешность семенного и порослевого возобновления дуба; в соответствии с разработанной ВНИИЛМом и Донской ЛОС типологией пойменных лесов дана направленность лесовосстановительных процессов в пойменных лесах; предложен перспективный ассортимент пород для различных частей пойм.

В дискуссии по обсуждению отчетного и научных докладов выступили: д-р с.-х. наук, проф. И. В. Шутов (СПбНИИЛХ), чл.-кор. Г. Я. Маттис (ВНИАЛМИ), чл.-кор. М. И. Долгилевич (Украинская академия аграрных наук), д-р биол. наук, проф. А. Я. Любавская (МЛТИ), д-р с.-х. наук, проф. Г. И. Редько (СПбЛТА), чл.-кор. РАН С. Э. Вомперский (Институт лесоведения РАН), начальник Главка Минсельхоза РФ Ю. А. Шевелев и др. Собрание одобрило деятельность Отделения в 1992 г. и утвердило отчет. Одобрены также основные положения и выводы научных докладов и намечены первоочередные задачи научных исследований на ближайшую перспективу в области лесного хозяйства и защитного лесоразведения.

Собрание поручило Отделению:

совместно с ВНИАЛМИ и Федеральной службой лесного хозяйства России, а также другими заинтересованными ведомствами подготовить предложения о формировании системы материально-технического и кадрового обеспечения работ по защитному лесоразведению;

подготовить предложения Президиуму Россельхозакадемии, Минсельхозу, Роскомзему, Минэкологии и другим заинтересованным ведомствам о формировании единого фонда содействия развитию защитного лесоразведения в России.

Собрание постановило предложить ВНИАЛМИ разработать совместно с заинтересованными научными учреждениями и другими организациями программу исследований по выявлению районов и степени деградации сельхозугодий, определению размеров ущерба, причиненного деградацией земель, ухудшением эколого-экономического состояния агросреды, и предложить мероприятия и технические средства по рациональному использованию и восстановлению деградированных земель.

Собрание считает целесообразным образовать при Президиуме Россельхозакадемии постоянно действующие (на общественных началах) методическую и терминологическую комиссии из ведущих ученых и специалистов для выработки методологии и терминологии, особенно во вновь развивающихся направлениях аграрных и лесохозяйственных наук.

Собрание поручило Отделению разработать конкретные предложения по организации и дальнейшему развитию сотрудничества ученых СНГ по лесному хозяйству и защитному лесоразведению.

18 февраля 1993 г. состоялись очередные выборы в состав Российской академии сельскохозяйственных наук. На общем собрании действительных членов (академиков) по Отделению лесного хозяйства и защитного лесоразведения действительным членом (академиком) РАСХН избран чл.-кор. А. И. Писаренко (лесоводство). На общем собрании действительных членов (академиков) и членов-корреспондентов членами-корреспондентами РАСХН избраны д-р с.-х. наук И. В. Шутов (лесоводство) и д-р с.-х. наук В. И. Петров (агролесомелиорация).

А. Ф. Цехмистренко

Отделение лесного хозяйства и защитного лесоразведения РАСХН

УДК 630\*(-17) : 061.3

## БОРЕАЛЬНЫЕ ЛЕСА

### Международная информация

В августе 1993 г. в Архангельском институте леса и лесохимии проходило 13-е заседание смешанной Российско-Шведской рабочей группы по научно-техническому сотрудничеству в области лесного хозяйства и лесных наук.

Шведскую делегацию представляли проф. С. Андерсон, заместитель декана лесного факультета Шведского университета сельскохозяйственных наук; проф. Я. Ремрод, президент Шведской целлюлозно-бумажной ассоциации; Э. Томсон, первый секретарь по лесному хозяйству Министерства сельского хозяйства Швеции; Б. Карлесталь, секретарь по лесному хозяйству Шведской королевской академии сельского и лесного хозяйства. Делегацию возглавлял А. Барклунд — генеральный секретарь и управляющий директор Шведской королевской академии сельского и лесного хозяйства.

От России в работе приняли участие Н. А. Моисеев, директор ВНИИЛМ, академик РАСХН; И. С. Мелехов, зав. кафедрой МГУЛ, академик РАСХН, почетный член Шведской королевской академии; Д. В. Трубин, главный лесничий Архангельского управления лесами; А. П. Корниенко, начальник Управления международного сотрудничества Рослесхоза; Г. А. Чибисов, директор АИЛиЛХ. Делегацию возглавлял А. И. Писаренко, заместитель руководителя Федеральной службы лесного хозяйства России, академик РАСХН.

На заседании рабочей группы обсуждалась тематика научно-технического сотрудничества на 1994—1995 гг., интересующая обе стороны. В числе перспективных программ определены: экологические исследования в девственных лесах; обмен селекционным материалом и результатами исследований; оценка состояния и система мониторинга бореальных лесов в условиях техногенных воздействий и глобального изменения климата; способы и методы возобновления и формирования бореальных лесов на зонально-типологической основе, обеспечивающие их устойчивость и биологическое разнообразие; изучение генетических структур виргинальных популяций сосны обыкновенной, ели сибирской и европейской и их изменений под влиянием антропогенных воздействий на Севере Европы и др.

В целях реализации сотрудничества стороны будут осуществлять обмен учеными, специалистами, аспирантами и исследователями; изыскивать возможности для установления прямых контактов между регионами, предприятиями и институтами, включая совместные экспедиции, содействовать в поиске потенциальных партнеров и обмениваться информацией о прямых контактах.

Шведская делегация посетила дендрологический сад Архангельского института леса и лесохимии, ознакомилась с листовыми частями древостоями и рубками леса.

В сентябре в Стокгольме Федеральной службой лесного хозяйства России, Российской Академией сельскохозяйственных наук и Шведской королевской академией сельского и лесного хозяйства протокол сотрудничества подписан окончательно.

С 26 сентября по 3 октября 1993 г. в Норвегии и Швеции состоялась Вторая конференция Международной научно-исследовательской ассоциации по бореальным лесам (IBFRA). Миссия Ассоциации: содействие и координация исследований, развитие понимания роли бореальных лесов в мировом масштабе, влияние разработки и использования природных ресурсов и изменений окружающей среды на эту роль. В ассоциацию входят Канада, Швеция, Финляндия, Норвегия, США, Россия. В работе конференции участвовало около 40 человек, было представлено 13 научных докладов.

От России с докладами выступили А. С. Исаев (Международный институт леса), А. И. Писаренко (Рослесхоз), В. В. Страхов (ВНИИЦ-лесресурс), Г. А. Чибисов (АИЛиЛХ).

Доклады охватывали широкий круг вопросов: экологический анализ циркумполярной границы леса, восстановление и динамика границы лесов, их продуктивности в историческом аспекте; углеродный цикл при различных вариантах ведения хозяйства, рубок леса, значение и влияние северных лесов на углеродный бюджет; влияние лесных пожаров, промышленных выбросов на состояние лесов; биологическое разнообразие и его сохранение и др.

Во всех странах большое внимание уделяется максимальному сохранению лесных экосистем и генетического разнообразия, неистощительному, многоцелевому лесопользованию, разработке новых технологий, моделей устойчивых, экологически оптимальных лесов, инвентаризации биомассы. Несмотря на большое разнообразие почвенно-климатических условий стран-участниц Ассоциации, имеется много общего в биосферном значении северных лесов, рациональном их использовании. Перед лесной наукой стоит еще много проблем, не только глобальных, но и региональных, особенно для России — самой лесной страны.

Заслушаны отчеты рабочих групп и определены программы совместных научных исследований.

Много времени было уделено знакомству с лесами и ведением лесного хозяйства в Норвегии и Швеции, их институтами и лесными компаниями.

На встрече преобладали взаимное понимание и уважение.

