

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

2

1991

---

АРХАНГЕЛЬСК

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Ответственный секретарь Р. В. Белякова.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

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

Сдан в набор 10.02.91. Подписан в печать 29.05.91.  
Форм. бум. 70 × 108<sup>1/16</sup>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отг. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1300 экз. Заказ 2423. Цена 1 р. 40 к.  
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт  
им. В. В. Куйбышева

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

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*9

## О ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ\*

В. А. БУГАЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Повышение продуктивности лесов — важная задача лесного хозяйства. Еще в 50-е гг. отмечалось, что значительную часть лесного фонда ряда регионов страны составляет непокрытая лесом площадь. Поэтому перед лесоводами была поставлена цель увеличить средний прирост с 1 га лесной площади на 10...15 %, главным образом за счет расширения лесовосстановительных работ, хотя предусматривались и другие мероприятия [9]. Итогом этих работ явился рост покрытой лесом площади.

В 1965—1966 гг. были выполнены расчеты возможного повышения продуктивности насаждений в лесхозах европейской части РСФСР на длительную перспективу, получившие наименование проекта лесов будущего или программных лесов [3, 8]. Конечная цель не ставилась, но предусматривались мероприятия на период с 1970 г. по 2000—2015 гг.

Проблема повышения продуктивности лесов актуальна и в настоящее время. Проводимые в лесу работы определенным образом влияют на его состояние [4, 11]. К сожалению, материалы единовременного во всесоюзном масштабе учета лесного фонда обобщаются и анализируются недостаточно, что приводит к искажению данных о фактическом состоянии лесных ресурсов, созданию радужного представления о неисчерпаемости лесных богатств и возможности дальнейшего увеличения рубки леса в европейской части страны. Между тем отдельные высказывания в печати свидетельствуют о широком распространении низкопродуктивных насаждений и необходимости мер по увеличению продуктивности лесов. Особое внимание этой проблеме уделил И. С. Мелехов [7].

Продуктивность леса тесно связана с понятием продукции. Для лесного хозяйства вопрос о продукции в обычном понимании оказывается непростым, поскольку при выращивании леса переплетаются природные и хозяйственные факторы.

Современный лес представляет собой объект хозяйственной деятельности. Некоторые авторы предлагают учитывать объем выполненных работ в условных ценах, основанных на затратах [13]. Но в прямом смысле эти показатели не могут характеризовать продукцию, поскольку, как писал А. Комин [6], «цена должна стать измерителем не только затрат, но и их эффективности, потребительских свойств и качества продукции». В лесном хозяйстве процесс создания продукции, обладающей полезными свойствами, растянут во времени. Здесь допустимо использовать условные цены для учета объема выполненных лесохозяйственных работ, приведения в сопоставимый вид разнохарактерных мероприятий, но эти показатели не могут быть отнесены к измерителям продукции.

\* В порядке обсуждения.

Наряду с древесиной, в насаждении формируются и другие полезные компоненты (ягоды, грибы, лекарственные травы и т. д.), так называемые прочие полезности или недревесная продукция. Кроме того, лес создает благоприятную экологическую обстановку и нормальные условия для труда и отдыха человека. Главная задача лесоводов заключается в выращивании леса, основным элементом которого является древесный запас. По массе получаемой древесины судят о вкладе лесного хозяйства в воспроизводство совокупного общественного продукта. За конечную продукцию может быть принята выращенная спелая древесина, годичной продукцией следует считать средний прирост древесного запаса.

Одни авторы [1] считают, что средний прирост можно увеличить, только обеспечив равномерное распределение насаждений по возрасту в нормальном лесу. Модель нормального леса теоретически давно обоснована, но за многие десятилетия в хозяйствах равномерное распределение не достигнуто. Другие авторы [10] полагают, что не надо ограничиваться этой задачей, а следует выращивать непрерывно продуцирующий лес. Лесохозяйственная деятельность многогранна, поэтому древесный запас нужно считать продукцией применительно к лесовыращиванию, а не к отрасли в целом.

В лесном хозяйстве земля выступает главным средством и активным фактором производства, основным свойством почвы является ее плодородие. Все многообразие факторов, влияющих на плодородие почвы, позволяет выделить две его формы: естественное, зависящее от богатства почвы, наличия в ней необходимых питательных веществ, достаточного обеспечения влагой, и экономическое, приобретенное в результате обработки почвы и различных хозяйственных мероприятий. По мнению П. В. Васильева [5], категории плодородия земли лежат в основе двух показателей результативности лесного хозяйства — производительности и продуктивности леса. Производительность соответствует понятию естественного плодородия, а продуктивность аналогична экономическому плодородию. Применительно к древесной продукции показателем производительности лесных угодий нужно считать количество древесной массы, выращенной за год под влиянием природных факторов. [12]. В. Г. Атрохин, И. К. Иевинь [2] под производительностью насаждений подразумевают потенциальную возможность почвы и других факторов обеспечить древесной необходимыми веществами для образования максимального прироста. Продуктивность леса следует определять по фактически выращенной древесной массе при данном уровне лесного хозяйства, существующих состоянии и структуре насаждений.

Для выбора мероприятий необходимо их классифицировать и систематизировать, увязать с мерами, согласованными с понятиями производительности и продуктивности леса. Все многообразие способов можно разделить на две категории. К первой относятся мероприятия, направленные на повышение производительности леса вследствие улучшения лесорастительных условий и плодородия почв. Это осуществление заболоченных лесов, внесение удобрений, биологические способы повышения плодородия лесных земель. Мероприятия второй категории не преследуют цели изменить лесорастительные условия. Их задача состоит в наиболее полном и рациональном использовании сложившихся условий. Лесохозяйственные работы второй категории разнообразны. Среди них наиболее распространены лесовосстановление на непокрытых лесом площадях, обеспечение естественного возобновления ценными породами и сохранение подраста, рационализация способов рубок, позволяющих сократить лесовозобновительный процесс и сформировать молодняки наилучшего состава, совершенствование технологии лесокультурных работ, плантационное лесоразведение, реконструкция малоценных насаж-

дений, внедрение быстрорастущих и технически ценных древесно-кустарниковых пород, применение селекционных методов при лесовыращивании, рубки ухода и т. п.

Мероприятия первой категории направлены на повышение производительности, второй — продуктивности леса. В зависимости от природных и экономических факторов значение перечисленных мероприятий на отдельных объектах неодинаково. Оно определяется расширением открытой лесом площади, улучшением состава древостоев, повышением их полноты, качества, устойчивости, увеличением среднего прироста.

Поскольку показателем древесной продукции являются запас древесины на корню и его средний прирост, то мероприятия по повышению продуктивности леса должны обеспечивать увеличение среднего прироста. Все лесохозяйственные работы надо разделить на две группы: а) способствующие повышению продуктивности леса в результате увеличения среднего прироста; б) не дающие дополнительного прироста. К мероприятиям первой группы относятся такие, в результате которых повышаются производительность или продуктивность леса, образуется дополнительный прирост древесного запаса. Они способствуют интенсификации лесного хозяйства. Мероприятия второй группы менее активно воздействуют на состояние и структуру лесов, носят экстенсивный характер и направлены на поддержание насаждения в оптимальном состоянии, устранение или предотвращение ущерба в лесу под влиянием неблагоприятных факторов. Такие мероприятия не имеют цели непосредственно увеличить прирост, хотя косвенно за счет сохранения леса он может и повыситься. К мерам подобного характера можно отнести упорядочение лесопользования, рациональное использование лесосечного фонда, сокращение потерь при лесозаготовках и деревообработке, противопожарные и лесозащитные мероприятия, своевременный и качественный уход за лесными культурами и т. д.

Описанная дифференциация лесохозяйственных работ будет способствовать сосредоточению главного внимания на таких активных мерах, которые обеспечивают непосредственное повышение продуктивности леса.

Осуществлению описанных мероприятий должно содействовать обоснованное их проектирование в процессе лесоустройства. В связи с этим можно назвать следующие задачи лесоустройства: 1) получение подробной информации о лесном фонде и выделение участков, характеризующихся низкой продуктивностью, слабым естественным возобновлением, а также другими признаками неполного использования природного плодородия лесных земель; 2) сравнительный анализ роста и товарности малопродуктивных и высокопродуктивных насаждений; 3) определение оптимальных лесорастительных условий для выращивания отдельных древесных пород; 4) разработка мероприятий по повышению продуктивности леса с указанием объема и очередности их выполнения.

Изложенные положения, возможно, дискуссионны, не согласуются с установившимися воззрениями. Но наука может развиваться лишь при соблюдении принципа свободного высказывания разных точек зрения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Андукевич О. А. Экономические основы организации производства по выращиванию древесины // Лесн. хоз-во.— 1988.— № 5.— С. 18—20. [2]. Атрохин В. Г., Иевинь И. К. Рубки ухода и промежуточное лесопользование.— М.: Агропромиздат, 1985.— 255 с. [3]. Бочкарев М. М. Перспективы повышения продуктивности лесов в зоне интенсивного ведения лесного хозяйства // Лесн. хоз-во.— 1967.— № 5.— С. 24—28. [4]. Бугаев В. А. Изучение динамики лесного фонда при зональной характеристике лесного хозяйства // Межвуз. сб. науч. тр.— Красноярск, 1984.— С. 5—12. [5]. Васильев П. В. Экономика использования и воспроизводства

лесных ресурсов.—М.: АН СССР, 1963.—484 с. [6]. Комин А. Финансы и цены // Коммунист.—1987.—№ 9.—С. 59—62. [7]. Мелехов И. С. Повышение продуктивности лесов — межотраслевая проблема // Лесн. журн.—1987.—№ 6.—С. 3—14.—(Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Нестеров В. Г. Леса будущего и их программное выращивание // Лесохозяйственная и лесомелиоративная наука в СССР.—М.: Лесн. пром-сть, 1967.—С. 153—174. [9]. Проблемы повышения продуктивности лесов. Т. 1 / Ин-т леса АН СССР.—М.; Л.: Гослесбумиздат, 1959.—148 с. [10]. Расчет размера лесопользования / С. Г. Сеницын, Н. А. Моисеев, В. В. Загреев, Н. П. Анучин.—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—176 с. [11]. Сеницын С. Г., Сеницын И. С. Экономические аспекты динамики породного состава лесов европейской части РСФСР // Лесн. журн.—1984.—№ 6.—С. 5—11.—(Изв. высш. учеб. заведений). [12]. Экономика лесного хозяйства СССР / П. В. Васильев, И. В. Воронин, Г. П. Мотовилов, Е. Я. Судачков.—М., 1965.—379 с. [13]. Янушко А. Д., Желиба Б. Н. Чистая продукция и эффективность лесного хозяйства // Лесн. журн.—1985.—№ 3.—С. 96—100.—(Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 16 февраля 1991 г.

УДК 630\*56

## БАЗИСНЫЙ ВОЗРАСТ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ

А. Л. ГУТМАН, В. В. УСПЕНСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

В целях систематизации и стандартизации роста насаждений В. В. Загреев [3] и Н. И. Казимиров [4, 5] использовали нормирование таксационных показателей делением их на значение в некотором базисном возрасте, выбор которого (100 или 50 лет) был обусловлен удобством графических построений и вычислений.

Преимущества такого подхода существенно увеличиваются, если при выборе базисного возраста использовать биофизический анализ роста насаждения. В настоящей работе обосновывается выбор базисного возраста и на материале таблиц хода роста культур сосны предлагается математическая модель для нормирования кривых роста. Общие требования подхода к базисному возрасту-модулю следующие: биологическая значимость для жизни насаждения; достаточно узкая локализация по времени; возможность точного определения по результатам таксации насаждения.

В экологии при исследовании динамики численности популяций выделяют три фазы: пререпродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную [8]. В сообществе древесных растений переход от пререпродуктивной фазы к репродуктивной классифицируется как переход от формирования древостоя к его зрелости [6]. Это связано с достижением максимального прироста общей биомассы и началом последующего обильного плодоношения. По данным В. Г. Нестерова [7], возраст зрелости древостоя, связанный с перераспределением пластических веществ в репродуктивном направлении, для большинства древесных пород наступает в 20...60 лет. По классификации Н. Н. Свалова [9], это физиологическая спелость древостоя, для сосняков I класса бонитета равная 33 годам. На S-образной кривой роста ей соответствует точка перегиба. Таким образом, этот возраст хорошо локализован во времени. Вместе с тем для достаточно точного его определения по таблицам необходимо знать четыре значения в окрестности точки перегиба, что позволяет получить три последовательных значения прироста таксационного показателя. Анализ таблиц хода роста сосновых культур показал, что для верхней или средней высоты древостоя, обычно принимаемой в качестве ведущего признака, максимум текущего прироста наступает в возрасте 10...20 лет. Это существенно раньше

начала репродуктивной фазы, а поскольку большинство таблиц начинается с 20 лет, данных о точках, предшествующих точке перегиба, они не имеют. Поэтому в качестве ведущего таксационного показателя нами была принята общая продуктивность древостоя  $W$ . Этот показатель довольно стабилен, мало зависит от интенсивности промежуточного пользования, если оно не чрезмерно. Есть основания полагать, что максимум текущего прироста общей продуктивности древостоя достаточно близок к физиологической спелости — максимуму текущего прироста запаса и легко устанавливается по таблицам хода роста. Таким образом, принятый базисный возраст — это возраст максимального текущего прироста общей продуктивности  $\tau$ .

Для определения эффективности стандартизации кривых роста при выбранном базисе были обработаны данные 30 таблиц хода роста культур сосны Iб—III классов бонитета, произрастающих в разных типах леса на территории европейской части СССР (БССР, УССР, в Центральном и Центрально-Черноземном районах РСФСР) и в ГДР.

Алгоритм и программа обработки на ЭВМ предусматривали: вычисление базисного возраста для каждой таблицы, нормирование возрастных периодов таблиц и таксационных показателей в единицах базисного возраста, анализ средних нормированных таксационных показателей как функции нормированного возраста (с шагом 0,2 базиса) для общей продуктивности. Значения вычисленных статистических характеристик полученного распределения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Нормированный возраст $\theta$	$\bar{x}$	$V, \%$	$P, \%$	Нормированный возраст $\theta$	$\bar{x}$	$V, \%$	$P, \%$
0,4	16,9	15,8	5,2	1,6	182,0	4,0	1,7
0,6	43,0	9,6	2,8	1,8	205,0	2,8	1,1
0,8	74,7	6,1	2,2	2,0	228,0	3,1	0,9
1,0	100,0	4,0	1,3	2,2	249,0	4,8	1,6
1,2	127,0	3,7	1,4	2,4	268,0	5,1	2,9
1,4	159,0	3,4	1,0	2,6	285,0	4,7	1,7

Из результатов статистической обработки можно сделать вывод, что средние значения  $\bar{x}$  характеризуются малой изменчивостью: коэффициент вариации  $V$ , как правило, находится в интервале 3...10% и лишь в крайней относительной ступени 0,4 увеличивается до 15,8%. Средняя и низкая изменчивость относительных значений таксационных показателей обеспечивает их высокую точность  $P$  (1...5%) при относительно малой выборке (30 таблиц хода роста).

Высокая точность и слабый разброс данных позволяют утверждать, что при отсутствии резких нарушений нормального роста (стихий, интенсивное изреживание) все многообразие линий развития и роста одной древесной породы по каждому таксационному показателю можно отразить одной S-образной кривой.

Представляют интерес аналитические выражения, аппроксимирующие стандартные кривые роста. Предпочтение следует отдать функциям, которые имеют простую структуру, четкий биофизический смысл входящих в них параметров и обеспечивают достаточную точность выравнивания кривых.

В наших работах [1, 2] для моделирования роста фитомассы древостоев и хода их роста в высоту использована функция

$$V = A \left( 1 - \frac{\alpha}{\alpha - \beta} e^{-\beta t} + \frac{\beta}{\alpha - \beta} e^{-\alpha t} \right), \quad (1)$$

где  $V$  — таксационный показатель;  
 $t$  — возраст максимальной продуктивности;  
 $A, \alpha, \beta$  — параметры; их подробный биофизический смысл указан в работе [1].

Применительно к целям настоящей работы биофизический смысл параметров сводится к следующему:  $1/\alpha$  — характерное время\* выхода древостоя на максимальный прирост;  $1/\beta$  — характерное время его выхода на значение параметра  $A$ .

Из уравнения (1) найдем стандартную кривую в выбранном базисном возрасте. Базисный возраст получим, приравняв нулю вторую производную  $V''(t)$ :

$$\frac{\alpha\beta}{\alpha-\beta} (\alpha e^{-\alpha t} - \beta e^{-\beta t}) \Big|_{t=\tau} = 0, \quad (2)$$

отсюда

$$\tau = \frac{1}{\alpha-\beta} \ln \frac{\alpha}{\beta}.$$

Нормированный возраст с этим базисом  $\Theta = t/\tau$ . Тогда выражение (1) как функция безразмерного возраста  $\Theta$  принимает вид

$$V(\Theta) = A \left( 1 - \frac{\alpha}{\alpha-\beta} e^{-\frac{\beta}{\alpha-\beta} \ln \frac{\alpha}{\beta} \Theta} + \frac{\beta}{\alpha-\beta} e^{-\frac{\alpha}{\alpha-\beta} \ln \frac{\alpha}{\beta} \Theta} \right). \quad (3)$$

Нетрудно видеть, что при введении параметра  $\gamma = \alpha/\beta$  функция  $V(\Theta)$  становится функцией только двух параметров  $A$  и  $\gamma$ , а нормированная по отношению к значению в базисном возрасте  $V(1)$  — функцией только одного параметра  $\gamma$ :

$$F = \frac{V(\Theta)}{V(1)} = \frac{1 - \frac{\gamma}{\gamma-1} e^{-\frac{1}{\gamma-1} \ln \gamma \Theta} + \frac{1}{\gamma-1} e^{-\frac{\gamma}{\gamma-1} \ln \gamma \Theta}}{1 - \frac{\gamma}{\gamma-1} e^{-\frac{1}{\gamma-1} \ln \gamma} + \frac{1}{\gamma-1} e^{-\frac{\gamma}{\gamma-1} \ln \gamma}}. \quad (4)$$

Параметр  $\gamma$  является отношением временных характеристик выхода насаждения на предельную фитомассу и максимальный прирост.

Точность выравнивания стандартной кривой роста с помощью функции (4) по методу наименьших квадратов для нелинейных функций определяли по наилучшему значению  $\gamma$  для стандартной кривой роста общей продуктивности  $W$ . Оно оказалось равным 4,30608, а соответствующая ему средняя квадратичная ошибка выравнивания табличных данных  $W$  составила (в единицах базисного значения)  $\sigma_w = 0,02914$ , или менее 3 %.

На рис. 1 представлена зависимость  $W_t/W_\tau = f(\Theta)$  для культур сосны, где  $W_t, W_\tau$  — значения общей продуктивности в возрасте соответственно  $t$  и  $\tau$ . Из рисунка видно, что функция (4) достаточно точно моделирует стандартную кривую для общей продуктивности древостоя. Заметим, что у других стандартных кривых S-образной формы (высота, диаметр и др.) возраст перегиба не совпадает с принятым базисным возрастом. Поэтому для их моделирования функция (4) должна быть перенормирована. Подставляя  $\gamma = 4,30608$  в (4), получаем

$$F(\Theta) = \frac{1 - 2,2195 e^{-0,7303\Theta} + 1,2195 e^{-1,3291\Theta}}{0,2535}. \quad (5)$$

\* Характерным временем экспоненциального процесса называется время, за которое изучаемая величина изменяется в  $e$  раз.



Из сказанного следует, что соотношение (5) является общей закономерностью роста культур сосны.

Изложенные теоретические положения были проверены на практике на примере сосновых насаждений. Использованы таблицы хода роста культур сосны европейской части СССР Ia, II, IV классов бонитета. Предварительно графическим путем были установлены значения возраст-

Таблица 2

Возраст, лет	Нормированный возраст $\theta$			Общая продуктивность														
				относительная $F(\theta) \cdot 100$				расчетная $W, м^3$				фактическая $W, %$				Отклонение, %		
	Ia	II	IV	Ia	II	IV	Ia	II	IV	Ia	II	IV	Ia	II	IV	Ia	II	IV
20	0,69	0,59	0,53	58	45	37	207	123	66	206	124	57	0,5	0,8	15,8			
30	1,03	0,88	0,79	105	84	71	375	229	125	375	235	120	0,0	2,6	4,2			
40	1,38	1,18	1,05	152	124	107	543	341	189	541	355	190	0,4	1,7	0,5			
50	1,72	1,47	1,32	195	163	143	696	448	252	679	461	258	2,5	2,8	2,3			
60	2,07	1,76	1,58	232	199	177	830	546	312	797	549	320	4,1	0,5	2,5			
70	2,41	2,06	1,84	264	231	208	944	633	366	897	625	375	4,8	1,3	2,4			
80	2,76	2,35	2,10	290	258	236	1038	708	415	986	694	424	5,3	2,0	2,1			
90	3,11	2,65	2,37	311	282	260	1115	773	457	1065	755	469	4,7	2,4	2,6			
100	3,45	2,94	2,63	329	302	281	1177	827	494	1135	810	508	3,7	2,1	2,8			
110	3,79	3,24	2,90	343	319	299	1227	872	526	1197	859	540	2,5	1,5	2,6			
120	4,14	3,53	3,16	354	332	314	1396	910	553	1254	901	569	1,0	1,0	2,8			

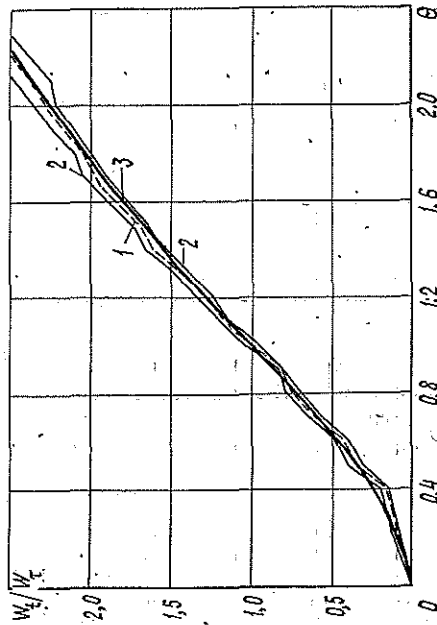


Рис. 1. Усредненная кривая роста по общей продуктивности в относительных показателях (1), границы средних квадратичных отклонений от средней (2) и выравненная кривая (3)

та максимального текущего прироста  $\tau$  и общей продуктивности в этом возрасте  $W_\tau$ . Для рассмотренных классов бонитета они составили соответственно 29, 34 и 38 лет, 358, 274 и 176 м<sup>3</sup>.

Последующие расчеты (табл. 2) показали, что рекомендуемое уравнение довольно точно отражало динамику фактической продуктивности древостоев, отклонения не превысили 6 %, а в среднем составили 1...3 %. Адекватность модели проверена на рис. 2, где линии развития всех трех классов бонитета выразились одной кривой.

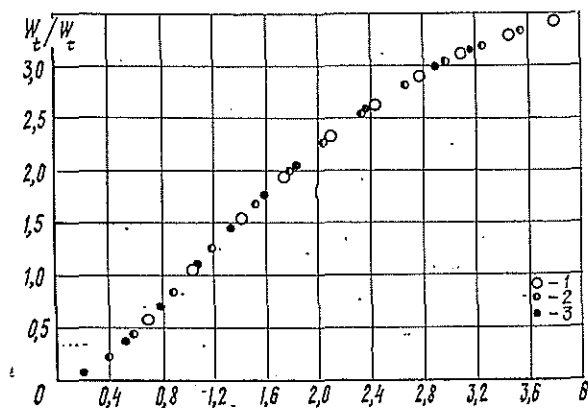


Рис. 2. Единая кривая роста общей продуктивности культур сосны разных классов бонитета: 1 — Ia; 2 — II; 3 — IV (V)

Есть основания полагать, что выражение (4) является общим законом роста древостоев различных пород, для которых показатель  $\gamma$  — существенная видовая постоянная. Это предположение должно стать предметом дальнейшего исследования для других древесных пород.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гутман А. Л., Гутман М. А. Модель роста древостоев и ее применение для выравнивания таксационных показателей // Лесн. журн.— 1986.— № 5.— С. 17—21.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Гутман А. Л., Успенский В. В. Биофизические методы моделирования продуктивности древостоев // Закономерности роста и производительности древостоев.— Каунас, 1985.— С. 281—283. [3]. Загребев В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 240 с. [4]. Казимиров Н. И. Проблемы и методические подходы в моделировании лесных биогеоценозов // Моделирование лесных биогеоценозов.— Петрозаводск, 1986.— С. 5—12. [5]. Казимиров Н. И., Горбунова Т. М., Дмитриева И. А. Математическая модель возрастной динамики таксационных показателей сосновых древостоев // Там же.— С. 105—123. [6]. Лархер В. Экология растений.— М.: Мир, 1978.— 384 с. [7]. Нестеров В. Г. Общее лесоводство.— М.: Гослесбумиздат, 1954.— 656 с. [8]. Одум Ю. Экология. Т. 2.— М.: Мир, 1986.— 376 с. [9]. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 216 с.

Поступила 5 сентября 1990 г.

УДК 630\*181.8

### РАЗВИТИЕ И ПЛОДОНОШЕНИЕ БУКА ЛЕСНОГО В ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЗА ПРЕДЕЛАМИ АРЕАЛА

В. К. МЯКУШКО, Х. АХМАД

Украинская сельскохозяйственная академия

Бук — одна из первых древесных пород, для которых было начато изучение закономерностей наступления семенных лет. В УССР интерес

к этому вопросу связан с повышением интенсивности лесного хозяйства, широким применением лесовозобновительных рубок в Карпатах, созданием культур с участием бука за пределами ареала.

Плодоношение буковых древостоев в Карпатах изучали Ю. Д. Третяк [7, 8], П. И. Молотков [4], П. С. Каплуновский [2, 3], К. К. Смаглюк [5, 6], в Молдавии — Г. Л. Тышкевич [9, 11]. На восточной окраине ареала бука лесного исследований не проводили.

Наши фенологические наблюдения проведены в Киевской области за период 1987—1989 гг. В исследуемом районе бук лесной является интродуцентом, обладает высокой продуктивностью. Искусственные насаждения были созданы в 1937 г. на территории Голосеевского лесничества посадкой бука и дуба на серых лесных суглинистых почвах. В наблюдениях за ростом и развитием бука использованы общепринятые методики [1].

Цель наших исследований — изучить сроки наступления сезонных фенофаз и плодоношения бука в лесах Киевской области в сравнении с естественным ареалом. Опыты проводили на двух постоянных пробных площадях, таксационная характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Пробная площадь 1	Пробная площадь 2
Год закладки пробной площади	1989	1989
Размер пробной площади, га	0,5	1,0
Размер учетной площадки, м <sup>2</sup>	4	4
Число учетных площадок, шт.	25	25
Состав древостоя	10Бк + Гя	9Бк + 1Д
Возраст, лет	53	53
Средняя высота, м	27,0	27,0
Средний диаметр, см	28,0	27,0
Класс бонитета	Iв	Iв
Полнота	0,8	0,9
Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	340,0	427,5

Температура воздуха вегетационных периодов в годы исследований отличалась от средней многолетней. По данным метеостанции ВДНХ УССР, она была выше на 0,3...3,5 °С.

Мы фиксировали даты наступления основных фенофаз: развитие почек, облиствение, пожелтение листьев, опадение листьев и плодов (табл. 2).

У ранораспускающейся формы бука в условиях Голосеева почки начинали набухать в конце I декады апреля, у позднораспускающейся — во II декаде апреля, что совпадало с этой фазой развития бука в Молдавии и происходило примерно на 2 нед позже, чем в Закарпатье (табл. 2). Фаза пожелтения листьев длилась 10...12 дн.

Полное опадение листьев наблюдалось в конце III декады октября, а у позднораспускающейся формы до конца I декады ноября. Сроки развития почек, облиствения и опадения листьев у бука в Голосееве ощутимо различались по годам, что связано с погодными условиями. Цветение бука лесного на постоянных пробных площадях начиналось у ранораспускающейся формы в III декаде апреля во время облиствения, у позднораспускающейся — в конце III декады и продолжалось 5...7 дн. Эти сроки совпадали с данной фазой в Молдавии и опаздывали на 6...8 дн. по сравнению с Закарпатьем (табл. 3).

Семена созревали через 4 мес после цветения. Период опадения семян начинался с конца августа и продолжался до начала ноября.

Плодоношение исследовали методом учетных площадок. Наблюдения проводили с 1987 г. в Голосеевском лесничестве в типе леса свежая

Место и год наблюдения	Развитие почек		Облиственные		Пожелтение листьев	
	Набухание	Распускание	Начало	Полное	Начало	Полное
Киев (Голосеево):						
1987	15.04	24.04	28.04	02.05	20.09	02.10
	21.04	30.04	04.05	10.05	29.09	07.10
1988	05.04	12.04	18.04	25.04	23.09	30.09
	11.04	18.04	20.04	27.04	30.09	20.10
1989	08.04	15.04	17.04	25.04	27.09	02.10
	14.04	20.04	22.04	30.04	02.10	05.10
Среднее за 3 года	09.04 16.04	17.04 23.04	21.04 27.04	30.04 05.05	24.09 30.09	01.10 11.10
Закарпатская область [4] (среднее за 13 лет)	28.03	13.04	15.04	26.04	22.09	29.09
Молдавия [10] (среднее за 10 лет)	10.04	18.04	25.04	04.05	25.09	16.10

Примечание. В числителе — данные для ранораспускающейся, в знаменателе — грабовая дубрава на двух пробных площадях. На каждой из них выделяли 25 площадок по 4 м<sup>2</sup> (2 × 2 м). Опавшие орешки собирали начиная с конца августа. Через 6... 8 дн. семена сортировали на здоровые, пустые и поврежденные. Данные 1989 г. приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Пробная площадь 1	Пробная площадь 2
Число орешков бука, собранных с 1 га:		
всего, тыс. шт.	287,7	102,5
здоровых, тыс. шт./%	71,5/24,8	16,8/16,4
пустых, тыс. шт./%	154,2/53,6	49,7/48,5
поврежденных, тыс. шт./%	62,0/21,6	36,0/35,1
Масса 1000 здоровых орешков, г	263,1	264,7

Наблюдения показали, что бук плодоносил неодинаково на пробных площадях 1 и 2, что связано с составом и полнотой древостоев (при полноте 0,8 плодоношение лучше).

Изучив влияние внешней среды, мы выявили отрицательную роль заморозков и сухости воздуха во время цветения бука. Обильное цветение не всегда приводило к обильному плодоношению.

В результате исследований нами установлено, что в условиях Киевской области бук плодоносил слабо. В отдельные годы урожай отсутствовал, хотя цветение наблюдалось ежегодно. Нами выявлена также отрицательная роль деятельности насекомых-вредителей. Аналогичные данные приведены П. С. Каплуновским [3] для Карпат. Помимо этого, большую роль играли погодные условия в период, когда в почках формировались будущие репродуктивные органы. Некоторые авторы [12, 13] отметили связь хороших урожаев с более теплым летом предшествующего года, когда закладывались почки. Недостаток тепла приводил к плохому урожаю или преобладанию пустых семян.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над листовыми древесными растениями: Пособие по проведению учеб.-науч. исследований.— Л., 1976.— 70 с. [2].

Таблица 2

Опадение листьев		Цветение		Созревание семян		Опадение семян	
Начало	Полное	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец
06.10	30.10	30.04	06.05	26.08	28.09	25.09	22.10
15.10	10.11	05.05	12.05	02.09	01.10	02.10	12.11
05.10	10.11	23.04	30.04	01.09	22.09	14.09	05.11
09.10	15.11	27.04	05.05	08.09	30.09	19.09	15.11
28.09	25.10	23.04	28.04	27.08	25.09	05.09	30.10
02.10	01.11	30.04	05.05	04.09	28.09	12.09	03.11
03.10	22.10	25.04	03.05	30.08	25.09	15.09	30.11
09.10	08.11	30.04	08.05	05.09	30.09	22.09	09.11
06.10	11.11	17.04	28.04	06.09	28.09	25.09	22.10
12.10	11.11	26.04	07.05	03.09	28.09	13.09	28.10

ле — для позднораспускающейся формы бука.

Каплуновский П. С. Лесотипологическое сравнение буковых лесов Украинских Карпат и Крыма // Тез. докл. конф. по изучению флоры и фауны Карпат.— Киев, 1960.— С. 98—104. [3]. Каплуновский П. С. Плодоношение бука в лесах Закарпатья и Крыма // Лесоводство и агролесомелиорация.— Киев., 1967.— Вып. 9.— С. 78—80. [4]. Молотков П. И. Буковые леса и хозяйство в них.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 224 с. [5]. Смаглюк К. К. Плодоношение бука в Северной Буковине // Лесн. хоз-во.— 1963.— Вып. 11.— С. 33—35. [6]. Смаглюк К. К. Особенности плодоношения буковых насаждений Северной Буковины в 1968 г. // Лесоводство и агролесомелиорация.— Киев, 1971.— Вып. 24.— С. 22—25. [7]. Третяк Ю. Д. Плодоношение бука европейского в УССР // Науч. тр. / ЛЛТИ.— Львов, 1954.— Т. 1.— С. 104—107. [8]. Третяк Ю. Д. Поновления бука і його супутників природним шляхом та культурами.— Львів, 1958.— 19 с. [9]. Тышкевич Г. Л. Биолого-физиологическое изучение подростка бука в условиях Центрально-молдавской возвышенности // Биология. науки.— 1975.— Вып. 11.— С. 64—70.— (Докл. высш. шк.). [10]. Тышкевич Г. Л. Особенности фенологии *Fagus sylvatica* // Биология и физиология культурных и лесных растений.— Кишинев, 1978.— С. 45—48. [11]. Тышкевич Г. Л. Охрана и восстановление буковых лесов.— Кишинев: Шттинца, 1984.— 232 с. [12]. Bourgu R. Anote of beech regeneration in England // Quart. J. of Forestry.— 1942.— N 36, 2. [13]. Lindquist B. The beech Forest of Swedn // Veröff.-Geobot. inst. Rübhel Bein.— 1932.— Н. 8.

Поступила 24 июля 1990 г.

УДК 630\*432.17

## ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ПОЛОСЫ НА БЕЗЛЕСНЫХ УЧАСТКАХ

Ю. А. КУЗНЕЦОВ

Байкальская ЛОС

Для обеспечения высокой эффективности защитных полос на безлесных площадях их ширину следует дифференцировать в зависимости от фитоценологических условий участков [4, 6, 8, 9].

В специфической лесной обстановке сложный комплекс горючих материалов варьирует по отдельным составляющим в широких пределах даже на незначительной территории, обуславливая резкие различия в интенсивности горения. С увеличением протяженности полосы здесь повышается вероятность перехода огня. Горючие материалы лугов, пастбищ и степей однородны и вызывают один вид пожара — низовой. Ширина защитных полос в конкретных фитоценологических условиях зависит от интенсивности волны огня, проходящей по сухим травам, и ее

можно определить экспериментально. В идеале это минимальная ширина, обеспечивающая полную задержку фронта пожара на всем протяжении полосы без участия человека при относительно невысоких затратах на производство.

Необходимость изучения эффективности минерализованных полос и определения условий, где они действительно полезны, отмечает Н. П. Курбатский [2].

Очистка мест рубок равномерным разбрасыванием порубочных остатков по лесосеке требует проведения защитных полос шириной от 10 до 20 м. Эти рекомендации частично подтверждаются результатами экспериментов на захламленных вырубках: ширина минерализованных полос должна быть не менее 9 м [3]. Для безлесных участков, где отсутствует захламленность древесными остатками, рекомендуемая ширина защитных полос варьирует в пределах от 1 до 15 м [1, 5].

Непроработанность данного вопроса нашла отражение в современных инструктивных материалах по охране леса от пожаров. «Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров» [7] предписывают для остановки фронта пожара на вырубках выжигать полосы от 20 до 100 м в зависимости от степени захламленности. Весенние пожары на лугах, пастбищах и степных участках рекомендуется тушить захлестывая кромку. Интенсивность таких пожаров не указана, но можно с уверенностью говорить, что данный способ борьбы направлен против пожаров слабой и средней интенсивности, так как для сильных и быстро распространяющихся отмечена необходимость использования отжига. Однако и в этом случае не приведены какие-либо придержки по ширине выжигаемой полосы.

Данные о защитной эффективности полос различной ширины получены нами в результате проведения экспериментов на безлесных участках Забайкалья. Выжигаемые площадки (10 × 15 м) ограничивали исследуемыми полосами. Изучали их защитные свойства на фронтальной кромке искусственно созданного пожара. Значения факторов, влияющих на интенсивность горения сухих травянистых остатков, определяли по методике, принятой в лесопирологических исследованиях. Скорость ветра измеряли крыльчатым анемометром на поверхности травостоя за период времени от поджигания горючего материала до начала спада интенсивности горения при подходе фронта пожара к защитной полосе. Следовательно, показатели ветрового режима для каждого опыта усреднены. Максимальная скорость ветра в опытах — 10 м/с. Остальные метеофакторы (температура и относительная влажность воздуха) были постоянны. Измерения повторяли несколько раз.

Опыты первой серии показали, что минерализация полосами шириной 1,4 м на безлесных площадях при высоте сухих травостоев до 15 см и скорости ветра до 5 м/с устраняет возможность перехода огня через защитную полосу от пламени фронтальной кромки пожара. При данных условиях горения образуется пламя незначительной длины по сравнению с испытываемой шириной. Наибольший наклон пламени к горизонтальной поверхности не вызывает соприкосновения сухих травостоев за защитной полосой с раскаленными газами.