Г. А. Чибисов

Архангельский институт леса и лесохимии

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630\*434 (049.3)

## ЦЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ТРУД\*

Монография Т. А. Комаровой, посвященная послепожарной динамике в лесах Южного Сихотэ-Алиня, возрождает и продолжает традиции классической науки о растительности начала этого века, особенно применительно к лесам Дальнего Востока, берет на вооружение и последующие новые веяния и направления, прежде всего в области фитоценологии, экологии и лесоведения, лесной пирологии.

Основное внимание в работе уделено изучению влияния лесных пожаров, которые в лесах Дальнего Востока являются постоянно действующим фактором, на различные компоненты растительных сообществ, их возникновение и формирование. Раскрытие сложных процессов послепожарной динамики леса, установление закономерностей в формировании послепожарных сукцессий составляет главную цель работы и ее основное содержание.

Книга состоит из введения, шести глав и заключения.

Глава 1 посвящена рассмотрению физико-географических условий и лесной растительности района исследования, касается общих вопросов методики.

В главе 2 дан обзор существующих подходов к проблеме сукцессий, начиная с Ф. Клементса, разделившего сукцессии на два типа, названные В. Н. Сукачевым эндо- и экзодинамическими, и кончая попытками Г. Е. Хатчинсона (G. E. Hutchinson, 1957), Е. П. Одума (E. P. Odum, 1969) и других ученых разработать общую теорию экологических сукцессий. Автор правильно констатирует слабую освещенность вопросов о механизмах, определяющих основные закономерности сукцессионного процесса.

Т. А. Комарова особо выделяет системный подход, опираясь вместе с тем на эволюционную теорию. Системный подход необходим в современных исследованиях, и его рассмотрение правомерно. Но в тексте преобладают отвлеченные, общие положения, в том числе штампованные сентенции материалистической диалектики. Исключением являются страницы, где даны ступени внутренней ранговой иерархии биогеоценозов и связи между ними. Рецензент, впрочем, далек от мысли сурово упрекать автора в следовании сложившемуся за многие десятилетия трафарету. В этой же главе содержатся и интересные положения общетеоретического характера, имеются убедительные примеры различий в адаптации растений на разных этапах. Можно лишь заметить недостаточное рассмотрение закономерностей лесных пожаров как экологического фактора, обуславливающего механизм регуляции сукцессионного развития.

Нам кажется, что автор преувеличивает значение эволюционной теории в дарвинском понимании применительно к теме своих исследований, прежде всего к ее пирологической основе. В рассматриваемом разделе правильно отмечается, что приспособление в эволюционном

\* Комарова Т. А. Послепожарные сукцессии в лесах Южного Сихотэ-Алиня. — Владивосток: Дальневосточ. отд-ние АН СССР, 1992. — 224 с.

плане — это постепенное усовершенствование генетических ходов и генома. Но всегда ли пожары способствуют этому усовершенствованию? Может быть, уместно было бы сказать и о нарушениях процессов, о замедлении эволюции.

В главе 3 проанализирована мировая литература по влиянию пожаров на лесную растительность, рассмотрены вопросы типологии гарей, охарактеризованы лесопожарные особенности лесов Южного Сихотэ-Алиня, последствия лесных пожаров, большое внимание уделено почвенному запасу семян и спор. Представлен большой экспериментальный материал. Т. А. Комарова с большим вниманием отнеслась к вопросу классификации гарей, их типологии. Хотя в этом направлении были проведены научные исследования, имеется определенный задел, вопрос заслуживает дальнейшего рассмотрения.

По мнению Т. А. Комаровой, основная единица классификации — тип гари — должна строиться аналогично типу вырубki, поскольку гари, как и вырубки, являются результатом изменения растительности и ее среды внешним агентом и отражают первый этап лесовосстановительного процесса.

Это логично, тем более, что в типологии вырубok есть класс паловых вырубok, и такой подход правомерен. Возникает, однако, вопрос: куда отнести гари (горельники), выделенные в существующих классификациях по признаку воздействия пожаров на отдельные компоненты насаждения — древостой и нижние ярусы леса? Автор отвечает и на этот вопрос, считая, что «типологическую единицу гарей, сопряженную со степенью деструкции древостоя и нижних ярусов, более целесообразно обозначить как вид гари». Это интересная мысль. В подкрепление ее можно добавить, что в лесной пирологии и лесопожарной практике существует понятие «вид пожара», и логично его деструктивные последствия относить к виду гари (горельник, горелый лес). Но остаются трудности нерархо-лингвистического порядка. Ведь в пределах одного вида гари (например, в горельниках с уничтоженным древостоем) может быть несколько типов гарей. Иными словами, вид здесь становится более широким понятием, чем тип, что не всегда будет восприниматься в свете классификационных требований.

На основе личных исследований и литературных материалов Т. А. Комаровой разработана классификационная типологическая схема гарей, включающая единицы разного ранга — типы, группы типов и классы типов гарей. Наиболее наглядно, в виде таблицы, для лесов среднегорного пояса Южного Сихотэ-Алиня представлены классы и группы типов гарей. Было бы желательно в таком же виде представить и типы гарей, поскольку тип гари является элементарной классификационной единицей.

В разделе 3.3 даны отдельные описания конкретных лесных пожаров и их последствий, основанные на известных положениях лесной пирологии. То же можно сказать о разделе 3.4, в котором отпад деревьев после низовых пожаров увязан не только с породным составом (что для Дальнего Востока особенно важно), но и с типами леса.

Наибольшая часть главы 3 посвящена изучению почвенного запаса семян различных древесных и травянистых растений, а также спорового возобновления папоротников и мхов на горях. Представлен большой экспериментальный материал, отличающийся новизной. Труды Т. А. Комаровой в этой области получили известность в научном мире. Ею исследован большой видовой диапазон растений на горях различной давности, в разных типах леса.

Главный объект исследований автора — жизнеспособные всхожие семена. Но чтобы получить более полное представление о природе семян, находящихся в почве, необходимо было бы обратить внимание и

на патологическую сторону — повреждение, заболеваемость (особенно загнивание), проанализировать факторы, их вызывающие. Учет только численности всходов в природных условиях еще не означает, что все семена, оставшиеся в почве, нежизнеспособны.

Автор не учла ряд важных исследований лесоводов, изучавших запасы семян древесных пород в почве. Между тем эти исследования дали практический выход с реальной оценкой данного источника обсеменения в зависимости от породы, типа леса и других его особенностей. Можно назвать и другие пропуски и неточности в истории вопроса.

В главе 4 на основе учения Т. А. Работнова и других фитоценологов о ценопопуляциях автор дает их классификационную систему. Приведены описания развития популяций: возрастные этапы, жизненные циклы, динамика численности популяций. Выделены временные и постоянные их типы.

Рассмотрены ценопопуляции ряда растений на разных стадиях послепожарных сукцессий в различных типах леса Сихотэ-Алиня. Большая часть растений — травянистые и кустарниковые виды. Рассмотрены и коренные ценопопуляции, включающие и древесные породы (*Pinus Koraiensis*, *Picea ajanensis*, *Abies nephrolepis* и др.).

В главе 5 о структуре и динамике фитомассы в послепожарных сообществах подробно рассмотрена биологическая продуктивность. Известно, что вопросы биологической продуктивности путем определения запасов фитомассы и биомассы в целом начали интенсивно изучать в мире и в нашей стране в связи с Международной биологической программой (МБП). В результате многочисленных исследований получены материалы, характеризующие запасы фитомассы во многих регионах земного шара.

Естественно, что вначале эти исследования отличались большой новизной, затем, повторяясь, становились и стали в наше время уже менее оригинальными. Однако работа Т. А. Комаровой в этой области не лишена оригинальности, наоборот, содержит определенную новизну, и не только потому, что относится к мало исследованному в этом отношении региону.

В МБП преимущественное положение отводится статике. Своеобразие работы Т. А. Комаровой заключается в изучении динамики фитомассы, изменений ее во времени. Этому способствовала и специфичность объекта: в него входят гари с их сложной динамической природой.

Продуктивность послепожарных растительных сообществ изучалась автором в течение полутора десятков лет. Исследовалась сезонная динамика накопления массы надземных, подземных частей и опада, возрастная динамика и пр. с учетом экологических факторов и сукцессионных стадий.

В главе имеются материалы, которые могли бы быть использованы в целях диагностики типов гарей. К сожалению, соответствующей интерпретации они не получили. Автором не использованы ранние исследования динамики лесного опада, проведенные на Европейском Севере нашей страны. Малое отражение получили лесоводственные работы по повышению продуктивности лесов. В целом глава содержит интересный материал и представляет ценный вклад в реализацию МБП и проведение последующих исследований в этой области.

Самая большая глава 6 посвящена динамике растительных сообществ в их расчлененном виде — динамике элементов мозаики в ходе послепожарных сукцессий. Здесь представлены картосхемы размещения микробитопов с различной интенсивностью огневого воздействия в разных типах леса. Применена повторность картирования, что позволило вскрыть послепожарную динамику различных синузий — основных элементов мозаики.

Приведенные материалы подтверждают известные в лесной пирологии закономерности интенсивности прогорания, связанной с характером лесорастительных условий, состоянием погоды и объекта горения. Вместе с тем они являются основой для раскрытия новых явлений, в том числе перестройки синузальной структуры.

В данной главе могли бы получить определенное развитие вопросы типологии гарей, был бы уместен и анализ фрагментов их типов как элементов мозаики. Думается, что этот ракурс заслуживает внимания при последующих исследованиях подобного рода.

Глава 7 посвящена обзору и анализу таксономических единиц, классификациям типов леса, выделению послепожарных сукцессионных рядов на основе обширного литературного материала и завершается конкретными данными и анализом типов сукцессионных рядов и сетей, применительно к широколиственно-хвойным лесам Южного Сихотэ-Алиня.

Т. А. Комарова дает краткий исторический обзор классификаций растительности, в том числе классификационных подходов в лесной типологии. Она пишет о близости взглядов ученых с довольно разнородными подходами к учению Ф. Клементса, в том числе приводит определение типа насаждения, данное Г. Ф. Морозовым. Но это определение, сформулированное в 1904 г., в отличие от более поздних, не включает состава древостоя, несколько статично. Поэтому близость типологии Г. Ф. Морозова раннего периода к учению Ф. Клементса преувеличена. Да и сама Т. А. Комарова правильно предостерегает против недооценки морфолого-физиологического подхода, основанного на концепции доминантов, подчеркивая эдификаторную роль в лесных сообществах древесного яруса, что не всегда учитывают лесотипологи.

Описание ряда концепций не сопровождается их критическим анализом, даже в случаях, когда такой анализ в литературе уже имел место и казалось бы необходимым уточнить позиции автора. Так, например, некоторые положения, связанные с «генетическими рядами», «генетической типологией», «генетической классификацией» были подвергнуты серьезной критике В. Н. Сукачевым, но автор обходит молчанием эту сторону вопроса.

Не очень понятно высказанное Т. А. Комаровой положение о высокой стабильности видового состава на гарях. Она пишет: «Воздействие пожаров часто не нарушает флористическую композицию постоянных видов. На первых этапах послепожарных лесовосстановительных смен обычно характерен почти полный состав видов, характерных для более поздних стадий сукцессий». Как согласовать это высказывание с полным выгоранием лишайников в результате низового пожара и восстановлением их в лучшем случае через 40 лет и более, сменой их вересковым покровом (в европейской части), растениями из рода *Calamagrostis*?

В зеленомошных типах леса даже без огневого воздействия на сплошных вырубках исчезают зеленые мхи, кислица и другие растения с теневой экологией. А при пирогежном воздействии подобные растения должны исчезать еще быстрее. В этой главе можно было бы шире отразить пирогежную типологию леса (включая и типологию гарей).

Встречаются неясности в оценке естественного возобновления леса. Мало использованы библиографические источники по вопросам возобновления леса.

Представляют интерес описания и анализ конкретных типов сукцессионных рядов исследованного региона в зависимости от природных условий, воздействия пожара и исходной растительности.

Т. А. Комаровой использована обширная отечественная и зарубежная литература, хотя допущены и некоторые пропуски.

В целом монография — ценный вклад в науку. На основе многолетних исследований автор не только расширила географические представления о растительности и природе лесов региона, но и внесла новые положения научно-теоретического, методического и прикладного характера. Это капитальный труд. Работа изложена хорошим языком. Хотя автор не всегда доводит свои концепции до практических предложений и тем более развернутых рекомендаций производству, можно отметить и региональную ценность работы, позволяющую использовать ее при решении прикладных задач.

**И. С. Мелехов**

Московский государственный университет леса

---

## НЕКРОЛОГИ

## АКАДЕМИК ДМИТРИЙ ПАВЛОВИЧ СТОЛЯРОВ

8 мая 1993 г., за 5 дней до своего 65-летнего юбилея, скоропостижно скончался Дмитрий Павлович Столяров — директор Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства (с 1966 г.), академик РАСХН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки России. Ушел из жизни полный творческих сил известный ученый, лесовод по профессии и призванию.

После окончания с отличием в 1945 г. Пензенского лесного техникума и направления на учебу в Лесотехническую академию Д. П. Столяров навсегда связал свою судьбу с Ленинградом — С.-Петербургом.

Научное мировоззрение Дмитрия Павловича сформировалось под влиянием известных отечественных лесоводов М. Е. Ткаченко, Н. В. Третьякова, С. И. Ванина, М. Н. Римского-Корсакова, И. В. Тюрина, В. В. Огиевского. Большую роль в становлении ученого сыграл его учитель и друг А. А. Байтин.

Научную и педагогическую деятельность Д. П. Столяров начал в 1951 г. в стенах Лесотехнической академии, успешно продолжив ее в СПбНИИЛХ, где создал научную школу. Им было опубликовано 135 работ преимущественно по вопросам таксации, лесоустройства и организации лесного хозяйства, среди них в соавторстве два учебника по лесоустройству для вузов и пять монографий.

В перечне трудов Д. П. Столярова широко представлены публикации, посвященные результатам изучения закономерностей роста и формирования разновозрастных ельников. Их многолетнее изучение на постоянных пробных площадях позволило по-новому оценить достоинства и недостатки выборочной формы хозяйства, определить сроки восстановления древесины и ее качество в различных древостоях, обосновать технологические временные нормативы и интенсивность рубок. Предложения Д. П. Столярова представляют наибольшую ценность для территорий защитного и рекреационного назначения, где выборочная форма ведения хозяйства не имеет приемлемой альтернативы.

Исследования Д. П. Столярова с полным основанием можно рассматривать как продолжение и развитие идей основоположников русского и советского лесоустройства профессоров А. Ф. Рудзкого, М. М. Орлова, доц. А. А. Байтина.

В последние годы Д. П. Столяров обратился к слабо изученным вопросам ведения лесного хозяйства на осушенных землях, обоснованно считая это направление важным фактором повышения эффективности гидролесомелиорации.

В числе публикаций Д. П. Столярова имеются полемические выступления против необоснованных ущербных решений в лесной политике страны, в защиту принципов классического лесного хозяйства.

Как директор СПбНИИЛХа Д. П. Столяров многое сделал для профессионального роста сотрудников, укрепления материальной базы. Под его руководством при институте был организован Вырицкий опытно-механический завод, построены главный, а затем лабораторный корпусы, здания Тюменской и Пермской ЛОС и ряд других объектов. Он

пользовался большим уважением не только в своем коллективе, но и далеко за пределами института.