При данном скоростном режиме ветра (до 5 м/с) ширина 1,4 м не гарантирует предотвращения зажигания горючих материалов горящими частицами сухих трав, перелетающими через защитную полосу. При температуре воздуха 10 °С, его относительной влажности 39 % и скорости ветра 5 м/с в одном из шести повторных опытов произошло загорание за защитной полосой. Однако при скорости ветра 8 м/с при прочих равных условиях загораний не зарегистрировано. Можно предположить, что усиление ветра вызывает увеличение продолжительности полета горящих частиц, которая оказывается достаточной для их сгорания до момента контакта с сухими травянистыми остатками.

Повышение температуры воздуха до 20 °С при относительной его влажности 16 % и скорости ветра от 2 до 5 м/с также обеспечивает бо-

лее полное снижение температуры перелетающих горящих сухих травянистых остатков. В этих условиях полоса шириной 1,4 м испытана в 12 повторных опытах, в 9 из них — при силе ветра 5 м/с. Ни в одном из опытов не зарегистрировано переходов пламени через защитную полосу.

Из 44 опытов, проведенных на площади с сухими травостоями высотой 15 см и запасом надземной массы 0,2 кг на 1 м<sup>2</sup>, только в одном наблюдался переход пожара через защитную полосу. Загорание произошло при подходе его фронта к защитной полосе. Расстояние от кромки минерализованной почвы до места загорания составило 0,4 м. В связи с этим был сделан вывод о необходимости увеличения ширины защитной полосы до 2 м и проведения экспериментов в различных фитоценологических и погодных условиях.

В первой серии опытов была предпринята попытка испытать эффективность полосы шириной 1,4 м на безлесном участке с сухими травостоями высотой 45 см при запасе надземной массы 0,16 кг на 1 м<sup>2</sup>. Всего проведено 8 опытов при скорости ветра 2 м/с, температуре воздуха 10 °С и относительной его влажности 16 и 39 %. Недостаток экспериментальных данных не позволяет сделать вывод о защитном влиянии полосы для данных травяных ценозов.

Во второй серии опытов регистрировали скорость ветра, влажность покрова и плотность горючих материалов. Для вычисления плотности определяли высоту сухих травостоев и их надземную массу.

Вывод о неэффективности полосы шириной 1,4 м при скорости ветра до 5 м/с на участках с высотой травостоя не более 15 см и необходимости ее увеличения до 2 м был проверен во второй серии опытов. Проведено 7, 6 и 4 повторных опыта при скорости ветра соответственно 2, 5 и 8 м/с. Защитная эффективность полосы составила 100 %.

Полосу шириной 2,8 м испытывали 33 раза при скорости ветра от 2 до 10 м/с в сухих травостоях высотой 30 и 50 см. При высоте сухих трав 30 см данная полоса обеспечивала полную задержку фронта пожара. Максимальная скорость ветра в обоих опытах составила 9 м/с.

При высоте травостоя 50 см ширина минерализации поверхности почвы 2,8 м хотя и оказалась достаточной для задержки опытных поджиганий, но при скорости ветра 10 м/с длина пламени фронтальной кромки пожара достигала 2,7 м (по визуальной оценке). В связи с этим существует реальная возможность перехода огня через полосу при увеличении скорости ветра.

Результаты опытов позволяют сделать следующие выводы.

Эффективность защитной полосы на площадях с сухими травостоями зависит от высоты напочвенных горючих материалов и скорости ветра. Для прекращения распространения пожара на безлесных участках, где высота сухих травостоев не превышает 15 см, необходима защитная полоса шириной 2,0 м. При высоте трав 15...30 см ширина полосы должна быть увеличена до 2,8 м; при 30...50 см — до 4,2 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ершов И. А. Противопожарные придорожные полосы // Лесн. хоз-во.— 1952.— № 5.— С. 84. [2]. Курбатский Н. П. Проблема лесных пожаров // Возникновение лесных пожаров.— М., 1964.— С. 5—60. [3]. Мокеев Г. А. К методике использования противопожарных мероприятий в лесах СССР // Бюл. НТО.— Л., 1958.— № 6. [4]. Сныткин Г. В. Роль минерализованных полос, противопожарных разрывов и дорог при распространении лесных пожаров // Лесн. хоз-во: Реф. информ.— 1967.— № 13.— С. 12—13. [5]. Соловьев В. И., Конев М. И. Противопожарное устройство лесов Гродековского лесхоза // Лесн. хоз-во.— 1956.— № 3.— С. 45—47. [6]. Софронов М. А. О густоте противопожарных барьеров // Прогнозирование лесных пожаров.— Красноярск, 1978.— С. 26—43. [7]. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров.— М., 1973.— 110 с. [8]. Цветков П. А., Фуряев В. В., Доррер Г. А. Методика расчета оптимальной сети противопожарных полос в основ-

ных молодняках // Вопросы лесной пирологии.— Красноярск, 1974.— С. 226—240.  
[9]. Шешуков М. А., Пешков В. В., Михель В. А. О повышении пожароустойчивости лесных культур // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 5.— С. 53—55.

Поступила 8 мая 1990 г.

УДК 630\*17

## РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В. И. БИРЮКОВ

Брянский технологический институт

Опытные культуры дуба красного, черешчатого, крупноплодного и монгольского, клена остролистного, серебристого, красного и сахаристого, липы крупнолистной, мелколистной и амурской, ясеня пенсильванского и обыкновенного в Лесостепной опытно-селекционной станции (ЛОСС) Липецкой области являются ценной коллекцией, в которой представлена флора основных географических зон: Европы, северных и умеренных районов Азии и Северной Америки. Эти породы обладают быстрым ростом в высоту и по диаметру, имеют древесину высокого качества, устойчивы против неблагоприятных условий среды, декоративны, что позволяет использовать их в массивном и защитном лесоразведении и зеленом строительстве.

ЛОСС расположена на холмистом плато Среднерусской возвышенности на высоте 173...237 м над уровнем моря. Климат континентальный. Отрицательными для выращивания лиственных пород факторами являются частые засухи и суховеи, глубокое промерзание почвы, низкие температуры зимой и высокие летом, поздние весенние и ранние осенние заморозки, редкие осадки в отдельные годы, особенно летом.

Почвы на участках опытных лесных культур — темно-серые слабооподзоленные суглинки, свежесватые или свежие, что обуславливает положительный или хороший рост. Однако уровень грунтовых вод находится на недоступной для растения глубине 20...45 м.

Для оценки устойчивости, роста и продуктивности многих видов лиственных пород в первые годы жизни мы использовали данные культур дуба, клена, липы и ясеня 43—47-летнего возраста [1—6]. Результаты изучения приведены в таблице.

Среди экзотических видов почетное место занимает дуб красный (северный). На участке опытных лесных культур со свежими суглинистыми почвами по склону балок он растет значительно лучше дуба черешчатого. Листья дуба красного тонкие, темно-зеленые, блестящие, с рыжеватыми бороздками на нижней стороне, осенью окрашиваются в розовато-оранжевые, изумрудные и бронзовые тона, что делает этот вид весьма декоративным. Вредителями и болезнями не повреждается. Перспективен как в лесоразведении, особенно на относительно бедных свежих и влажных почвах, так и в зеленом строительстве.

Дуб черешчатый продолжает расти до 100...150 лет. Древесина употребляется в столярном, мебельном, паркетном и фанерном производстве, в вагоно- и судостроении. Дубильных веществ в коре — 16 %, в древесине — до 5 %.

Заслуживает внимания дуб крупноплодный. По качеству древесины не уступает дубу черешчатому. Однако в засушливых условиях лесостепи растет значительно медленнее дуба черешчатого и красного, что свидетельствует о его большом влаголюбии. Красивые крупные листья сверху блестящие, темно-зеленые, снизу серые войлочные. Плодоносит



с 26 лет. Иногда возобновляется самосевом. Вполне зимостоек, декоративен.

Самым медленнорастущим в ЛОСС является дуб монгольский. В молодом возрасте 40...50 % побегов, вследствие позднего распускания листьев, страдает от весенних заморозков. В старом возрасте вполне устойчив против засух и низких температур. Нерегулярно плодоносит с 23 лет. Перед пожелтением листья приобретают розовый или даже красный цвет, что придает деревьям некоторую декоративность.

Таксационные показатели лиственных пород

Порода	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем среднего дерева, м <sup>3</sup>	Средний годичный прирост		Класс бонитета
					по высоте, м	по диаметру, см	
Дуб:							
красный	46	16,2	20,2	0,24	0,35	0,43	II
черешчатый	46	15,2	15,1	0,12	0,33	0,33	II
крупноплодный	45	11,6	18,1	0,15	0,25	0,40	III
монгольский	45	8,4	18,1	0,06	0,19	0,40	IV
Клен:							
остролистный	46	11,9	11,8	0,06	0,26	0,26	III
серебристый	46	8,2	10,5	0,04	0,18	0,23	IV
красный	46	8,1	8,6	0,02	0,18	0,19	IV
сахарный	47	7,8	9,2	0,02	0,17	0,17	IV
Липа:							
крупнолистная	43	17,5	18,1	0,16	0,40	0,42	I
мелколистная	47	15,2	18,8	0,21	0,34	0,40	II
амурская	44	11,5	15,9	0,12	0,26	0,36	III
Ясень:							
пенсильванский	45	11,4	10,2	0,05	0,25	0,23	III
обыкновенный	47	11,3	11,6	0,06	0,25	0,23	III

Результаты наших исследований показывают, что лучшим ростом в высоту и по диаметру в ЛОСС обладает клен остролистный, выращенный из собственных семян (см. таблицу). Весьма зимостоек и достаточно засухоустойчив, теневынослив, что позволяет рекомендовать его к более широкому внедрению в массивные и защитные насаждения в качестве сопутствующей породы. Декоративен, особенно в конце лета и осенью, когда листья окрашиваются в золотисто-желтый, розово-пурпурный и пурпурно-красный цвета. Ценен в парковом строительстве для групповых и аллейных посадок. Цветет и плодоносит. Медонос, одно дерево дает до 9,4 кг меда. В соке содержится 1,1 % каучука, до 4 % сахара. Древесина используется в качестве столярного леса, для производства мебели, музыкальных инструментов.

Клены серебристый, красный и сахарный хорошо растут на дренированных свежих и влажных почвах, но в ЛОСС на суховатой почве их рост значительно замедляется.

Клен серебристый — прекрасное дерево для скверов и парков. Листья крупные, глубоко рассеченные, после распускания розовые, позднее — ярко-зеленые, снизу голубовато-серебристые, осенью становятся яркими желтыми и красными. Для лесоразведения можно использовать в поймах рек и ручьев.

Клен красный показал себя с хорошей стороны. От морозов не страдает, медонос. Весьма декоративен. Крона обильно покрывается розовато-пурпуровыми цветками. Осенью листья окрашивается в яркие розовато-пурпуровые и оранжевые тона. Переносит городские условия и пригоден для уличных посадок.

Сахарный клен не отличается быстрым ростом. Древесина его тяжелая, твердая, прочная, ценная. Сок содержит от 2 до 5 % сахара, получается подсочкой. Прекрасное декоративное дерево, но чувствительно к дыму и пыли. Порода достаточно холодостойкая. Может быть рекомендована для парковых и лесопарковых хозяйств.

Из лип наиболее быстро растет липа крупнолистная. Цветет на две недели раньше липы мелколистной. Дает самосев. Устойчива против засух и низких температур. Имеет много садовых форм, декоративна.

Липа мелколистная как местная порода в дендрарии ЛОСС имеет полндревесные стройные стволы и раскидистую крону. Является одним из важнейших медоносов. Широко славятся жигулевские и башкирские липовые леса — места интенсивного пчеловодства. В период цветения с 1 га получают до 642 кг меда. Луб липы мелколистной широко используется для производства мочала, из древесины делают чертежные доски. Первой из европейских лип осенью окрашивается в золотисто-желтые тона, что придает ей особую декоративность. Весьма ценна для создания аллей и отдельных групп.

Среди дальневосточных лип наиболее быстрорастущей в ЛОСС оказалась липа амурская. Зимостойка, плодоносит слабо. В пору обильного цветения и плодоношения вступает с 13 лет. Декоративна, особенно осенью. На две недели раньше липы мелколистной окрашивается в золотисто-желтые тона.

Наши исследования и данные других авторов [4, 6] показывают, что в однородных почвенно-грунтовых и климатических условиях различные виды названных лиственных пород растут неодинаково и реагируют на разные факторы среды.

Относительно хороший рост в условиях ЛОСС имеют ясени пенсильванский и обыкновенный.

Ясень пенсильванский (пушистый) по сравнению с обыкновенным менее требователен к почвам и более зимостоек, но менее засухоустойчив. Светолюбив, его ажурная крона пропускает много света. Растет обычно на плодородных почвах речных долин или по берегам рек, озер и болот. Плодоносит с 9 лет. Естественно возобновляется семенами и порослью. В лесостепных культурах как декоративная порода часто используется в озеленительных целях.

Ясень обыкновенный более требователен к почвам и менее зимостоек. Светолюбив, но выносит затенение, теплолюбив. Молодые побеги часто гибнут от поздних весенних заморозков. Хорошо растет на серых лесных суглинках и иловато-перегнойных почвах в поймах рек. Может переносить значительную сухость почвы и воздуха. Культуры в дендрарии ЛОСС созданы посадкой трехлетних саженцев, полученных из Пензы. В пору плодоношения вступает с 15 лет. Под пологом появляется самосев. Древесина крепкая, твердая, вязкая и очень прочная. Используется в сельскохозяйственном машиностроении, в вагоно- и автостроении, мебельном производстве.

Результаты наших многолетних наблюдений показали, что все виды изученных лиственных пород в условиях центральной лесостепи вполне устойчивы против засух и суховеев, низких температур воздуха. Они хорошо растут в типах условий местопроизрастания  $D_{1-2}$  —  $D_2$ , имеют I—IV классы бонитета. Регулярно плодоносят и дают самосев, что свидетельствует об их акклиматизации. Имеют древесину высокого качества. Особую ценность представляют медоносы липа мелколистная и амурская, клен остролистный.

Все изученные виды пригодны для широкого внедрения в массивное и защитное лесоразведение, зеленое строительство и декоративное садоводство, создания лесных культур в центральной лесостепи и на достаточно свежих и влажных почвах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Акимочкин Н. Г. Зимостойкость хвойных и лиственных пород на Лесостепной опытно-селекционной станции (Липецкая область) // Бот. журн.—1960.— № 1.—С. 123—131. [2]. Вашкулат П. Н. О некоторых дубах // Лесн. хоз-во.—1939.— № 8.—С. 11—17. [3]. Вехов Н. К. Быстрота роста экзотов в условиях степи.—М., Л.: Гослесбумиздат, 1949.—84 с. [4]. Вехов В. Н., Губанов И. А., Лебедева Г. Ф. Культурные растения СССР.—М.: Мысль, 1978.—336 с. [5]. Кобранов Н. П. Обследования и исследования лесных культур.—Л., 1973.—76 с. [6]. Кузьмин М. К. Деревья и кустарники Лесостепной опытно-селекционной станции.—Воронеж: Центр-Чернозем, кн. изд-во, 1969.—115 с.

Поступила 20 июня 1990 г.

УДК 630\*451.2 : 674.032.475.542

## ЛОСЬ, КСИЛОФАГИ И ГРИБНЫЕ БОЛЕЗНИ КАК ФАКТОРЫ ОСЛАБЛЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЕЛЬНИКОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. ТРОФИМОВ, А. А. МУШНИКОВ

Московский лесотехнический институт

Известно множество данных о вреде, причиняемом лесному хозяйству лосями при возрастании их численности выше оптимальной. Во многих лесхозах европейской части страны эти животные уничтожают сосновые культуры и интенсивно повреждают подрост сосны, ивы, осины и других пород.

В последние годы все чаще стали появляться сообщения о повреждении лосями ельников [2, 5]. Животные обдирают кору деревьев I—II классов возраста на высоте 1,5...3,0 м. На образовавшейся сухобочине поселяются насекомые-ксилофаги и грибы, которые в течение ряда лет настолько снижают механическую прочность ствола, что деревья в местах повреждения обламываются ветром [3].

В рекреационных ельниках Московской области плотность распространения лосей составляет в среднем 7 шт. на 1000 га [1]. Но уже при плотности 2,1...3,0 шт. на 1000 га отмечается сильная поврежденность хвойных насаждений [4]. Цель нашей работы — выяснить, какие насаждения и какого возраста больше страдают от лосей и как величина обдира ствола влияет на последующую жизнедеятельность дерева.

Исследования проводили в насаждениях ели европейской I—V классов возраста Щелковского учебно-опытного лесхоза МЛТИ, Правдинского лесхоза-техникума и Солнечногорского лесокombината Московской области. В преобладающих типах леса — ельниках сложном, черничном и кисличном — закладывали пробные площадки по 0,1...0,25 га. На пробах выполняли пересчет деревьев по общепринятым категориям состояния и балльным оценкам поврежденности: I — поврежденный лосем нет; 2 — погрызы или иные механические повреждения охватывают до 25 % окружности ствола, либо (для I класса возраста) скусано до 25 % побегов последнего года; 3 — скусано побегов или повреждено коры и луба 26...50 %; 4 — 51...75 %; 5 — более 75 %. Степень поврежденности оценивали по средневзвешенному баллу повреждения деревьев по градациям: 1,0—1,1 — повреждение отсутствует или единичное; 1,11—2,0 — слабое; 2,01—3,0 — среднее; более 3,0 — сильное.

Видовой состав гнилевых болезней определяли по плодовым телам грибов, типу гниения, структуре, окраске, расположению гнили в стволе. При анализе использовали сверло (на наличие гнили), возрастную бурав, раскопку, осмотр корней и взятие высечек древесины. Зараженность гнилями оценивали как единичную, если число больных деревьев на пробной площадке не превышало 10 %, слабую — от 10 до 20 %, среднюю — от 20,1 до 40 %, сильную — более 40 %. Возраст раны на стволе определяли как разницу между числом годичных колец, подсчитанных на поперечных сняхх дерева по двум взаимно перпендикулярным прямым, одна из которых проходила через центр раны.

Всего было обследовано 1450 га еловых насаждений, 142 таксационных выдела, заложено 25 пробных площадей и проанализировано 3724 дерева, определен возраст ран у 850 поврежденных лосем деревьев.

Результаты показали, что на половине обследованных выделов повреждения лосями единичны (не более 1...5 деревьев на выделе). Другая половина пострадала значительно, при этом степень общего повреждения находится на границе между слабой и средней и составляет 1,9 балла (табл. 1). Больше повреждены смешанные и низкополнотные древостои, которые являются предпочтительными ремизами лося, а также культуры ели I класса возраста, где лось скусывает побеги. Однако максимальный ущерб связан с повреждением коры деревьев диаметром 12...24 см в насаждениях II—III классов возраста (рис. 1 и 2). Отпад в этих древостоях оказался выше естественного в 2,0—2,5 раза.

Таблица 1  
Поврежденность лосями ельников Московской области

Степень поврежденности	Доля площади выделов с повреждениями, % (числитель) и средний балл поврежденности лосями деревьев ели (знаменатель)											
	по составу			по полноте			по классам возраста					в среднем
	Чистые (7—10 ед.)	Смешанные (3—6 ед.)	Высокополнотные	Средне- и низкополнотные	I	II	III	IV	V			
Единичная или отсутствует	58,1 1,0	24,3 1,0	61,9 1,0	32,3 1,0	37,9 1,0	54,2 1,0	48,8 1,0	52,8 1,0	65,4 1,0	49,9 1,0		
Слабая	21,2 1,4	10,5 1,5	12,0 1,5	21,8 1,5	8,7 1,6	4,0 1,5	7,8 1,6	21,2 1,5	24,5 1,4	15,2 1,5		
Средняя	14,7 2,5	11,4 2,5	10,3 2,4	26,4 2,5	14,4 2,5	10,1 2,5	14,7 2,4	10,5 2,5	7,8 2,5	11,5 2,5		
Сильная	6,0 3,7	43,8 3,4	15,8 3,4	19,5 3,6	39,0 3,7	31,7 3,6	28,7 3,5	15,5 3,6	2,3 3,5	23,4 3,5		
Средний балл	1,5	2,2	1,6	1,8	2,3	2,0	2,0	1,7	1,3	1,9		

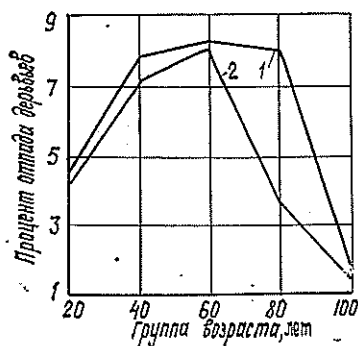


Рис. 1. Древесный отпад за 10-летний период в поврежденных лосями ельниках различных возрастных групп: 1 — суммарный; 2 — в том числе с погрызами лося

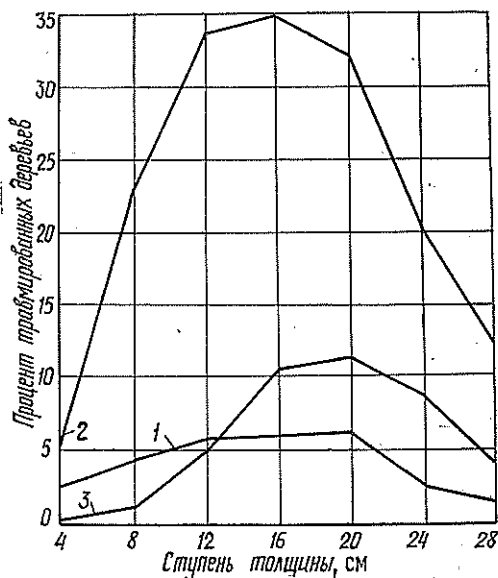


Рис. 2. Повреждаемость и отпад травмированных лосем деревьев ели различных степеней толщины: 1 — текущий отпад; 2 — живые и погибшие с погрызами; 3 — в том числе с гнилевыми болезнями

Жизнеспособность поврежденного лосем дерева определяется многими факторами. Главные из них — его диаметр и высота, размер раны и степень окольцовывания ствола, наличие в древостое патогенных дереворазрушающих грибов и численность насекомых-ксилофагов. От повреждений, окольцовывающих ствол полностью или почти полностью, как правило, страдают деревья с диаметром менее 16 см, которые уже на следующий год отмирают по одновременному типу и заселяются короедами — пушистым полиграфом и обыкновенным гравером. У более крупных деревьев площадь повреждения возрастает пропорционально диаметру, но обычно не превышает  $2/3$  окружности ствола. Затем на протяжении ряда лет центральная часть раны заселяется большим хвойным, синим сосновым и черным рогохвостами, а периферическая — блестящегрудым и матовогрудым еловыми усачами. Кроме того, через обдир в ствол могут проникать споры дереворазрушающих грибов — еловой губки, елового комлевого и северного трутовиков. Обычно образуется сухобочина и развивается местный тип отмирания дерева. В результате взаимодействия ксилофагов и грибов, в том числе симбиотических грибов рогохвостов [6], сухобочина постепенно увеличивается по окружности и длине ствола вплоть до гибели дерева. При этом продолжительность отмирания зависит от размера раны. Так, незначительно поврежденные деревья живут более 25 лет, но гибель может ускориться в результате расклеивания сухобочины дятлами. Если лось ободрал менее  $1/4$  окружности ствола и площадь повреждения не превышает  $5 \text{ дм}^2$ , то деревья могут оставаться живыми более 10 лет (рис. 3).

Из общего числа травмированных деревьев ксилофагами было заселено 90,4 %, среди них 62,1 % составляли растущие деревья, заселенные по местному типу. Признаки гнилевых болезней, возбудители которых указаны в табл. 2, имели 69,3 % травмированных деревьев.

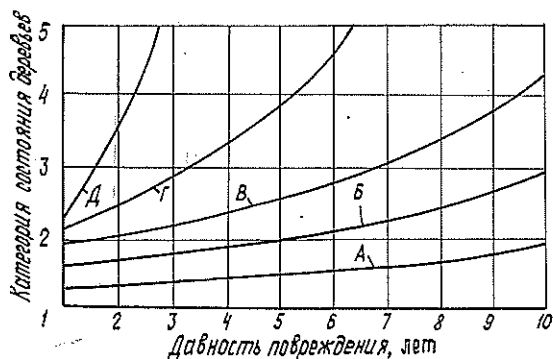


Рис. 3. Динамика состояния поврежденных лосями деревьев ели II—III классов возраста за 10-летний период. Категории состояния: 1 — деревья без признаков ослабления; 2 — ослаблены; 3 — сильно ослабленные; 4 — усыхающие; 5 — сухостой, бурелом, валежник. Размер повреждения: А — до 1/4 окружности ствола, площадь до 5 дм<sup>2</sup>; Б — от 1/4 до 1/2 окружности, до 5 дм<sup>2</sup>; В — от 1/2 до 3/4 окружности, до 10 дм<sup>2</sup>; Г — от 1/2 до 3/4 окружности, более 10 дм<sup>2</sup>; Д — более 3/4 окружности ствола, площадь более 10 дм<sup>2</sup>.

Таблица 2

Встречаемость основных видов гнилевых болезней в ельниках, поврежденных лосем

Возбудитель болезни	Общая встречаемость, %	В том числе по степеням зараженности насаждений, %			
		Единичная	Слабая	Средняя	Сильная
Корневые гнили:					
Корневая губка	$\frac{86,8}{31,3}$	$\frac{37,0}{9,1}$	$\frac{18,5}{6,3}$	$\frac{20,4}{8,8}$	$\frac{10,9}{7,1}$
Опенок осенний	$\frac{27,3}{8,3}$	$\frac{8,5}{2,1}$	$\frac{12,7}{2,2}$	$\frac{6,1}{4,0}$	—
Трутовик Швейнитца	$\frac{3,4}{3,4}$	$\frac{3,4}{3,4}$	—	—	—
Стволовые гнили:					
Еловая губка	$\frac{22,5}{17,6}$	$\frac{10,1}{7,0}$	$\frac{12,4}{10,6}$	—	—
Еловый комлевой трутовик	$\frac{12,4}{8,8}$	$\frac{8,5}{5,3}$	$\frac{3,9}{3,5}$	—	—
Северный трутовик	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,0}$	—	—	—

Примечание. В числителе — процент от общей площади зараженных ельников, в знаменателе — процент деревьев с погрызами лося.

Таблица 3

Заселенность ксилофагами и зараженность гнилевыми болезнями поврежденных лосем деревьев

Давность повреждения, лет	Процент поврежденных деревьев	Из них					
		растущие			сухостой и валежник		
		всего	заселенные ксилофагами*	с гнилевыми болезнями	всего	отработанный ксилофагами	с гнилевыми болезнями
0...5	17,3	14,8	10,1	2,4	2,5	2,5	2,5
6...10	17,2	14,1	14,0	11,2	3,1	3,1	3,1
11...15	12,7	6,0	6,0	5,9	6,7	6,7	6,7
Более 15	2,9	1,0	1,0	1,0	1,9	1,9	1,9

\* По местному типу.

В половине случаев (53,1 %) на одном и том же выделе встречались разные гнили. Некоторые деревья имели смешанные гнили, вызванные разными возбудителями. Как видно из табл. 2, взаимосвязь между более распространенными заболеваниями ели — керневой губкой, опенком осенним и поврежденном стволов лосями отсутствует, поскольку большинство больных деревьев (около 70 %) не имеет погрызов, а повреждаемость животными примерно одинакова для всех степеней зараженности гнилями. Однако в ослабленных лосями ельниках зараженность трутовиком Швейнитца, осенним опенком и особенно корневой губкой оказалась выше (89,0 %), чем в неповрежденных (67,1 %).

Анализ возраста ран на стволах показал тенденцию ежегодного роста процента повреждаемых лосями деревьев в течение последних 20 лет с некоторой стабилизацией в последнее десятилетие (табл. 3).

### Выводы

Одной из основных причин ослабления рекреационных ельников Московской области является взаимодействие лось — ксилофаги — гнилевые болезни. В последние 15 лет повреждение ельников прогрессирует вследствие превышения в 3 раза оптимальной численности животных и истощения основных запасов зимних кормов — ивы, осины, сосны и др. Сохранение имеющейся численности лося будет вызывать постоянное функционирование хронических очагов болезней и стволовых вредителей, накопление патологического отпада.

В ослабленных насаждениях деревья с обдирами более 1/2 окружности ствола и площадью обдира свыше 10 дм<sup>2</sup> погибнут в ближайшие 1...3 года. Деревья с повреждениями от 1/4 до 1/2 окружности ствола и площадью раны до 10 дм<sup>2</sup> усохнут в течение 5—10-летнего периода. Деревья с ранами до 1/4 окружности и площадью погрыза менее 5 дм<sup>2</sup> сохранят устойчивость.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вигилев А., Федоров Ф., Малышев Е. Сколько лосей в Московской области? // Охота и охотничье хозяйство.— 1987.— № 10.— С. 10—11. [2]. Гранатов Л. Б. Влияние лося на состояние лесов Подмоскovie // Лесн. хоз-во.— 1983.— № 3.— С. 65—67. [3]. Мамаев Б. М. Симбиоз насекомых-ксилофагов с грибами как фактор повышения их агрессивности // Достижения науки и передового опыта защиты леса от вредителей и болезней: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. 24—26 ноября 1987 г., Пушкино.— М., 1987.— С. 101—103. [4]. Русанов Я. С., Сорокина Л. И. Лес и копытные.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 128 с. [5]. Смирнов К. А. Роль лося в биоценозах южной тайги.— М.: Наука, 1987.— 112 с. [6]. Talbot P. H. The *Sirex amylostereum pinus* association // Ann.: Rev. Phytophatol.— Palo Alto, Calif.— 1977.— Vol. 15.— P. 41—54.

Поступила 18 мая 1990 г.

УДК 630\*232.4

## ЛЕСОВОДСТVENНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ В СОСНЯКАХ

А. П. РЯБОКОНЬ

УкрНИИЛХА

Интенсификация лесохозяйственного производства предполагает дальнейшее развитие комплексной механизации работ. В УкрНИИЛХА разработан комплекс машин для линейно-выборочных рубок ухода в сосновых молодняках, в который входят: рубщик-пакетировщик рядов

РПР-1 (для вырубki отдельных рядов в насаждении), комбайн-рубщик молодняков КРМ-1 (для вырубki деревьев в рядах), отделитель зелени навесной ОЗН-0,9 (для отделения древесной зелени на срубленных деревьях в процессе рубок ухода).

В культурах сосны, выращиваемых в лесхозагах Украины по данной технологии, оставление кулис шириной в 1-2 ряда может привести к разрушению структуры насаждений [5]. Для создания лучших условий механизации рубок ухода необходимо регулировать размещение посадочных мест и ширину междурядий [1]. В связи с этим следует изучить структуру выращиваемых насаждений (сроки смыкания крон и формирование лесной среды, качество культур, рост и дифференциация, текущий прирост и продуктивность, возможности лесохозяйственного воздействия на древостой в процессе лесовыращивания).

На основании анализа около 400 работ Е. С. Кретов [2] обобщил рекомендации по густоте посадки в различных эколого-географических зонах европейской части СССР. Он установил, что эти рекомендации носят четкий региональный характер и результаты исследований в пределах выделенных регионов (эколого-географического оптимума, относительно неблагоприятных и крайне неблагоприятных условий произрастания) в основном совпадают. Так, в засушливых условиях степной зоны и при избыточном увлажнении на бедных песчаных почвах лесной и лесостепной зон рекомендуется густота культур 10...13 тыс. шт./га. В регионе эколого-географического оптимума выращивание жизнеспособных, биологически устойчивых насаждений возможно в очень широком диапазоне густоты (от 2...3 до 10 тыс. шт./га). По мнению Е. С. Кретова, при определении оптимальной густоты посадки доминирующую роль играют природные факторы: географические, климатические, почвенные, а фактор антропогенного воздействия ограничивается природными условиями.

Для изучения влияния размещения посадочных мест на рост насаждений были обследованы 45-летние культуры сосны, созданные в 1940 г. в свежей субори в Литовском лесничестве Тростянецкого лесхозага. Схема опыта следующая:  $2,0 \times 0,5$  м — 7 рядов;  $1,0 \times 1,0$  — 14;  $1,5 \times 0,7$  — 10;  $2,0 \times 0,7$  — 24;  $1,1 \times 1,1$  — 14;  $2,1 \times 0,4$  — 8;  $0,9 \times 0,9$  — 17;  $2,0 \times 0,5$  — 12;  $1,0 \times 1,0$  — 8;  $2,0 \times 0,5$  — 4;  $1,5 \times 0,7$  — 23;  $2,1 \times 0,7$  — 8;  $1,0 \times 1,0$  — 14;  $2,1 \times 0,4$  — 8;  $0,9 \times 0,9$  — 15;  $2,0 \times 0,5$  м — 7 рядов.

Из табл. 1 видно, что к моменту исследований в вариантах  $0,9 \times 0,9$ ;  $1,0 \times 1,0$ ;  $1,5 \times 0,7$ ;  $2,0 \times 0,5$ ;  $2,1 \times 0,4$  м сохранилось каждое четвертое, а в вариантах  $1,1 \times 1,1$ ;  $2,0 \times 0,7$ ;  $2,1 \times 0,7$  м — каждое третье дерево из высаженных на лесокультурную площадь. Некоторое преимущество (на 11 %) по диаметру и высоте имел вариант самых редких культур. В большинстве опытов культуры росли по II классу бонитета, лишь в четырех вариантах:  $2,1 \times 0,7$ ;  $1,5 \times 0,7$ ;  $1,1 \times 1,1$ ;  $1,0 \times 1,0$  м производительность древостоев на один класс выше. В насаждении со схемой посадки  $2,1 \times 0,7$  м запас древесины оказался самым высоким ( $374 \text{ м}^3/\text{га}$ ), немного превосходящим контрольный показатель ( $366 \text{ м}^3/\text{га}$ ). В остальных вариантах опыта запас в среднем около  $300 \text{ м}^3/\text{га}$ . Рубки ухода вели «вслед за природой», поэтому на всех пробных площадях накопилось значительное количество сухостоя ( $4,0...57,5 \text{ м}^3/\text{га}$ ).

Варианты с квадратным размещением посадочных мест ( $1,0 \times 1,0$ ;  $1,1 \times 1,1$ ;  $0,9 \times 0,9$  м) находятся в фазе перегущения или депрессии роста. Стволы чрезмерно вытянуты, крона эксцентричная, высоко поднятая, имеются изогнутые деревья и снеголом. Большая густота посадки приводит к усилению конкуренции между растениями в рядах и междурядьях. Это способствует быстрому смыканию крон, интенсивному взаимодействию между деревьями, а также их естественному изреживанию. Расстояние в рядах культур 45 лет в этих схемах  $3,1...3,5$  м



(табл. 2). При увеличении ширины междурядий до 1,5 м конкуренция ослабевает (расстояние между деревьями в ряду 2,6 м). При широких междурядьях (2,0...2,1 м) среднее расстояние между растениями в ряду 1,8...2,3 м. При одной и той же густоте (10 тыс. шт./га), но различным размещении посадочных мест убыль стволов к 45 годам при рядовой схеме (2,0 × 0,5 м) идет интенсивнее, чем при квадратной (1,0 × 1,0 м). Однако разница в количестве стволов по сравнению с 35-летним насаждением [4] снизилась с 27 до 17 % при среднем расстоянии в рядах в 45 лет соответственно 1,9...2,3 и 3,1...3,5 м.