Значительна роль Д. П. Столярова в подготовке кадров высшей квалификации и координации научно-исследовательских работ. Он являлся членом научного совета «Проблемы лесоведения» АН СССР и РАН, научно-технического совета Госкомлеса СССР, избирался членом бюро отделения лесного хозяйства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ, членом президиума отделения РАСХН по Нечерноземной зоне, президентом Общества лесоводов СССР, на протяжении 20 лет с 1973 г. был бессменным председателем Межведомственного научно-технического совета по гидролесомелиорации. Научная, педагогическая и общественная деятельность Д. П. Столярова по достоинству отмечена высокими правительственными наградами.

Смерть Дмитрия Павловича Столярова — невосполнимая потеря. Светлая память о нем навсегда останется в сердцах его родных, друзей, учеников, коллег-единомышленников.

**В. К. Константинов**  
СПбНИИЛХ

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. А. Усольцев. Глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов . . . . .	3
В. Р. Карамышев. Динамика лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой при упругих связях . . . . .	7
Г. В. Соколова. Практическое прогнозирование пожарной опасности в лесах на примере юга Хабаровского края . . . . .	11
Б. П. Чураков. К проблеме усыхания дуба черешчатого в Среднем Поволжье . . . . .	15
Ю. А. Добрынин. Модели профилактического обслуживания каналов лесосушительной системы . . . . .	19
А. И. Землянухин. О причинах попадания кондиционных семян в отходы в семяочистительных машинах . . . . .	26
А. В. Лебедев. Классификация факторов устойчивости ели к неоднотипным патологическим воздействиям . . . . .	28
И. А. Маркевич, А. А. Шужмов. Методика эстетической оценки пейзажей на видовых точках . . . . .	34

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

А. В. Жуков, С. П. Мохов, А. Р. Гороновский. Моделирование нагрузок на кузов автощеповоза . . . . .	40
Д. Г. Шимкович. К обоснованию коэффициента запаса управляющего момента при направленной валке дерева . . . . .	44
Р. Н. Ковалев. Параметрическое описание транспортных систем лесных предприятий с учетом принципов рационального лесопользования . . . . .	48
В. Е. Сергутин. Натурное подобие и гидравлическое моделирование . . . . .	53

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Ю. Ф. Чернышев, И. А. Зырянов. К расчету ортотропной втулки равного сопротивления внутреннему давлению . . . . .	56
Л. В. Сенькевич. Анализ процесса резания древесины при получении технологической щепы . . . . .	59
Ю. А. Варфоломеев, Н. А. Курбатова, Н. С. Ростовцева. Бiotестирование водных растворов антисептиков с использованием водорослей . . . . .	64

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. В. Гурьев, Г. И. Чижов, В. И. Комаров. Влияние массы 1 м <sup>2</sup> и соотношения масс основного и покровного слоев на деформационные и прочностные свойства тарного картона . . . . .	69
Пу Цзюнь Вень, Ю. Г. Бутко. Влияние антрахинона на расход активной щелочи при сульфатной варке древесины лиственницы маньчжурской . . . . .	72
Б. Ф. Никандров, Н. И. Предина, Л. П. Коврижных, А. А. Эльберт. Изучение влияния совмещенного связующего для древесностружечных плит на коррозию металлов . . . . .	76
В. И. Комаров. «Критическая» длина волокна — фактор, определяющий деформативность и прочность целлюлозно-бумажных материалов . . . . .	79

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<b>М. М. Вересин</b> , А. И. Чернодубов, О. Н. Беспаленко, Е. Ю. Белякова. К систематике сосны обыкновенной, подвид крючковатая . . . . .	84
Н. А. Алексеев. Медная златка — опасный вредитель шиповника на Копетдаге . . . . .	86
Е. Н. Самошкин, Л. А. Крючкова. Активация роста культур сосны N-нитрозодиметилмочевинной . . . . .	88

Л. Г. Попова, А. А. Юринова, А. И. Киприанов. Применение биопрепаратов на основе черного сульфатного щелока при выращивании саженцев ели с закрытой корневой системой . . . . .	90
Ю. А. Кузнецов. Уравнения высоты и длины пламени фронта пожара на безлесных площадях Забайкалья . . . . .	93
А. И. Чернодубов, О. А. Чернодубова. К проблеме облесения меловых обнажений юга Русской равнины . . . . .	95
А. Д. Голяков. К вопросу о производительности позиционных торцовочных устройств в лесопильном потоке . . . . .	97
В. В. Рыльцов, В. И. Веселков, И. В. Мильченко. Контроль углов разворота шкивов ленточнопильного станка способом бокового нивелирования . . . . .	98
Е. Н. Серов, Б. В. Лабудин, Л. Г. Шановалова. Проблемы сохранения и инженерной реставрации деревянных конструкций в памятниках архитектуры . . . . .	103
В. Б. Кунтыш, А. Э. Пиир. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление в пучках из труб с накатными ребрами для воздухонагревательных установок . . . . .	107
Г. А. Шепель. Определение параметров процесса индукционного нагрева ферромагнитных сталей . . . . .	112
В. В. Некрасов. Влияние природы растворителя на удельные объемы сульфатного лигнина . . . . .	120

#### ИСТОРИЯ НАУКИ

Б. Д. Богомолов. Выдающийся ученый Надежда Николаевна Шорыгина . . . . .	122
--	-----

#### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

А. Ф. Цехмистренко. Годичное собрание Отделения лесного хозяйства и защитного лесоразведения Российской академии сельскохозяйственных наук . . . . .	123
Г. А. Чибисов. Бореальные леса. Международная информация . . . . .	127

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

И. С. Мелехов. Ценный научный труд . . . . .	129
--	-----

#### НЕКРОЛОГИ

В. К. Константинов. Академик Дмитрий Павлович Столяров . . . . .	134
--	-----

Рефераты . . . . .	140
--------------------	-----

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>V. A. Usol'tsev.</i> Global Ecological Programmes and Forest Biomass Data Bases . . . . .	3
<i>V. R. Karamyshev.</i> Dynamics of Two-Flow Friction Slip Clutch Forestry Machines at Resilient Connections . . . . .	7
<i>G. V. Sokolova.</i> Practical Forecasting of Forest Fire Hazard (the South of Khabarovsk Territory Cited as an Example) . . . . .	11
<i>B. P. Churakov.</i> On problem of Common Oak Shrinkage in the Middle Volga Region	15
<i>Yu. A. Dobrynin.</i> Models of Maintenance Check-up of Forest Drainage Canals . . . . .	19
<i>A. I. Zemlyanukhin.</i> On Causes of Getting of Certified Seeds into Wastes of Dressing Machines . . . . .	26
<i>A. V. Lebedev.</i> Classification of Spruce Stability Factors of Heterogenetic Pathological Attack . . . . .	28
<i>I. A. Markevitch, A. A. Shuzhmov.</i> Methods of Aesthetic Landscape Scoring at Observing Points . . . . .	34

### FOREST EXPLOITATION

<i>A. V. Zhukov, S. P. Mokhov, A. R. Goronovskii.</i> Modelling of Loads on Chip Truck Body . . . . .	40
<i>D. G. Shimkovitch.</i> On Substantiation of Control Moment Reserve Factor at Directed Felling of a Tree . . . . .	44
<i>R. N. Kovalev.</i> Parameter Description of Transport Systems of Forestry Enterprises Including Regional Forest Use Principles . . . . .	48
<i>V. E. Sergutin.</i> Location Data Simulation and Hydraulic Modelling . . . . .	53

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>Yu. F. Chernyshev, I. A. Zyryanov.</i> On Calculation of Orthotropic Bushing of Equal Resistance to Internal Pressure . . . . .	56
<i>L. V. Sen'kevitch.</i> Analysis of Wood Cutting Process When Producing Chips . . . . .	59
<i>Yu. A. Varfolomeev, N. A. Kurbatova, N. S. Rostovtseva.</i> Biotesting of Alga Preservative Aquatic Solutions . . . . .	64

### CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>A. V. Guriev, G. I. Chizhov, V. I. Komarov.</i> Influence of Mass $m_2$ and Correlation of Primary and Coat Layer Masses on Deformation and Strength Properties of Container Board . . . . .	69
<i>Pu-Tszyun'-Ven', Yu. G. Butko.</i> Influence of Anthraquinone on Active Alkali Consumption at Larch Sulphate Pulping and its Results . . . . .	72
<i>B. F. Nickandrov, N. I. Predeina, L. P. Kovrizhnykh, A. A. Elbert.</i> Study of Compatible Particleboard Adhesive on Corrosion of Metals . . . . .	76
<i>V. I. Komarov.</i> "Critical" Length of Fibre - Factor Determining Deformative Capacity and Strength of Pulp-and-Paper Products . . . . .	79

### SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>M. M. Veresin, O. N. Bespalenko, E. Yu. Belyakova.</i> On Systematization of Knotty Common Pine . . . . .	84
<i>N. A. Alexejev.</i> <i>Aurigena lugubris</i> F. - Dangerous Pest for <i>Rosa corymbifera</i> Borkh. in Kopetdag . . . . .	86
<i>E. N. Samoshkin, L. A. Kryuchkova.</i> Activation of Artificial Pine Stand Growth by N-nitrosodimethylurea . . . . .	88
<i>L. G. Popova, A. A. Yurina, A. I. Kiprianov.</i> Application of biopreparations on the basis of the black-sulphate alkali liquor while growing pine saplings of closed root system . . . . .	90

<i>Yu. A. Kuznetsov.</i> Equations of Height and Length of Fire Front Flame in Treeless Areas of Zabaikalye . . . . .	93
<i>A. I. Chernodubov, O. A. Chernodubova.</i> On Problem of Chalk Bare Area Afforestation in the South of Russian Plain . . . . .	95
<i>A. D. Golyakov.</i> On the Problem of Productivity of positional edging devices in wood-sawing flow-production . . . . .	97
<i>V. V. Ryl'shchikov, V. I. Veselkov, I. V. Mil'chenko.</i> Control of Band Saw Pulley U-Turn Angles by Lateral Levelling . . . . .	98
<i>E. N. Serov, B. V. Labudin.</i> Problems of Conservation and Engineering Restoration of Wooden Structures in Architectural Monuments of S.-Petersburg . . . . .	103
<i>V. B. Kuntyshev, A. E. Piir.</i> Heat Exchange and Aerodynamic Resistance in Banks of Knurled Ribbed Pipes for Air Heaters . . . . .	107
<i>G. A. Shepel'.</i> Parameter Determination of Induction Heating Processes of Feffo-Magnetic Steels . . . . .	112
<i>V. V. Nekrasov.</i> Influence of Solvent Nature on Kraft Lignin Specific Volumes . . . . .	120

#### HISTORY OF SCIENCE

<i>B. D. Bogomolov.</i> Distinguished Scientist Nadezhda Nikolaevna Shorygina . . . . .	122
---	-----

#### SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

<i>A. F. Tsekhmistrenko.</i> Annual Meeting of Forestry and Protective afforestation Branch of Russian Academy of Agricultural Sciences . . . . .	123
<i>G. A. Chibisov.</i> Boreal Forests. International Information . . . . .	127

#### CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>I. S. Melekhov.</i> Valuable Scientific Work . . . . .	129
---	-----

#### OBITUARIES

<i>V. K. Konstantinov.</i> Academician Dmitrii P. Stolyarov . . . . .	134
Precis . . . . .	140

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*52

Глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов. УСОЛБЦЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 3 - 7. В связи с разработкой глобальных экологических программ изложены принципы разработки баз данных о фитомассе лесов России. Библиогр. список: 20 назв.

УДК 630\*65.011.54

Динамика лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой при упругих связях. КАРАМЫШЕВ В. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, 1993, с. 7 - 11. Дан анализ динамических систем ротационных лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой при упругой связи между рабочим органом и предметом, вызвавшим перегрузку. Получены расчетные зависимости для определения динамических нагрузок в элементах машин. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*432(571.6)

Практическое прогнозирование пожарной опасности в лесах на примере юга Хабаровского края. СОКОЛОВА Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 11 - 14. На примере Хабаровского мехлесхоза показана возможность составления прогнозов пожарной опасности в лесах по условиям погоды на уровне структурных подразделений авиалесоохраны. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 632.4:674.031.632.26

К проблеме усыхания дуба черешчатого в Среднем Поволжье. ЧУРАКОВ Б. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 15 - 19. Выявлена зависимость зараженности дуба фитопатогенными грибами от типа леса. Приведены данные об естественном возобновлении дуба и зараженности самосева под пологом сосновых культур и порослевого дубового насаждения. Отмечено отрицательное влияние антропогенных факторов на санитарное состояние дубрав. Табл. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 626.8615

Модели профилактического обслуживания каналов лесосушительной системы. ДОБРЫНИН Ю. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 19 - 26. Рассмотрены модели и стратегии профилактического обслуживания канала-осушителя на объектах гидролесомелиорации с учетом гипотезы марковского процесса. Установлены функции доходов, зависящие от качества работы каналов и затрат на профилактические мероприятия, а также преимущество нестационарной стратегии. Ил. 2 Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*232.312.2

О причинах попадания кондиционных семян в отходы в сеяноочистительных машинах. ЗЕМЛЯНУХИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 26 - 28. Приведены результаты исследований качества очистки и сортировки семян в зависимости от характера скоростного потока по сечению пневмоканала. Представлены данные анализа распределения скоростей воздушного потока в характерных сечениях пневмоканала. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*443.3+630\*453

Классификация факторов устойчивости ели к неоднотипным патологическим воздействиям. ЛЕБЕДЕВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 28 - 33. Составлена классификация факторов самозащиты ели от корневой губки и насекомых-ксилофагов. Ил. 1. Библиогр. список: 40 назв.

УДК 616.89-008.446:551.4

Методика эстетической оценки пейзажей на видовых

точках. МАРКЕВИЧ И. А., ШУЖМОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 34 - 39.

Разработана 5-балльная шкала эстетической оценки 27 признаков ландшафтов, обрезаемых со смотровых площадок. Видовые точки размещены на туристических маршрутах и совместно с оценкой 18 признаков пейзажа, учитываемых в процессе движения, составляют пакет на 45 оцениваемых элементов визуального бассейна. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 629.114.456.3

Моделирование нагрузок на кузов автоцеповоза. ЖУКОВ А. В., МОХОВ С. П., ГОРОНОВСКИЙ А. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 40 - 44. Предложена методика оценки напряженно-деформированного состояния несущего кузова автоцеповоза, учитывающая специфические особенности характера нагружения конструкции. Приведен анализ результатов моделирования процесса разгрузки щеповоза. Ил. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*377.1

К обоснованию коэффициента запаса управляющего момента при направленной валке дерева. ПИМКОВИЧ Д. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 44 - 48. Рассмотрен вопрос о вероятностном обосновании коэффициента запаса управляющего момента при направленной валке дерева и методика его расчета. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*37:630\*383

Параметрическое описание транспортных систем лесных предприятий с учетом принципов рационального лесопользования. КОВАЛЕВ Р. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 48 - 52. Разработана параметрическая модель транспортной системы лесного предприятия, отражающая связь с внешней средой, взаимное влияние рассматриваемой системы и внешней среды, а также внутренние связи в системе с выходом на основные параметры дорожных конструкций транспортных путей. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 556.536

Натурное подобие и гидравлическое моделирование. СЕРГУТИН В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 53 - 55. Дано развитие положений М. А. Великанова о натурном подобии применительно к гидравлическому моделированию открытых речных потоков. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 621.887