Таблица 1

Размещение посадочных мест, м	Густота посадок, шт./га	Сохранность		Средние		Класс бонитета	Абсолютная полнота, м <sup>2</sup> /га	Относительная полнота	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га	Сухостой, м <sup>3</sup> /га
		шт./га	%	высота, м	диаметр, см					
2,1 × 0,7	6 800	2404	35	17,8	15,6	I	46,2	1,2	373,7	25,8
2,0 × 0,7	7 140	2471	35	16,0	14,4	II	40,3	1,1	317,8	4,3
1,1 × 1,1	8 260	2438	30	16,3	14,8	I	42,1	1,1	202,6	26,9
1,5 × 0,7	9 520	2425	25	15,2	14,3	II	38,7	1,0	275,6	23,7
1,5 × 0,7	9 520	2424	25	16,2	14,1	I	38,2	1,0	286,3	24,4
2,0 × 0,5	10 000	2166	22	15,9	13,9	II	33,0	0,9	354,6	17,0
2,0 × 0,5	10 000	2429	24	15,9	14,2	II	38,6	1,0	297,6	11,4
1,0 × 1,0	10 000	2712	27	16,8	14,5	I	44,9	1,2	316,6	57,5
1,0 × 1,0	10 000	2856	28	15,9	13,9	II	43,4	1,2	310,4	39,1
1,0 × 1,0	10 000	2746	27	15,9	13,7	II	40,4	1,1	321,7	11,0
2,1 × 0,4	11 905	2700	23	15,3	14,1	II	42,1	1,1	302,0	19,6
0,9 × 0,9	12 340	2820	23	16,0	14,0	II	43,2	1,1	365,6	24,0

(контроль)

Таблица 2

Размещение посадочных мест, м	Густота, шт./га	Расстояние между деревьями в ряду				Относительный диаметр				
		в момент исследования	в ряды	±σ, %	t факт	M ± m, см/м	±σ, %	t факт	M ± m, %	
2,1 × 0,7	6 800	2404	1,0 ± 0,1	52,5	5,4	5,06	0,898 ± 0,023	14,9	2,5	0,12
2,0 × 0,7	7 140	2471	1,9 ± 0,1	61,6	5,3	5,06	0,922 ± 0,024	15,5	2,7	0,60
1,1 × 1,1	8 260	2438	3,5 ± 0,2	75,2	7,1	0	0,968 ± 0,024	15,2	2,5	1,99
1,5 × 0,7	9 520	2425	2,6 ± 0,2	78,2	7,0	2,50	1,016 ± 0,029	15,3	2,8	3,08
1,5 × 0,7	9 520	2424	2,6 ± 0,2	78,0	6,7	2,50	0,889 ± 0,034	23,0	3,8	0,32
2,0 × 0,5	10 000	2166	2,3 ± 0,1	76,0	5,8	3,79	0,955 ± 0,025	15,8	2,7	1,56
2,0 × 0,5	10 000	2429	1,9 ± 0,1	75,3	7,6	5,06	0,923 ± 0,025	15,8	2,7	0,62
1,0 × 1,0	10 000	2712	3,2 ± 0,2	85,4	7,4	0,83	0,853 ± 0,041	27,8	4,8	1,04
1,0 × 1,0	10 000	2856	3,4 ± 0,4	95,0	11,1	0,20	0,872 ± 0,029	20,0	3,3	0,81
1,0 × 1,0	10 000	2746	3,1 ± 0,2	70,8	6,5	1,11	0,919 ± 0,029	19,1	3,1	0,46
2,1 × 0,4	11 905	2700	1,8 ± 0,1	55,4	5,4	5,37	0,954 ± 0,032	17,8	3,3	1,32
0,9 × 0,9	12 340	2820	3,5 ± 0,3	87,0	7,9	—	0,902 ± 0,023	16,0	2,7	—

Я. С. Медведев [3] предложил определять степень светолюбия древесных пород по относительной высоте (отношение высоты к диаметру). Этот показатель зависит от густоты древостоя: в редких насаждениях он равен 24,9, в густых — 126. Аналогичный показатель — относительный диаметр (отношение диаметра к высоте), характеризующий сбеги ствола. Приведенные в табл. 2 данные показывают, что изменчивость относительного диаметра варьирует от средней ( $v = 14 \dots 20 \%$ ) до значительной ( $v = 20 \dots 27,8 \%$ ). Существенных различий в зависимости от размещения посадочных мест не выявлено, что связано с небольшим диапазоном исходной густоты опыта. В преобладающем большинстве случаев  $t_{\text{факт}} \leq 1,98$ . Только для двух древостоев критерий Стьюдента выше его теоретического значения для вариантов опыта с размещением посадочных мест  $1,1 \times 1,1$  м ( $t_{\text{факт}} = 1,99$ ) и  $1,5 \times 0,7$  м ( $t_{\text{факт}} = 3,08$ ).

Оптимальное размещение посадочных мест в пределах рассмотренного опыта в Тростянецком лесхоззаге —  $2,1 \times 0,7$  м (густота 6,8 тыс. шт./га). Культуры, заложенные по технологической схеме  $1,5 \times 0,7$  м (9,52 тыс. шт./га) имеют удовлетворительное состояние, без признаков депрессии роста. В 45-летних сосновых древостоях, созданных с квадратным размещением посадочных мест (с междурядьями не более 1,1 м), выпадают целые ряды из насаждений, формируются ослабленные стволы с эксцентричной формой кроны, с низкой устойчивостью к снеголому. Жесткие конкурентные отношения в перегущенных рядах ( $0,4 \dots 0,7$  м) приводят к усиленной дифференциации деревьев и разрушению структуры выращиваемых насаждений.

В технологических схемах культур преследуется ближайшая цель — скорейшее смыкание полога кроны, но не учитываются в полной мере возможности применения линейной технологии, предусматривающей комплексную механизацию рубок ухода. Культуры рекомендуется создавать с оптимальной первоначальной густотой, которая обеспечивает формирование устойчивых насаждений в кратчайшие сроки и предусматривает особенности проведения будущих лесохозяйственных уходов в древостоях. Применяемые на производстве технологические схемы выращивания древостоев должны строиться на максимальном использовании естественных закономерностей формирования насаждений, обеспечивающих оптимальные условия роста.

Комплекс машин УкрНИИЛХА для рубок ухода в молодняках сосны в пределах опыта может быть использован с максимальной эффективностью при исходном размещении посадочных мест  $1,5 \times 0,7$  м. При этом производится сплошная вырубка определенных рядов, разреживания в оставляемых кулнсах и последующее отделение древесной зелени со срубленных деревьев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Изюмский П. П. Эффективные способы рубок ухода в молодняках // Лесоводство и агролесомелиорация.—К.: Урожай, 1981.—Вып. 60.—С. 31—36. [2]. Кретов Е. С. Эколого-географические ареалы сосны в культуре с оптимальной начальной густотой посадки на европейской части СССР // Лесная геоботаника и биология древесных растений.—Брянск: Приок. кн. изд-во. Брян. отд.-ние.—1975.—Вып. 3.—С. 86—97. [3]. Медведев Я. С. Опыт исследования гущины леса // Лесн. журн.—1910.—Вып. 4—5.—С. 470—530. [4]. Рябоконт А. П. Определение биологического оптимума густоты сосновых древостоев в условиях свежей субори // Лесоведение.—1979.—№ 3.—С. 16—23. [5]. Рябоконт А. П. Лесоводственная оценка структуры древостоев и факторы риска при различных способах рубок ухода в культурах сосны // Лесн. журн.—1988.—№ 1.—С. 122—125.—(Изв. высш. учеб. заведений).

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*36 : 539.4

ВЛИЯНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ  
НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ  
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

В. Н. АНДРЕЕВ, Ю. Ю. ГЕРАСИМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Опыт эксплуатации гидроманипуляторов в лесной отрасли свидетельствует о том, что одной из причин потери их работоспособности является усталостное разрушение металлоконструкции. Трещина зарождается и развивается, как правило, в сварных соединениях, где наиболее вероятны технологические дефекты (холодные и горячие трещины, непровары, шлаковые включения, поры). Кроме того, в сварном шве концентрируются напряжения и сохраняется высокое остаточное напряжение. Поэтому усталостное разрушение характеризуется не усредненными, а локальными показателями сопротивления деформированию и разрушению, определение которых затруднено [2].

В связи с этим интересно оценить влияние каждого из факторов (размер дефекта, концентрация напряжений в сварном шве, остаточное сварочное напряжение) на усталостную долговечность рабочего органа гидроманипулятора, состоящего из двух цельносварных балок (рукоятки и стрелы) коробчатого прямоугольного сечения, соединенных шарнирно и приводимых в действие гидравлическими цилиндрами.

В реальных условиях свойства применяемых марок стали и электродов, дефекты сварки, распределение остаточных напряжений, эксплуатационные нагрузки и т. п. имеют случайный характер. Поэтому при исследовании поведения дефекта в процессе эксплуатации целесообразно использовать вероятностную модель разрушения, построенную на основе метода статистических испытаний с помощью ЭВМ [1].

Программа моделирования процесса зарождения и развития усталостной трещины состоит из основного модуля MANIPUL 2 и ряда подпрограмм:

GAUSS — разыгрывание нормально распределенных случайных чисел;

AREAR — моделирование зарождения трещины из дефекта сварки на основе уравнения Джака — Прайса с использованием гипотезы линейного суммирования повреждений;

DEVEL — моделирование развития трещины на основании уравнения Париса;

WELD — оценка влияния сварки на напряженно-деформированное состояние у вершины дефекта (трещины) через коэффициент концентрации напряжений и уровень остаточных напряжений;

YPCON — статистическая обработка результатов вычислений.

Входными данными являются:

циклограмма нагружения исследуемого сечения;

прочностные характеристики применяемой марки стали (предел текучести, константы в уравнениях Джака — Прайса и Париса, пороговый и условный критический коэффициенты интенсивности напряжений);

начальная длина и критический радиус закругления при вершине технологического дефекта, коэффициент концентрации напряжений в сварном соединении, уровень остаточных напряжений; геометрические характеристики сечения.

Структура программы в упрощенном виде представлена на рис. 1.

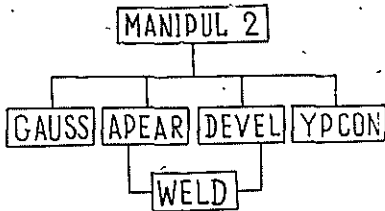


Рис. 1.

Действующая технология изготовления гидроманипуляторов не предполагает механической обработки швов для уменьшения концентрации на-

пряжений в зоне сопряжения шва с основным металлом. Не снимаются остаточные сварочные напряжения, которые порождаются тепловыми упругопластическими деформациями в процессе образования швов и достигают предела текучести [3]. Отсутствует и дефектоскопия сварных соединений. С учетом этих недостатков был произведен расчет, имитирующий поведение технологического дефекта в стыковом шве рукояти ТБ-1М, при варьировании начальной длины дефекта  $l_0$  от 1 до 5 мм, максимальном уровне растягивающих остаточных напряжений  $\sigma_r$ , равных пределу текучести  $\sigma_T$ , и коэффициенте концентрации напряжений в сварном соединении  $K_\sigma = 1,5$ . По результатам вычислений на ЭВМ ЕС-1035 построена кривая 1 (рис. 2), которая показывает, что с уменьшением длины трещины можно ожидать повышения усталостной долговечности сварных швов  $N$  в 1,5—2,5 раза.

При внедрении технологий, позволяющих свести  $K_\sigma$  и  $\sigma_r$  к минимуму (зачистка и шлифовка сварных швов, дробеструйная обработка, «TIG» — метод и т. д.), следует ожидать увеличения  $N$  в 1,5—2,0 раза (кривая 2 на рис. 2). Влияние  $K_\sigma$  и  $\sigma_r$  неравнозначно: при малых  $l_0$  (до 2 мм) доминируют остаточные сварочные напряжения; в области больших  $l_0$  значимость показателей  $K_\sigma$  и  $\sigma_r$  выравнивается, поэтому в расчетах и на практике ими нельзя пренебрегать (кривая 3 на рис. 2).

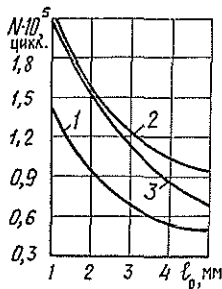


Рис. 2.

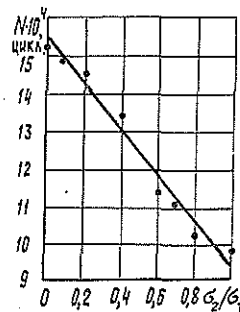


Рис. 3.

Зависимость  $N = f(\sigma_r/\sigma_T)$  при наиболее вероятной длине  $l_0 = 2$  мм приведена на рис. 3. В результате обработки данных машинного эксперимента по методу наименьших квадратов получено линейное уравнение  $N = -0,61 \cdot 10^5 \sigma_r/\sigma_T + 1,55 \cdot 10^5$ .

Для значительного повышения усталостной долговечности металлоконструкции рабочего органа гидроманипулятора лесозаготовительной машины можно рекомендовать комплексное внедрение дефектоскопии

сварных соединений и технологий, позволяющих снять остаточные напряжения от сварки и локальную концентрацию напряжений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Питухин А. В. Статистическая оптимизация высоконапряженных деталей с использованием методов механики разрушения // Расчет и управление надежностью больших механических систем: Информ. материалы 6-й Всесоюз. школы.— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986.— С. 222—223. [2]. Трощенко В. Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов: Справочник.— Киев: Наук. думка, 1987.— 133 с. [3]. Труфяков В. И., Михеев П. П., Гуца О. И. Роль остаточных напряжений в изменении сопротивления усталости сварных соединений на стадии зарождения и развития трещины // Механическая усталость металлов: Матер. 4-го Междунар. коллоквиума.— Киев: Наук. думка, 1983.— С. 184—189.

Поступила 17 февраля 1988 г.

УДК 625.143.58

### УДЕРЖИВАЮЩАЯ СИЛА ПРУЖИННЫХ ПРОТИВОУГОНОВ ПП-Р24

С. И. МОРОЗОВ, М. В. ПОПОВ, А. П. ЕЛИСЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Одной из причин многочисленных (от 30 до 50 %) расстройств верхнего строения пути железных дорог является угон рельсов, т. е. их перемещение по шпалам под воздействием сил от тягового и подвижного состава. Принято считать, что путь, не закрепленный от угона, технически неисправен.

На лесовозных УЖД из-за отсутствия надлежащих средств закрепление пути от угона не производится, этим объясняется его низкое техническое состояние. Применение клеммных креплений [1] не дает необходимого эффекта вследствие наддергивания костылей.

В Архангельском лесотехническом институте разработана конструкция пружинного противоугона ПП-Р24 по типу применяемых на железных дорогах нормальной и широкой колеи. В нашей статье приведены результаты лабораторных и производственных испытаний его удерживающих и эксплуатационных свойств.

Конструкция противоугона приведена на рис. 1. Его изготавливают из листовой стали (толщиной 4 мм) марки 60С2А по ГОСТ 14959—79 или стали других марок с аналогичными механическими свойствами.

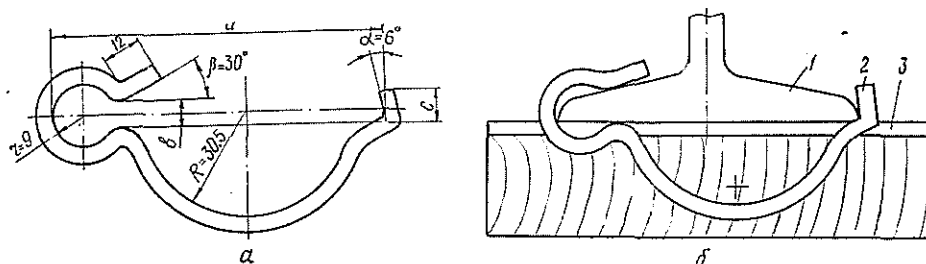


Рис. 1. Схемы пружинного противоугона ПП-Р24 (а) и установки его на рельс (б): 1 — рельс; 2 — противоугогон; 3 — шпала

Противоугогон имеет с одной стороны пружинное полукольцо, которое надевают на подошву рельса, с другой — зуб для защелкивания на ней. В средней части расположена пружинная скоба. Она обеспечивает закрепление противоугогона на подошве рельса «в распор» и одновременно служит для передачи сдвигающего усилия на путевую подкладку или шпалу. Основные геометрические размеры противоугогона приведены на рис. 1, а, схема установки — на рис. 1, б. Масса противоугогона 90...95 г.

При лабораторных испытаниях партии пружинных противоугонов из 30 шт. определяли: основные геометрические размеры с помощью штангенциркуля, массу взвешиванием на весах, твердость металла на приборе ТК-2М, удерживающее усилие на лабораторной установке (рис. 2).

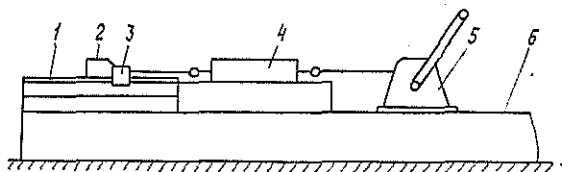


Рис. 2. Схема лабораторной установки: 1 — рельс; 2 — упор; 3 — противоугона; 4 — динамометр; 5 — лебедка; 6 — брусок

Способность противоугона сопротивляться сдвигающему усилию характеризуется величиной удерживающей силы. Как отмечено в работе [2], максимальное сдвигающее усилие, воспринимаемое шпалами узкой колеи, уложенными на песчаном балласте, равно 2,0...2,5 кН. При большом усилии происходит остаточный сдвиг шпалы в балласте. Согласно техническим условиям на изготовление удерживающая сила одного противоугона должна составлять 1,8...2,0 кН, что обеспечивает примерно двукратный запас, поскольку на каждую шпалу надевают два противоугона под каждую рельсовую нить.

Лабораторная установка состояла из куска рельса Р24 длиной 500 мм, закрепленного вниз головкой на деревянном бруске. На подошву рельса надевали противоугона, на бруске закрепляли натяжное устройство (ручная лебедка). Между ними находился динамометр ДР-200, который тросом соединяли с лебедкой и противоугоном. Сдвигающее усилие, создаваемое лебедкой, передавали через динамометр на противоугона с помощью деревянного бруска, имитирующего шпалу. Усилие, при котором происходил сдвиг скобы по подошве рельса, определяло удерживающую силу противоугона.

Согласно ГОСТ 19893—74 статическое усилие сдвига определяли после пятикратной установки противоугона, чтобы учесть возможное изменение его механических свойств в процессе эксплуатации. Результаты опытов записывали в ведомость испытаний, образец которой для первых шести противоугонов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Но- мер про- тиво- угона	Масса, г	Геометрические размеры, мм				Сдвигающее усилие, кН, при кратности постановки					Твер- дость метал- ла HRB (сред- няя по трем точкам)
		a	b	c	R	1	2	3	4	5	
1	96,58	90	7	4	29	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	424
2	99,50	90	9	4	28	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8	346
3	98,89	89	6	4	29	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	239
4	94,07	91	8	4	29	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	379
5	94,19	90	8	4	29	1,2	1,6	1,9	1,9	1,9	401
6	100,44	90	9	4	29	1,2	1,8	1,9	1,9	1,9	363

Данные испытаний позволяют сделать следующие выводы.

1. Основные геометрические размеры противоугонов, кроме ширины зева, соответствуют техническим условиям на изготовление.

2. Ширина зева  $b = 6 \dots 9$  мм, а проектное значение  $7 \pm 0,5$  мм. Опытами установлено, что допустимо значение  $b$  в диапазоне  $7 \dots 8$  мм. Если  $b < 7$  мм, возникают затруднения при постановке противоугона и в его материале появляются большие монтажные напряжения, приводящие к излому. При  $b > 8$  мм уменьшается давление пружинного полукольца на подошву рельса и снижается сдвигающее усилие.

3. Масса одного противоугона равна  $91 \dots 100$  г, что соответствует техническим условиям.

4. Твердость металла составляет 207...578 НРВ, что находится в пределах нормы. Однако в некоторых случаях наблюдается как перекал, так и недокал металла в зоне кольца. В первом случае происходит излом противоугона, во втором резко падает его удерживающая сила. Следовательно, на стадии изготовления необходимо усилить технический контроль как за соблюдением ширины зева, так и за качеством закалки.

5. В целом по всей группе противоугонов их удерживающая сила  $S$  изменяется от 0,7 до 2,0 кН. Средние арифметические значения  $S$  для разных значений ширины зева  $b$  составляют:

$b$ , мм	6	7	8	9
$S$ , Н	$1933,3 \pm 94,3$	$1920,0 \pm 216,9$	$1831,1 \pm 289,7$	$1780,0 \pm 250,6$

Из приведенных данных видно, что между  $S$  и  $b$  существует явная связь. Чем больше ширина зева, тем меньше удерживающая сила противоугонов.

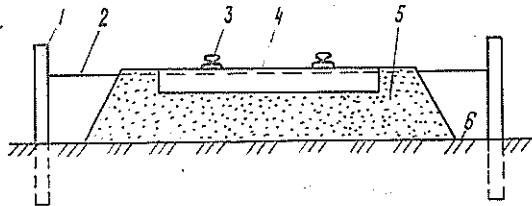
6. При нормативном значении  $b = 7 \pm 0,5$  мм сила  $S$  достаточно велика и обеспечивает закрепление рельсов против смещения по шпалам. Следовательно, предложенная конструкция противоугона соответствует назначению и может быть рекомендована для промышленного применения.

Для оценки работоспособности противоугонов ПП-Р24 в эксплуатационных условиях летом 1990 г. на Лепшинской УЖД ТПО Архангельсклеспром на спуске в грузовом направлении были заложены три опытных участка, каждый из четырех звеньев с эпюрой установки противоугонов 12, 16, 20, 24 на звено. Техническая характеристика участков приведена в табл. 2.

Верхнее строение пути характеризуется следующими данными: рельсы — Р24, шпалы — II типа, эюра укладки шпал — 10...13 шт. на звено, балласт — среднезернистый песок, промежуточное скрепление — костыльное по 4 костыля на шпалу.

Угон пути определяли с помощью поперечников (рис. 3) в середине каждого звена. Поперечники состояли из двух сваек, заглубленных в грунт земляного полотна, и натянутой между ними съемной проволоки с кольцами по концам.

Рис. 3. Схема поперечника:  
1 — свайка; 2 — проволока; 3 —  
рельс; 4 — шпала; 5 — балласт-  
ная призма; 6 — земляное по-  
лотно



Проволоку надевали на свайки и устанавливали в исходное положение. При проведении наблюдений периодически измеряли расстояние от проволоки до риски на подошве рельса с точностью  $\pm 1$  мм. Разность этих расстояний по отдельным замерам определяла угон звена за время замеров.

С помощью поперечников можно определить суммарный угон рельсов, вызванный как перемещением рельсов по шпалам, так и сдвигом шпал в балласте. Для оценки влияния первой составляющей на подошве рельса были сделаны метки масляной краской. Изменение расстояния между метками и противоугонами определяет сдвиг противоугона по рельсу.

При наблюдениях учитывали объем груза, прошедшего по участку как в грузовом, так и в порожняковом направлении. Перед установкой противоугонов на участках бригада путевых монтеров выполняла разгонку стыковых зазоров. Стыки по угольнику не устанавливали, однако их разбежка не превышала 0,8...1,2 м.

Результаты измерений угона пути в летний период 1990 г. приведены в табл. 2. Эти данные показывают:

смещение рельсов относительно поперечников имеет место практически во всех случаях;

Таблица 2

Но- мер уча- стка	Характеристика участка			Общий угон рельсовых нитей, мм			
	Уклон, %	Дли- на, м	Число проти- воуго- нов на звено	20.06	11.07	31.07	27.09
1	13,2	28	12	$\frac{1}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	—
			16	$\frac{-1}{-2}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{6}{3}$
			20	$\frac{3}{0}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{8}{3}$
			24	$\frac{-1}{2}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{7}$
2	38,1	32	12	$\frac{0}{8}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{3}{16}$
			16	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{-1}{11}$
			20	$\frac{0}{6}$	$\frac{-1}{7}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{-2}{6}$
			24	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{0}{0}$
3	19,2... 20,0	30	12	$\frac{8}{8}$	$\frac{15}{14}$	$\frac{29}{19}$	$\frac{36}{25}$
			16	$\frac{2}{2}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{6}{15}$
			20	$\frac{0}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{3}$
			24	$\frac{-1}{0}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{0}{13}$

Примечание. В числителе — данные для левого рельса, в знаменателе — для правого. За начало отсчета принята дата установки противоугонов 28.05.90.

в большинстве случаев оно невелико и, по всей видимости, является следствием неточности отсчетов расстояний от поперечников до рисок на подошве рельса; врезания противоугонных скоб в древесину шпал, что особенно заметно на старых шпалах; невысокой удерживающей способности отдельных противоугонов; смещения шпал в балласте при отсутствии проскальзывания рельсов по шпалам;

как правило, смещения левого и правого рельсов одного и того же звена неодинаковы;

имеет место смещение рельсов не только в грузовом, но (незначительно) и в порожняковом направлении;

только на трех звеньях четко выражен угон в грузовом направлении.

По результатам наблюдений можно сделать следующие выводы.

1. В большинстве случаев противоугоны ПП-Р24 предотвращают сдвиг рельсов по шпалам, т. е. имеют достаточную удерживающую силу.

2. Минимальное число противоугонов зависит от уклона пути в грузовом направлении и составляет: при уклоне 13 % — 12 (6 пар); 20 % — 20 (10 пар); 38 % — 24 (12 пар).



3. Для предотвращения сдвига шпал в балласте можно рекомендовать строгое соблюдение геометрических размеров балластной призмы и уплотнение балласта в межшпальных ящиках.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Разработка технических условий на укладку сварных рельсовых плетей: Отчет о НИР / Арханг. лесотехн. ин-т; Руководитель С. И. Морозов.— № ГР 01.8.80 024674; Инв. № 8804004 1/8667.— Архангельск, 1988. [2]. Разработка технологии укладки сварных рельсовых плетей на базе сварочного комплекса: Отчет о НИР / Арханг. лесотехн. ин-т; Руководитель С. И. Морозов.— № ГР 0187.0 044448; Инв. № 870421 1/10086.— Архангельск, 1987.

Поступила 20 ноября 1990 г.

УДК 630\*377.4

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

*Н. И. БИБЛЮК, Б. Т. ПЕРЕТЯТКО, Е. Н. ЛИТВИНЧУК*

Львовский лесотехнический институт

Совершенствование конструкции, повышение эффективности использования существующих и создание новых высокоэффективных лесотранспортных машин тесно связано с развитием автоматизированных методов моделирования процесса их движения, основанных на широком использовании ЭВМ.

В настоящее время переходные процессы, имеющие место при трогании и разгоне транспортных машин, воспроизводятся на основе математических моделей, описывающих колебания системы двигатель — трансмиссия — шины, нагрузочные режимы трансмиссии, необходимые для расчетов ее деталей на прочность и долговечность — совместным рассмотрением крутильных колебаний в трансмиссии и вертикальных колебаний машины, а также поступательное движение — решением основного уравнения движения [1—5].

Цель данной статьи — разработать методику (алгоритм и программу) расчета поступательного движения лесотранспортного средства, движущегося по реальной дороге и управляемого оператором. Для этого необходимо решить уравнения движения системы двигатель — трансмиссия — шины с использованием численных методов математического анализа.

Рассматриваемая модель включает уравнения движения, описывающие крутильные колебания системы, математические зависимости моментов двигателя, трения сцепления, сопротивления движению и сцепления шин с дорогой от режима движения и характеристик опорной поверхности и логические операции сравнения для установления режима движения.

На вход модели подаются координаты трассы с указанием уклонов, кривизны траектории и допустимых скоростей, обусловленных конструкцией дороги и транспортного средства, а также помехами движению. Конечным результатом моделирования являются параметры движения, крутящие моменты в трансмиссии и расход топлива.

Для изучения поступательного движения лесотранспортного средства с колесной формулой 4 × 4 (6 × 6) может быть использована шестимассовая (семимассовая) динамическая система двигатель — трансмиссия — шины [4], формализованная расчетная схема которой представлена на рис. 1. Она включает сосредоточенные массы: маховика и

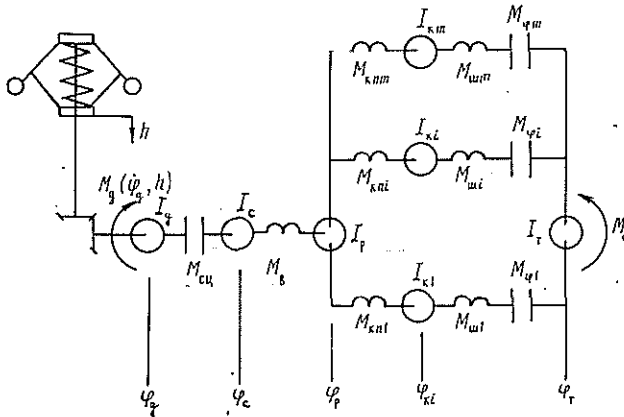


Рис. 1.

ведущих деталей сцепления с моментом инерции  $I$ , ведомых деталей муфты сцепления и коробки передач ( $I_c$ ), деталей раздаточной коробки и присоединенных к ним фланца и вилки карданной передачи ( $I_p$ ), задней вилки карданного вала, деталей главной передачи, включая зубчатые колеса и дифференциал, и колесных узлов ( $I_{ki}$ ), приведенной к маховым поступательно движущейся массы лесотранспортного средства ( $I_T$ ). Угловые перемещения  $\varphi_d, \varphi_c, \varphi_p, \varphi_{ki}, \varphi_T$  относятся соответственно к валу двигателя, ведомому диску муфты сцепления, фланцу на выходе из раздаточной коробки, колесам  $i$ -го моста и приведенным массам лесотранспортного средства.

Сосредоточенные массы связаны между собой безынерционными упругими элементами, имитирующими крутильную жесткость  $c$  валов трансмиссии и тангенциальную жесткость шин  $c_{ш\varphi}$ , параллельно которым включены демпферы с коэффициентами сопротивления  $k$ . При рессорной подвеске  $c_{ш\varphi}$  соответствует приведенной жесткости последовательно включенных упругих элементов [5]: шин с тангенциальной и рессор с реактивной жесткостью на скручивание в продольной плоскости. Жесткость и коэффициенты сопротивления в трансмиссии совместно с относительными угловыми смещениями масс  $\delta_j = \varphi_j - \varphi_{j+1}$  создают моменты реакций связей  $M = c\delta + k\dot{\delta}$ .

Значения  $M$  ограничиваются максимальными моментами трения сцепления  $M_{cu}$  и сцепления шин  $i$ -х осей с дорогой  $M_{\varphi_i}$ . Последние являются функцией коэффициента сцепления  $\varphi(\delta)_i$ , который может быть определен из линейной зависимости [1]

$$\varphi(\delta)_i = \varphi(\delta=0) + [\varphi(\delta=1) - \varphi(\delta=0)]\delta_i,$$

где  $\delta_i$  — коэффициент буксования колес  $i$ -й оси,

$$\delta_i = (\dot{\varphi}_{ki} - \dot{\varphi}_T) / \varphi_{ki};$$

$\varphi(\delta=0), \varphi(\delta=1)$  — коэффициенты сцепления соответственно в начальный момент буксования и при полном буксовании колес.

На трансмиссию воздействуют крутящий момент двигателя  $M_d$ , являющийся функцией угловой скорости коленчатого вала  $\dot{\varphi}_d$  и перемещения органа управления подачей топлива  $h$  [3], и приведенный к ведущим колесам суммарный момент сопротивления движению  $M_c$  как функция коэффициента сопротивления качению  $f(v)$ , уклона  $i(s)$  и кривизны траектории  $\rho(s)$ .

При составлении уравнений движения приняты следующие допущения: моменты инерции сосредоточенных масс, моменты реакций связей и сопротивления движению, а также тормозные моменты приводятся к валу муфты сцепления; моменты на левой и правой полуосях одинаковы; колеса катятся без отрыва от опорной поверхности; характеристики упругости линейны.

В соответствии с расчетной схемой (см. рис. 1) и с учетом принятых допущений уравнения движения системы двигатель — трансмиссия — шины при заблокированном разветвлении имеют вид

$$\begin{aligned}
 m_p \ddot{h} + N\dot{h} + E + A\dot{\varphi}_d &= 0; \\
 \left. \begin{aligned} I_d \ddot{\varphi}_d - M_d + M_{сш} &= 0, \\ I_c \ddot{\varphi}_c - M_{сш} + M_b &= 0 \end{aligned} \right\} \text{при } (\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_c)/\dot{\varphi}_d > 0,05; \\
 (I_d + I_c) \ddot{\varphi}_d - M_d + M_b &= 0 \text{ при } (\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_c)/\dot{\varphi}_d \leq 0,05; \\
 I_p \ddot{\varphi}_p - M_b + \sum_{i=1}^m M_{к.пi} &= 0; \\
 I_{ki} \ddot{\varphi}_{ki} - M_{к.пi} + M_{ш\varphi i} &= 0; \\
 I_T \ddot{x}_T i_{Tp} / r_d - \sum_{i=1}^m M_{ш\varphi i} + \sum_{i=1}^m M_{Ti} + M_c &= 0.
 \end{aligned}$$

Здесь  $m_p$  — масса движущихся частей топливного насоса и регулятора;  
 $N$  — фактор демпфирования;  
 $E$  — восстанавливающая сила;  
 $A$  — инерционный коэффициент [3];  
 $M_d, M_{к.пi}, M_{ш\varphi i}$  — моменты реакций связей соответственно гасителя колебаний, валов и соединений коробки передач и раздаточной коробки; карданной передачи; полуосей  $i$ -го моста;  
 $x_T$  — продольное перемещение массы лесотранспортного средства;  
 $r_d$  — динамический радиус колеса.

Простейшая модель муфты сцепления [5] может быть описана зависимостью

$$M_{сш} = F_c M_{с.о} K(t) \text{sign}(\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_c),$$

где  $F_c$  — коэффициент, равный 0,8 при буксирующем и 1,0 при замкнутом сцеплении;

$M_{с.о}$  — статический момент трения полностью включенного сцепления;

$K(t)$  — закон нарастания момента трения муфты сцепления:

при включении

$$K(t) = \exp(0,7t/t_c) - 1;$$

при выключении

$$K(t) = \exp(-3t/t_c);$$

при  $M_{сш} > M_{с.о}$

$$K(t) = 1;$$

$t_c$  — время нарастания момента трения сцепления до максимального значения.

Процессом движения транспортного средства управляет оператор. Его действия моделируют таким образом, чтобы обеспечивались, в зависимости от суммарного сопротивления движению и ограничений скорости, изменение подачи топлива, переключение ступеней в коробке передач и торможение.

Подачей топлива управляют, изменяя положение ее органа  $h$ . Значение  $h$  в момент времени  $t + \Delta t$  можно определить как сумму начального положения органа  $h(t)$  и его приращения  $\Delta h$ , которое находят по формулам:

при  $v < \lambda v_d$ ,  $M_{d \max} \geq M_c$ ,  $\varphi_d < \lambda_d \varphi_{d \max}$  и  $h < (h_{\max} - h_{\min})$

$$\Delta h = -v_s \Delta t;$$

при  $\lambda v_d < v < v_d$  или при  $v < \lambda v_d$ ,  $M_{d \max} \geq M_c$ ,  $\varphi_d \geq \lambda_d \varphi_{d \max}$  и  $h \geq (h_{\max} - h_{\min})$

$$\Delta h = 0;$$

при  $v \geq v_d$  или при  $v < \lambda v_d$  и  $M_{d \max} < M_c$

$$\Delta h = -\lambda_s v_s \Delta t,$$

где  $v_s$  — скорость управляемого движения органа подачи топлива;

$v$ ,  $v_d$  — текущее и допустимое значения скорости движения лесотранспортного средства;

$h_{\max}$ ,  $h_{\min}$  — крайние положения органа подачи топлива;

$\lambda$ ,  $\lambda_d$ ,  $\lambda_s$  — коэффициенты изменения значений  $v_d$ ,  $\varphi_{d \max}$ ,  $v_s$ .

Переключение ступеней в коробке передач с низшей на высшую (с высшей на низшую) происходит, когда частота вращения коленчатого вала двигателя соответствует максимальной мощности (моменту), момент сопротивления качению меньше (больше) крутящего момента на колесах лесотранспортного средства на высшей передаче и допустимая скорость движения выше (ниже) максимальной устойчивой скорости на высшей передаче. При переключении передачи одновременно выключается сцепление и уменьшается подача топлива, при этом транспортное средство движется по инерции.

Торможение транспортного средства происходит, если скорость движения  $v \geq v_d$ . При этом тормозной момент на колесах  $M_{Ti}$  принимается равным:

при  $t_T \leq t_1$

$$M_{Ti} = 0;$$

при  $t_1 < t_T < t_1 + t_2$

$$M_{Ti} = -M_{T\varphi i} (t_T - t_1) / t_2;$$

при  $t_T \geq t_1 + t_2$

$$M_{Ti} = M_{T\varphi i},$$

где  $M_{T\varphi i}$  — момент сцепления колес  $i$ -й оси с опорной поверхностью при торможении;

$t_T$  — время торможения;

$t_1$  — время реакции оператора и срабатывания тормозного привода;

$t_2$  — время нарастания тормозного момента от нуля до максимального значения.

Для рассмотренной выше математической модели составлены алгоритм (рис. 2) и программа расчета поступательного движения лесотранспортного средства на языке Фортран.

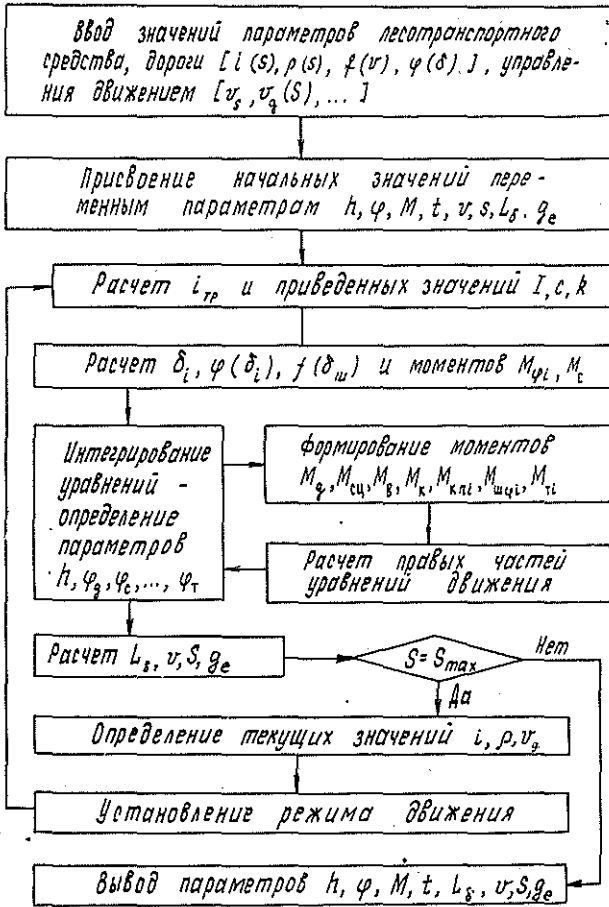


Рис. 2.