К расчету ортотропной втулки равного сопротивления внутреннему давлению. ЧЕРНЫШЕВ Ю. Ф., ЗЫРЯНОВ И. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 56 - 59. Решена задача по определению равного сопротивления наружных и внутренних слоев осесимметричной ортотропной толстостенной втулки с переменной по радиусу плотностью при действии на нее внутреннего давления. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.053

Анализ процесса резания древесины при получении технологической щепы. СЕНЬКЕВИЧ Л. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 59 - 63. Построена модель механизма образования элементов щепы при фрезеровании древесины торцово-коническими фрезами. Процесс резания рассмотрен как разрушение под действием напряжений, возникающих в результате внедрения лезвия. Предложенный метод позволяет учесть ряд факторов (гидротермическое состояние древесины, параметры лезвия и др.), не поддающихся учету при других подходах к анализу резания древесины. Табл. 1. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.048

Биотестирование водных растворов антисептиков с использованием водорослей. ВАРФОЛОМЕЕВ Ю. А., КУРБАТОВА Н. А., РОСТОВЦЕВА Н. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 64 - 68. Приведена методика и результаты биотестирования воды с антисептиками Катан, ЭОК и К-12 на альгологически чистой культуре зеленых протококковых водорослей. По результатам испытаний антисептиков на острую и хроническую токсичность определены минимальные концентрации, при которых вода обладает малой токсичностью для водорослей, а также концентрации, при которых они не оказывают токсического действия. Табл. 3.

УДК 676.017

Влияние массы 1 м<sup>2</sup> и соотношения масс основного и покровного слоев на деформационные и прочностные свойства тарного картона. ГУРЬЕВ А. В., ЧИЖОВ Г. И., КОМАРОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 69 - 71. Исследованы деформационные и прочностные свойства образцов гофрированного картона с использованием факторного планирования. Показано влияние массы 1 м<sup>2</sup> (150... 200 г) и соотношения масс основного и покровного слоев (содержание покровного слоя 10... 20% картона для гладких слоев гофрированного картона на эти показатели. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 676.164.3.022.62.032.14

Влияние антрахинона на расход активной щелочи при сульфатной варке древесины лиственницы маньчжурской. ПУ ЦЗОНЬ ВЕНЬ, БУТКО Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 72 - 75. Установлено влияние расхода активной щелочи при традиционной сульфатной варке древесины лиственницы. Оптимальный расход активной щелочи составил 17,5% от массы абс. сухой древесины в ед. Na<sub>2</sub>O при сульфидности белого щелока 30%. При варке с антрахиноном (0,1% от массы абс. сухой древесины) оптимальным считается расход активной щелочи 17,5% от массы абс. сухой древесины в ед. Na<sub>2</sub>O. Показано, что полученные с применением антрахинона целлюлозы имеют более прочностные показатели, чем аналогичные сульфатные целлюлозы. При одинаковой продолжительности варки на конечной температуре и применении антрахинона возможно сокращение расхода активной щелочи на 10... 15%. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.815-41.

Изучение влияния совмещенного связующего для древесностружечных плит на коррозию металлов. НИКАНДРОВ Б. Ф., ПРЕДЕЛИНА Н. И., КОВРИЖНЫХ Л. П., ЭЛЬБЕРТ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 76 - 79. Установлено, что предложенное ранее совмещенное связующее на основе карбамидоформальдегидной смолы коррозионно активно, но добавка сульфата аммония в количестве 0,001... 0,010% от абс. сухого просульфата аммония, введенного в лигносульфонаты, значительно снижает коррозию металлов и не влияет на физико-химические свойства как совмещенного связующего, так и полученных плит. Табл. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676.017

"Критическая" длина волокна - фактор, определяющий деформативность и прочность целлюлозно-бумажных материалов. КОМАРОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 79 - 83. Отмечены различия в показателях деформативности и прочности образцов целлюлозы, имеющих одинаковую среднюю длину волокна. Предложена новая характеристика целлюлозно-бумажных материалов - критическая длина волокна, позволяющая с большей достоверностью прогнозировать их качество. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*174.754

К систематике сосны обыкновенной, подвид крячковая. ВЕРЕСИН М. М., ЧЕРНОДУБОВ А. И., БЕСПАЛЕНКО О. Н., БЕЛЯКОВА Е. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 84 - 85.

Приведены данные о систематике сосны обыкновенной, подвид крячковая, по углу вращения плоскости и поляризации и содержанию монотерпенов в скипидарах географических образцов из Азербайджана и Грузии. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*416.3:595.765.8

Медная златка - опасный вредитель шиповника на Копетдаге. АЛЕКСЕЕВ Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 86 - 88. Исследованы видовой состав и роль ксилофагов шиповника в естественных насаждениях Западного Копетдага. Описана экология наиболее важного вида - медной златки (*Aurigena lugubris* F.). Библиогр. список: 7 назв.

УДК 631.811.98:630\*232

Активация роста культур сосны N-нитрозодиметилметиловой. САМОШКИН Е. Н., КРЮЧКОВА Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 88 - 90.

Показано активирующее влияние обработки семян слабыми водными растворами препарата НДММ на рост саженцев сосны в культурах. Отмечено, что эффект активации проявляется только со второго вегетационного периода. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 676.11.082.1:631.811.98

Применение биопрепаратов на основе черного сульфатного щелока при выращивании саженцев ели с закрытой корневой системой. ПОПОВА Л. Г., ЮРИНОВА А. А., КИПРИАНОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 90 - 92. Исследована возможность применения биопрепаратов, полученных на основе отработанного сульфатного щелока при выращивании саженцев ели с закрытой корневой системой в условиях Ленинградской области. Показано, что предпосадочная обработка семян указанными продуктами способствует повышению приживаемости и улучшению качества саженцев.

УДК 630\*432.31:

Уравнения высоты и длины пламени фронта пожара на безлесных площадях Забайкалья. КУЗНЕЦОВ Ю. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 93 - 95.

На основании полигонных огневых экспериментов выведены уравнения высоты и длины пламени фронта пожара на безлесных площадях. Расчеты проведены на ЭВМ по программе ФАК-3. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*237

К проблеме облесения меловых обнажений юга Русской равнины. ЧЕРНОДУБОВ А. И., ЧЕРНОДУБОВА О. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 95 - 97.

Изучены культуры сосны обыкновенной меловой, песчаной, черной австрийской, черной крымской на меловых обнажениях. Установлено, что в возрасте 26... 33 года наиболее перспективны сосна обыкновенная меловая и черная австрийская. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 674.093.6-412.85

К вопросу о производительности позиционных торцовочных устройств в лесопильном потоке. ГОЛЯКОВ А. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 97 - 98.

Проведено уточнение расчета производительности позиционного торцовочного устройства на базе экспериментальных данных. Ил. 1.

УДК 621.935

Контроль углов разворота шкивов ленточнопильного станка способом бокового нивелирования. РЫЛЬЩИКОВ В. В., ВЕСЕЛКОВ В. И., МИЛЬЧЕНКО И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 98 - 103.

Исследована возможность определения углов разворота шкивов ленточнопильного станка способом бокового нивелирования, предусматривающего применение теодолита и реечки с миллиметровыми делениями. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 624.011.04.004.67

Проблемы сохранения и инженерной реставрации деревянных конструкций в памятниках архитектуры. СЕРОВ В. Н., ЛАБУДИН Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 103 - 107.

На примере памятников зодчества С.-Петербурга показано, что при нормальной эксплуатации сооружений древесина долго сохраняет первоначальную прочность. Табл. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 536.24

Теплообмен и аэродинамическое сопротивление в пучках из труб с накатными ребрами для воздухонагревательных установок. КУНТЫШ В. Б., ПИИР А. Э. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 107 - 112.

Приведены результаты экспериментального исследования коэффициентов теплоотдачи и аэродинамического сопротивления пучков различной рядности из труб с накатными алюминиевыми ребрами в потоке воздуха, компоновочные, конструктивные и коррозионные, характеристики которых удовлетворяют требованиям, предъявляемым к заменяемым импортным калориферам и теплообменникам в различных технологических процессах целлюлозно-бумажного и деревообрабатывающего производств. Предложены критериальные уравнения для расчета теплоотдачи и потерь давления воздуха. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.05

Определение параметров процесса индукционного нагрева ферромагнитных сталей. ШЕПЕЛЬ Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 112 - 119.

Разработан способ расчета параметров индукционного нагрева ферромагнитных сталей с учетом изменения удельного сопротивления и магнитной проницаемости нагреваемого тела в зависимости от его температуры, а также предложены формулы, позволяющие определить

удельные и действующие мощности, сопротивление заготовки и продолжительность ее нагрева. Ил. 3.

УДК 547.992.3

Влияние природы растворителя на удельные объемы сульфатного лигнина. НЕКРАСОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 120 - 121. Исследованы плотность, рефракция и вязкость растворов сульфатного лигнина в метилцеллозолье и тетрагидрофуруловом спирте с массовой концентрацией СЛ 2... 8% в интервале температур 20... 80°C. На основе опытных данных по известным методикам рассчитаны удельные рефракция, несжимаемый и гидродинамический объемы. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 06.091.5

Выдающийся ученый Надежда Николаевна Шорыгина. БОГОМОЛОВ Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 122.

УДК 061.3:630\*266.

Годичное собрание Отделения лесного хозяйства и защитного лесоразведения Российской академии сельскохозяйственных наук. ЦЕХМИСТРЕНКО А. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 123 - 126.

УДК 630\*(-17):061.3

Бореальные леса. Международная информация. ЧИ-БИСОВ Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 127 - 128.

УДК 630\*434(049.3)

Ценный научный труд. МЕЛЕХОВ И. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 129 - 133. Академик Дмитрий Павлович Столяров. КОНСТАНТИНОВ В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1993, № 4, с. 134 - 135.

## PRECIS

**Global Ecological Programmes and Forest Biomass Data Bases.** USOLTSEV V. A. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 3 - 7.

Principles of Russia forest biomass data base design are stated in connection with the global ecological programmes' development. Bibl. list: 20 ref.

**Dynamics of Two-Flow Friction Slip Clutch Forestry Machines at Resilient Connections.** KARAMYSHEV V. R. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 7 - 11.

Analysis of dynamic systems of two-flow friction slip clutch rotary forestry machines having resilient connections between a working unit and an object causing overload has been given. Calculated functions for determining dynamic loads in elements of the machines have been made. 1 illus. Bibl. list: 5 ref.

**Practical Forecasting of Forest Fire Hazard (the South of Khabarovsk Territory Cited as an Example).** SOKOLOVA G. V. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 11 - 14.

The Khabarovsk mechanized forestry, enterprise cited as an example, the possibility of making forecasts of forest fire hazard due to weather conditions at the level of aviation forest control structural units has been revealed. 3 tab. Bibl. list: 9 ref.

**On Problem of Common Oak Shrinkage in the Middle Volga Region.** CHURAKOV B. P. IVUZ, *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 15 - 19.

The relation of oak infecting with phytopathogen fungi to forest type has been revealed. The data on oak natural regeneration as well as natural seeding infection under the canopy of artificial pine stands and oak copice forest are given. It is also taken note of anthropogeneous factors negative influence on sanitary conditions of oak forests. 3 tab. Bibl. list: 10 ref.

**Models of Maintenance Check-up of Forest Drainage Canals.** DOBRYNIN YU. A. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 19 - 25.

Models and strategies of drainage-canal maintenance check-up at the hydro-forest melioration projects taking account of the law of Mark process are considered. Income functions dependent on the canals operation quality and maintenance check-up costs as well as the advantage of non-stationary strategy have been established. 2 illus. 1 tab. Bibl. list: 5 ref.

**On Causes of Getting of Certified Seeds into Wastes of Dressing Machines.** ZEMLYANUKHIN A. I. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 26 - 28.

The examination results of cleaning and sorting quality of seeds depending on the character of high-speed flow along the section of pneumo-channel have been presented. The analysis data of air flow rates distribution in typical pneumo-channel sections are given. 1 illus. Bibl. list: 3 ref.

**Classification of Spruce Stability Factors of Heterogenetic Pathological Attack.** LEBEDEV A. V. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, N 4, p. 28 - 33.

Factors classification of spruce self-defence against root fungus and insects-xylophages is made. 1 illus. Bibl. list: 40 ref.

**Methods of Aesthetic Landscape Scoring at Observing Points.** MARKEVITCH I. A., SHUZHMOV A. A. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 34 - 39.

A 5-point aesthetic scoring scale of 27 landscape signs observed from the view sites has been developed. Observation points are located on tourists routes, and together with the scoring of 8 landscape signs considered in the course of moving constitute a packet of 45 scored elements of visual area. 1 tab. Bibl. list: 10 ref.

**Modelling of Loads on Chip Truck Body.** ZHUKOV A. V., MOKHOV S. P., GORONOVSKII A. R. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 40 - 44.

The assessment methods of stressed-strained condition of

bearing body of chip truck are suggested taking into account of specific features of structure loading character. The analysis of chip truck unloading process modelling results is given. 4 illus. Bibl. list: 3 ref.

**On Substantiation of Control Moment Reserve Factor at Directed Felling of a Tree.** SHIMKOVITCH D. G. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 44 - 48.

The problem of probable substantiation of control moment reserve factor at directed felling of a tree and methods of its calculation have been considered. 1 illus. 1 tab. Bibl. list: 5 ref.

**Parameter Description of Transport Systems of Forestry Enterprises Including Regional Forest Use Principles.** KOVALEV R. N. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 48 - 52.

A parameter model of forestry enterprise transport system has been developed which display the relation to the environment, mutual influence of the system in question and the environment as well as internal connections within the system with an access to the main road structure parameters of transport ways. 1 illus. Bibl. list: 5 ref.

**Location Data Simulation and Hydraulic Modelling.** SERGUTIN V. E. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 53 - 55.

A development of M. A. Velikanov's principles of location data similarity with reference to hydraulic modelling of open river streams have been given. 2 illus. Bibl. list: 6 ref.

**On Calculation of Orthotropic Bushing of Equal Resistance to Internal Pressure.** CHERNYSHEV YU. F., ZYRYANOV I. A. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 56 - 59.

The problem on determination of equal resistance of inner and outer layers of axis-symmetric orthotropic thick-walled bushing with varying on radius density when acted upon it by internal pressure has been solved. 1 tab. Bibl. list: 7 ref.

**Analysis of Wood Cutting Process When Producing Chips.** SEN'KEVITCH L. V. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 59 - 63.

Model of chip element forming mechanism at woodcutting by face milling-coned cutters has been developed. Cutting process has been considered as a failure under stresses occurring by penetrating of the edge. The method proposed enables to take account of a number of factors (hydrothermal condition of wood, dimensions of the edge, etc.) which defy all considerations in other approaches to wood cutting analysis. 3 illus. 1 tab. Bibl. list: 6 ref.

**Biotesting of Alga Preservative Aquatic Solutions.** VARFOLOMEEV Yu. A., KURBATOVA N. A., ROSTOVTSEVA N. S. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 64 - 68.

Methods and results of biotesting of water with preservatives "EOK", "Katan" and "K-12" on pure green culture of protococcal algae are presented. By the acute and chronic toxicity preservative test, minimum concentrations, at which water is of small toxicity for algae as well as those at which they have no toxic effect, have been determined. 3 tab.