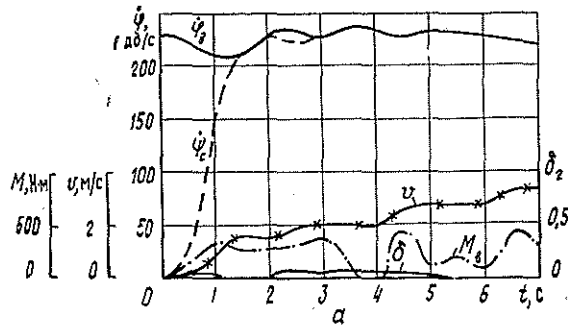
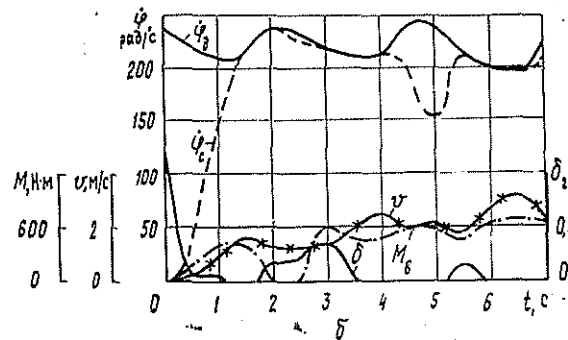


Рис. 3.



Модель позволяет воспроизводить на ЭВМ основные режимы процесса движения из условия обеспечения максимальной производительности и торможения, а также выполнять расчеты нагрузочных режимов трансмиссии. На рис. 3 приведены примеры расчета процесса разгона колесного трелевочного трактора  $4 \times 4$  при трелевке пачки деревьев в полупогруженном (а) и погруженном (б) положениях. Сравнительный анализ полученных данных подтверждает преимущества второго способа. Работа буксования уменьшается в среднем на 10 %, максимальные значения моментов в трансмиссии — на 24 %, время и путь разгона — соответственно на 14 и 11 %, полезная нагрузка на рейс возрастает в 1,5 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Безбородова Г. Б., Галушко В. Г. Моделирование движения автомобиля.— Киев: Выща шк., 1978.— 168 с. [2]. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория: Учеб. для вузов.— Мн.: Вышэйш. шк., 1986.— 208 с. [3]. Кутьков Г. М. Тяговая динамика трактора.— М.: Машиностроение, 1980.— 215 с. [4]. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под ред. А. И. Гришкевича.— М.: Машиностроение, 1984.— 272 с. [5]. Цитович И. С., Альгин В. Б. Динамика автомобиля.— Мн.: Наука и техника, 1981.— 191 с.

Поступила 31 октября 1990 г.

УДК 624.275.001.24

### МЕТОД РАСЧЕТА МОСТОВЫХ КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК, РАБОТАЮЩИХ СОВМЕСТНО С ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

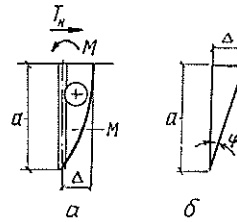
Сокращение, а в будущем и повсеместный отказ от молевого лесосплава приведут к максимальному использованию автотранспорта, что, в свою очередь, потребует расширения строительства лесовозных дорог, мостов и различных транспортных сооружений.

В условиях Северо-Западного региона страны при наличии соответствующей производственной базы целесообразно применять мостовые балки из клееной древесины. Экспериментальные исследования [1, 3] и практика мостостроения показывают, что для повышения капитальности и сроков службы транспортного сооружения следует использовать комбинированные сечения, в которых клееная деревянная балка соединена с железобетонной плитой. В силу конструктивных особенностей таких сечений связь между ребром балки и плитой можно рассматривать как упругоподатливую. Эта связь обуславливает сдвиг по плоскости контакта и перераспределение напряжений в частях сечения балки.

Исследования, в том числе наши, показывают, что в балках комбинированного сечения с такими связями под нагрузкой имеют место деформации отрыва плиты от ребра и горизонтальный сдвиг в плоскости их контакта.

В балках комбинированного сечения широко распространены нагельные соединения ребра и плиты. Согласно рис. 1, а нагель рассматривается как балка, лежащая на упругом основании и нагруженная на конце сдвигающей силой  $T_n$  и неизвестным изгибающим моментом  $M$  [6]. Линейные деформации сдвига  $\Delta$  складываются из упругих деформаций бетона плиты, древесины ребра и деформаций обмятия древесины. Деформации сдвига, соответствующие расчетному значению несущей способности связи [3, 4], зависят от типа связующего элемента.

Рис. 1. Нагельное соединение:  
 а — расчетная схема; б — схема деформаций



Эпюра реактивного давления упругого основания (древесины) тем ближе к треугольной, чем жестче нагель (рис. 2,б).

Угол поворота нагеля  $\varphi$  относительно нулевой точки моментов, т. е. его конца, в силу малости может быть определен по формуле

$$\varphi = \operatorname{tg} \varphi = \Delta / (am_0 [t]), \quad (1)$$

где  $a$  — глубина заделки нагеля в древесину балки;  
 $m_0$  — число связей на единицу длины шва;  
 $[t]$  — расчетная несущая жесткость связи.

Напряженно-деформированное состояние связи аналогично подобному состоянию упругоповорачивающейся опоры, развивающей реактивный момент, пропорциональный жесткости на кручение и углу поворота. Жесткость на кручение  $\mu$  может быть определена по формуле

$$\mu = 1/\varphi = am_0 [t] / \Delta, \quad (2)$$

где  $\varphi$  — угол поворота (закручивания) нагеля при  $M = 1 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

В работе [2] автор отмечает, что силы трения между ребром и плитой влияют на податливость соединения только в начальный период при сдвигающей силе, составляющей 20...25 % от расчетного значения. При расчетном сдвигающем усилии перемещения связи с учетом и без учета трения различаются на 4,0...4,7 %. Уменьшение, а затем исчезновение влияния сил трения объясняются весьма значительными деформациями отрыва между ребром и плитой. В диапазоне эксплуатационных нагрузок (и в предельном состоянии) между ребром и плитой существуют только упругоподатливые связи.

В расчетах бадки комбинированного сечения можно выделить два этапа:

1) рассчитывают балку комбинированного сечения как неразрезную многопролетную балку на упругоповорачивающихся опорах, которыми являются связи сдвига между ребром и плитой;

2) рассчитывают ребро из клееной древесины и железобетонную плиту как самостоятельные элементы на усилия, возникающие в ветвях балки вследствие упругой податливости связей сдвига между ними.

На первом этапе балку комбинированного сечения с абсолютно жесткими поперечными связями и упругоподатливыми связями сдвига рассчитывают методом начальных параметров в матричной форме. Определяют прогиб  $y$ , угол поворота  $\varphi$ , изгибающий момент  $M$ , поперечную силу  $Q$  в балке и крутящие моменты  $M_{1p}$  в связях. Расчетная схема приведена на рис. 2.

В случае единичных воздействий ( $P = 1, M = 1, \Theta = 1, \Delta = 1$ ) общее решение линейного дифференциального уравнения четвертого порядка изгиба неразрезной балки постоянного сечения на упругоповорачивающихся опорах может быть представлено в виде, приведенном в таблице [5].

В таблице приняты следующие обозначения:

$u_{ki}, \varphi_{ki}, M_{ki}, Q_{ki}$  — соответственно прогиб, угол поворота, изгибающий момент и поперечная сила на опоре  $K$  от внешних воздейст-

Общая часть уравнений	Влияние сосредоточенных воздействий			
	$P = 1$	$M = 1$	$\Theta = 1$	$\Delta = 1$
1	2	3	4	5
$y_{ki} = y_{oi}A_k + \varphi_{oi}B_k + M_{oi}C_k - Q_{oi}D_k$	$+\sum_{i=0}^n D_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n C_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n B_{k-i}$	$+\sum_{i=0}^n A_{k-i}$
$\varphi_{ki} = \varphi_{oi}A'_k - M_{oi}B'_k - Q_{oi}C'_k - y_{oi}D'_k$	$+\sum_{i=0}^n C'_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n B'_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n A'_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n D'_{k-i}$
$M_{ki} = -M_{oi}A''_k + Q_{oi}B''_k + y_{oi}C''_k + \varphi_{oi}D''_k$	$-\sum_{i=0}^n B''_{k-i}$	$+\sum_{i=0}^n A''_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n D''_{k-i}$	$+\sum_{i=0}^n C''_{k-i}$
$Q_{ki} = Q_{oi}A'''_k + y_{oi}B'''_k + \varphi_{oi}C'''_k + M_{oi}D'''_k$	$-\sum_{i=0}^n A'''_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n D'''_{k-i}$	$-\sum_{i=0}^n C'''_{k-i}$	$+\sum_{i=0}^n B'''_{k-i}$

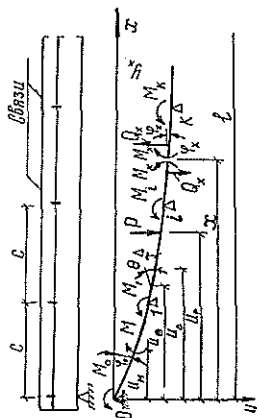


Рис. 2. Расчетная схема балки комбинированного сечения с упругоподатливыми связями между ветвями как многопролетной неразрезной балки на упругоподатливых опорах

вий  $P = 1, M = 1, \Theta = 1, \Delta = 1$  на опоре  $i$ ;

$y_{oi}, \varphi_{oi}, M_{oi}, Q_{oi}$  — те же величины на опоре 0, принимаемой за начальную; т. е. начальные параметры, играющие роль постоянных интегрирования в общем интеграле;

$A, B, C, D$  (с индексами) — функции влияния начальных параметров и сосредоточенных воздействий на прогиб  $y$ , угол поворота  $\varphi$ , изгибающий момент  $M$  и поперечную силу  $Q$  на опорах  $K-i$  и  $K$ .

Выражения для функций влияния приведены в работе [5] и программе «COMBY LV».

Уравнения для  $y, \varphi, M, Q$  для единичных усилий и воздействий в матричной форме имеют вид ( $n = K$ )



$$\begin{aligned}
 \vec{y}_n = & \begin{vmatrix} y_{ni} \\ \varphi_{ni} \\ M_{ni} \\ Q_{ni} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_n & B_n & C_n & -D_n \\ -D'_n & A'_n & B'_n & -C'_n \\ C''_n & D''_n & -A''_n & B''_n \\ E'''_n & C'''_n & D'''_n & A'''_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ M_{0i} \\ Q_{0i} \end{vmatrix} + \\
 & + \begin{vmatrix} D_n & D_{n-1} & \dots & D_1 & D_0 \\ C'_n & C'_{n-1} & \dots & C'_1 & C'_0 \\ -B''_n & -B''_{n-1} & \dots & -B''_1 & -B''_0 \\ -A'''_n & -A'''_{n-1} & \dots & -A'''_1 & -A'''_0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -C_n & -C_{n-1} & \dots & -C_1 & -C_0 \\ -B'_n & -B'_{n-1} & \dots & -B'_1 & -B'_0 \\ A''_n & A''_{n-1} & \dots & A''_1 & A''_0 \\ -D'''_n & -D'''_{n-1} & \dots & -D'''_1 & -D'''_0 \end{vmatrix} + \\
 & + \begin{vmatrix} -B_n & -B_{n-1} & \dots & -B_1 & -B_0 \\ -A'_n & -A'_{n-1} & \dots & -A'_1 & -A'_0 \\ -D''_n & -D''_{n-1} & \dots & -D''_1 & -D''_0 \\ -C'''_n & -C'''_{n-1} & \dots & -C'''_1 & -C'''_0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_n & A_{n-1} & \dots & A_1 & A_0 \\ -D'_n & -D'_{n-1} & \dots & -D'_1 & -D'_0 \\ C''_n & C''_{n-1} & \dots & C''_1 & C''_0 \\ B'''_n & B'''_{n-1} & \dots & B'''_1 & B'''_0 \end{vmatrix} = \\
 & = \Phi y_0 + \Delta_P + \Delta_M + \Delta_\Theta + \Delta_\Delta, \quad (3)
 \end{aligned}$$

где

- $\vec{y}_n$  — вектор, определяющий параметры балки на  $n$ -й опоре;
- $\Phi$  — матрица функций влияния начальных параметров на величины  $y, \varphi, M, Q$ ;
- $y_0$  — вектор начальных параметров для  $n$ -й опоры;
- $\Delta_P, \Delta_M, \Delta_\Theta, \Delta_\Delta$  — матрицы  $\Delta$  функций влияния сосредоточенных воздействий на величины  $y, \varphi, M, Q$  при  $P = 1, M = 1, \Theta = 1, \Delta = 1$  соответственно.

Для одного единичного усилия и воздействия

$$\vec{y}_n = \Phi y_0 + \Delta. \quad (3')$$

Рассмотрим балку комбинированного сечения с  $n + 1$  нагельными соединениями. Начало поместим на левом конце неразрезной балки, тогда два из четырех начальных параметров будут заранее известны:

$$M_{0i} = -\mu \varphi_{0i}; \quad y_{0i} = 0. \quad (4)$$

Два других начальных параметра определим из условий для правого конца балки

$$M_{ni} = \mu \varphi_{ni}; \quad y_{ni} = 0, \quad (5)$$

где  $\mu$  — жесткость на кручение опоры (связи).

В практике расчетов возможны четыре случая воздействий на балку.

1. Груз  $P = 1$ . На основании таблицы (гр. 1 + гр. 2) и уравнений (3) — (5) имеем

$$\begin{vmatrix} M_{ni} \\ y_{ni} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} D''_n - A''_n & B''_n \\ B_n & C_n - D_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \varphi_{0i} \\ \mu \varphi_{0i} \\ Q_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -B''_n & -B''_{n-1} & \dots & -B''_1 & -B''_0 \\ D_n & D_{n-1} & \dots & D_1 & D_0 \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \mu & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \times \left\{ \begin{vmatrix} A'_n B'_n - C'_n \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \varphi_{0i} \\ \mu \varphi_{0i} \\ Q_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} C'_n C'_{n-1} \dots C'_1 C'_0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{vmatrix} \right\}. \quad (6)$$

В работе [5] приведены для функций влияния

$$B'_n = B_n; \quad C'_n = C_n; \quad A''_n = A'_n; \quad C'''_n = C''_n; \quad D'''_n = D'_n; \quad A'''_n = A_n. \quad (7)$$

Проведя ряд преобразований уравнений (6) с учетом соотношений (7), получим выражения для определения начальных параметров  $\varphi_0$  и  $Q_0$

$$\begin{vmatrix} (D''_n - 2\mu A'_n - \mu^2 B'_n)(B_n + \mu C_n) \\ (B_n + \mu C_n) & -D_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \varphi_{0i} \\ Q_{0i} \end{vmatrix} = \\ = \begin{vmatrix} (B_n + \mu C_n)(B_{n-1} + \mu C_{n-1}) \dots (B_1 + \mu C_1)(B_0 + \mu C_0) \\ -D_n & -D_{n-1} & \dots & -D_1 & -D_0 \end{vmatrix} \quad (8)$$

или

$$A \vec{y}_0 = \Delta^*_p. \quad (8')$$

В общем случае матрица неизвестных может иметь произвольный размер. Для случая груза  $P = 1$  обозначим ее через  $\Delta_{0P}$ . Тогда выражение (8) примет вид

$$A \Delta_{0P} = \Delta^*_p. \quad (8'')$$

Отсюда

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

Здесь

$$A^{-1} = \begin{vmatrix} (D''_n - 2\mu A'_n - \mu^2 B'_n)(B_n + \mu C_n) \\ (B_n + \mu C_n) & -D_n \end{vmatrix}^{-1}. \quad (10)$$

2. Нагрузка  $M = 1$ . Вывод расчетных формул аналогичен случаю 1. Решение системы уравнений для матриц линий влияния начальных параметров  $y_0$  и  $\varphi_0$  имеет вид

$$\Delta_{0M} = A^{-1} \Delta_M. \quad (11)$$

Здесь

$$\Delta_M = \begin{vmatrix} (-A'_n - \mu B'_n)(-A'_{n-1} - \mu B'_{n-1}) \dots (-A'_1 - \mu B'_1) \\ C_n & C_{n-1} & \dots & C_1 \\ & (-A'_0 - \mu B'_0) \\ & C_0 \end{vmatrix}. \quad (12)$$

3. Воздействие  $\Theta = 1$ . Вывод расчетных формул аналогичен случаю 1. Решение системы:

$$\Delta_{0\Theta} = A^{-1} \Delta_\Theta. \quad (13)$$

Здесь

$$\Delta_{\theta} = \begin{vmatrix} (D_n'' - \mu A_n') & (D_{n-1}'' - \mu A_{n-1}') & \dots & (D_1'' - \mu A_1') & (D_0'' - \mu A_0') \\ B_n & B_{n-1} & \dots & B_1 & B_0 \end{vmatrix}. \quad (14)$$

4. Воздействие  $\Delta = 1$ . Вывод расчетных формул аналогичен случаю 1. Решение системы:

$$\Lambda_{0\Delta} = A^{-1} \Delta_{\Delta}. \quad (15)$$

Здесь

$$\Delta_{\Delta} = \begin{vmatrix} (C_n'' - \mu D_n') & (-C_{n-1}'' - \mu D_{n-1}') & \dots & (-C_1'' - \mu D_1') & (-C_0'' - \mu D_0') \\ -A_n & -A_{n-1} & \dots & -A_1 & -A_0 \end{vmatrix}. \quad (16)$$

Ординаты линий влияния прогибов найдем из таблицы (гр. 1 + 2), выражений (3) — (5) и теоремы о взаимности перемещений  $y_{ik} = y_{ki}$ :

$$y_{ni} = \varphi_{0i} B_n + \mu \varphi_{0i} C_n - Q_{0i} D_n + \sum_{t=0}^n D_{n-t} \quad (17)$$

или

$$y_{ni} = \varphi_{0i} (B_n + \mu C_n) - Q_{0i} D_n + \sum_{t=0}^n D_{n-t} \quad (17')$$

Матрица линий влияния прогибов имеет вид

$$\Lambda_y = \begin{vmatrix} (B_0 + \mu C_0) & -D_0 \\ (B_1 + \mu C_1) & -D_1 \\ (B_2 + \mu C_2) & -D_2 \\ \dots & \dots \\ (B_{n-1} + \mu C_{n-1}) & -D_{n-1} \\ (B_n + \mu C_n) & -D_n \end{vmatrix} \times \Lambda_{0p} + \begin{vmatrix} D_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ D_1 & D_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ D_2 & D_1 & D_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_{n-1} & D_{n-2} & D_{n-3} & \dots & D_0 & 0 \\ D_n & D_{n-1} & D_{n-2} & \dots & D_1 & D_0 \end{vmatrix} = \\ = \Phi_y \Lambda_{0p} + \Delta_{yp}. \quad (18)$$

Ординаты линий влияния углов поворота получим из таблицы (гр. 1 + 3), выражений (3) — (5) и теоремы о взаимности работ  $\varphi_{ik} = y_{ki, M}$ :

$$\varphi_{ni} = \varphi_{0i} B_n + \mu \varphi_{0i} C_n - Q_{0i} D_n - \sum_{t=0}^n C_{n-t} \quad (19)$$

или

$$\varphi_{ni} = \varphi_{0i} (B_n + \mu C_n) - Q_{0i} D_n - \sum_{t=0}^n C_{n-t} \quad (19')$$

Матрица линий влияния углов поворота имеет вид

$$\Lambda_{\varphi} = \begin{vmatrix} (B_0 + \mu C_0) & -D_0 \\ (B_1 + \mu C_1) & -D_1 \\ (B_2 + \mu C_2) & -D_2 \\ \dots & \dots \\ (B_{n-1} + \mu C_{n-1}) & -D_{n-1} \\ (B_n + \mu C_n) & -D_n \end{vmatrix} \times \Lambda_{0M} - \begin{vmatrix} C_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ C_1 & C_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ C_2 & C_1 & C_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n-1} & C_{n-2} & C_{n-3} & \dots & C_0 & 0 \\ C_n & C_{n-1} & C_{n-2} & \dots & C_1 & C_0 \end{vmatrix} = \\ = \Phi_y \Lambda_{0M} - \Delta_{yM}. \quad (20)$$

Ординаты линий влияния опорных моментов в опорах-связях найдем из таблицы (гр. 1 + гр. 4), выражений (3) — (5) и зависимости  $M_{оп, kl} = y_{M, \theta}$ :

$$M_{оп, ni} = \varphi_{0i} B_n + \mu \varphi_{0i} C_n - Q_{0i} D_n - \sum_{l=0}^n B_{n-l} \quad (21)$$

или

$$M_{оп, ni} = \varphi_{0i} (B_n + \mu C_n) - Q_{0i} D_n - \sum_{l=0}^n B_{n-l} \quad (21')$$

Матрица линий влияния опорных моментов имеет вид

$$\Lambda_M = \begin{vmatrix} (B_0 + \mu C_0) & -D_0 \\ (B_1 + \mu C_1) & -D_1 \\ (B_2 + \mu C_2) & -D_2 \\ \dots & \dots \\ (B_{n-1} + \mu C_{n-1}) & -D_{n-1} \\ (B_n + \mu C_n) & -D_n \end{vmatrix} \times \Lambda_{0\theta} - \begin{vmatrix} B_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_1 & B_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_2 & B_1 & B_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{n-1} & B_{n-2} & B_{n-3} & \dots & B_0 & 0 \\ B_n & B_{n-1} & B_{n-2} & \dots & B_1 & B_0 \end{vmatrix} = \\ = \Phi_y \Lambda_{0\theta} - \Delta_{y\theta}. \quad (22)$$

Ординаты линий влияния поперечных сил в сечениях на опорах-связях получим из таблицы (гр. 1 + гр. 5), выражений (3) — (5) и зависимости  $Q_{оп, kl} = y_{kl, \Delta}$ :

$$Q_{оп, ni} = \varphi_{0i} B_n + \mu \varphi_{0i} C_n - Q_{0i} D_n + \sum_{l=0}^n A_{n-l} \quad (23)$$

или

$$Q_{оп, ni} = \varphi_{0i} (B_n + \mu C_n) - Q_{0i} D_n + \sum_{l=0}^n A_{n-l} \quad (23')$$

Матрица линий поперечных сил для сечений на опорах имеет вид

$$\Lambda_{\theta} = \begin{vmatrix} (B_0 + \mu C_0) & -D_0 \\ (B_1 + \mu C_1) & -D_1 \\ (B_2 + \mu C_2) & -D_2 \\ \dots & \dots \\ (B_{n-1} + \mu C_{n-1}) & -D_{n-1} \\ (B_n + \mu C_n) & -D_n \end{vmatrix} \times \Lambda_{0\Delta} + \begin{vmatrix} A_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_1 & A_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_2 & A_1 & A_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n-1} & A_{n-2} & A_{n-3} & \dots & A_0 & 0 \\ A_n & A_{n-1} & A_{n-2} & \dots & A_1 & A_0 \end{vmatrix} = \\ = \Phi_y \Lambda_{0\Delta} + \Delta_{y\Delta}. \quad (24)$$

Выражение (24) позволяет определить ординаты правой ветви линии влияния поперечной силы для расчетного сечения. Матрицу для левой ветви  $\Lambda'_{\theta}$  получим, вычтя из ординат поперечной силы в выражении (24) единичную матрицу  $E$ :

$$\Lambda'_{\theta} = \Lambda_{\theta} - E. \quad (25)$$

Ординаты линий влияния крутящих моментов в связях найдем из зависимости  $M_{кр, kl} = \mu y_{kl, M}$  ( $\mu$  — жесткость опор-связей на кручение).

Матрица имеет вид

$$\Delta_{M, \text{кр}} = D_{\mu} (\Phi_{y} \Delta_{0M} - \Delta_{yM}). \quad (26)$$

Здесь

$$D_{\mu} = \begin{vmatrix} \mu & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \mu & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \mu \end{vmatrix}. \quad (27)$$

Расчеты первого этапа использованы в программе «COMBY LV» на языке Фортран, которая позволяет получить комплект выходных матриц линий влияния прогибов, углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил в балках комбинированного сечения и крутящих моментов в связях. Результаты исследований хорошо согласуются с фактическими данными работы клееной деревянной балки, соединенной с железобетонной плитой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гибшман Е. Е. Проектирование деревянных мостов.—М.: Транспорт, 1976.—272 с. [2]. Ковтонюк В. А. К вопросу влияния сил трения между деревянной балкой и бетонной плитой проезжей части на несущую способность деревобетонной балки // Тр. / СибАДИ.—1973.—№ 6.—С. 77—84. [3]. Кулиш В. И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой.—М.: Транспорт, 1979.—160 с. [4]. Мельников Ю. О. Влияние податливости связей на прочность и жесткость деревобетонных мостовых балок // Тр. / СибАДИ.—1970.—№ 3.—С. 35—45. [5]. Уманский А. А. Специальный курс строительной механики. Ч. 2.—М.; Л.: Стройиздат, 1940.—196 с. [6]. Шумахер А. В. Исследование жесткости нагеля, заделанного одним концом в железобетонную плиту // Тр. / СибАДИ.—1968.—№ 1.—С. 44—55.

Поступила 2 июля 1990 г.

УДК 631.3.072

### УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ФРОНТАЛЬНО-НАВЕСНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА (ФМТА)

И. Е. ДОНЦОВ

Воронежский лесотехнический институт

В современной зарубежной и отечественной практике земледелия все большее применение находят тракторы с фронтальной навеской. На лесовосстановительных работах целесообразно использовать ФМТА с шарнирным креплением орудия. В этом случае орудие при встрече с препятствиями может отклониться в сторону и избежать поломок. Однако в настоящее время отсутствуют механизмы навески, которые обеспечили бы устойчивое движение трактора и возвращение орудия к заданной траектории после снятия возмущающих воздействий.

В нашей статье теоретически обоснованы параметры четырехзвенного фронтального механизма навески и орудия, выбор тягового средства для обеспечения устойчивого движения агрегата. Для этого составлены и проанализированы дифференциальные уравнения колебаний ФМТА в горизонтальной плоскости.

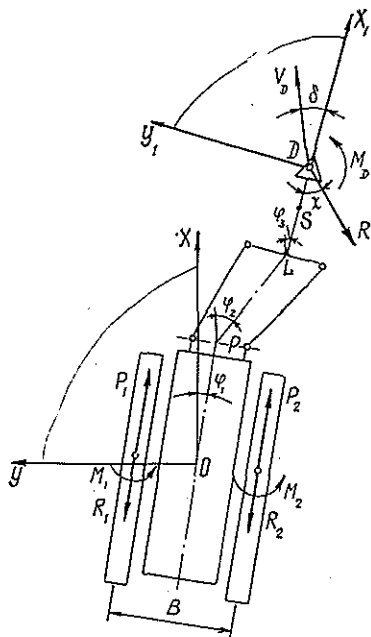


Рис. 1. Расчетная схема агрегата

Расчетная схема показана на рис. 1. Принято допущение, что колебания ФМТА малы и происходят в горизонтальной плоскости  $X_1Y_1$ , которая движется равномерно и прямолинейно со скоростью  $V_0$  вместе с центром тяжести трактора (ЦТТ) — точка  $O$ . На схеме обозначено:  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  — угол поворота соответственно трактора, навесного устройства и орудия;  $R, M_D$  — главный вектор и главный момент сил сопротивления орудия с центром приведения в точке  $D$ ;  $P_1, P_2$  — силы тяги гусениц трактора;  $R_1, R_2, M_1, M_2$  — приведенные силы сопротивления качению и стабилизирующие моменты, препятствующие повороту гусениц трактора;  $OP = p$  — расстояние от ЦТТ до линии присоединения тяг навески к трактору, на которой находится точка  $P$ ;  $PL = l$  — расстояние от точки  $P$  до линии присоединения тяг навески к орудью, на которой расположена точка  $L$ ;  $LS = s$  — расстояние от точки  $L$  до центра тяжести орудия (ЦТО) — точка  $S$ ;  $LD = d$  — расстояние между точками  $L$  и  $D$ ;  $B$  — ширина колеи трактора.

Зависимость между углами поворота навесного устройства и орудия имеет вид [5]

$$\varphi_3 = (1 - u) \varphi_2. \quad (1)$$

Здесь  $u$  — передаточное отношение навесного устройства,

$$u = a/b, \quad (2)$$

где  $a, b$  — расстояния между точками крепления тяг соответственно к трактору и орудью.

Рассмотрим отдельно силы, действующие на гусеницы трактора. Сумма моментов этих сил относительно ЦТТ (точка  $O$ ) равна

$$\Sigma M = B(P_1 - P_2 + R_1 - R_2) 2 + M_1 + M_2. \quad (3)$$

Если считать, что реакции  $P_1$  и  $P_2, R_1$  и  $R_2$  примерно равны, то окажется, что при колебаниях трактора на его гусеницы действует стабилизирующий момент  $M_T$ , равный сумме моментов  $M_1$  и  $M_2$ . Установлено [7], что при малых углах колебаний трактора  $M_T$  изменяется пропорционально угловым колебаниям трактора:

$$M_T = k_T \varphi_1, \quad (4)$$

где  $k_T$  — коэффициент пропорциональности, названный коэффициентом тангенциальной жесткости гусениц трактора.

Для составления дифференциальных уравнений колебаний системы использовано уравнение Лагранжа II рода. Обобщенные силы по координатам  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  имеют вид

$$\begin{aligned} Q_1 &= -Rp[(1-u)\varphi_2 - (1-u)\varphi_1 - \alpha_0\delta] - k_T\varphi_1; \\ Q_2 &= Rl[u(\varphi_2 - \varphi_1) + \alpha_0\delta] + (1-u)(\alpha_0Rd + \beta_0), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\alpha_0, \beta_0$  — динамические параметры [4], характеризующие соответственно отклонение  $\chi$  главного вектора  $R$  и изменение главного момента  $M_D$  сил сопротивления орудия в зависимости от изменения угла  $\delta$ ;

$\delta$  — угол между вектором скорости  $V_D$  и продольной осью орудия.

Вследствие малости угловых колебаний ФМТА считаем угол  $\delta$  равным отношению проекций вектора абсолютной скорости  $V_D$  на оси координат  $X_1$  и  $Y_1$ . Пренебрегая величинами более высоких порядков малости, чем  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  и их первые производные по времени  $\dot{\varphi}_1$  и  $\dot{\varphi}_2$ , получаем

$$\delta = \frac{-l - (1-u)d}{V_0} \dot{\varphi}_2 + (1-u)\varphi_2 + \frac{-p + ud}{V_0} \dot{\varphi}_1 + u\varphi_1. \quad (6)$$

Кинетическая энергия колебаний рассматриваемой динамической системы в плоскости  $XU$  имеет вид

$$T = (I_T\dot{\varphi}_1^2 + I_0\dot{\varphi}_3^2 + mV_{rS}^2)/2, \quad (7)$$

$$\dot{\varphi}_3 = u\dot{\varphi}_1 + (1-u)\dot{\varphi}_2; \quad (8)$$

$$V_{rS} = (p + us)\dot{\varphi}_1 + [l + (1-u)s]\dot{\varphi}_2; \quad (9)$$

$I_T, I_0$  — моменты инерции соответственно трактора относительно ЦТТ (точка  $O$ ) и орудия относительно ЦТО (точка  $S$ );

$m$  — масса орудия;

$V_{rS}$  — скорость точки  $S$  в плоскости  $XU$ .

Дифференцируя (7) по обобщенным скоростям и времени и используя выражение (5), находим

$$a_1\ddot{\varphi}_1 + a_2\dot{\varphi}_1 + a_3\varphi_1 + a_4\ddot{\varphi}_2 + a_5\dot{\varphi}_2 + a_6\varphi_2 = 0; \quad (10)$$

$$b_1\ddot{\varphi}_1 + b_2\dot{\varphi}_1 + b_3\varphi_1 + b_4\ddot{\varphi}_2 + b_5\dot{\varphi}_2 + b_6\varphi_2 = 0,$$

$$\text{где } a_1 = I_T + F_1; \quad a_2 = F_2; \quad a_3 = k_T + F_3;$$

$$a_4 = F_4; \quad a_5 = F_5; \quad a_6 = F_6;$$

$$b_1 = F_7; \quad b_2 = F_8; \quad b_3 = F_9;$$

$$b_4 = F_{10}; \quad b_5 = F_{11}; \quad b_6 = F_{12}.$$

Функции  $F_1, \dots, F_{12}$  имеют вид

$$F_1 = m(p + us)^2 + u^2I_0; \quad F_2 = \frac{p + ud}{V_0} \alpha_0Rp;$$

$$F_3 = -[(1-u) + u\alpha_0]Rp; \quad F_4 = m(p + us)[l + (1-u)s] + u(1-u)I_0;$$

$$F_5 = \frac{l + (1-u)d}{V_0} \alpha_0Rp; \quad F_6 = -(1-u)(\alpha_0 - 1)Rp;$$

$$F_7 = m(p + us)[l + (1-u)s] + u(1-u)I_0; \quad (11)$$

$$F_8 = \frac{p + ud}{V_0} [\alpha_0Rl + (1-u)(\alpha_0Rd + \beta_0)];$$

$$\begin{aligned}
 F_9 &= -u(\alpha_0 - 1)Rl - u(1 - u)(\alpha_0 Rd + \beta_0); \\
 F_{10} &= m[l + (1 - u)s]^2 + (1 - u)^2 I_0; \\
 F_{11} &= \frac{l + (1 - u)d}{V_0} [\alpha_0 Rl + (1 - u)(\alpha_0 Rd + \beta_0)]; \\
 F_{12} &= -(1 - u)^2(\alpha_0 Rd + \beta_0) - (1 - u)(\alpha_0 - 1)Rl - Rl.
 \end{aligned}$$

Выражения (10) являются линейными дифференциальными уравнениями второго порядка, методы анализа которых хорошо известны. Один из них — использование критериев Рауса — Гурвица [8]. Но поскольку при этом получались сложные зависимости, дальнейший их анализ производили с помощью ЭВМ.

Вначале определяли параметры навески, которые обеспечивали устойчивые колебания орудия относительно трактора. Это необходимое, но, к сожалению, недостаточное условие устойчивости движения всего агрегата с учетом колебаний трактора. Результаты такого анализа справедливы лишь в первом приближении и использованы на начальных этапах проектирования при поиске принципиально работоспособных схем навески.

Из выражений (10) нетрудно получить уравнение колебаний орудия относительно трактора, если принять, что последний движется поступательно ( $\varphi_1 = 0$ ):

$$a_1 \ddot{\varphi}_2 + a_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \varphi_2 = 0, \quad (12)$$

где  $a_1 = F_{10}$ ;  $a_2 = F_{11}$ ;  $a_3 = F_{12}$ .

При  $a_1 > 0$  условия устойчивости движения орудия

$$a_2 = F_{11} > 0; \quad a_3 = F_{12} > 0. \quad (13)$$

Упростим функции  $F_{11}$  и  $F_{12}$  с учетом следующих соображений. Поскольку параметр  $\beta_0$  [4] зависит от выбора точки приведения и может быть как положительным, так и отрицательным, то из всей совокупности возможных точек выберем такую, в которой  $\beta_0 = 0$ . Расстояние до нее назовем приведенной длиной орудия и обозначим  $d_0$ . Кроме того, введем соотношение между приведенной длиной орудия и длиной навески:  $\rho = d_0/l$ .

Тогда условия устойчивости движения орудия

$$a_2 = \alpha_0 Rl \frac{[1 + \rho(1 - u)]^2}{V_0} > 0; \quad (14)$$

$$a_3 = -Rl [(1 - u)^2 \alpha_0 \rho + (1 - u)(\alpha_0 - 1) + 1] > 0. \quad (15)$$

Заметим, что всегда  $a_2 \geq 0$ . Поэтому условие устойчивости движения орудия, вытекающее из решения неравенства (15), перепишем в виде

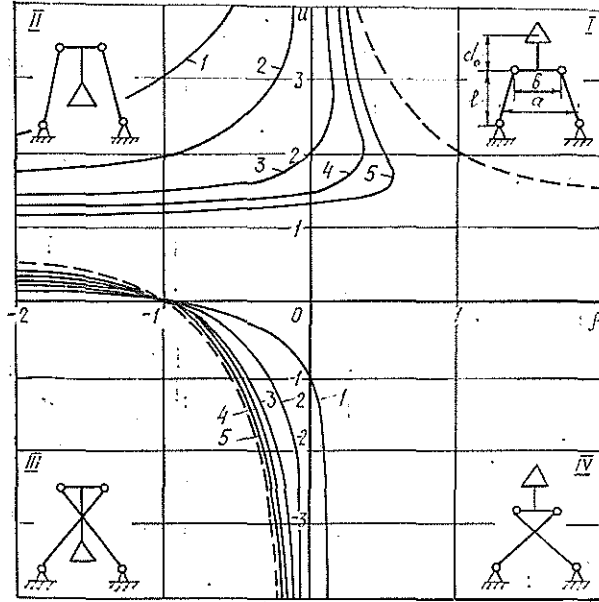
$$E + \sqrt{G} < u < E - \sqrt{G}, \quad (16)$$

где  $E = 1 - (\alpha_0 - 1)/(2\alpha_0 \rho)$ ;  $G = (\alpha_0 - 1)^2 / (4\alpha_0 \rho) + 1/(\alpha_0 \rho)$ .

На рис. 2 показаны значения параметров  $u$  и  $\rho$ , при которых обеспечиваются устойчивые колебания орудия относительно трактора, т. е. удовлетворяется неравенство (16). На плоскости можно выделить четыре квадранта, каждому из них соответствует определенная схема навески. Как видим, традиционное расположение рабочих органов впереди оси подвеса орудия (схема I), как правило, не обеспечивает устойчивого хода орудия. Работоспособной является схема II, согласно которой рабочие органы располагают сзади или на линии оси подвеса, при этом мгновенный центр вращения находится впереди орудия.



Рис. 2. Области устойчивости фронтального орудия: сплошная линия — граница аperiodического движения; штриховая — граница колебательного движения; 1 —  $\alpha_0 = 0,5$ ; 2 —  $\alpha_0 = 1,0$ ; 3 —  $\alpha_0 = 2,0$ ; 4 —  $\alpha_0 = 3,0$ ; 5 —  $\alpha_0 = 4,0$



На кафедре механизации лесного хозяйства и проектировании машин ВЛТИ по схеме II спроектированы и изготовлены новые образцы фронтальной навески [1—3]. Эксперименты в полевых условиях на территории Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ показали их работоспособность и подтвердили правильность теоретических предположений.

В качестве примера использования дифференциальных уравнений (10) колебаний ФМТА рассмотрим задачу выбора тягового средства для агрегата с навешенным впереди орудием типа двухотвального плуга. Параметры плуга:  $R = 6$  кН;  $\alpha_0 = 2,5$ ;  $\beta_0 = 0$ ;  $m = 500$  кг;  $I_0 = 500$  кг · м<sup>2</sup> [6].

На основании уравнений (10) по критериям Рауса — Гурвица построены некоторые области устойчивости ФМТА (рис. 3) в координатах  $u$  и  $k_T$ . На графиках видно наименьшее значение  $k_T$ , при котором еще возможно устойчивое движение агрегата с данным орудием. С увеличением параметра  $\rho$  диапазон допустимых значений  $k_T$  расширяется. Это значит, что размещение рабочих органов позади оси подвеса орудия положительно влияет на устойчивость хода не только орудия, но и всего ФМТА в целом.

При  $\rho = 0,1$  коэффициент тангенциальной жесткости гусениц трактора должен быть больше 40 кН · м/рад. Это значит, что в качестве тя-

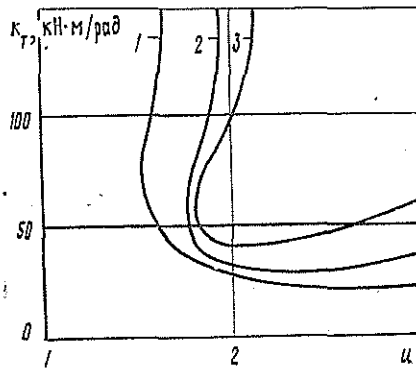


Рис. 3. Области устойчивости агрегата: 1 —  $\rho = -0,1$ ; 2 —  $\rho = 0,0$ ; 3 —  $\rho = 0,1$

гового средства может быть использован гусеничный трактор тягового класса 30 кН, для которого  $k_T = 52,4$  кН · м/рад [7]. С другой стороны, для обеспечения устойчивости хода агрегата на базе этого трактора передаточное отношение механизма навески должно быть в интервале от 1,85 до 2,50.

Таким образом, для обеспечения устойчивости движения агрегата рабочие органы рекомендуется размещать сзади или на линии оси подвеса, при этом мгновенный центр вращения механизма навески располагают впереди орудия.

Расчет параметров ФМТА по описанной методике позволяет определить их значения, при которых обеспечивается устойчивое движение агрегата.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1459618 СССР, МКИ<sup>4</sup> А 01 В 59/041. Почвообрабатывающий агрегат / Р. И. Дерюжкин, Ю. И. Полупарнев, И. Е. Донцов (СССР).— № 4146450/30-15; Заявл. 29.09.86; Опубл. 23.02.89 // Открытия. Изобретения.— 1989.— № 7.— С. 4. [2]. А. с. 1531872 СССР, МКИ<sup>4</sup> А 01 В 59/048. Почвообрабатывающий агрегат / И. Е. Донцов, Ю. И. Полупарнев (СССР).— № 4318362/30-15; Заявл. 20.10.87; Опубл. 30.12.89 // Открытия. Изобретения.— 1989.— № 48.— С. 4. [3]. А. с. 1586545 СССР, МКИ<sup>5</sup> А 01 В 59/048. Почвообрабатывающий агрегат / И. Е. Донцов, Ю. И. Полупарнев (СССР).— № 4491312/31-15; Заявл. 10.10.88; Опубл. 23.08.90 // Открытия. Изобретения.— 1990.— № 31.— С. 7. [4]. Гячев Л. В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов.— М.: Машинное строительство, 1981.— 206 с. [5]. Донцов И. Е. Влияние параметров навески на устойчивость прямолинейного неуправляемого движения фронтального орудия // Агрегатирование сельскохозяйственной техники: Сб. науч. тр. / НПО ВИСХОМ.— М.: НПО ВИСХОМ, 1989.— С. 28—34. [6]. Донцов И. Е., Полупарнев Ю. И. О силовых параметрах почвообрабатывающих орудий. Методика экспериментальных исследований // Роль энергетики и агрегатирования в повышении технического уровня сельскохозяйственных машин: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. / ВИСХОМ.— М.: ВИСХОМ, 1987.— С. 100. [7]. Панов А. И., Донцов И. Е. Устойчивость движения гусеничного трактора с плугом передней и задней навески // Исследование и разработка почвообрабатывающих и посевных машин: Сб. науч. тр. / ВИСХОМ.— М.: ВИСХОМ, 1988.— С. 24—43. [8]. Руководство по проектированию систем автоматического регулирования / Под. ред. В. А. Бесекерского.— М.: Высш. шк., 1983.— 296 с.

Поступила 11 декабря 1990 г.

УДК 630\*531 : 624.042.41

### К РАСЧЕТУ СИЛОВОГО МОМЕНТА ОТ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА ЕЛОВОЕ ДЕРЕВО

Л. В. КОРОТЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Для определения сил, действующих на машины для валки леса, необходимо знать ветровую нагрузку на дерево и вызываемый ею силовой момент.

Обычно в инженерных расчетах форму кроны елового дерева рассматривают как конус с треугольной площадью миделевого сечения и с центром тяжести, расположенным на 1/2 высоты кроны от ее основания (низа) [1, 4, 5]. В действительности, как показали наши измерения в натуре, крона елового дерева имеет параболоидную форму со значительно большей площадью миделя по сравнению с конусообразной и с большей координатой центра тяжести [2]. Так, для среднего на Севере елового дерева IV, 2 разряда высот и таксационным диаметром  $d_T = 20$  см площадь миделя конусообразной кроны равна 19,7 м<sup>2</sup>, а параболоидной 27,4 м<sup>2</sup>, или на 39 % больше. Координата центра тяжести кроны этого дерева при ее высоте 11 м составляет 6,6 м, т. е. больше

на 1,1 м, или на 20 %. Это обстоятельство дает основание считать, что вопрос об определении ветровой нагрузки на еловое дерево и силового момента, создаваемого ею и действующего на машины для валки и пакетирования, до настоящего времени не получил окончательного разрешения. Разработанная автором математическая модель кроны ели [3] с экспериментально-аналитическим выражением закономерностей изменения всех ее параметров позволяет обоснованно решить рассматриваемый вопрос.

При определении численных значений параметров кроны ели измеряли в натуре высоту кроны  $h_k$ , ее ширину в максимальном поперечнике  $b_{м.п}$  и расстояние от основания кроны до максимального поперечника  $h_{м.п}$  у 414 деревьев диаметром  $d_T$  от 8 до 40 см для I—V разрядов высот. Средние арифметические значения этих параметров для III, IV и V разрядов высот приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Разряд высот	Значения параметров, м, для деревьев диаметром, см								
		8	12	16	20	24	28	32	36	40
$h_k$	III	4,8	7,7	9,5	12,5	13,3	17,1	18,7	20,6	20,9
	IV	4,1	7,6	9,7	11,1	12,3	15,2	16,0	15,3	16,9
	V	3,7	5,9	8,5	9,6	11,5	12,0	12,8	14,5	12,8
$b_{м.п}$	III	2,0	2,7	3,2	3,0	4,0	4,4	...	...	3,5
	IV	2,2	2,7	3,1	3,3	4,0	4,0	4,6	4,6	2,9
	V	2,3	2,6	3,1	3,5	3,6	3,7	3,4	4,0	3,5
$h_{м.п}$	III—									
	V	0,6	1,2	1,8	2,2	2,2	2,3	2,3	2,2	1,8

Выравненные по диаметрам дерева высота и ширина кроны ели могут быть вычислены по уравнениям связи [2]

$$h_k = sd_T - td_T^2, \tag{1}$$

$$b_{м.п} = ud_T - vd_T^2, \tag{2}$$

где  $s, t, u, v$  — опытные коэффициенты\*; их значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Разряд высот	$s$	$t$	$u$	$v$
III	0,670	0,0027	0,260	0,0038
IV	0,663	0,0057	0,235	0,0030
V	0,600	0,0058	0,280	0,0050

Для расчета ветровой нагрузки на растущее дерево и силового момента, вызываемого ею, необходимо знать, помимо давления ветра, лобовую поверхность (площадь миделевого сечения) кроны и части ствола, расположенной ниже кроны, а также положения центров их тяжести.

Ветровая нагрузка на дерево  $F_d, H$ , состоит из нагрузки на крону  $F_k$  и на часть ствола ниже кроны  $F_c$ :

$$F_d = F_k + F_c. \tag{3}$$

\* Опытные коэффициенты всех эмпирических формул найдены методом наименьших квадратов.

Ветровая нагрузка на крону

$$F_k = \Pi_k P, \quad (4)$$

где  $\Pi_k$  — лобовая поверхность кроны, воспринимающая давление ветра, м<sup>2</sup>;

$P$  — давление ветра, Па [4].

Лобовую поверхность кроны можно выразить через площадь миделевого (в данном случае продольного осевого) сечения кроны  $A_k$  и коэффициент ее заполнения сучьями, ветвями, хвойными лапками и хвоей  $K_3$ :

$$\Pi_k = A_k K_3. \quad (5)$$

По опытным данным [4] для ели  $K_3 = 0,75$ .

Для определения этой площади была измерена ширина кроны  $b_k$  через 2 м по длине (высоте) у 95 деревьев. Средние арифметические значения высоты кроны, ширины ее в максимальном поперечнике и площади продольного сечения  $A_k$  (найденные как суммы площадей трапеций между измеренными поперечниками) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметр	Разряд высот	Значения параметров для деревьев диаметром, см						
		8	12	16	20	24	28	32
$h_k$ , м	III	5,2	7,9	9,3	11,7	13,9	...	...
	IV	4,8	7,7	9,3	11,2	13,0	13,3	16,2
	V	4,5	6,2	8,8	10,6	11,9	12,0	14,2
$b_{м.п.}$ , м	III	...	2,5	3,0	3,5	4,0	4,4	...
	IV	2,2	2,6	3,1	3,4	4,3	4,05	5,4
	V	2,8	3,0	2,8	3,8	4,0	4,3	4,5
$A_k$ , м <sup>2</sup>	III	...	14,2	17,4	30,0	39,9	...	...
	IV	7,3	14,0	18,0	27,1	36,8	38,7	55,7
	V	9,3	13,9	16,6	27,5	31,1	34,5	42,0
$A_{тр}$ , м <sup>2</sup>	III	5,7	9,9	14,0	20,5	27,8	...	...
	IV	5,3	10,0	14,4	19,0	28,0	27,0	43,8
	V	6,3	9,4	12,3	20,1	23,8	26,1	32,0
$\frac{A_k - A_{тр}}{A_{тр}}$ 100, %	III	...	43,4	24,3	46,3	43,5	...	...
	IV	37,7	40,0	25,0	42,6	31,4	43,3	27,2
	V	47,6	47,9	33,3	36,8	30,7	32,2	31,2

Наши исследования [2] показали, что контур кроны елового дерева удовлетворительно аппроксимируется уравнением квадратной параболы. В координатах  $yO_1z$  с расположением начала координат  $O_1$  в вершине кроны (рис. а) оно имеет вид [2, 3]

$$y = \frac{1}{2} (az - cz^2), \quad (6)$$

где  $y$  — расстояние от продольной оси кроны до точки на ее контуре (радиус кроны), м;  
 $z$  — расстояние от верхушки кроны до соответствующего поперечного сечения, м;

$a, c$  — опытные коэффициенты (табл. 4).

При расположении начала координат  $x, y$  в основании кроны (точка  $O$  на рис. б) уравнение (6) при  $z = h_k - x$  принимает вид

$$y = \frac{1}{2} [a(h_k - x) - c(h_k - x)^2]. \quad (7)$$

Расчетные схемы: а — для математического описания ширины кроны ели в координатах  $zO_1y$ ; б — для определения параметров кроны ели  $A_k, x_{н.к}, x_{м.к}$  в координатах  $xOy$

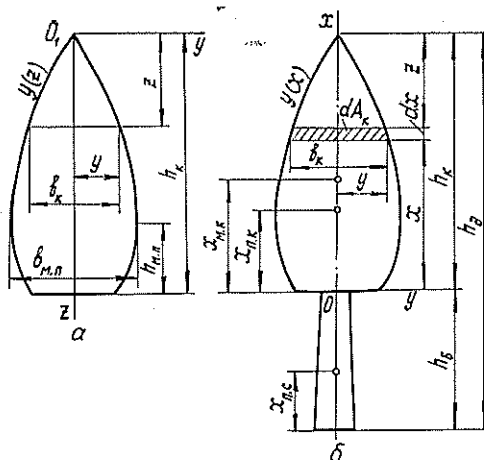


Таблица 4

Связь	Разряд высот	Коэффициенты	Значения коэффициентов для деревьев диаметром, см							
			8	12	16	20	24	28	32	36
$y(x)$ $b_k(x)$	III	$a$	...	0,814	0,651	0,858	0,809	...	...	...
		$c$	...	0,0664	0,039	0,052	0,0413	...	...	...
	IV	$a$	1,196	0,874	0,659	0,813	0,820	0,826	0,619	0,492
		$c$	0,167	0,077	0,038	0,050	0,042	0,043	0,019	0,0122
	V	$a$	...	1,375	0,744	0,825	0,682	0,941	0,717	...
		$c$	...	0,148	0,052	0,047	0,0315	0,054	0,030	...
$\rho_k(x)$	IV,2	$p$	0,340	0,200	0,200	0,200	0,200	0,500	0,460	...
		$q$	0,127	0,064	0,060	0,042	0,034	0,028	0,023	...

где  $x$  — расстояние от основания кроны до ее соответствующего поперечного сечения, м.

Тогда ширина кроны ели

$$b_k = 2y = a(h_k - x) - c(h_k - x)^2. \tag{8}$$

Элементарная площадь на длине  $dx$

$$dA_k = b_k(x) dx = 2y(x) dx. \tag{9}$$

Интегрируя это выражение с учетом (7), получаем площадь продольного сечения (миделя) кроны ели

$$A_k = 2 \int_0^{h_k} y(x) dx = \left( \frac{a}{2} - \frac{c}{3} h_k \right) h_k^2. \tag{10}$$

Значения  $A_k$ , вычисленные по формуле (10), лишь на 0,7...4,9 % больше приведенных в табл. 3.

Для сравнения в табл. 3 приведена площадь миделя треугольной кроны  $A_{тр} = 0,5 b_{м.п} h_k$  и погрешность, допускаемая при замене ею площади параболической формы. Для деревьев III разряда высот погрешность составляет в среднем 41 %, IV — 36 %, V — 33 %. Выравненные по  $d_{тр}$  значения миделя кроны параболической формы можно определить по формуле связи

$$A_k(d_T) = kd_T + jd_T^2, \quad (11)$$

где  $k, j$  — опытные коэффициенты уравнения: для III разряда высот  $k = 0,613$ ;  $j = 0,0428$ ; для IV разряда  $k = 0,814$ ;  $j = 0,0256$ ; для V разряда  $k = 1,039$ ;  $j = 0,0092$ .

С учетом выражения (10) формула для определения ветровой нагрузки на крону имеет вид

$$F_k = \left(\frac{a}{2} - \frac{c}{3} h_k\right) h_k^2 K_3 P. \quad (12)$$

При определении силового момента от ветровой нагрузки на крону рекомендуется использовать координату центра тяжести площади продольного осевого (миделевого) сечения

$$x_{п.к} = \frac{1}{A_k} \iint_{(A_k)} x dA_k = \frac{1}{A_k} \int_0^{h_k} 2xy(x) dx. \quad (13)$$

Отсюда

$$x_{п.к} = \frac{1}{12A_k} (2a - ch_k) h_k^3. \quad (14)$$

Значения  $x_{п.к}$ , вычисленные по формуле (14), приведены в табл. 5.

Таблица 5

Параметр	Разряд высот	Значения параметров для деревьев диаметром, см							
		8	12	16	20	24	28	32	36
$x_{п.к}$ , м	III	...	3,2	3,6	4,9	5,8	...	...	...
	IV	2,0	3,1	3,6	4,6	5,4	5,5	5,9	6,4
	V	...	2,4	3,5	4,2	4,5	5,2	5,7	...
$\xi_{п.к}$	III	...	0,405	0,388	0,418	0,417	...	...	...
	IV	0,417	0,403	0,388	0,410	0,415	0,414	0,365	0,370
	V	...	0,388	0,398	0,396	0,378	0,433	0,401	...
$x_{п.с}$ , м	IV	1,4	1,9	2,2	2,6	2,8	3,0	3,2	...
$x_{м.к}$ , м	III	...	4,7	5,5	7,1	8,5	...	...	...
	IV	2,7	4,6	5,5	6,4	7,1	7,5	9,0	...
	V	2,4	3,6	5,2	6,3	7,1	7,1	7,8	...
$\xi_{м.к}$	III	...	0,590	0,590	0,609	0,612	...	...	...
	IV	0,562	0,597	0,590	0,572	0,547	0,563	0,556	...
	V	0,534	0,573	0,592	0,594	0,593	0,592	0,553	...

Связь  $x_{п.к}(d_T)$  выражена уравнением

$$x_{п.к}(d_T) = md_T - nd_T^2. \quad (15)$$

Значения коэффициентов уравнения: для деревьев III разряда  $m = 0,282$ ;  $n = 0,002$ ; для IV разряда  $m = 0,289$ ;  $n = 0,00314$ ; для V разряда  $m = 0,254$ ;  $n = 0,00254$ .

В табл. 5 приведено также отношение координаты  $x_{п.к}$  к высоте кроны ( $\xi_{п.к} = x_{п.к}/h_k$ ). Для деревьев III разряда высот оно составило в среднем 0,408, IV — 0,401, V — 0,387, а для среднего IV, 2 разряда  $\xi_{п.к} = 0,4$ . Как видно, для кроны параболоидной формы отношение  $\xi_{п.к}$  больше на 0,067, или на 17 %, чем для конусообразной.

При определении силового момента, создаваемого ветровой нагрузкой на еловое дерево, можно с точностью до 3 % принимать

$$x_{п.к} = \xi_{п.к} h_k \approx 0,4 h_k. \quad (16)$$

Ветровая нагрузка на бессучковую зону ствола

$$F_c = A_c P, \quad (17)$$

где  $A_c$  — лобовая поверхность бессучковой зоны ствола, равная площади ее продольного осевого сечения, м<sup>2</sup>.

Продольное осевое сечение зоны ствола, свободной от сучьев, имеет форму трапеции. Высота ее  $h_6$ , ширина в основании кроны  $d_{o.k}$  и в месте спиливания  $d_{y.k}$ . Следовательно,

$$A_c = \frac{1}{2} (d_{o.k} + d_{y.k}) h_6. \quad (18)$$

Диаметр ствола в основании кроны

$$d_{o.k} = d_T - (h_6 - 1,3 i), \quad (19)$$

где 1,3 — расстояние от шейки корня дерева до сечения с диаметром  $d_T$ , м;

$h_6$  — длина бессучковой зоны ствола, м,  $h_6 = (h_d - h_s) \approx h_k/2$  ( $h_d$  — высота дерева, м) [2];

$i$  — средний сбеги ствола,

$$i = d_T / (h_d - 1,3). \quad (20)$$

Диаметр ствола в плоскости спиливания, названный нами условным диаметром комля,

$$d_{y.k} = d_T + 1,3i. \quad (21)$$

Ордината центра тяжести площади трапеции  $A_c$

$$x_{п.с} = \frac{2d_{o.k} + d_{y.k}}{3(d_{o.k} + d_{y.k})} h_6. \quad (22)$$

Численные значения координаты центра тяжести продольного осевого сечения бессучковой зоны ствола  $x_{п.с}$  приведена в табл. 5.

Силовой момент от ветровой нагрузки на еловое дерево относительно плоскости спиливания

$$M = F_k (x_{п.к} + h_6) + F_c x_{п.с}. \quad (23)$$

Подставив в это выражение  $F_k$ ,  $x_{п.к}$ ,  $h_6$ ,  $F_c$  и  $x_{п.с}$ , после преобразований получим

$$M = \frac{Ph_k^2}{12} \left[ K_3 (5a - 3ch_k) h_k + \frac{1}{2} (2d_{o.k} + d_{y.k}) \right]. \quad (24)$$

При определении момента от ветровой нагрузки в расчет обычно принимают координату центра тяжести масс кроны, равную  $0,5 h_k$  [1, 4, 5], также заниженную. Крона ели, как показали наши исследования, имеет переменную плотность, возрастающую от основания к вершине по закону [2]

$$\rho_k(x) = p + qx^{2*}. \quad (25)$$

По этой причине центр тяжести масс кроны  $x_{м.к}$  смещен вверх от центра ее объема и располагается выше него. Координата центра тяжести масс кроны при  $\rho_k(x) = p + qx^2$

$$x_{м.к} = \int_0^{h_k} \frac{\rho_k(x) 2y(x) dx}{\rho_k(x) 2y(x) dx} = h \frac{5(2a - ch_k) + (3a - ch_k) h_k^2 q/p}{10(3a - 2ch_k) + (5a - 2ch_k) h_k^2 q/p}. \quad (26)$$

\* Коэффициенты уравнения  $p$  и  $q$  приведены в табл. 4.

Значения  $x_{м.к}$ , вычисленные по формуле (26), приведены в табл. 5. Дробь в формуле (26) выражает отношение координаты центра тяжести масс кроны к ее высоте  $\xi_{м.к}$ , равное  $\xi_{м.к} = x_{м.к}/h_k$ . Значения  $\xi_{м.к}$  приведены в табл. 5 и в среднем равны: для деревьев III разряда — 0,598, IV — 0,560, V — 0,591, среднего IV,2 разряда — 0,58. Ввиду отсутствия связи  $\xi_{м.к}(d_T)$  можно полагать, что

$$x_{м.к} = \xi_{м.к} h_k \approx 0,58 h_k. \quad (27)$$

Связь  $x_{м.к}(d_T)$  — параболическая. Уравнение связи

$$x_{м.к} = f d_T - \omega d_T^2. \quad (28)$$

Значения коэффициентов уравнения: для деревьев III разряда  $f = 0,423$ ;  $\omega = 0,00338$ ; IV —  $f = 0,42$ ;  $\omega = 0,00454$ ; V —  $f = 0,42$ ;  $\omega = 0,00555$ .

Исследования показывают, что координата центра тяжести масс кроны при переменной ее плотности на  $(0,06 \dots 0,09) h_k$ , или на 12... 18 % больше принятой по существующей методике в расчете силового момента от ветровой нагрузки  $(0,5 h_k)$ .

Во всех расчетах отклонения вычисленных значений параметров от измеренных не превышают  $2\sigma$  ( $\sigma$  — средняя квадратичная погрешность).

#### Выводы

1. Площадь миделевого сечения конусообразной кроны ели (с коэффициентом формы 0,5) не рекомендуется принимать в расчет при определении ветровой нагрузки на дерево, так как она на 40 % меньше фактической. Силовой момент от ветровой нагрузки, даже с учетом координаты центра тяжести масс кроны, при такой площади миделя занижается на 20 %, что уменьшает надежность валочных машин.

2. При определении ветровой нагрузки на еловое дерево и силового момента, создаваемого ею, следует учитывать площадь миделевого сечения кроны параболической формы и центр тяжести миделя как однородной поверхности. Это позволит рассчитать силы, действующие на технологическое оборудование валочных машин, близкие к реальным, что обеспечит большую их надежность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бариннов К. Н., Александров В. А. Проектирование лесопромышленного оборудования: Учеб. пособие.—Л.: ЛГУ, 1988.—233 с. [2]. Коротяев Л. В. Параметры деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовительного производства: Учеб. пособие.—Л.: ЛТА, 1982.—80 с. [3]. Коротяев Л. В. Математическая модель кроны северной ели // Лесн. журн.—1984.—№ 1.—С. 46—54. [4]. Полищук А. П. Валка леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1972.—176 с. [5]. Шкиря Т. М. Технология и машины лесосечных работ: Учеб. пособие.—Львов: Львов. ун-т, 1988.—264 с.

Поступила 18 октября 1990 г.



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ СТАЛЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ПИЛ

Л. В. СЕНЬКЕВИЧ, В. В. СОЛОВЬЕВ, А. М. МОРГАЧЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Выбор материалов для изготовления дереворежущих пил возможен лишь на основе комплексной оценки механических характеристик материала.

Использование кинетических подходов к оценке работоспособности пил требует изучения таких параметров, которые характеризуют способность материала сопротивляться распространению трещин. При статических нагрузках применительно к дереворежущим пилам как к тонким пластинам такой характеристикой является критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_c$ , определяющий переход трещины в нестабильный режим развития. Значения  $K_c$  для различных типов пил и материалов содержатся в работах [5, 6]. Отмеченная характеристика при всей важности ее для расчета дереворежущих пил, не позволяет однозначно описывать состояние трещины на различных уровнях циклических нагружений.

Закономерности развития трещин, обнаруживаемые в эксперименте, показывают, что при любых циклах нагружений существует такое значение коэффициента интенсивности напряжений (КИН), ниже которого рост трещины не происходит. Эта величина также представляет собой характеристику трещиностойкости материала и называется пороговым коэффициентом интенсивности напряжений  $K_{th}$ .

В настоящее время для определения этого параметра используют аналитические [2, 4], а также экспериментальные зависимости, основанные на установлении корреляционных связей между  $K_{th}$  и наиболее легко определяемыми в опыте характеристиками. Например, для низколегированных сталей предложено следующее уравнение [3]:

$$K_{th,0} = 12,7 - 0,006\sigma_T, \quad (1)$$

где  $K_{th,0}$  — пороговый КИН при отнулевом цикле;  
 $\sigma_T$  — предел текучести материала.

Хорошую оценку порогового КИН для большинства неорганических материалов дает соотношение [4]

$$K_{th,0} = \frac{E}{10} \sqrt{\frac{3\pi}{2} \rho}, \quad (2)$$

где  $E$  — модуль упругости материала;  
 $\rho$  — размер критически напряженного элемента у вершины трещины.

Величина  $\rho$  характеризует неоднородность свойств материала и находится в пределах от 0,025 до 0,1 мкм.

Для других характеристик ( $R$ ) циклов нагружения  $K_{th, R}$  вычисляют по формуле [4]

$$K_{th, R} = K_{th, 0} \frac{1 + 0,5\nu}{1 + 0,5\nu(1 + R)/(1 - R)}, \quad (3)$$

где  $\nu = 2K_{th, 0} / (2K_c - K_{th, 0})$ ;

$$R = K_{min} / K_{max}.$$

Здесь  $K_{min}$ ,  $K_{max}$  — минимальное и максимальное значения КИН.

В данной работе  $K_{th}$  определяли опытным путем. Вместе с тем оценивали возможность применения зависимостей (1) и (2) для сталей дереворежущих пил.

Исследования выполняли на стандартной испытательной машине УМЭ-10 ТМ, оснащенной специально сконструированной приставкой, создающей переменную составляющую напряженного состояния. Образцы на внецентренное нагружение изготавливали в соответствии с требованиями [1] из материала пил, находящихся в эксплуатации на Архангельском ЦБК. Толщина образцов 5,0...5,5 мм. Нагружение производили по отнулевому циклу ( $R = 0$ ).

Максимальное значение КИН вычисляли по формуле

$$K_{max} = \frac{P_{max}}{H\sqrt{B}} 13,74 \left[ 1 - 3,35 \frac{l}{B} + 5,57 \left( \frac{l}{B} \right)^2 \right], \quad (4)$$

где  $P_{max}$  — максимальная нагрузка за цикл;  
 $H$ ,  $B$  — толщина и ширина образца;  
 $l$  — длина трещины.

Образцы нагружали, начиная от высоких уровней напряжений, при которых скорость роста трещины составляла около  $10^{-3}$  мм/цикл. Затем нагрузку снижали до тех пор, пока скорость распространения трещины ( $v$ ) не оказывалась равной или близкой к нулю. Считали, что значение порогового коэффициента интенсивности достигнуто, если  $v \leq 10^{-7}$  мм/цикл. Значение  $K_{th, 0}$  вычисляли по формуле (4) для соответствующей длины трещины и нагрузки.

Для сталей 9ХФ и 7ХН2МФА твердостью 43,3 НРС значения пороговых коэффициентов интенсивности напряжений составили соответственно 12,2 и 11,8 МПа · м<sup>1/2</sup>. С помощью математической статистики получены среднеквадратичные отклонения для этих величин: 2,1 и 2,4 МПа · м<sup>1/2</sup> при точности опыта 3,25 и 4,81 % и коэффициенте вариации 17,2 и 20,3 % соответственно для перечисленных выше марок сталей.

Эксперименты показали следующее. Во-первых, рассеяние параметров процесса разрушения значительно больше в области малых скоростей развития трещин, чем в области средних скоростей при устойчивом распространении трещины. Причем вариационные характеристики исследуемого параметра для группы образцов значительно выше, чем полученные в опытах на одном образце. В этом, по-видимому, проявляется подтвержденная и при испытаниях другого типа существенная неоднородность материала. Во-вторых, при знакопеременном цикле с положительным средним значением КИН не происходит изменения  $K_{th}$ . Поэтому отнулевой цикл и циклы с  $R < 0$  расценивают как эквивалентные. Это обстоятельство объясняется тем, что в области отрицательных КИН рост трещины не происходит.

Из приведенных ранее зависимостей наиболее приемлема для рассматриваемых сталей формула (2). Для  $\rho = 0,02 \dots 0,10$  мкм получим значения  $K_{th} = 6,13 \dots 13,72$  МПа · м<sup>1/2</sup>. Эти значения полностью укладываются в область рассеяния, установленную экспериментально.

Таким образом, для средних оценок работоспособности пил в качестве первого приближения может быть использовано среднее значение  $K_{th}$ , полученное на основании формулы (2). Отметим, что в формулу (2) не входит толщина образца. Это обстоятельство нуждается в дополнительной экспериментальной проверке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 25.506—85. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости, разрушения) при статическом нагружении.— Введ. 01.01.86 до 01.01.91.— М.: Изд-во стандартов, 1985.— 61 с. [2]. Гуревич С. Е., Едидович Л. Д. О скорости распространения трещины и пороговых значениях коэффициента интенсивности напряжений в процессе усталостного нагружения // Усталость и вязкость разрушения металлов.— М.: Наука, 1974.— С. 36—78. [3]. Гусев А. С. Сопротивление усталости и живучесть конструкций при случайных нагрузках.— М.: Машиностроение, 1989.— 246 с. [4]. Кудрявцев П. И. Нераспространяющиеся усталостные трещины.— М.: Машиностроение, 1982.— 172 с. [5]. Соловьев В. В., Микловчик Н. Ю., Бачин О. И. К вопросу о скорости роста трещины в пилах для поперечной распиловки бревен // Машини и инструменти дървопереработвающих производств: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1989.— С. 19—21. [6]. Соловьев В. В., Михайлова А. Р. Расчет на прочность дровоорежущих пильных инструментов по стадии разрушения // Лесн. журн.— 1983.— № 6.— С. 62—67.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 13 апреля 1990 г.

УДК 674.815-41 : 613.63

## ПОРИСТОСТЬ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Е. М. РАЗИНЬКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Пористость материала является существенной характеристикой, влияющей на ее физико-механические свойства. Пористость материала (%) определяют по известной формуле [1]

$$P_M = 100 (1 - \rho_M / \rho_{в.м}), \quad (1)$$

где  $\rho_M, \rho_{в.м}$  — плотности образца и вещества материала соответственно, кг/м<sup>3</sup>.

Цель настоящих исследований — определить пористость древесностружечной плиты в целом и по ее слоям, а также пористость древесных частиц и объем пор, заполненных связующим.

В общем виде пористость древесностружечной плиты складывается из объема пор древесных частиц ( $P_{д.ч}$ ) и объема пор межстружечного пространства ( $P_{м.п}$ ):

$$P_n = P_{д.ч} + P_{м.п}. \quad (2)$$

Объем пор в древесных частицах можно определять, зная объем пор, занятых связующим:

$$P_{д.ч} = P_{д.ч}^p - P_{з.с}, \quad (3)$$

где  $P_{д.ч}^p, P_{з.с}$  — объемы пор древесных частиц с учетом заполнения части их связующим (расчетное значение пористости частиц) и пор, занятых связующим соответственно, %.

Из формулы (3) имеем

$$P_{з.с} = P_{д.ч}^p - P_{д.ч}. \quad (4)$$

Поскольку величина  $P_{з.с}$  пока не известна, пористость древесных частиц можно устанавливать по формуле (2):

$$P_{д.ч} = P_n - P_{м.п}. \quad (5)$$

Пористость плиты можно определять также по формуле, аналогичной формуле (1):

$$P_n = 100(1 - \rho_n/\rho_{n.v}), \quad (6)$$

где  $\rho_n, \rho_{n.v}$  — плотности плиты и плитного вещества соответственно, кг/м<sup>3</sup>,

$$\rho_{n.v} = \rho_{д.в} + \frac{C_0 \rho_c}{100}; \quad (7)$$

$\rho_{д.в}, \rho_c$  — плотности древесного вещества (1530 кг/м<sup>3</sup> [1]) и отвержденного связующего в плите, кг/м<sup>3</sup>;

$C_0$  — общее содержание связующего в плите по сухому остатку, % к массе абс. сухой стружки,

$$C_0 = \frac{i_n C_n + i_v C_v}{100}; \quad (8)$$

$C_n, C_v, i_n, i_v$  — массовые доли связующего и стружки в наружных и внутреннем слоях плиты, %.

Из-за отсутствия данных о плотности отвержденного связующего в плите плотность плитного вещества определяли экспериментально по формуле

$$\rho_{n.v} = \frac{\rho_n}{1 - P_n/100}. \quad (9)$$

Для опытов использовали плиты промышленного изготовления трехслойной конструкции толщиной 18 мм из древесины осины, березы и сосны. В качестве связующего применяли фенолоформальдегидную смолу марки СФЖ-3014. Массовое содержание смолы по сухому остатку в наружных и внутреннем слоях плиты составляло соответственно 13 и 9 %, плотность плит — 798,3 кг/м<sup>3</sup>. Пористость определяли на пористометре «70 der Fa Carla Egba» в Мюнхенском институте исследования древесины. При проведении опыта образец размером 18 × 12 × 3 мм устанавливали в dilatометр, создавали разрежение 0,011 бар для удаления воздуха из пор плиты. После этого в прибор наливали ртуть для заполнения ею пор в образце. Затем dilatометр помещали в пористометр, где создавали давление до 200 МПа.

По данным опытов пористость древесностружечных плит составляла 52,7 %. На поры радиусом менее 1 мкм приходится 20,9 %, от 1 до 5 мкм — 11,6 %, более 5 мкм — 20,2 %. По формуле (9) при плотности плиты 798,3 кг/м<sup>3</sup> и пористости 52,7 % плотность плитного вещества равна 1688 кг/м<sup>3</sup>.

Известно, что древесностружечные плиты плоского прессования имеют значительную разноплотность по толщине, т. е. среднее значение пористости плиты. Однако, зная плотность плитного вещества, можно находить пористость любого слоя плиты. Для этого необходимо иметь распределение плотности по слоям. Разноплотность плит по толщине устанавливали экспериментально в институте исследования древесины им. В. Клаудитца в г. Брауншвейге (ФРГ) на приборе, позволяющем определять искомый параметр с помощью гамма-излучения. Результаты приведены в таблице. Для получения данных о пористости слоя плиты применяли формулу (6).

Как видно из таблицы, повышение плотности слоя плиты приводит к снижению его пористости. Эти величины связаны между собой зависимостью  $P_n = 100 - 59,24 \rho_n \cdot 10^{-3}$ .

Расчетную пористость древесных частиц определяли по формуле

$$P_{д.ч} = 100(1 - \rho_{д.ч}/\rho_{д.п}), \quad (10)$$

где  $\rho_{д.ч}$  — плотность древесных частиц в плите, кг/м<sup>3</sup>.