**Influence of Mass 1 m<sup>2</sup> and Corelation of Primary and Coat Layer Masses on Deformation and Strength Properties of Container Board.** GURIEV A. V., CHIZHOV G. I., KOMAROV V. I. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N 4, p. 69 - 71.

Deformation and Strength Properties of corrugated board samples using factor planning have been investigated. The influence of mass 1 m<sup>2</sup> 150..200 g and corelation of primary and coat layers (coat layer content 10..20%) for plain corrugated board layers on those indices has been revealed. 2 illus. Bibl. list: 2 ref.

**Influence of Anthraquinone on Active Alkali Consumption at Larch Sulphate Pulping and its Results.** PU-TSZYUN'-VEN', BUTKO YU. G. IVUZ. *Lesnoi Zhurnal*, 1993, N

4, p. 72 - 75.

The influence of active alkali consumption at conventional larch wood sulphate pulping has been established. The active alkali optimum consumption accounted for 17.5% of abs. dry wood mass  $\text{Na}_2\text{O}$  at white liquor sulphidity - 30%. When anthraquinone pulping (0.1% of abs. dry wood mass) active alkali optimum consumption is considered as 17.5% of abs. dry wood mass  $\text{Na}_2\text{O}$ . It has been shown that pulps obtained with the use of anthraquinone are of higher strength indices than similar to kraft-pulps. 10 - 15% reduction of active alkali consumption is possible by equal pulping duration at final temperature and using anthraquinone. 2 illus., 2 tab. Bibl. list: 4 ref.

**Study of Compatible Particleboard Adhesive on Corrosion of Metals.** NICKANDROV B. F., PREDEINA N. I., KOVRIZHNYKH L. P., ELBERT A. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 76 - 79.

It has been established that the formerly suggested combined carmideloid/maldehyde resin-based adhesive is corrosion active while ammonium sulphate addition in an amount of 0,001-0,010% of absolute dry ammonium persulphate introduced into lignosulphonates considerably reduces metal corrosion and does not effect on physico-chemical properties either combined adhesive or particleboard produced. 4 tab. Bibl. list: 3 ref.

**"Critical" Length of Fibre - Factor Determining Deformative Capacity and Strength of Pulp-and-Paper Products.** KOMAROV V. I. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 79 - 83.

Differences in indices of deformation capacity and strength of pulp samples having equal average fibre length have been pointed out. A new characteristic of pulp-and-paper materials-critical fibre length allowing to forecast their quality with high reliability has been offered. 1 tab. Bibl. list: 7 ref.

**On Systematization of Knotty Common Pine.** VERESIN M. M., BESPALENKO O. N., BELYAKOVA E. YU. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 84 - 85.

The data on knotty common pine systematization by polarity linear rotation angle and content of monoterpenes in turpentine of geographical specimens from Azerbaijan and Georgia are presented. 1 tab. Bibl. list: 7 ref.

**Aurigena lugubris F. - Dangerous Pest for Rosa corymbifera Borkh. in Kopetdag.** ALEXEJEV N. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 86 - 88.

Species composition and value of Rosa corymbifera Borkh. xylophages in natural stands of west Kopetdag have been investigated. Ecology of one of the most important species - Aurigena lugubris F. has been described. Bibl. list: 7 ref.

**Activation of Artificial Pine Stand Growth by N-nitrosodimethylurea.** SAMOSHKIN E. N., KRYUCHKOVA L. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 88 - 90.

An activating influence of seed treatment with weak aqueous-NDMU solutions on pine nursery transplant growth in artificial stands has been revealed. It has been noted that the activation effect is seen only in the second vegetation period. 1 tab. Bibl. list: 2 ref.

**Application of biopreparations on the basis of the black-sulphate alkali liquor while growing pine saplings of closed root system.** POPOVA L. G., URINOVA A. A., KIPRIANOV A. I. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 90 - 92.

The possibility of application of biopreparations obtained on the basis of the black sulphate alkali has been investigated in growing pine saplings of closed root system under conditions of Leningrad Region. It is shown that pretreatment of seedlings by above substances facilitates the increase of survival, and improvement of saplings' quality.

**Equations of Height and Length of Fire Front Flame in Treeless Areas of Zabaikalye.** KUZNETSOV YU. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 93 - 95.

On the basis of proving-ground fire experiment equations of the height and length of the flame in fire front in the treeless areas have been made. Calculations have been made on the computer according to FAK-3 programme. 1 tab. Bibl. list: 2 ref.

**On Problem of Chalk Bare Area Afforestation in the South of Russian Plain.** CHERNODUBOV A. I., CHERNODUBOVA O. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 95 - 97.

Common pine trees of chalk sand black austrian, black crimean type, in chalk bare areas have been examined. The chalk common pine and black austrian pine have been found the most perspective. 1 illus. 1 tabl. Bibl. list: 9 ref.

**On the problem of productivity of positional edging devices in wood-sawing flow-production.** GOLYAKOV A. D. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 97 - 98.

Closer definition of productivity calculation of positional edging devices on the basis of experimental data has been carried out. 1 illus.

**Control of Band Saw Pulley U-Turn Angles by Lateral Levelling.** RYL'SHCHIKOV V. V., VESELOV V. I., MIL'CHENKO I. V. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 98 - 103.

The possibility of Band Saw Pulley U-turn, angles' determination by lateral levelling has been investigated providing for use of thecolite and millimetre grade rod. 1 illus. Bibl. list: 5 ref.

**Problems of Conservation and Engineering Restoration of Wooden Structures in Architectural Monuments of S.-Petersburg.** SEROV E. N., LABUDIN B. V. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 103 - 107.

By an example of architectural monuments of S.-Petersburg it is shown that wood can last long if structures are properly managed. 2 tab. Bibl. list: 7 ref.

**Heat Exchange and Aerodynamic Resistance in Banks of Knurled Ribbed Pipes for Air Heaters.** KUNTYSH V. B., PIIR A. E. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 107 - 112.

The results of experimental investigations of thermal conductivity and aerodynamic resistance of variously arranged banks of aluminium knurled ribbed pipes in air flow have been given which arranging, designing and corrosion characteristics meet the requirements for the replaced imported heaters and thermal recuperators in different pulp-and-paper and woodworking processes. Criteria equations for heat transfer and air pressure losses calculation have been suggested. 4 illus. 1 tab. Bibl. list: 6 ref.

**Parameter Determination of Induction Heating Processes of Ferro-Magnetic Steels.** SHEPEL' G. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 112 - 119.

A calculation method of induction heating of ferro-magnetic steels has been developed subject to specific strength variation and magnetic permeability of a heated body depending on its temperature as well as formulas to determine specific and acting powers, strength of billet and its heating time have been suggested. 3 illus.

**Influence of Solvent Nature on Kraft Lignin Specific Volumes.** NEKRASOV V. V. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 120 - 121.

Specific mass, refraction and viscosity of kraft lignin solutions (KL) in methyl cellosolve and tetrahydrofurfuryl alcohol with mass concentration KL of 2...8% at temperature ranges from 20...80°C have been investigated. Using well-known techniques specific volumes have been calculated on the basis of experimental data: refraction; incompressible and hydrodynamic. 1 tab. Bibl. list: 3 ref.

**Distinguished Scientist Nadezhda Nikolaevna Shorygina.** BOGOMOLOV B. D. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 122.

**Annual Meeting of Forestry and Protective Afforestation Branch of Russian Academy of Agricultural Sciences.** TSEKHMISTRENKO A. F. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 123 - 126.

**Boreal Forests. International Information.** CHIBISOV G. A. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 127 - 128. Valuable Scientific Work. MELEKHOV I. S. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 129 - 133.

**Academician Dmitrii P. Stolyarov.** KONSTANTINOV V. K. IVUZ. Lesnoi Zhurnal, 1993, N 4, p. 134 - 135.