Плотность древесных частиц в плите находили по следующим формулам:

для наружных слоев плиты

$$\rho_{д.ч} = \rho_{с.п} - \frac{C \rho_{с.п}}{100 + C_n}, \quad (11)$$

Расстояние от поверхности плиты до исследуемого слоя, мм	Плотность слоя плиты, кг/м <sup>3</sup>	Пористость слоя плиты, %	Пористость древесных частиц, %		Объем межстружечного пространства, %	Объем пор, занятых связующим
			Расчетная	Истинная		
0,2	650	61,5	62,1	57,5	4,0	4,6
0,3	670	60,3	61,2	56,4	3,9	4,8
0,4	690	59,1	60,1	55,3	3,8	4,8
0,5	700	58,5	59,5	54,8	3,7	4,7
0,7	750	55,6	56,6	52,1	3,5	4,5
0,9	790	53,2	54,3	49,9	3,3	4,6
1,2	850	49,6	50,8	46,5	3,1	4,3
1,5	890	47,3	48,6	44,4	2,9	4,2
1,8	920	45,5	46,8	42,6	2,9	4,2
2,0	930	44,9	46,2	42,0	2,9	4,2
2,2	940	44,3	45,6	41,5	2,8	4,1
2,3	950	43,7	45,0	41,1	2,6	3,9
3,0	930	44,9	46,2	42,0	2,9	4,2
4,0	860	49,1	48,4	46,0	3,1	2,4
5,0	800	52,6	52,0	49,3	3,3	2,7
6,0	750	55,6	55,0	52,1	3,5	2,9
7,0	710	57,9	57,4	54,2	3,7	3,2
8,0	700	58,5	58,0	54,8	3,7	3,2
9,0	700	58,5	58,0	54,8	3,7	3,2

Примечание. Для определения расчетной пористости древесных частиц толщину наружного слоя плиты считали равной 3,0 мм. Распределение плотности по слоям принимали для верхней части плиты.

для внутреннего слоя

$$\rho_{д.ч} = \rho_{с.п} - \frac{C_{в\rho_{с.п}}}{10J + C_{в}} \quad (12)$$

Здесь  $\rho_{с.п}$  — плотность слоя плиты, кг/м<sup>3</sup>.

Объем межстружечного пространства в древесностружечных плитах определяли в работе [2]. В зависимости от плотности плиты площадь пустот в слоях, параллельных пласти плиты, достигает 15 % от площади поверхности образцов, а в слоях, расположенных перпендикулярно пласти плиты, составляет в среднем около 7 %. Используя эти данные, рассчитывали объем пор межстружечного пространства, на который приходится до 4 % объема плиты. Однако полученное значение требует уточнения. Так как пористость межстружечного пространства зависит от плотности и пористости слоя плиты, то можно допустить, что степень изменения  $P_{м.п}$  аналогична степени изменения пористости слоя плиты. Тогда, пользуясь результатами работы [2] и данными таблицы, можно ориентировочно определить величину пористости межстружечного пространства в исследуемых слоях плиты, а зная  $P_{м.п}$  — истинную пористость древесных частиц, вычитая из объема пор слоя плиты объем пор межстружечного пространства. По формуле (4) находили объем пор древесных частиц, занятых связующим ( $P_{з.с}$ ).

Используя формулы (7) и (8), получаем выражение для расчета плотности отвержденного связующего в плите:

$$\rho_c = \frac{(\rho_{н.в} - \rho_{д.п}) \cdot 10^4}{i_n C_n + i_v C_v} \quad (13)$$

Подставляя в эту формулу численные значения  $i_n = 34$  %;  $i_v = 66$  %;  $C_n = 13$  %;  $C_v = 9$  %, получаем  $\rho_c = 1525$  кг/м<sup>3</sup>.

Опыты сопровождали микроскопическими исследованиями. На рис. 1, 2 показано, что в стружке древесная масса находится в полуразрушенном состоянии (клеточные стенки разрушены, связь между волокна-



Рис. 1. Участок древесностружечной плиты (увеличено в 750 раз): 1 — стенка сосуда; 2 — полость сосуда; 3 — отвержденная масса связующего



Рис. 2. Состояние древесной массы в стружке, находящейся в древесностружечной плите (увеличено в 1000 раз)



Рис. 3. Вид полостей между древесными частицами (увеличено в 45 раз)



Рис. 4. Состояние отвержденной массы связующего в клеевом шве древесностружечной плиты (увеличено в 10 000 раз)

ми древесины разорвана). На рис. 1 видно, что связующее, покрывающее древесные частицы, проникает не глубоко. Это согласуется с нашими расчетами величины  $P_{3c}$ . Достаточный интерес представляют поры в стенках сосудов древесины (рис. 1, позиция 1), которые, вероятно, являются сквозными канальцами, распределенными по поверхности стенок сосудов с высокой степенью регулярности.

На рис. 3 приведена торцевая часть древесностружечной плиты с видом межстружечного пространства, имеющего довольно значительные размеры (длина до 0,5 мм).

На рис. 4 представлен вид отвержденной массы связующего в клеевом слое плиты. Как показали наши микроскопические исследования,

получение бугристой поверхности связующего обусловлено наличием в нем пузырей (пустот), образующихся при кипении. Эти пузыри могут сохранять свою целостность, а могут и лопаться. В процессе горячего прессования выход из стружечного пакета парогазовой смеси приводит к образованию более крупных полостей. В связи с этим, плотность отвержденной массы связующего значительно ниже той плотности, которую имело бы связующее при удалении влаги в целях получения монолитной массы.

По результатам исследований можно рассчитывать ряд параметров, представляющих практический интерес для совершенствования технологии и качества древесностружечных плит.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами товароведения.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 111 с. [2]. Bosshard H. H. Die Mikrostruktur von Novoran-Spanplatten // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1958.— N. 9.— S. 330—335.

Поступила 24 сентября 1990 г.

УДК 630\*812.71

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ИЗГИБЕ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Ранее\* была рассмотрена возможность определения реологических коэффициентов по диаграмме изгиба древесины, исходя из известной реологической модели. Она позволяет описывать диаграмму в координатах нагрузка — прогиб при постоянной скорости деформирования уравнением типа

$$y = ax + b(1 - e^{-x/c}), \quad (1)$$

где  $y$  — нагрузка;

$x$  — прогиб;

$a, b, c$  — коэффициенты уравнения, зависящие от деформационных свойств древесины.

Опыты показывают, что уравнение (1) не в полной мере соответствует реальной диаграмме. Расчеты дают отрицательное время релаксации, что не имеет физического смысла и заставляет сомневаться в правильности исходной реологической модели.

Все диаграммы представляют из себя S-образные кривые, имеющие точку перегиба (рис. 1). Хотя нелинейность начального участка невелика, но, как нам кажется, она может иметь принципиальное значение для понимания процессов, протекающих при изгибе древесины и других материалов. Исходя из того, что весь процесс деформирования, вплоть до разрушения образца, представляет единый физический процесс, нами принята зависимость, описывающая диаграмму  $P(f)$  во всем диапазоне нагружения. Наиболее подходящей оказалась «логистическая» кривая, выражаемая уравнением, предложенным В. Ф. Дунаевым (ЦНИИМОД):

$$y = \frac{a}{1 + e^{-b(x-c)}} - d. \quad (2)$$

\* Волянский В. Н. Определение реологических коэффициентов по диаграмме изгиба древесины // Лесн. журн.— 1986.— № 5.— С. 63—67.— (Изв. высш. учеб. заведений).

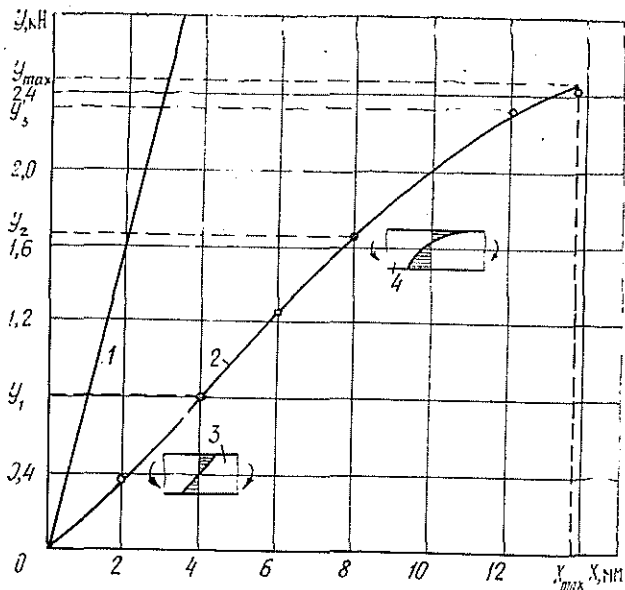


Рис. 1. Диаграмма испытания древесины на изгиб: 1 — линия перемещения захвата силоизмерителя; 2 — линия прогибов; 3 — эпюра распределения нормальных напряжений в образце для упругих деформаций; 4 — то же для пластических деформаций в зоне сжатия

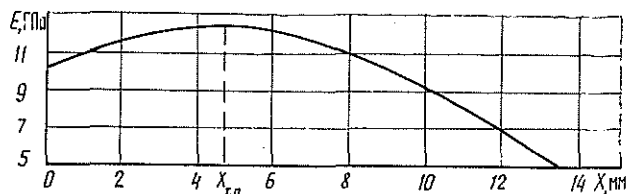


Рис. 2. График изменения текущего модуля упругости при изгибе древесины

В нашем случае  $d = 0$ , а уравнение (2) преобразуется к виду:

$$y = k \frac{e^{mx} - 1}{e^{mx} + n}, \quad (3)$$

где  $k = \frac{a e^{bc}}{1 + e^{bc}}$ ;  $m = b$ ;  $n = e^{bc}$ .

Графикам, представленным на рис. 1, 2, можно дать следующее физическое объяснение. В начальный момент нагружения в работу включается хоть и большая часть волокон древесины, но не все волокна. Это равносильно тому, что в самый начальный момент работает какая-то часть сечения образца, а модуль упругости\* имеет минимальное значение. По мере нагружения жесткость образца возрастает как за счет увеличения фактического рабочего сечения образца, так и за счет появления уплотненной древесины в зоне сжатия. Эпюра распределения нормальных напряжений по толщине образца выражена прямой линией, угол наклона которой уменьшается по мере увеличения нагрузки. В момент, соответствующий точке перегиба на диаграмме  $P(f)$ , устойчивость сжатых волокон нарушается и на сжатом участке появляется зона пластических деформаций, т. е. складка сжатия. После этого модуль упругости быстро снижается при почти не изменяющемся напря-

\* Под модулем упругости здесь понимается переменный коэффициент, связывающий нагрузку и прогиб, а не константа древесины.



жени сжатия вдоль волокон, которое зависит теперь не от деформации, а от скорости деформирования. Эпюра нормальных напряжений становится нелинейной, так как в растянутой зоне изгибаемого образца напряжения продолжают расти и нейтральная ось образца сдвигается в сторону растянутой части. Разрушение образца происходит от разрыва растянутых волокон.

Мнение о том, что нелинейность начального участка связана с обмятием древесины и покоробленностью образцов, является ошибочным. При испытании сосновых образцов на пролете 340 мм по трехточечной схеме нагружения использовали не круглые, а плоские опоры и нагружающий нож и этим практически сводили смятие древесины до нуля. Некоторую покоробленность образцов устраняли уже при нагрузке 20...30 Н, что составляет около 1% от разрушающей нагрузки, поэтому она также не могла сколько-нибудь заметно отражаться на характере диаграммы нагрузка — прогиб.

Всего испытано 110 образцов сечением  $50 \times 17$  мм. Для каждого образца определяли плотность, фиксировали наклон волокон и годичных слоев, наличие заболонной и ядровой древесины, снимали диаграмму  $P(f)$ . Установлено, что все диаграммы могут быть выражены зависимостью (3).

При расчете коэффициентов, входящих в формулу (3), необходимо иметь три уравнения с тремя неизвестными  $k$ ,  $m$ ,  $n$ . Для этого, задавая шагом  $t$  по оси  $x$ , снимали на диаграмме три значения нагрузки  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$ . После преобразования формулы (3) получаем следующие уравнения:

$$e^{mt} = \frac{y_1 n + k}{k - y_1};$$

$$e^{2mt} = \frac{y_2 n + k}{k - y_2};$$

$$e^{3mt} = \frac{y_3 n + k}{k - y_3}.$$

Путем последовательного деления равенств друг на друга и после алгебраических преобразований пришли к квадратному уравнению

$$k^2 + pk + q = 0.$$

Для положительных значений  $x$  и  $y$  имеем

$$k = p/2 + \sqrt{(p/2)^2 + q}, \quad (4)$$

где 
$$p = \frac{Q_6(Q_1 - Q_2)}{Q_4 Q_3 + Q_5(Q_1 - Q_2)}; \quad q = \frac{p Q_3}{Q_1 - Q_2}.$$

Здесь 
$$\begin{aligned} Q_1 &= (2y_1 - y_2) y_3; & Q_4 &= y_1 + y_2 - y_3; \\ Q_2 &= (y_1 + y_2 - y_3) y_1; & Q_5 &= y_1 y_2; \\ Q_3 &= (y_2 - y_3) y_1^2; & Q_6 &= y_1 y_2 y_3. \end{aligned}$$

После определения коэффициента  $k$  найдем остальные два неизвестных параметра

$$n = 1 + k \frac{Q_1 - Q_2}{Q_3}; \quad m = \frac{1}{t} \ln \frac{k + y_1 n}{k - y_1}. \quad (5)$$

Проведенные расчеты позволяют сопоставлять теоретическую кривую с фактической. Вычисления показывают, что если шаг измерения  $t$  достаточно велик и три замера нагрузки охватывают почти весь диапазон нагружения, то совпадение теоретической кривой, рассчитанной по формуле (3), с реальной диаграммой, полученной с помощью диаграм-

много аппарата испытательной машины, почти абсолютное. В частности, для образца, результаты испытания которого представлены на рис. 1, при  $t = 4$  мм и  $y_1 = 0,8$  кН,  $y_2 = 1,64$  кН,  $y_3 = 2,3$  кН имеем  $k = 3,13$  кН,  $n = 2,512$  и  $m = 1,978$ . Следовательно, уравнение (3) можно записать в виде

$$y = 3130 \frac{e^{1,978x} - 1}{e^{1,978x} + 2,512}.$$

При малом шаге измерения  $t$  возможны расхождения теоретической кривой с экспериментальной диаграммой, так как формулы расчета очень чувствительны к точности задания исходных данных. Это показывает, что использовать предлагаемую математическую модель для прогнозирования предельной нагрузки или предельного прогиба затруднительно.

Зависимость (3) позволяет анализировать, как меняется модуль упругости в ходе деформирования образца. Во-первых, нужно отметить, что он не остается постоянным даже на начальной ступени нагружения. Поэтому определяемый стандартными методами модуль упругости является некоторой усредненной и приближенной величиной. Фактически при изгибе древесины можно говорить лишь о мгновенном модуле упругости, как о первой производной нагрузки по прогибу:

$$E = \frac{d}{dx} \left( \frac{l^3}{4bh^3} y \right) = \frac{l^3}{4bh^3} \frac{km e^{mx} (n+1)}{(e^{mx} + n)^2}, \quad (6)$$

где  $l$  — расстояние между опорами;  
 $h$  — толщина образца.

Минимальный модуль упругости определяют из условия  $x = 0$

$$E_{\min} = \frac{km}{n+1} \frac{l^3}{4bh^3}. \quad (7)$$

Максимальное значение модуль упругости принимает в точке перегиба (рис. 2), т. е. там, где вторая производная равна нулю:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = km^2 (n+1) \frac{e^{mx} (n - e^{mx})}{(e^{mx} + n)^3} = 0.$$

Отсюда следует  $n - e^{mx} = 0$ .

Абсцисса точки перегиба может быть определена из следующего условия:

$$x_{г.п.} = (\ln n)/m. \quad (8)$$

Подставляя это значение в формулу (6), получаем выражение для максимального модуля упругости:

$$E_{\max} = \frac{km(n+1)}{4n} \frac{l^3}{4bh^3}. \quad (9)$$

Отношение  $E_{\max}/E_{\min}$  может служить характеристикой нелинейности начального участка диаграммы

$$E_{\max}/E_{\min} = (n+1)^2/(4n). \quad (10)$$

Поскольку последняя величина зависит только от  $n$ , то этот параметр можно считать характеристикой нелинейности начального участка диаграммы нагрузка — прогиб. Как видно из рис. 1, 2, даже при незначительной на первый взгляд нелинейности, разница в модулях упругости довольно существенная. Для разобранный случая имеем  $E_{\min} = 10,2$  ГПа и  $E_{\max} = 12,5$  ГПа, что дает разницу в 22,5%. Интересно заметить, что при  $n = 1$  минимальный и максимальный модули упругости

равны. Это происходит потому, что точка перегиба смещается в начало координат. Для этого частного случая снижение модуля упругости наблюдается сразу после начала нагружения. Как следует из наших опытов, для древесины  $n$  всегда больше 1.

Расчет модулей упругости выполнен на испытательной машине Р-0,5 с учетом податливости силоизмерителя. При абсолютно жестком силоизмерителе имеем

$$y'(x) = dx/dy = \operatorname{tg} \alpha.$$

В реальной машине перемещение пассивного захвата увеличивает тангенс угла наклона прямой

$$y'(x) = \operatorname{tg}(\alpha + \beta).$$

Податливость системы образец — приспособление складывается из суммы податливости ее компонентов

$$1/y' = 1/y'_\phi + c,$$

где  $y'_\phi$  — фактическая жесткость образца;  
 $c$  — податливость силоизмерителя.

Отсюда

$$E = \frac{l^3}{4bh^3(1/y' + c)}. \quad (11)$$

Для машины Р-0,5 при испытании на шкале № 3 (до 5 кН) величина  $c = 1,48 \cdot 10^{-3}$  мм/Н и учет ее обязателен. При  $c \rightarrow 0$  формула (11) принимает обычный вид

$$E = \frac{l^3}{4bh^3} y'.$$

Формула (8) позволяет определять нагрузку при деформации, соответствующей точке перегиба. Подставляя значение  $x_{т.п}$  в формулу (3), получаем:

$$y_{т.п} = k(n-1)/(2n). \quad (12)$$

Согласно нашим предположениям, в точке перегиба достигается предел упругости при сжатии.

Коэффициент  $k$ , входящий в формулу (3), представляет собой асимптоту функции, поскольку при  $x \rightarrow \infty$   $y \rightarrow k$ . Поэтому можно сказать, что  $k$  выражает ту предельную нагрузку, которую способен выдерживать образец, если его упругость будет полностью исчерпана, т. е. модуль упругости будет равен нулю. На самом деле ни у одного образца в момент разрушения модуль упругости не равен нулю. Замечено, что при высоком значении предельного модуля упругости наблюдаются хрупкое разрушение образцов, при низком — зацепистое. Показатель степени  $m$  определяет угол наклона графика, но по своей сути не является характеристикой упругости, так как первая производная включает все три параметра.

По предлагаемой математической модели можно точно рассчитать работу, затраченную на деформирование образца путем интегрирования основной функции в пределах от 0 до  $x_{\max}$

$$A = k \int_0^{x_{\max}} \frac{e^{mx} - 1}{e^{mx} + n} dx. \quad (13)$$

В заключение отметим, что эта математическая зависимость достаточно хорошо описывает реальный процесс деформирования древесины

при изгибе. Для практического ее использования достаточно на графике взять три точки, по возможности полно охватывающие весь диапазон нагружения, и по формулам найти коэффициенты уравнения (3), имеющие определенный физический смысл. Анализ полученной зависимости позволяет установить изменчивость модуля упругости в ходе деформирования, найти минимальный и максимальный модули упругости, а также предельный модуль упругости в момент разрушения образца и рассчитать работу деформирования. Предложенная математическая модель может найти применение для детального изучения процессов, протекающих при изгибе древесины и других материалов, а также при определении их деформационных показателей.

Поступила 9 октября 1990 г.

УДК 630\*323.4

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАСКРЯЖЕВКИ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕ КРУГЛОЙ ПИЛЫ

А. С. ТОРОПОВ

Марийский политехнический институт

В работе [2] приведена математическая модель процесса раскряжевки при вращательной подаче цепной пилы. В данной работе предложена программа, позволяющая определять необходимые параметры механизма резания для конкретных производственных условий.

Для процесса раскряжевки при вращательной подаче круглой пилы характерно вращательное движение элементов резания (зубьев пи-

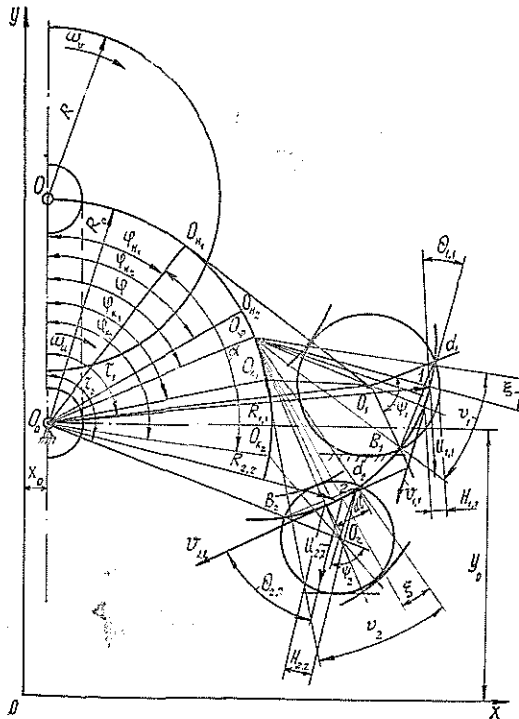


Рис. 1

лы) с угловой скоростью  $\omega_v$  и вращательное движение механизма подачи со скоростью  $\omega_u$ . На рис. 1 представлена расчетная схема механизма резания (МРКВ).

Процесс резания характеризуют следующие основные величины:  $X_0Y_0$  — координаты оси вращения механизма подачи в системе  $XOY$ ;  $X_i, Y_i, d_i$  — соответственно, координаты центра и диаметр  $i$ -го предмета раскряжевки;  $n$  — количество обрабатываемых лесоматериалов;  $\varphi$  — угол между осями  $Y$  и  $OO_1$  в рассматриваемый момент раскряжевки;  $\varphi_{нi}, \varphi_{кi}$  — углы в начальный и конечный моменты резания;  $\tau_i$  — угол между осью  $Y$  и линией, соединяющей точку  $O_0$  с центром поперечного сечения;  $\alpha$  — угол подачи механизма резания при одновременном поперечном пилении лесоматериалов с центрами  $O_1$  и  $O_2$ ;  $R_{ij}$  — радиус вращения  $j$ -го элемента при резании  $i$ -го предмета раскряжевки;  $u_{ij}$  — скорость подачи в определенный момент подачи;  $v_{ij}$  — скорость резания в определенный момент подачи;  $\Theta_{ij}$  — кинематический угол встречи, угол между векторами  $u_{ij}$  и  $v_{ij}$ ;  $H_{ij}$  — высота пропила в определенный момент подачи;  $K_{ij}, P_{рij}, P_{оij}$  — соответственно, удельная работа резания, сила сопротивления резанию, сила сопротивления отжиму (затягиванию) при раскряжевке в определенный момент подачи;  $Z_i$  — количество элементов резания в определенный момент подачи при раскряжевке;  $dl$  — длина резания одним зубом;  $R$  — радиус пилы;  $R_0$  — радиус вращения точки  $O$ ;  $S_n$  — толщина диска пилы;  $c$  — развод зубьев на сторону.

Используя рис. 1 и данные работы [2], получаем

$$\varphi_{нi} = \arcsin \frac{X_i - X_0}{B_i} - \arccos \left\{ \left[ R_0^2 + B_i^2 - \left( R + \frac{d_i}{2} \right)^2 \right] / 2R_0B_i \right\}; \quad (1)$$

$$\varphi_{кi} = \arcsin \frac{X_i - X_0}{B_i} - \arccos \left\{ \left[ R_0^2 + B_i^2 - \left( R - \frac{d_i}{2} \right)^2 \right] / 2R_0B_i \right\}; \quad (2)$$

$$\nu_i = 2 \arccos \left[ \left( R^2 + R_0^2 + B_i^2 - 2R_0B_iC_i - \frac{d_i^2}{4} \right) / \left( 2R \sqrt{R_0^2 + B_i^2 - 2R_0B_iC_i} \right) \right]; \quad (3)$$

$$R_{ij} = \sqrt{ \frac{R_0^2 + R^2 - 2R_0R \cos \left\{ \arccos \left[ (R_0 - B_iC_i) / \sqrt{R_0^2 + B_i^2 - 2R_0B_iC_i} \right] + \frac{\nu_i(2j-1)\xi}{4} \right\}}{ \sqrt{R_0^2 + B_i^2 - 2R_0B_iC_i} + \frac{\nu_i(2j-1)\xi}{4} } }; \quad (4)$$

$$\Theta_{ij} = \arccos \left[ (R^2 + R_{ij}^2 - R_0^2) / (2RR_{ij}) \right]; \quad Z_i = R\nu_i/dl; \quad (5)$$

$$\alpha = \max(\varphi_{кi}) - \min(\varphi_{нi}); \quad u_{ij} = R_{ij}\omega_u; \quad H_{ij} = dl \sin(\Theta_{ij}), \quad (6)$$

где  $B_i = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}$ ;  $C_i = \cos \left( \arcsin \frac{X_i - X_0}{B_i} - \varphi \right)$ ;

$\nu_i$  — угол сектора пилы, определяющего длину дуги резания лесоматериала;

$\xi$  — половина угла сектора пилы, определяющего длину дуги резания лесоматериала одним зубом.

Равенства (1) — (6) имеют смысл при  $\varphi_{нi} < \varphi < \varphi_{кi}$ , иначе  $Z_i = 0$ .

Производительность механизма резания характеризуется площадью резания в единицу времени. Площадь  $S_2$  резания предмета раскряжевки с центром  $O_2$  (рис. 1) может быть определена с учетом следующих выражений:

$$S_2 = S'_2 + S''_2 = (S'_{c_2} - S'_{\tau_2}) + (S''_{c_2} - S''_2),$$

где  $S'_2$  и  $S''_2$  — площади сегмента  $d_2B_2$  для лесоматериала и инструмента соответственно ( $d_2$  — диаметр лесоматериала с центром  $O_2$ );

$S'_{c_2}$  и  $S''_{c_2}$  — площади секторов  $O_2d_2B_2$  и  $O_\varphi d_2B_2$  для лесоматериала и инструмента соответственно,

$$S'_{c_2} = d_2^2 \psi_2 / 8; \quad S''_{c_2} = R^2 v_2 / 2;$$

$S'_{\tau_2}$  и  $S''_{\tau_2}$  — площади треугольников  $O_2d_2B_2$  и  $O_\varphi d_2B_2$  для лесоматериала и инструмента соответственно,

$$S'_{\tau_2} = (d_2^2 \sin \psi_2) / 8; \quad S''_{\tau_2} = (R^2 \sin v_2) / 2.$$

Здесь  $\psi_2$  — угол сектора лесоматериала, определяющего длину дуги резания,

$$\psi_2 = 2 \arcsin [2R \sin (v_2/2) / d_2],$$

Если

$$\varphi \leq \arcsin \frac{X_i - X_0}{B_i} - \arccos \left[ \left( R_0^2 + B_i^2 - R^2 + \frac{d_i^2}{4} \right) / 2R_0 B_i \right], \quad (7)$$

то

$$S_i = S'_i + S''_i = (S'_{c_i} - S'_{\tau_i}) + (S''_{c_i} - S''_{\tau_i});$$

если

$$\psi_i = 2 \arcsin [2R \sin (v_i/2) / d_i],$$

то

$$S_i = \pi d_i^2 / 4 - S'_i + S''_i,$$

где

$$S'_{c_i} = d_i^2 \psi_i / 8; \quad S'_{\tau_i} = (d_i^2 \sin \psi_i) / 8;$$

$$S''_{c_i} = R^2 v_i / 2; \quad S''_{\tau_i} = (R^2 \sin v_i) / 2.$$

Площадь резания  $S_k$ , производительность механизма резания  $\Pi_k$ , среднюю и максимальную производительности резания  $\Pi_c$  и  $\Pi_{max}$ , а также высоты резания  $H_i$ ;  $H_k$ ;  $H_c$ ;  $H_{max}$  найдем по формулам, предложенным в работе [2].

Согласно расчетной схеме, приведенной на рис. 2, раскряжевка круглых лесоматериалов возможна при условии:

$$B_i \geq (D_{ш} + 2m_i + d_i) / 2; \quad B_i + d_i / 2 + m_i \leq R_0 + R - \Delta_3, \quad (8)$$

где  $D_{ш}$  — максимальное значение диаметра прижимной шайбы или шкива;

$m_i$  — отклонение от правильной формы в поперечном сечении  $i$ -го лесоматериала;

$\Delta_3$  — запас на заточку пилы.

Возможный угол поворота механизма резания

$$\varphi_v = \min (\varphi_{vi}). \quad (9)$$

Здесь  $\varphi_{vi}$  — возможный угол поворота механизма резания при раскряжевке отдельно  $i$ -го предмета труда.

Для случая

$$\sqrt{B_i^2 - [(d_i + D_{ш}) / 2 + m_i]^2} \leq R_0$$

имеем

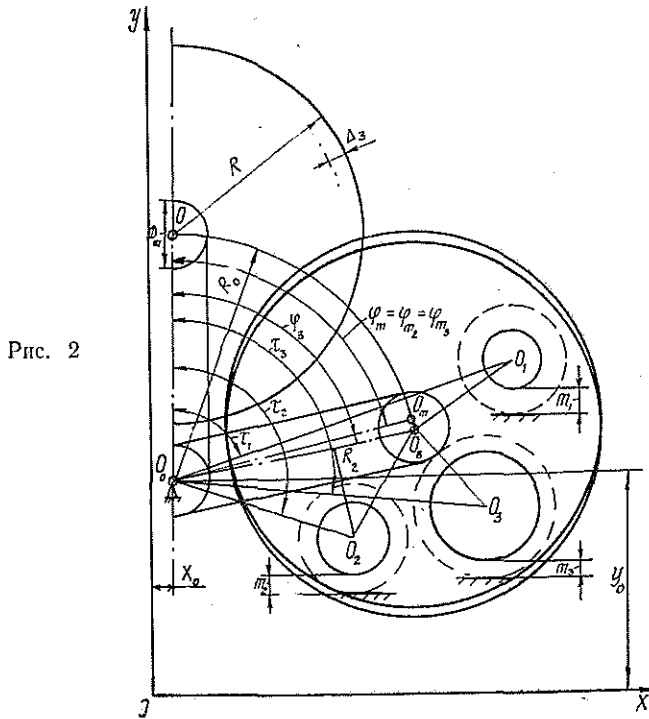


Рис. 2

$$\varphi_{вi} = \arcsin \frac{X_i - X_0}{B_i} - \arcsin \left[ \frac{(d_i + D_{ин})/2 + m_i}{B_i} \right].$$

Если это условие не выполняется, то

$$\varphi_{вi} = \arcsin \frac{X_i - X_0}{B_i} - \arccos \left\{ \frac{R_0^2 + B_i^2 - [(d_i + D_{ин})/2 + m_i]^2}{2R_0 B_i} \right\}. \quad (10)$$

Необходимый угол поворота механизма резания

$$\varphi_m = \max (\varphi_{mi}), \quad (11)$$

где  $\varphi_{mi}$  — необходимый угол поворота механизма резания при раскрывке отдельно  $i$ -го предмета труда.

Нетрудно доказать, что

$$\varphi_{mi} = \arcsin \frac{X_i - X_0}{B_i} - \arccos \left[ \frac{R_0^2 + B_i^2 - (R - d_i/2 - m_i)^2}{2R_0 B_i} \right]. \quad (12)$$

Следовательно, раскрывка осуществима при условии

$$\varphi_m \leq \varphi_{в}. \quad (13)$$

Представляет также интерес определение наименьших (необходимых) параметров для конкретной ситуации раскрывки (радиусы пилы  $R_n$  и механизма подачи  $R_{он}$ ):

$$R_n = \max (R_{ni}); \quad R_{он} = \max (R_{они}), \quad (14)$$

где  $R_{ni}, R_{они}$  — необходимые радиусы пилы и механизма подачи пилы для раскрывки  $i$ -го лесоматериала при конкретной ситуации.

Радиусы  $R_{ni}$  и  $R_{oi}$  при заданном угле  $\varphi_b$  определяются зависимостями:

$$R_{ni} = \sqrt{R_0^2 + B_i - 2R_0B_i \cos \left| \arcsin \left( \frac{X_i - X_0}{B_i} \right) - \varphi_b \right|} + d_i/2 + m_i; \quad (15)$$

$$R_{oi} = B_i \sin [\pi - (\sigma_i + \beta_i)] / \sin \beta_i,$$

где  $\sigma_i = \left| \arcsin \left( \frac{X_i - X_0}{B_i} \right) - \varphi_b \right|;$

$$\beta_i = \pi - \arcsin \{ (B_i \sin \sigma_i) / [R - (d_i/2 + m_i)] \}.$$

Исходя из представленной на рис. 3 расчетной схемы взаимодействия МРКВ с древесиной, видим, что с помощью крутящего момента  $M_{uk}$  осуществляется вращательное движение механизма резания:

$$M_{uk} = \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^{Z_i} P_{pij} R_{ij} (\alpha_v \sin \theta_{ij} \pm \cos \theta_{ij}) \right] - R_0 (G_1 + G_2/2) \sin \varphi \cos \nu + M_{dk}, \quad (16)$$

где  $M_u$ ,  $M_d$  — крутящий и демпфирующий моменты подачи рамы механизма резания;

$G_1$ ,  $G_2$  — вес пилы и рамы соответственно.

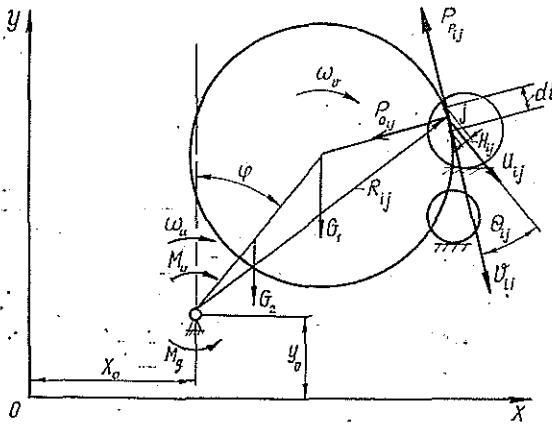


Рис. 3

Величины  $P_{oij}$  и  $P_{rij}$ , входящие в уравнение (16), находим по формулам:

$$P_{oij} = 0,2a_p^2 P_{rij}; \quad P_{rij} = K_{ij} (S_n + 2C) H_{ij} \frac{u_{ij}}{v_{ij}},$$

где

$a_p$  — коэффициент, учитывающий затупляемость зубьев пилы;

$$K_{ij} = 8,5 \cdot 10^5 a_{pi} a_{wi} a_{ti} a_{ci} a_p / [u_{zij}^{0,15} (S_n + 2C)^{0,5}];$$

$a_{pi}$ ,  $a_{wi}$ ,  $a_{ti}$ ,  $a_{ci}$  — соответственно коэффициенты, учитывающие породу, влажность, температуру, сучковатость  $i$ -го предмета раскряжевки;

$u_{zij}$  — подача на  $j$ -й зуб при раскряжевке  $i$ -го лесоматериала в определенный момент подачи;

$$u_{zij} = dl u_{ij} / v_{ij};$$



$$v_{ij} = v_0 - 0,2v_0 [\varphi - \min(\varphi_{ni})][\max(\varphi_{ki}) - \min(\varphi_{ni})]^{-1} + \\ + 0,1v_0 [\varphi - \min(\varphi_{ni})][\max(\varphi_{ki}) - \min(\varphi_{ni})]^{-2} \left[ \varphi - \right. \\ \left. - \frac{\max(\varphi_{ki}) + \min(\varphi_{ni})}{2} \right];$$

$v_0$  — скорость резания в начале раскряжевки.

Суммарная мощность механизма резания складывается из мощностей, затрачиваемых на резание ( $N_{pk}$ ) и подачу ( $N_{uk}$ ). В свою очередь,  $N_{pk}$  и  $N_{uk}$  определим по формулам

$$N_{pk} = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^{z_i} P_{pij} v_{ij} \right); \quad N_{uk} = M_{uk} \omega_u. \quad (17)$$

Выражение для определения скорости резания  $v_{ij}$  в зависимости от подачи механизма резания  $\varphi$  получено по интерполяционной формуле Ньютона с учетом результатов теоретических и экспериментальных исследований. При  $\varphi = \min(\varphi_{ni})$  скорость резания равна  $v_0$ , при  $\varphi = 0,5 [\min(\varphi_{ni}) + \max(\varphi_{ki})]$  составляет  $0,9v_0$ , а при  $\varphi = \max(\varphi_{ki})$  равна  $0,85 v_0$ .

Мощность двигателя  $N_v$ , приводящего во вращение пилу, согласно [1], определим по формуле

$$N_v = A_v / (t_n \eta_p K_n), \quad (18)$$

где  $A_v$  — работа сил, действующих на двигатель;  
 $t_n$  — продолжительность пиления;  
 $\eta_p$  — КПД привода;  
 $K_n$  — коэффициент перегрузки двигателя.

Работу  $A_v$  найдем по формуле

$$A_v = \sum_{k=1}^{g_0} (N_{pk} d\varphi / \omega_u) - 1528,8 D_n^2 S_n S_0^2 \Delta_s (2 - \Delta_s), \quad (19)$$

где  $g_0$  — необходимое количество шагов варьирования  $\varphi$ ;  
 $D_n$  — диаметр пилы;  
 $\Delta_s$  — скольжение двигателя.

Мощность двигателя подачи пилы  $N_u$  выразим, как

$$N_u = A_u / (t_n \eta_u K_n). \quad (20)$$

Здесь  $A_u$  — работа двигателя,

$$A_u = \sum_{k=1}^{g_0} (N_{uk} d\varphi / \omega_u); \quad (21)$$

$\eta_u$  — КПД подачи.

С учетом изложенного разработана программа расчета параметров механизма резания (МРКВ) для варианта подачи  $\omega_u = \text{const}$ .

Таким образом, математические зависимости (1) — (21) могут быть рекомендованы для обоснования и расчета параметров круглой пилы с вращательным (качательным) движением подачи при поштучной и пачковой раскряжевке лесоматериалов.

Разработанная программа МРКВ позволяет определять необходимые параметры механизма резания для конкретных производственных условий, исследовать процесс резания с учетом взаимодействия каждого элемента механизма резания с древесиной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Торопов А. С. Необходимая мощность привода пил большого диаметра при групповой раскряжке хлыстов // Лесн. журн.— 1980.— № 5.— С. 96—100.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Торопов А. С. К определению параметров процесса раскряжки цепной пилой с вращательным движением подачи // Лесн. журн.— 1988.— № 4.— С. 43—48.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 11 декабря 1990 г.

УДК 536.24

## ТЕПЛОБМЕН И АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ШАХМАТНЫХ СТЕСНЕННЫХ ПУЧКОВ ИЗ ТРУБ С НАКАТНЫМИ РЕБРАМИ

В. Б. КУНТЫШ

Архангельский лесотехнический институт

Трубы с накатными алюминиевыми ребрами применяют в калориферах лесосушильных камер, паровых котлов, системах вентиляции и отопления промышленных цехов и зданий, в теплообменниках воздушного охлаждения технологических продуктов. При этом обеспечивается заметное улучшение массогабаритных характеристик аппарата и экономия цветного металла. Теплорекуператоры из подобных труб (коэффициент оребрения  $\varphi = 11 \dots 16$ ; внутренний диаметр 35...38 мм) с насыщенной зоной охлаждения паровоздушной смеси (ПВС) используют в сушильной части бумаго- и картоноделательных машин [2]. Ограниченные потери напора ПВС в межтрубном пространстве удовлетворяются компоновкой оребренных труб в шахматном пучке со свободным поперечным  $S_1$  и поджатым продольным  $S_2$  шагами. При таком размещении наиболее загроможденным (сжатым) межтрубным сечением является диагональное. Шахматные пучки, удовлетворяющие этому условию, называются стесненными.

Теплоаэродинамические характеристики стесненных пучков оребренных труб мало изучены [5]. Существующие экспериментальные данные не позволяют с достаточной надежностью проверить возможность применения обобщенных уравнений подобия [1, 3, 5] шахматных компоновок к расчету конвективной теплоотдачи и аэродинамического сопротивления.

Цель настоящей работы — восполнить обнаруженные пробелы в проектировании компактных теплорекуператоров, что послужило основой при выборе геометрических размеров и характеристик объектов исследования.

Опыты проводили на биметаллических трубах Таллинского машиностроительного завода им. Лауристина с накатными однозаходными алюминиевыми ребрами. Геометрические размеры ребер и трубы в мм: наружный диаметр ребра  $d = 69,5$ ; высота  $h = 14,8$ ; шаг  $s = 3$ ; средняя толщина ребра  $\Delta = 0,6$ ; диаметр трубы у основания ребра  $d_0 = d - 2h = 39,9$ ;  $\varphi = 14,67$ . Из этих труб собирали шахматные шестирядные пучки I—V, обтекаемые снаружи перпендикулярным потоком воздуха. При этом  $S_1 = 133$  мм, что соответствует относительному поперечному шагу  $\sigma_1 = S_1/d = 1,914$ . Пучки устанавливали вертикально в центре рабочего участка сечением  $400 \times 400$  мм разомкнутой аэродинамической трубы [4]. Теплоотдачу изучали локальным тепловым моделированием при помощи парозлектрического калориметра с температурой кипения воды  $\approx 100$  °С.

Методика исследования и обработки опытных данных изложена в работе [4]. Полученные геометрические характеристики пучков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры	Числовые значения параметров для номера пучка				
	I	II	III	IV	V
$S_2$ , мм	66,44	55,16	48,00	40,76	36,00
$S'_2$ , мм	94,0	86,4	82,0	78,0	75,6
$\sigma_2$	0,956	0,794	0,690	0,586	0,518
$\sigma'_2$	1,350	1,240	1,180	1,122	1,088
$\beta$	1,72	2,00	2,21	2,44	2,61
$\chi_{фр}$	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656
$\chi_д$	0,725	0,615	0,545	0,485	0,449
$\Pi$ , м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	208	251	288	339	384

Примечание.  $\sigma_2$ ,  $\sigma'_2$  — относительные продольный и диагональный шаги:  $\sigma_2 = S_2/d$ ;  $\sigma'_2 = S'_2/d$ .

Компоновочные характеристики пучка — коэффициент компактности  $\Pi = \pi d_0 \varphi / S_1 S_2$  и безразмерный конструктивный симплекс  $\beta$ , обычно рассчитываемый без учета влияния ребер по соотношению для гладкотрубной поверхности  $\beta = (S_1 - d_0) / (S'_2 - d_0)$  [5]. Коэффициенты загромождения сжатого фронтального и диагонального сечений пучка вычисляли по формулам

$$\chi_{фр} = 1 - (d_0 + 2h\Delta/s) / S_1; \tag{1}$$

$$\chi_д = [2(S'_2 - d_0) - 4h\Delta/s] / S_1. \tag{2}$$

где  $S'_2$  — среднедиагональный шаг.

Приведенные в табл. 1 значения  $\chi_{фр}$  и  $\chi_д$  определяли с учетом монтажных размеров опытных пучков. Скорости воздуха в диагональном  $w_д$  и фронтальном  $w$  сжатых сечениях пучка связаны между собой соотношением

$$w_д = w \chi_{фр} / \chi_д. \tag{3}$$

Наиболее загроможденное сечение (см. табл. 1) в пучках II—V — диагональное, так как  $\chi_{фр} > \chi_д$  (эти пучки относят к группе стесненных). Максимальная скорость воздуха в пучках II—V соответствует диагональному сечению, а в пучке I, который является базовым по отношению к стесненным, она находится во фронтальном загроможденном сечении. Разнопроходность пучка устанавливают равенством  $\chi_{фр} = \chi_д$ , откуда при  $S_1 = 133$  мм для изучаемой геометрии труб  $S'_2 = 89,5$  мм, а  $\beta = 1,877$ . Для гладкотрубных пучков это условие всегда соблюдается при  $\beta = 2$ .

В экспериментах определяли приведенный коэффициент теплоотдачи  $\alpha_i$   $i$ -го ряда пучка, а затем рассчитывали средний приведенный коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  [4]. Значения  $\alpha_i$  и  $\alpha$  вычислены по полной наружной площади поверхности оребрения калориметрической трубы. Измерения теплоотдачи проводили в 1, 2, 3 и 4-м рядах. Опытные данные по приведенным коэффициентам теплоотдачи и аэродинамическому сопротивлению пучка обрабатывали и представляли в числах подобия  $Nu_i$ ,  $Nu$ ,  $Re$  и  $Eu$ . За линейный размер принимали диаметр трубы  $d_0$ . Критерии  $Re$  и  $Eu$  вычисляли по скорости воздуха в сжатом фронтальном сечении  $w$  и максимальной скорости в диагональном сечении  $w_д$ . Максимальная относительная среднеквадратичная погрешность определения чисел  $Nu_i$ ,  $Re$ ,  $Eu$  не превышала 3,9; 3,5 и 4,8 % соответственно.

Теплоотдача различных рядов пучков I—V изображена опытными точками на рис. 1, а сопротивление шести рядов пучков — на рис. 2.

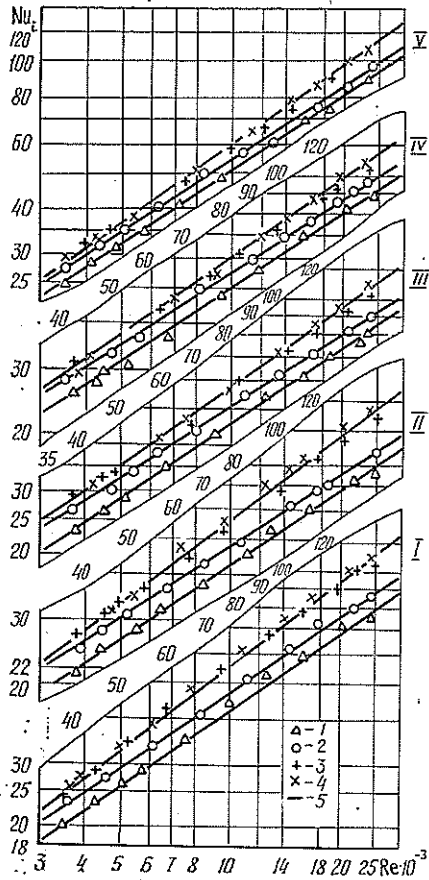


Рис. 1. Теплоотдача различных рядов пучков: I, II, III, IV, V — номера пучков; 1, 2, 3, 4 — опытные точки для 1-, 2-, 3-, 4-го рядов пучка; 5 — рассчитанные по уравнению (4)

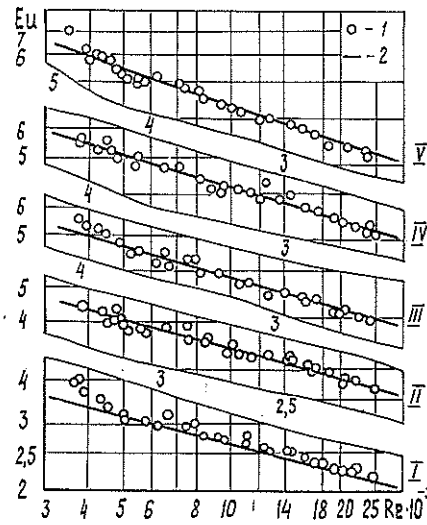


Рис. 2. Аэродинамическое сопротивление пучков: I, II, III, IV, V — номера пучков; 1 — опытные точки; 2 — рассчитанные по уравнению (5)

На этих рисунках значения критериев  $Re$  и  $Eu$  подсчитаны по скорости воздуха в сжатом фронтальном сечении пучков. С помощью критериальных уравнений определены теплоотдача  $i$ -го ряда и средняя теплоотдача пучков I—V

$$Nu_i = C_i Re^{n_i}; \quad Nu = C Re^n \quad (4)$$

и аэродинамическое сопротивление

$$Eu = B Re^{-m}. \quad (5)$$

Значения коэффициентов пропорциональности  $C_i$ ,  $C$ ,  $B$  и показателей степени  $n$ ,  $n_i$ ,  $m$  даны в табл. 2.

Уравнения (4) и (5) действительны в диапазоне  $Re = (3 \dots 25) \times 10^3$  при условии обработки результатов по скорости  $\omega$ .

Анализ графиков (см. рис. 1) и значений коэффициентов  $C_i$ ,  $n_i$  (см. табл. 2) показывает, что стабилизация теплоотдачи в пучках I—V наступает с 3-го ряда. Теплоотдача 1-го и 2-го рядов пониженная, при этом ее наименьшие значения характерны для 1-го ряда. По интенсивности теплообмена 2-й ряд занимает промежуточное положение между 1-м и стабилизированными рядами, а кривая  $Nu_i = f(Re)$  этого ряда располагается более полого по отношению к кривым теплоотдачи остальных рядов.

Таблица 2

Кoeffициенты	Ряд	Расчетные значения коэффициентов критерияльных уравнений для пучка				
		I	II	III	IV	V
$n_1$	1	0,70	0,67	0,67	0,67	0,67
	2	0,67	0,64	0,64	0,64	0,64
	3, 4	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70
$n$	—	0,72	0,71	0,68	0,68	0,68
$m$	—	0,25	0,28	0,28	0,30	0,34
$C_i$	1	$\frac{0,067}{0,067}$	$\frac{0,090}{0,086}$	$\frac{0,097}{0,085}$	$\frac{0,102}{0,083}$	$\frac{0,109}{0,085}$
		$\frac{0,098}{0,098}$	$\frac{0,134}{0,128}$	$\frac{0,143}{0,127}$	$\frac{0,149}{0,123}$	$\frac{0,155}{0,122}$
	2	$\frac{0,056}{0,056}$	$\frac{0,057}{0,054}$	$\frac{0,091}{0,080}$	$\frac{0,094}{0,076}$	$\frac{0,097}{0,074}$
		$\frac{0,069}{0,069}$	$\frac{0,077}{0,073}$	$\frac{0,104}{0,092}$	$\frac{0,108}{0,088}$	$\frac{0,112}{0,087}$
$C$	—	$\frac{26,84}{26,84}$	$\frac{44,86}{40,04}$	$\frac{51,10}{37,15}$	$\frac{66,04}{39,52}$	$\frac{100,8}{53,72}$
		$\frac{0,069}{0,069}$	$\frac{0,077}{0,073}$	$\frac{0,104}{0,092}$	$\frac{0,108}{0,088}$	$\frac{0,112}{0,087}$
$B$	—	$\frac{26,84}{26,84}$	$\frac{44,86}{40,04}$	$\frac{51,10}{37,15}$	$\frac{66,04}{39,52}$	$\frac{100,8}{53,72}$

Примечание. Данные в числителе относятся к обработке по скорости в сжатом фронтальном сечении, в знаменателе — по максимальной скорости в соответствующем сечении пучка.

В базовом пучке I при  $Re = 3 \cdot 10^3$  теплоотдача 1-го ряда составляет 81 % от теплоотдачи стабилизированного ряда, но при  $Re = 25 \cdot 10^3$  разрыв в уровнях теплоотдачи достигает 70 %. В стесненных пучках II—V с уменьшением  $S_2$  наблюдают непрерывное сокращение разрыва между теплоотдачей этих рядов. Для пучка V с сильно поджатым  $S_2$  количественное соотношение между рядами равно 88 % при  $Re = 3 \cdot 10^3$  и 83 % при  $Re = 25 \cdot 10^3$ . В целом, меньшим  $S_2$  в стесненных пучках отвечают большие значения теплоотдачи как отдельных рядов, так и средние значения ее для пучка.

Однако эффект интенсификации теплоотдачи неоднозначный. В большей мере благоприятное влияние изменения  $S_2$  на рост теплоотдачи отмечают в 1-м ряду. Например, теплоотдача его в пучке V возрастает в среднем для интервала  $Re = (3 \dots 25) \cdot 10^3$  на 25 % по сравнению с пучком I. Это является следствием улучшенной гидродинамики обтекания кормовой поверхности труб и повысившейся турбулентности потока, так как течение потока до миделева сечения труб 1-го ряда остается неизменным. Теплоотдача стабилизированных рядов пучка V в этом же диапазоне увеличилась лишь на 11 % по отношению к этим же рядам пучка I. Следовательно, при обтекании рядов гидродинамически установившимся потоком, параметры которого сформировались в пучках с  $\sigma_1 = 1,914$  и  $\sigma_2 = 0,956 \dots 0,518$ , начиная с 3-го ряда, изменение условий омывания кормовой части труб в меньшей мере отражается на интенсивности теплоотдачи по сравнению с начальными рядами.

Средняя теплоотдача пучков II, III, IV, V от уменьшения  $S_2$  при  $S_1 = \text{const}$  возросла по отношению к пучку I для изученного диапазона  $Re$  в среднем на 1; 5; 9 и 13 % соответственно. Большее влияние  $S_2$  на теплоотдачу наступает в стесненных пучках при  $\beta > 2,0$ .

Аэродинамическое сопротивление пучков I—V с уменьшением  $S_2$  растет. Количественно для пучков II, III, IV, V по сравнению с пучком I сопротивление повысилось в среднем для интервала  $Re = (3 \dots 25) \times$

$\times 10^3$  на 27,0; 45,0; 61,5; 67,0 % соответственно, что значительно опережает прирост теплоотдачи.

Показатель  $m$  в уравнении (5) с уменьшением  $\sigma_2$  также снижается.

При обработке результатов по скорости воздуха во фронтальном сжатом сечении числа  $Nu$  и  $Eu$  при  $Re = \text{const}$  в пучках I—V увеличиваются с ростом  $\beta$ , что хорошо согласуется с гидродинамикой течения потока и данными работы [5]. В случае обработки по максимальной скорости  $\omega_d$  (см. табл. 2) числа  $Nu$  при  $Re = \text{const}$  уменьшаются для пучков I—V, а числа  $Eu$  — только для стесненных пучков II—V. Это не привело к ощутимому снижению расслоения кривых теплоотдачи и сопротивления. Например, кривые  $Eu = f(Re)$  для пучков II—V различаются между собой на 29,0 % и 30,5 % при обобщении по  $\omega_d$  и  $\omega$  соответственно.

Средняя теплоотдача пучков I—V (рис. 3, а) с разбросом опытных точек, не превышающим  $\pm 4$  %, обобщается уравнением:

$$Nu = 0,0781 \beta^{0,26} Re^{0,69}, \quad (6)$$

которое действительно для  $Re = (3 \dots 25) \cdot 10^3$  и  $\beta = 1,72 \dots 2,61$ .

За расчетную скорость воздуха для критерия  $Re$  принята скорость в сжатом фронтальном сечении.

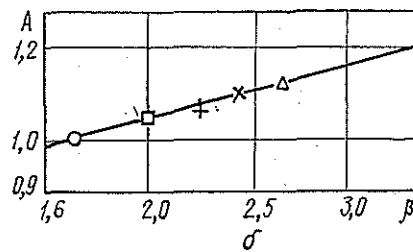
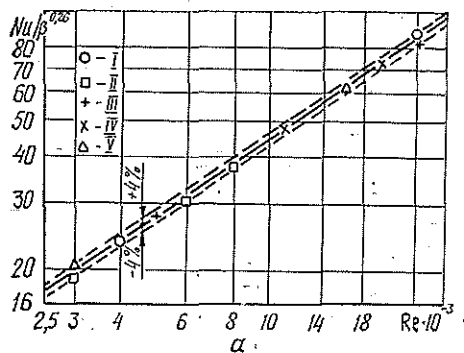


Рис. 3. Обобщение опытов по средней теплоотдаче (а) и влиянию параметра  $\beta$  на интенсивность теплообмена (б) пучка: I, II, III, IV, V — номера пучков

Из рис. 3, б видно, что теплоотдача в пучках I—V повышается пропорционально параметру  $\beta^{0,26}$ . На этом рисунке значения  $A = Nu/Nu_1$  вычислены для  $Re = 11 \cdot 10^3$  ( $Nu_1$  — число Нуссельта для пучка I).

Нами выполнен анализ применимости существующих методик Центрального котлотурбинного института (ЦКТИ) [5], Института физико-технических проблем энергетики (ИФТПЭ) АН ЛитССР [1] и Архангельского лесотехнического института (АЛТИ) [3] для расчета теплообмена и аэродинамического сопротивления поперечнообтекаемых пучков из ребристых труб к исследованным пучкам I—V. Сравнивали опытные и расчетные значения конвективных коэффициентов теплоотдачи ( $\alpha_{ко}$  и  $\alpha_{кр}$ ) и перепадов давлений ( $\Delta P_0$  и  $\Delta P_p$ ), вычисленных по указанным методикам. Расчеты проведены для средней температуры воздуха  $50^\circ\text{C}$ , его скоростей 1,35 и 11,25 м/с, которые соответствуют концам изученного интервала  $Re = (3 \dots 25) \cdot 10^3$ . Связь приведенного коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  с конвективным  $\alpha_1$ , коэффициент эффективности ребра  $\eta$ , определяющий линейный размер  $l$ , эквивалентный диаметр  $d_e$  наименьшего проходного сечения пучка для воздуха определяли по формулам работы [5]. Расчет  $d_e$  для пучка I выполняли по  $S_1$ , для пучков II—V — по  $S_2$ . Для пучков I—V  $l = 49,83$  мм В значения  $\alpha_{кр}$  по

Таблица 3

Параметры	Ис-точ-ник	Числовые значения параметров при $w$ , м/с, для номера пучка									
		1,85					11,25				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
$\alpha_{кр}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	—	16,1	16,5	17,6	18,4	19,1	80,7	80,9	81,1	84,3	89,4
$\Delta P_p$ , Па		7,23	9,50	10,86	11,95	13,17	295	364	414	437	445
$\eta$		0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89
$\alpha_{кр}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	[5]	19,4	20,6	22,8	25,0	26,6	89,9	95,8	105,4	116,0	123,0
$\Delta P_p$ , Па		5,80	8,20	10,48	13,32	15,48	237	335	427	541	634
$\delta$ , %		-17,0	-19,9	-22,8	-26,4	-28,2	-10,2	-15,5	-23,0	-27,3	-27,3
$\delta_1$ , %		24,6	14,0	3,6	-10,3	-14,9	24,4	8,7	-3,0	-19,2	-29,8
$d_s$ , мм		16,06	7,47	6,66	5,92	5,48	16,06	7,47	6,66	5,92	5,48
$l/d_s$		3,1	6,67	7,48	8,42	9,10	3,10	6,67	7,48	8,42	9,10
$\alpha_{кр}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	[1]	17,5	19,0	21,1	23,5	25,3	82,7	90,5	102,3	116,0	127,0
$\Delta P_p$ , Па		8,42	10,40	13,76	18,28	22,14	344	423	558	743	905,0
$\delta$ , %		-8,0	-13,0	-16,6	-21,7	-24,5	-2,4	-10,6	-20,7	-27,3	-29,6
$\delta_1$ , %		-14,0	-8,7	-21,0	-34,6	-40,5	-14,2	-13,9	-25,8	-41,2	-50,8
$\alpha_{кр}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	[3]	13,9	15,0	16,8	18,6	19,9	64,3	70,7	78,7	87,3	93,6
$\delta$ , %		15,8	10,0	4,8	-1,1	-4,0	25,5	14,4	3,0	-3,4	-4,5

методике [1, 3] введена поправка  $S_z = 0,97$  ( $z = 6$ ), отражающая влияние числа поперечных рядов в пучке. Поправку на локальный метод

моделирования в значения  $\alpha_{ко}$  не вводили. За расчетную скорость в методиках [1, 3, 5] принимали среднюю скорость в наименьшем проходном сечении пучка.

Величину отклонения между расчетными и опытными значениями теплоотдачи и сопротивления (%) определяли по формулам

$$\delta = \frac{\alpha_{ко} - \alpha_{кр}}{\alpha_{кр}} 100; \quad \delta_1 = \frac{\Delta P_0 - \Delta P_p}{\Delta P_p} 100. \quad (7)$$

Сравнение опытных и расчетных теплоаэродинамических характеристик пучков представлено в табл. 3.

Анализ табл. 3 показывает, что наилучшую сходимость по теплоотдаче расчетных и опытных величин стесненных пучков обеспечивает методика АЛТИ, сопротивление стесненных пучков II—V — методика ЦКТИ.

Таким образом, получены новые экспериментальные данные по расчету характеристик стесненных пучков из труб с поперечными ребрами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Жукаускас А. А. Конвективный перенос в теплообменниках.— М.: Наука, 1982.— 472 с. [2]. Кунтыш В. Б., Мелехов В. И. Основы проектирования компактных теплорекуператоров из ребристых труб для сушильных установок // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1988.— С. 77—81. [3]. Обобщение опытных данных по конвективной теплоотдаче в шахматных пучках труб с поперечными спиральными монолитными ребрами / Кунтыш В. Б., Иохведов Ф. М., Шмеркович В. М. и др. // Создание и применение трубчатой и пластинчатой теплообменной аппаратуры: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ. (Таллин, 10—12 сент. 1974 г.) — М., 1974.— С. 222—223. [4]. Экспериментальное исследование теплоотдачи и сопротивления пучков АВО из биметаллических труб // Энергетика.— 1977.— № 12.— С. 89—93.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Юдин В. Ф. Теплообмен поперечноорребренных труб.— Л.: Машиностроение, 1982.— 189 с.

Поступила 20 декабря 1989 г.

УДК 674.053 : 621.934

### РЕЗОНАНСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ПОТЕРЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОСКОЙ ФОРМЫ РАВНОВЕСИЯ ТОНКОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ДИСКА ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ НАГРЕВЕ

Ю. М. СТАХИВ

ЦНИИМОД

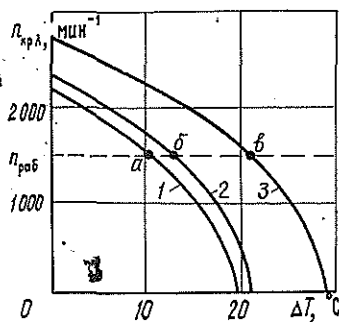
При пилении древесины периферийная зона круглой пилы нагревается сильнее центральной. По радиусу диска возникает температурный перепад  $\Delta T$ , который может привести к резонансным колебаниям или потере им устойчивости плоской формы равновесия (выпучиванию) по формам с числом узловых диаметров  $\lambda \geq 2$  [1]. Это проиллюстрировано графиками на рис. 1 для свободно вращающегося (без нагрузки на внешнем контуре) диска.

Графики построены на основании расчетов по формуле (2.38), приведенной в работе [1], для изготовленной фирмой Tengyu Saw (Япония) прокованной пилы диаметром 510 мм, толщиной 1,25 мм и защемленной фланцами с диаметром 125 мм. Прогиб пилы  $y_c$  в точке с радиусом 50 мм при установке на три опоры прибора ПСП равен 1,17 мм, а частоты собственных колебаний в статике для  $\lambda = 0; 1; 2; 3; 4; 5$  — соответственно 24; 29; 48; 88; 145; 215 Гц.

Из графиков видно, что при увеличении  $\Delta T$  критические частоты вращения  $n_{кр}$  (для  $\lambda \geq 2$ ) уменьшаются. В точках *a*, *b*, *в* критические



Рис. 1. Изменение критических частот вращения  $n_{кр\lambda}$  пилы при перепаде температур  $\Delta T$  для различных значений узлового диаметра: 1 —  $\lambda = 2$ ; 2 —  $\lambda = 3$ ; 3 —  $\lambda = 4$

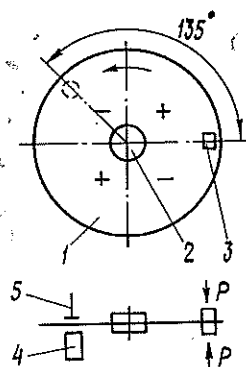


частоты вращения становятся равными рабочей частоте вращения  $n_{раб}$  — наступает резонансное состояние. Дальнейшее увеличение  $\Delta T$  нарушает равенство  $n_{раб} = n_{кр\lambda}$  и выводит диск

из резонансного состояния. При  $n_{кр\lambda} = 0$  диск теряет устойчивость плоской формы равновесия — происходит выпучивание.

Такой механизм возникновения и прохождения резонансных колебаний при нагреве диска считают общепринятым, например, при расчете толстых дисков двигателей летательных аппаратов [4] и т. д. Однако диски тонких пил относятся к категории гибких пластин, что может оказывать качественное влияние на картину смены колебаний различной формы и переход в состояние потери устойчивости плоской формы равновесия. Кроме того, все известные выводы относятся к неравномерному нагреву свободно вращающегося диска, в то время как при пилении в зоне дуги резания на диск накладываются дополнительные связи, ограничивающие его отклонение в поперечном направлении. Это послужило причиной проведения специальных исследований\*.

Рис. 2. Схема экспериментальной установки



Измерения выполняли на установке ЦНИИМОДа, приведенной на рис. 2. Она обеспечивает бесступенчатое изменение частоты вращения диска 1 с фланцами 2 в пределах 500...5000  $\text{мин}^{-1}$ , разгон его в указанном интервале со скоростью 4 об/с, нагрев периферийной зоны 3 трением (прижим с боковых сторон березовых элементов площадью сечения  $10 \times 10 \text{ мм}^2$ ), бесконтактное измерение поперечного отклонения диска емкостным датчиком 5 и температуры в зоне дорожки трения инфракрасным термоэлектрическим радиометром 4 ИКТЭРЛ-2. Расположение березовых элементов (в зоне узлов колебаний) и емкостного датчика (против зоны пучностей) принято на основании исследований [3]. Контактный способ нагрева позволяет в порядке первого приближения имитировать связь периферийной зоны диска с распиливаемым материалом.

В опытах использовали диски диаметром 486 мм (получены после удаления зубьев у пил диаметром 510 мм), толщиной 1,25 мм, защемленные фланцами диаметром 125 мм. Для этих условий основная форма потери устойчивости и колебаний соответствовала  $\lambda = 2$ . Записи колебаний, выпучивания и нагрева диска производили с помощью осциллографа Н 700 (шлейф 06) со скоростью 1 мм/с (рис. 3).

Анализ приведенных на рис. 3 осциллограмм, полученных при дискретных частотах вращения, позволяет отметить следующее.

\* Измерения проведены с участием В. В. Макарова.

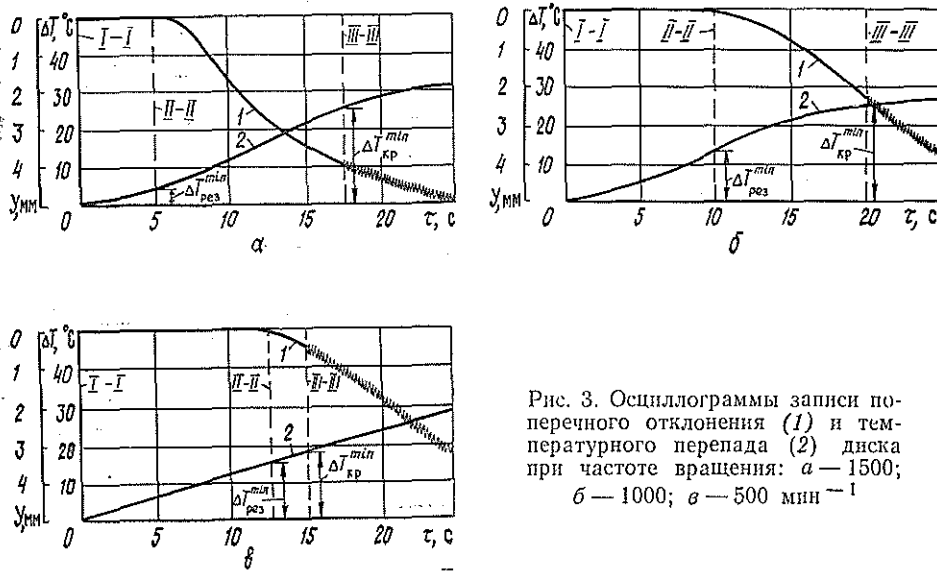


Рис. 3. Осциллограммы записи поперечного отклонения (1) и температурного перепада (2) диска при частоте вращения: а — 1500; б — 1000; в — 500 мин<sup>-1</sup>

При прижме к периферийной зоне вращающегося диска с двух сторон березовых элементов вызванная нагревом картина колебаний, выпучивания останавливается в пространстве и ориентирована относительно зоны контакта диска с прижимными элементами. Причем это не требует большого усилия прижима контактных элементов. Так, для диска диаметром 486 мм и толщиной 1,25 мм достаточно силы в 10 Н.

Повышение температуры нагрева периферийной зоны диска вызывает смену его состояний. На рис. 3 отмечены следующие характерные стадии: I—I — прижим березовых образцов; II—II — начало интенсивного поперечного отклонения диска; III—III — начало потери устойчивости плоской формы равновесия.

Начало интенсивного поперечного отклонения диска (линия II—II) обусловлено равенством критической  $n_{кр, \lambda=2}$  и рабочей  $n_{раб}$  частот вращения. На участке II—III происходит затягивание амплитуды нелинейных резонансных колебаний, отвечающих  $n_{кр, \lambda=2}$ . Линия III—III соответствует началу перехода от колебаний к потере устойчивости плоской формы равновесия, вызванного достижением критической температуры  $\Delta T_{кр}^{min}$ .

Для условий рис. 3, а время перехода от состояния I—I к состоянию II—II составляет 5 с, а от II—II к III—III — 12,5 с. На участке II—III поперечное отклонение диска ( $y$ ) возрастает от 0 до 4,0 мм, а  $\Delta T$  — от 5 до 26 °С. Следовательно, скорость изменения поперечного отклонения ( $I_y$ ) равна 0,32 мм/с, а температуры ( $I_{\Delta T}$ ) — 1,7 °С/с.

Если учесть, что уширение (развод) зубьев на сторону составляет примерно 0,8 мм, то в многопильном станке заклинивание доски между пилами имеет место при отклонении ее диска от плоской формы на 1,6 мм и более. При скорости поперечного отклонения пилы 0,32 мм/с это произойдет за время  $1,6 : 0,32 = 5$  с. Если скорость подачи лесоматериала составляет, например, 25 м/мин, то его перемещение за это время — 2,1 м. Это соответствует заклиниванию распиливаемого бруса в многопильных станках на первых метрах пропила.

На участке II—III (рис. 3, а) не происходит смены резонансных состояний  $n_{кр, \lambda=2}$ ,  $n_{кр, \lambda=3}$ ,  $n_{кр, \lambda=4}$ , что обычно наблюдается для

свободно вращающихся толстых дисков (см. рис. 1). Производственная практика подтверждает непрерывный характер поперечного отклонения диска, так как зарезание пилы в многопильных станках при резонансных состояниях прогрессирует до заклинивания доски между пилами без прекращения этого процесса. Полученные данные показывают, что при  $n \geq n_{кр}^{мин}$  и  $\Delta T \geq \Delta T_{рез}^{мин}$  ( $\Delta T_{рез}^{мин}$  — резонансная температура нагрева) диск неработоспособен. Встречающиеся в литературных источниках утверждения, что диск неработоспособен только при критических частотах вращения  $n_{кр, \lambda=2}$ , но работоспособен при частотах вращения между критическими для смежных форм колебаний, настоящими исследованиями не подтверждены. Поэтому при оценке работоспособности пил необходимо находить  $n_{кр}^{мин}$  и  $\Delta T_{рез}^{мин}$ , регламентирующие предельное состояние диска. Их значения для пил с геометрическими размерами по ГОСТ 980—80 приведены в табл. 2.23 и 2.6 [1].

В процессе опытов было обращено внимание на различия в характере записи поперечных отклонений диска при частоте вращения 500 мин<sup>-1</sup> и частотах 1000 и 1500 мин<sup>-1</sup>.

Для объяснения этого воспользуемся формулами взаимосвязи температурных перепадов  $\Delta T_{рез}$  и  $\Delta T_{кр}$  с частотой вращения диска  $n$  [1]

$$\Delta T_{рез} = \frac{v_{ст}^2 - n^2 (\lambda^2 - B)}{[\alpha_d m_2 f^{II}(c, \lambda)] / R^2}; \quad \Delta T_{кр} = \frac{v_{ст}^2 + B^2}{[\alpha_d m_2 f^{II}(c, \lambda)] / R^2},$$

- где  $v_{ст}$  — частота собственных колебаний невращающегося стального диска, Гц;  
 $B$  — динамический коэффициент, равный 2,25 при  $\lambda = 2$  и 3,8 при  $\lambda = 3$ ;  
 $\alpha_d$  — температурный коэффициент линейного расширения ( $\alpha_d = 12 \cdot 10^6 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  
 $m_2$  — коэффициент ( $m_2 = 6,85 \cdot 10^{11} \text{ мм}^2/\text{с}^2$ );  
 $R$  — радиус диска, мм;  
 $f^{II}(c, \lambda)$  — безразмерная функция (табл. 2.20 [1]);  
 $c$  — отношение диаметра фланцев к диаметру диска.

Графики, построенные по приведенным формулам для диска  $486 \times \times 1,25$  мм показаны на рис. 4, а дискретные значения температурных перепадов ( $^\circ\text{C}$ ) — в таблице.

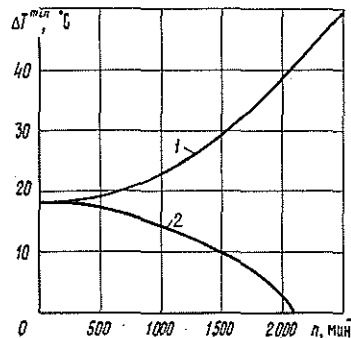


Рис. 4. Влияние частоты вращения  $n$  диска на критическую  $\Delta T_{кр}^{мин}$  (1) и резонансную  $\Delta T_{рез}^{мин}$  (2) температуры нагрева

Графики показывают, что с увеличением частоты вращения  $\Delta T_{рез}^{мин}$  уменьшается, а  $\Delta T_{кр}^{мин}$  увеличивается. Поскольку  $\Delta T_{рез}^{мин} < \Delta T_{кр}^{мин}$ , то потеря работоспособности диска при неравномерном нагреве начинается с резонансных колебаний, а не с потери устойчивости плоской формы равновесия. При  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$  разность температур  $\Delta T_{кр}^{мин} -$

$n, \text{ мин}^{-1}$	$\Delta T_{\text{рез}}^{\text{мин}} (\lambda = 2)$	$\Delta T_{\text{рез}} (\lambda = 3)$	$\Delta T_{\text{кр}}^{\text{мин}} (\lambda = 2)$
0	18,2	19,8	18,2
500	17,2	18,9	19,4
1000	14,3	16,1	23,2
1500	9,5	11,5	29,9
2000	2,8	5,0	37,9

—  $\Delta T_{\text{рез}}^{\text{мин}} = 29,9 - 9,5 = 20,4$  °С достаточна для обеспечения постепенного перехода от колебаний к потере диском устойчивости плоской формы равновесия. При  $n = 500 \text{ мин}^{-1}$   $\Delta T_{\text{рез}}^{\text{мин}} \approx \Delta T_{\text{кр}}^{\text{мин}}$  (17,2 и 19,4 °С), т. е. практически происходит наложение состояния потери устойчивости на состояние резонансных колебаний, что и определяет неустойчивый характер записи отклонений диска.

Обращает на себя внимание, что для прокованной пилы ( $510 \times 1,25$  мм), изготовленной фирмой Tengyu Saw, при частотах вращения 1000 и 1500  $\text{мин}^{-1}$  величины  $\Delta T_{\text{рез}}^{\text{мин}}$  сравнительно невелики и равны 14,3 и 9,5 °С. Поэтому проблема использования пил такой толщины должна быть связана с применением надежных систем компенсации неравномерного нагрева диска [2].

#### Выводы

1. При неравномерном нагреве тонкого вращающегося диска пилы, защемленного по внутреннему контуру фланцами и имеющего на участке внешнего контура контакт с древесиной, процесс перехода от колебаний при  $\Delta T_{\text{рез}}^{\text{мин}}$  к потере устойчивости плоской формы равновесия при  $\Delta T_{\text{кр}}^{\text{мин}}$  является непрерывным и сопровождается увеличением поперечного отклонения диска.

2. Картина резонансных колебаний и потери устойчивости диска неподвижна в пространстве и ориентирована так, что один из узловых диаметров, характеризующих форму колебаний или потери устойчивости, проходит через зону контакта внешнего контура диска с древесиной. Такая ориентация определяет эффективные места расположения датчиков для регистрации колебаний и управления диском.

3. Высокая интенсивность изменения во времени поперечного отклонения диска при  $\Delta T \geq \Delta T_{\text{рез}}^{\text{мин}}$  объясняет трудности создания и практического использования систем управления состоянием диска пилы на основе непрерывного контроля его поперечного отклонения. Управление тонким диском по контролю температурного параметра  $\Delta T$  ввиду его малой величины (10...15 °С) затруднительно.

4. В основе использования тонких пил должно лежать применение плавающих пил с системами эффективного охлаждения [1] или пил со специальными прорезями [2], позволяющими увеличивать параметр  $\Delta T_{\text{рез}}^{\text{мин}}$  до уровня пил стандартных толщин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Стахийев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 384 с. [2]. Стахийев Ю. М., Лыжин Ф. В. О несущей способности диска плоских круглых пил // Лесн. журн.— 1972.— № 1.— С. 163—168.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Стахийев Ю. М., Рыжов А. Е. О колебаниях и потере устойчивости диска пилы при нагреве по внешнему контуру // Вестник машиностроения.— 1979.— № 2.— С. 33—34. [4]. Хронин Д. В. Теория и расчет колебаний в двигателях летательных аппаратов.— М.: Машиностроение, 1970.— 412 с.

Поступила 6 апреля 1990 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.48

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
МОДИФИЦИРОВАННОГО СВЯЗУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА  
В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКОРАТИВНОГО  
БУМАЖНОСЛОИСТОГО ПЛАСТИКА***И. А. ГАМОВА, В. П. ЕФИМОВ, А. А. ЭЛЬБЕРТ*

Ленинградская лесотехническая академия

Свойства декоративного бумажнослоистого пластика (ДБСП) и технология изготовления в большой степени определяются применяемыми для его получения синтетическими связующими веществами (амидо- и фенолоформальдегидные олигомеры).

Использование бакелитовых лаков (спиртовые растворы фенолоформальдегидных смол) значительно удорожает материал. На получение 1 т ДБСП расходуют до 300 кг этилового спирта, который в процессе сушки теряется безвозвратно. При этом возрастает пожаро- и взрывоопасность производства [4]. Решение этой проблемы возможно путем создания бесспиртовой технологии изготовления ДБСП.

Нами проведены исследования возможности замены бакелитового лака на композиционное связующее (КС) для пропитки крафт-бумаг в производстве ДБСП. Композиционное связующее получали совмещением карбамидоформальдегидной смолы (КФС) и фенолоспиртов (ФС), нейтрализованных сульфатом аммония [1].

Образцы крафт-бумаг пропитывали КС и высушивали до содержания летучих веществ 4,5...6,5 %. Для наружных слоев пластика использовали бумагу, пропитанную смолой ММ-54-У. Образцы пластика прессовали при удельном давлении 10 МПа, выдержке 4 мин на 1 мм толщины и температуре 140 °С.

Анализ результатов показывает, что только при массовом соотношении КФС к ФС 50 : 50 и 30 : 70 % полученный пластик выдерживает испытания на стойкость к кипячению. Это определяет возможность использования связующего в технологическом процессе. При производстве ДБСП существует ряд конкретных требований к связующим, применяемым для пропитки внутренних слоев бумаг: сравнительно малая вязкость, способность высыхать вместе с листовым наполнителем без преждевременного отверждения, а в отвержденном состоянии обладать водо- и термостойкостью [4].

Для выявления соответствия КС этим требованиям определяли вязкость и время отверждения, а также стойкость готовых образцов ДБСП к кипячению [2].

Как свидетельствуют данные табл. 1, свойства КС и бакелитового лака близки. Сокращение времени отверждения КС может положительно отразиться на процессе отверждения связующего внутренних слоев пластика.

О структуре отвержденного образца судили по динамическому модулю сдвига, который определяли в образцах отвержденных смол по резонансной частоте крутильных колебаний в звуковом диапазоне частот от 50 до 800 Гц на приборе УРОМС [3].

Образцы получали нанесением тонкого слоя связующего на микалентную бумагу (ТУ--1338001). Пленку высушивали на воздухе и отверждали 10 мин при температуре прессования 135...140 °С.

Таблица 1

Вид связующего	Массовая доля, %	Условная вязкость (по ВЗ-4), с	Время отверждения, с	Стойкость ДБСП к кипячению по увеличению, %	
				массы	толщины
Бакелитовый лак ЛБС-1	55	18	90	5,3	4,8
Композиционное связующее с соотношением ФС к КФС:	55	20	45	5,8	4,9
	50 : 50	18	48	5,8	5,3
	70 : 30				

Таблица 2

Вид связующего	Частота свободных колебаний кольцевого образца $\nu_p$ , с <sup>-1</sup>	Толщина образца $d \cdot 10^3$ , м	Динамический модуль сдвига $G \cdot 10^8$ , Н/м <sup>2</sup>
Бакелитовый лак ЛБС-1	447	21,5	3,82
Композиционное связующее с соотношением ФС к КФС 50 : 50	397	14,0	4,11

Таблица 3

Показатели	Контрольный образец*	Крафт-бумага**			Требования ГОСТ 9590—76
		Долинского ЦБЗ	Святогорского ЦБЗ	Финляндии	
Стойкость к кипячению по увеличению, %:	4,58	$\frac{5,80}{6,11}$	$\frac{5,78}{5,91}$	$\frac{5,84}{5,77}$	≤6,0
		массы			
толщины	4,10	$\frac{4,77}{5,48}$	$\frac{5,21}{5,54}$	$\frac{4,78}{4,92}$	≤6,0
		толщины			
Предел прочности при статическом изгибе, МПА	140,00	$\frac{147,15}{143,05}$	$\frac{144,13}{135,71}$	$\frac{163,30}{144,98}$	≥117,6
Стойкость лицевой поверхности:		Незначительная потеря блеска			Не должно быть изменений поверхности, допускается незначительная потеря блеска
		Незначительная потеря блеска Изменений нет			
Стойкость гидротермическая при температуре, °С:					
180					
130					
Стабильность линейных размеров, %	0,34	$\frac{0,36}{0,36}$	$\frac{0,31}{0,32}$	$\frac{0,39}{0,39}$	≤0,9

\* Образец изготовлен по традиционной технологии на Ленинградском заводе слоистых пластиков.

\*\* В числителе данные для ДБСП на основе КС с соотношением ФС и КФС 50 : 50, в знаменателе — 70 : 30.

Динамический модуль сдвига, характеризующий количество связей в единице объема (табл. 2), свидетельствует о том, что при отверждении КС образуется большее количество сшивок, чем в бакелитовом

лаке. Дополнительным свидетельством образования новой структуры КС служат данные ИК-спектроскопии.

Показатели физико-механических свойств ДБСП на основе КС представлены в табл. 3.

Как свидетельствуют данные испытаний, использование КС позволяет получать пластики, соответствующие требованиям действующего ГОСТа. Пластики, изготовленные с применением КС, имеют показатели физико-механических свойств, сравнимые с образцами, изготовленными на традиционном связующем ЛБС-1.

Применение в композиции КФС, являющегося, как известно, источником выделения формальдегида, вызывает необходимость оценки токсичности ДБСП. С этой целью кипятили образцы ДБСП в течение 6 ч и определяли перешедшее в воду количество формальдегида калориметрическим методом с использованием ацетилацетона. Установлено, что количество формальдегида, экстрагируемого из ДБСП на основе КС и фенолоформальдегидного олигомера, составляет соответственно 207 и 235 мг в пересчете на 100 г пластика.

Таким образом, для пропитки внутренних слоев ДБСП можно использовать КС, состоящее из КФС и ФС, взамен спирторастворимого бакелитового лака. При этом себестоимость связующего снижается вдвое.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гамова И. А., Каменков С. Д. Повышение качества композиционных материалов путем применения совмещенных олигомеров: Обзор. информ.—М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987.—40 с. [2]. ГОСТ 9590—76. Пластик бумажнослоистый декоративный.—Взамен ГОСТ 9590—61, ГОСТ 5.1373—72; Введ. 01.01.77.—М., 1976. [3]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов.—М.: Лесн. пром-сть, 1987.—227 с. [4]. Плоткин Л. Г., Шалун Г. Б. Декоративные бумажнослоистые пластики.—М.: Лесн. пром-сть, 1978.—200 с.

Поступила 16 июня 1990 г.

УДК 676.024.5

### ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЛАТЕКСНОЙ ПРОКЛЕЙКИ В МАССЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ НА СВОЙСТВА ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ОБОРОТНОГО БРАКА

*Н. В. ЧЕРНАЯ, В. Л. КОЛЕСНИКОВ, Г. С. ГРИДЮШКО*

Белорусский технологический институт

Известно, что синтетические каучуковые латексы применяют в бумажном и картонном производствах [3, 5]. Например, при производстве бумаги для обоев латексную проклейку осуществляют в режиме гетероадагуляции, при производстве чеходанного водонепроницаемого картона — в режиме гомокоагуляции, при производстве тепло- и шумоизолирующих материалов — в промежуточном режиме. Изменение режимов латексной проклейки в волокнистой массе достигается введением в латекс расчетных количеств поверхностно-активных или высокомолекулярных веществ. Это основано на принципе коллоидно-химического регулирования, сущность которого заключена в целенаправленном изменении гранулометрического состава частиц образующегося осадка каучука и прочности фиксации их на поверхности целлюлозных волокон.

Особенностью технологии производства бумаги и картона с латексной проклейкой, также как и в случае производства традиционных видов бумажно-картонной продукции, является неизбежное образование

оборотного брака в сеточной, прессовой, сушильной частях бумаго- или картоноделательной машины и при намотке готовой продукции. Номинальное количество образующегося мокрого и сухого оборотного брака при стационарном функционировании системы составляет в среднем 10...15%. Однако существующая технология его утилизации не учитывает бумагообразующие свойства распущенного брака и наличие в нем проклеивающего вещества. Следствием этого является повторная проклейка распущенного брака совместно со свежепоступающими волокнистыми полуфабрикатами основного технологического потока.

Цель работы — изучить влияние кратности повторения операции роспуск — отлив на количественное содержание каучука и свойства оборотного брака образцов бумаги, волокнистая масса которой проклеивалась синтетическим каучуковым латексом при целенаправленном изменении гранулометрического состава частиц осадка каучука и прочности фиксации их на поверхности волокон.

Исходные образцы бумаги с латексной проклейкой (масса 1 м<sup>2</sup> 80 г) отливали на аппарате Рапид-Кётен из волокнистой массы, состоящей из равных количеств древесной массы (ГОСТ 10014—73) и сульфатной небеленой целлюлозы (ГОСТ 1208—65) со степенью помола 30 °ШР. Проклеивающая смесь содержала 50 кг/т синтетического бутадиен-стирольного каучукового латекса БС-50 (ГОСТ 15080—77) и от 0 до 12 кг/т коллоидно-химического регулятора (КХР) — натриевой соли малеопимаровой кислоты.

Результаты микроскопического и хроматографического анализа, полученные по известным методикам [1, 2], а также результаты испытаний прочностных свойств образцов бумаги представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расход КХР, кг/т	Средний размер частиц осадка каучука, мкм	Степень удержания каучука в бумаге, %	Разрывная длина образцов бумаги, м	Влагопрочность образцов бумаги, %
0	65	45	5750	16
2	45	38	5300	15
4	30	35	5000	14
6	20	40	5250	23
8	15	56	6150	35
9	10	65	6500	37
10	12	63	6450	36
12	15	60	6300	35

Данные, приведенные в таблице, позволяют проводить проклейку массы с образованием частиц каучука с заранее заданной гранулометрической характеристикой и, следовательно, целенаправленно изменять не только прочностные показатели бумаги, в частности разрывную длину и влагопрочность, но и количественное содержание каучука в бумаге. Из них следует также, что при изготовлении бумаги и картона с латексной проклейкой процесс осаждения частиц каучука электролитами на поверхности волокон реализуется бесконечным множеством исходов, включая два крайних механизма: гомокоагуляцию (расход КХР равен нулю) и гетероадагуляцию (расход КХР 9...10 кг/т). При расходе КХР 2...4 кг/т латексная проклейка проходит в промежуточном режиме.

В лабораторных условиях сухой оборотный брак моделировали образцами бумаги из волокнистой массы, проклеенной латексом БС-50 в режимах гомокоагуляции, гетероадагуляции и в промежуточном режиме с последующей термообработкой при температуре 388...393 К. Мокрый оборотный брак моделировали на аналогичных образцах без их сушки и термообработки. Роспуск брака проводили в лабораторном дезинтеграторе марки БМ-3 [6]. Однократное прохождение оборотным браком операции роспуск — отлив принимали за один цикл его использования.



В табл. 2 представлены данные хроматографического анализа по определению степени удержания каучука в мокром и сухом браке в зависимости от числа циклов его использования и режима латексной проклейки исходных образцов бумаги.

Таблица 2

Режим латексной проклейки в исходной волокнистой массе	Степень удержания каучука в браке, %, при кратности повторения операции роспуск — отлив, цикл						
	1	2	3	4	5	6	10
Мокрый брак							
Гомокоагуляция	27	17	12	9	8	8	8
Промежуточный режим	19	13	10	8	7	6	5
Гетероадагуляция	45	36	28	25	20	17	14
Сухой брак							
Гомокоагуляция	37	30	25	22	18	16	12
Промежуточный режим	26	22	18	17	15	14	11
Гетероадагуляция	53	49	45	42	38	35	32

Представленные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что в результате механических воздействий на стадии роспуска брака происходит отрыв частиц осадка каучука от поверхности волокон и удаление их из структуры бумажного листа с отходящей водой на стадии отлива. Установлено, что чем ближе режим латексной проклейки в исходной волокнистой массе к режиму гетероадагуляции, тем прочнее связь частиц осадка каучука с волокнами в распущенном браке. Наибольшее снижение степени удержания каучука в мокром (на 28...30 %) и сухом (на 12...15 %) браке выявлено соответственно после первых двух и трех циклов его использования.

Для изучения динамики изменения прочности бумажного листа, изготовленного из распущенного мокрого и сухого оборотного брака при повторном и многократном его использовании, в лабораторных условиях был реализован шестифакторный пятиуровневый эксперимент по ортогональному насыщенному плану, включающему 25 опытов [4]. Проведенный эксперимент учитывал не только условия получения исходного бумажного листа ( $X_1$  — доля древесной массы в композиции бумаги;  $X_2$  — степень помола целлюлозы;  $X_3$  — расход латекса БС-50;  $X_4$  — расход КХР), но и режимы переработки образующегося оборотного брака ( $X_5$  — кратность повторения операции роспуск — отлив;  $X_6$  — продолжительность механического воздействия при роспуске брака). Пределы изменения перечисленных факторов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Фактор	Интервал варьирования	Значение фактора	
		минимальное	максимальное
$X_1$ , %	10	30	70
$X_2$ , °ШР	10	20	60
$X_3$ , кг/т	10	10	50
$X_4$ , кг/т	2	0	12
$X_5$ , цикл	2	0	10
$X_6$ , мин	5	10	30

Получены полиномиальные уравнения регрессии влияния факторов  $X_1 \dots X_6$  на разрывную длину образцов бумаги: из распущенного мокрого брака

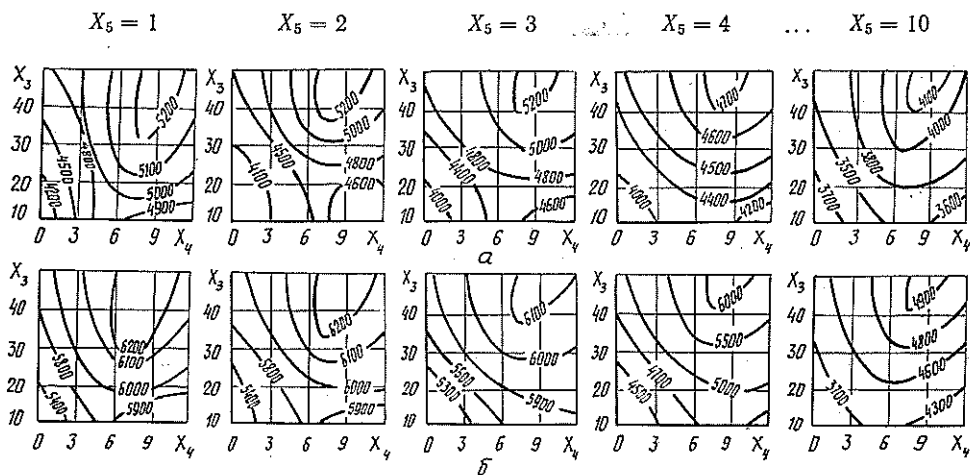
$$Y_1 = -1305 - 84X_1 - 30X_2 - 26X_3 - 108X_4 - 90X_5 - 27X_6 + 0,8X_1^2 + 2X_2^2 + 3X_3^2 + 3X_5^2 + 2X_6^2, \quad (1)$$

из сухого брака

$$Y_2 = -1200 - 98X_1 - 34X_2 - 30X_3 - 127X_4 - 105X_5 - 32X_6 + 0,9X_1^2 + 2X_2^2 + 3,5X_3^2 + 9X_4^2 + 3,5X_5^2 + 2,5X_6^2 \quad (2)$$

Проверка приведенных уравнений на адекватность показала их высокие интерполяционные свойства при 5 %-м уровне значимости.

На рисунке представлена графическая интерпретация уравнений (1) и (2) по основным факторам варьирования при фиксированных значениях следующих переменных:  $X_1 = 50\%$ ;  $X_2 = 30$  °ШР;  $X_6 = 10$  мин.



Двухмерные сечения поверхности отклика разрывной длины образцов бумаги из распущенного мокрого (а) и сухого (б) брака в зависимости от расходов латекса ( $X_3$ ) и КХР ( $X_4$ ) в исходных образцах и числа циклов использования брака ( $X_5$ )

Из представленных на рисунке графиков видно, что увеличение кратности повторения операции роспуск—отлив от 1 до 10 приводит к снижению разрывной длины образцов бумаги, изготовленных из распущенного мокрого (на 30... 50 %) и сухого (на 20... 30 %) брака. Разрывная длина образцов бумаги из мокрого и сухого брака, проклеенных латексом БС-50 в режиме гетероадагуляции, на 15... 25 % выше, чем у образцов, проклеенных в режиме гомокоагуляции, и на 30... 40 % выше, чем у образцов, проклеенных в промежуточном режиме. При  $X_5 = 1$  и  $X_5 = 2$  разрывная длина изготовленного бумажного листа снижается по сравнению с исходными образцами для мокрого брака в среднем на 5... 10 %, для сухого — в среднем на 2... 7 %.

Таким образом, осуществление процесса латексной проклейки исходной волокнистой массы в режиме гетероадагуляции обеспечивает прочную фиксацию мелкодисперсных частиц осадка каучука на поверхности целлюлозных волокон. Поэтому при возвращении образовавшегося обратного мокрого и сухого брака в основной технологический поток в результате механических воздействий на стадии его роспуска от поверхности волокон отрывается минимальное количество (1... 2 %) частиц осадка каучука. При этом прочность бумажного листа, изготовленного из распущенного брака, максимально приближается к прочности бумажного листа из свежепроклеенной волокнистой массы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Градус Л. Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии.— М.: Химия, 1979.— С. 218—222. [2]. Колесников В. Л., Гридюшко Г. С. Применение пиролитической ГЖХ для количественного определения содержания каучука в технологических потоках при производстве картона с латексной проклейкой // Хроматографический анализ в химии древесины.— Рига: Зинатне, 1975.— С. 328—335.

[3]. Колесников В. Л. Каучуковые латексы как проклеивающие агенты бумаги и картона // Лесн. журн.—1977.—№ 6.—С. 116—120.—(Изв. высш. учеб. заведений).  
 [4]. Рузников Л. П., Слободчикова Р. И. Планирование эксперимента в химии и химической технологии.—М.: Химия, 1980.—63 с. [5]. Черная Н. В., Колесников В. Л., Гридюшко Г. С. Определение оптимального расхода коагулянта при латексной проклейке бумаги и картона // Химия и технология бумаги: Межвуз. сб. науч. тр.—Л.: ЛТА, 1984.—С. 68—71. [6]. Черная Н. В., Колесников В. Л., Гридюшко Г. С. Особенности роспуска сухого влагопрочного брака бумаги с латексной проклейкой // Лесн. журн.—1986.—№ 3.—С. 80—84.—(Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 8 августа 1989 г.

УДК 541.121

### ИЗУЧЕНИЕ РАВНОВЕСИЙ, ИМЕЮЩИХ МЕСТО ПРИ АБСОРБЦИИ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ЦБП

В. А. ЯКОВЛЕВ, Н. В. ГРИГОРЬЕВА, В. А. МАКАРЕНКО,  
Е. А. ВЕРХ, Г. М. ПОЛТОРАЦКИЙ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Проблема очистки газовых выбросов целлюлозно-бумажных предприятий от соединений серы приобретает большую актуальность в связи с возрастающими требованиями экологической безопасности предпрятий отрасли. В настоящее время наиболее распространенным способом улавливания сернистых соединений от таких крупнейших источников газовых выбросов, как содорегенерационные котлоагрегаты, известерегенерационные печи, растворители плава и другие, является абсорбция щелочными растворами. Для разработки абсорбционных установок и отладки оптимальных режимов их эксплуатации необходимы данные по равновесию абсорбируемых компонентов газовых выбросов с абсорбирующими растворами, содержащими высокие концентрации солей, в том числе и близкие к насыщению, так как только использование сильно концентрированных растворов, пригодных к утилизации в основном цикле производства, позволяет создать технологию очистки объемов газов, приемлемую с экологической и экономической точек зрения.

Нами проведена серия экспериментальных работ по изучению физико-химических равновесий при высоких ионных силах, создаваемых фоновым электролитом в растворах, изучены равновесия в системе газ—раствор для сероводорода и диоксида серы как основных серосодержащих компонентов газовых выбросов, а также равновесия двух ступеней диссоциации сероводородной и сернистой кислот. Кроме того, исследованы равновесие второй ступени диссоциации угольной кислоты, которое определяет соотношение карбонат—бикарбонат в поглотительных растворах, и равновесие диссоциации воды.

При определении констант равновесия сероводорода использовали прямую потенциометрию и динамическую тензиметрию (измерение равновесного давления  $H_2S$  методом уноса инертным газом) [7]. Схемы установок приведены в работе [6]. Для диоксида серы константу первой ступени диссоциации находили с помощью динамической тензиметрии, а второй—потенциометрическим титрованием [5]. Константы первой ступени сероводородной и сернистой кислот являются смешанными:

$$K_1^{H_2S} = \frac{[H^+][HS^-]}{a_{H_2S}}; \quad K_1^{SO_2} = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{a_{H_2SO_3}}$$

В них, наряду с концентрациями ионов, входят активности растворенных форм газов, рассчитанные из измеренных равновесных давлений

этих газов над растворами через термодинамическую константу Генри. Остальные измеренные нами константы — концентрационные:

$$K_2^{\text{H}_2\text{S}} = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]}; \quad K_2^{\text{SO}_2} = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]};$$

$$K_2^{\text{CO}_2} = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}; \quad K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-].$$

Равновесие  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{SO}_2$  между газовой фазой и раствором охарактеризовано с помощью газожидкостной константы

$$K_{\text{г.ж}}^{\text{H}_2\text{S}} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}; \quad K_{\text{г.ж}}^{\text{SO}_2} = \frac{[\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]}{[\text{SO}_2]},$$

где  $[\text{H}_2\text{S}]$  и  $[\text{SO}_2]$  — равновесные концентрации компонентов в газовой фазе.

При расчете равновесий с использованием газожидкостной постоянной не требуется информации о зависимости константы Генри от ионной силы, поскольку эти постоянные включают в себя константу Генри.

Константу второй ступени диссоциации угольной кислоты определяли методом потенциометрического титрования [3]. Ионную силу при этом создавали фоновым электролитом  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , который отвечал требованиям, предъявляемым к фоновому электролиту в области значений рН выше 8, где проводили измерения. При изучении всех остальных равновесий для создания ионной силы использовали в качестве фонового электролита хлорид натрия.

Значения ионного произведения воды определяли измерением потенциала стеклянного электрода в растворах с заданными концентрациями  $\text{H}^+$ - и  $\text{OH}^-$ -ионов [4]. Во всех потенциометрических измерениях использовали стеклянный электрод ЭСЛ-6307 в паре с хлорсеребряным электродом сравнения. Электродную систему калибровали при каждом значении ионной силы по растворам фонового электролита с заданными концентрациями  $\text{H}^+$ - и  $\text{OH}^-$ -ионов.

Результаты математической обработки показали, что зависимость всех измеренных констант равновесия от ионной силы раствора подчиняется уравнению Васильева [1]:

$$\text{pK} = \text{pK}_0 - \frac{A\Delta z^2 I^{1/2}}{1 + 1,6I^{1/2}} + bI,$$

где  $\text{pK}$  — отрицательный логарифм значения константы;

$A$  — параметр уравнения Дебая — Хюккеля, равный 0,5115, 0,5373 и 0,5695 при 25, 50 и 75 °С соответственно [2];

$\Delta z^2$  — алгебраическая сумма квадратов зарядов ионов (для констант диссоциации первой и второй ступени соответственно равна 2 и 4);

$I$  — ионная сила раствора.

Используя уравнение Васильева в виде

$$\text{pK} + \frac{A\Delta z^2 I^{1/2}}{1 + 1,6I^{1/2}} = \text{pK}_0 + bI,$$

определяли методом наименьших квадратов коэффициенты  $\text{pK}_0$  и  $b$  линейной зависимости левой части уравнения от  $I$ .

Полученные в результате математической обработки значения параметров уравнения Васильева —  $\text{pK}_0$  и  $b$  для диапазонов изученных ионных сил приведены в таблице.

Константы равновесия	Параметры уравнения Васильева	Значения параметров при температуре, °С		
		25	50	75
SO <sub>2</sub> , фон NaCl, I = 0,5...6,0 М				
K <sub>1</sub>	pK <sub>0</sub>	1,84 ± 0,05	2,16 ± 0,06	2,59 ± 0,05
	b	0,28 ± 0,01	0,15 ± 0,03	0,10 ± 0,02
K <sub>г. ж</sub>	pK <sub>0</sub>	0,36 ± 0,05	0,95 ± 0,06	1,59 ± 0,05
	b	0,20 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,13 ± 0,02
K <sub>2</sub>	pK <sub>0</sub>	7,10 ± 0,02	7,20 ± 0,03	7,40 ± 0,08
	b	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,03
H <sub>2</sub> S, фон NaCl, I = 0,1...5,0 М				
K <sub>1</sub>	pK <sub>0</sub>	6,92 ± 0,01	6,67 ± 0,02	6,54 ± 0,02
	b	0,22 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,15 ± 0,02
K <sub>г. ж</sub>	pK <sub>0</sub>	6,68 ± 0,02	6,62 ± 0,02	6,51 ± 0,02
	b	0,23 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,15 ± 0,02
K <sub>2</sub>	pK <sub>0</sub>	13,03 ± 0,03	12,80 ± 0,05	12,61 ± 0,04
	b	0,07 ± 0,03	0,05 ± 0,01	0,90 ± 0,01
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , фон Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , I = 0,25...4,0 М				
K <sub>2</sub>	pK <sub>0</sub>	10,27 ± 0,03	10,14 ± 0,03	12,61 ± 0,04
	b	0,08 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,01
H <sub>2</sub> O, фон NaCl, I = 0,1...5,0 М				
K <sub>W</sub>	pK <sub>0</sub>	13,98 ± 0,01	13,25 ± 0,01	12,70 ± 0,01
	b	0,17 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,13 ± 0,01

Доверительные интервалы получены с использованием критерия Стьюдента при степени достоверности 0,95. Используя найденные параметры, можно рассчитывать константы равновесия при любой ионной силе (в пределах изученного диапазона) и температурах 25, 50, 75 °С.

Найденные экспериментально значения констант равновесия, на основании которых получены параметры уравнения Васильева pK<sub>0</sub> и b, а также сравнение этих констант с данными других авторов приведены в работах [2, 3, 4, 6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Васильев В. П. Термодинамические свойства растворов электролитов.— М.: Высш. школа, 1982.— 320 с. [2]. Робинсон Р., Стокс П. Растворы электролитов.— М.: Изд-во ин. лит., 1963.— 646 с. [3]. Яковлев В. А., Верх Е. А., Полторацкий Г. М. Константа второй стадии диссоциации угольной кислоты в концентрированных растворах Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> // ЖПХ.— 1989.— № 6.— С. 1365—1366. [4]. Яковлев В. А., Григорьева Н. В., Полторацкий Г. М. Определение ионного произведения воды в растворах хлорида натрия // ЖПХ.— 1988.— № 10.— С. 2314—2316. [5]. Яковлев В. А., Макаренко В. А., Полторацкий Г. М. Константы диссоциации сернистой кислоты при высоких ионных силах // ЖПХ.— 1989.— № 6.— С. 1362—1364. [6]. Яковлев В. А., Миролюбова Н. В. Определение констант диссоциации сероводородной кислоты при 50 °С // Охрана окружающей среды от загрязнения промышленными выбросами ЦБП.— Л.: ЛТА, 1982.— № 10.— С. 83—88. [7]. Яковлев В. А., Полторацкий Г. М., Григорьева Н. В. Константы диссоциации сероводородной кислоты в концентрированных растворах хлорида натрия // ЖПХ.— 1987.— № 5.— С. 1015—1018.

Поступила 16 июля 1990 г.

УДК 630\*863.5

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНОКИСЛЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ,  
ВНОСИМЫХ НА СТАДИИ ИНВЕРСИИ ГИДРОЛИЗАТА,  
НА СОСТАВ ДРОЖЖЕВОЙ БИОМАССЫ***Е. П. ШИШАКОВ, В. М. ШКУТ, Т. В. ЦЫКУНОВА,  
С. А. СТЕБАКОВА*

Белорусский технологический институт

Ранее было показано, что внесение комплексных и азотнокислых солей на стадии инверсии гидролизата увеличивает скорость гидролиза олигосахаридов и декстринов, вызывает окисление лигногуминовых веществ с образованием органических кислот, спиртов, альдегидов, кетонов и их производных\*. Ферментация облагороженных гидролизатов происходит значительно активнее: сокращается продолжительность лаг-фазы, полнее потребляются питательные вещества субстрата, быстрее происходит накопление биомассы и возрастает выход дрожжей.

В табл. 1 приведен аминокислотный состав дрожжей, выращенных на гидролизатах, облагороженных внесением комплексных и азотнокислых солей на стадии инверсии (опытные образцы), и для сравнения — состав дрожжей, выращенных по промышленной технологии (контрольные образцы).

Опытные образцы имеют более высокое содержание как сырого протеина, так и суммы аминокислот, в них больше глутаминовой кислоты, пролина, валина, метионина, изолейцина, гистидина, аргинина и меньше аспарагиновой кислоты.

Особый интерес вызывает тот факт, что выращенные с использованием комплексных и азотнокислых солей дрожжи имеют более высокое содержание аминокислот, включающих амидный и гетероциклический азот (аргинин, гистидин, пролин). Можно предположить, что при взаимодействии азотсодержащих солей с лигногуминовыми веществами происходит их распад с образованием низкомолекулярных азотсодержащих фрагментов, способных непосредственно включаться в синтез аминокислот или стимулировать их образование. В опытных образцах содержание аминокислот выше на 10...15%, а доля незаменимых составляет 39...46% против 37...39% у контрольных.

В табл. 2 приведены результаты анализа дрожжей на содержание нитратов и нитритов.

В дрожжах, полученных с использованием комплексных солей, массовая доля нитратов хотя и несколько выше, чем в контрольных образцах, но значительно меньше, чем в плодовоовощной продукции. Массовая доля нитритов в контрольных и опытных образцах дрожжей практически одинакова и равна 0,07...0,18 мг/кг сухой биомассы.

Вторым по важности компонентом биомассы являются липиды, состав которых представлен в табл. 3. В опытных образцах меньше сырого жира, хотя суммарное содержание жирных кислот у них, как

\* Исследование процесса инверсии гидролизата древесины в присутствии азотнокислых и комплексных солей / Е. П. Шишаков, В. М. Шкут, Т. В. Цыкунова, Ж. Ф. Ручай // Лесн. журн. 1989. № 2. С. 90-94. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Таблица 1

Компоненты дрожжевой биомассы	Содержание аминокислот и протеина в дрожжах, выращенных с добавлением солей			
	Нитро-аммо-фос	Азотно-кислый аммоний	Нитро-фоска	Нитро-аммо-фоска
Сырой протеин, % от абс. сухой биомассы	52,38 49,71	54,31 49,94	54,35 49,98	51,51 50,38
Аминокислоты, % от абс. сухой биомассы:	4,320	1,701	4,320	3,732
аспарагиновая	4,320	2,268	5,088	3,636
треонин	2,256 1,728	0,516 1,884	2,256 2,024	1,764 1,404
серин	6,504 5,316	5,975 4,776	6,504 5,544	6,132 5,544
пролин	1,824 1,884	0,316 0,456	1,824 1,368	3,396 2,412
глицин	2,028 1,668	1,887 3,376	2,028 2,208	1,848 1,752
аланин	2,821 2,088	1,151 2,196	2,820 2,640	2,412 2,436
валин	2,364 1,847	3,378 2,988	2,364 1,584	2,208 1,992
метионин	0,372 0,121	0,371 0,264	0,266 0,181	0,348 0,288
изолейцин	1,992 1,584	2,806 1,344	1,788 1,320	1,804 1,704
лейцин	3,252 2,712	3,042 1,958	2,664 2,004	3,048 2,928
тирозин	1,008 0,768	3,492 1,644	1,384 0,854	0,820 0,561
фенилаланин	1,008 1,032	4,017 2,148	3,708 1,564	1,104 1,140
гистидин	1,284 1,140	3,682 3,252	1,212 0,872	2,556 1,452
лизин	3,672 3,768	2,778 2,040	3,012 2,492	4,668 3,708
аргинин	1,536 1,476	1,221 0,624	1,308 0,972	1,344 1,068
Суммарное содержание аминокислот, % от абс. сухой биомассы	38,341 34,573	36,716 31,850	39,485 32,567	38,744 34,431
Незаменимые аминокислоты, % от суммарного содержания	39,09 37,00	46,05 39,64	40,67 34,29	38,57 38,23

Примечание. Здесь и далее в табл. 2—4 в числителе — опытные данные, полученные для комплексных и азотнокислых солей, в знаменателе — контрольные для аммофоса.

правило, выше. В опытных образцах наблюдается больше биологически ценных ненасыщенных жирных кислот (олеиновая, линолевая) и меньше насыщенных (стеариновая, миристиновая, лауриновая, каприновая). Для пальмитиновой, пальмитолеиновой и маргаритиновой кислот четкой закономерности не выявлено. Степень ненасыщенности липидов у опытных образцов дрожжей составляет 76... 80 %, у контрольных —

Таблица 2

Соль	Массовая доля, мг/кг абс. сухих дрожжей	
	нитра- тов	нитри- тсв
Нитроаммофос	16,4	0,12
	8,1	0,14
Азотнокислый аммоний	20,3	0,18
	8,9	0,16
Нитрофоска	14,7	0,10
	9,1	0,12
Нитроаммофоска	15,3	0,07
	6,2	0,08

Таблица 3

Компоненты дрожжевой биомассы	Содержание жирных кислот и жира в дрожжах, выращенных с добавками солей			
	Нитро- аммо- фос	Азотно- кислый аммоний	Нитро- фоска	Нитро- аммо- фоска
Сырой жир, % от абс. сухой био- массы	8,56	8,95	10,05	8,55
Жирные кислоты, % от абс. сухой биомассы:	9,94	13,14	10,86	8,66
каприновая	0,02	0,02	0,02	0,03
	0,02	0,05	0,01	0,04
лауриновая	0,01	0,01	0,02	0,01
	0,04	0,02	0,17	0,01
миристиновая	0,02	0,03	0,03	0,05
	0,04	0,03	0,03	0,08
пальмитиновая	0,61	0,78	0,58	0,49
	0,59	0,73	0,45	0,83
пальмитолеиновая	0,45	0,59	0,45	0,36
	0,36	0,51	0,28	0,70
маргариновая	0,07	0,03	0,02	0,04
	0,03	0,13	0,01	0,05
стеариновая	0,07	0,84	0,89	1,09
	1,12	1,13	0,89	1,57
олеиновая	5,20	5,46	5,65	4,99
	3,46	4,87	4,31	3,98
линолевая	0,39	0,40	0,42	0,43
	0,26	0,36	0,32	0,30
Суммарное содержание жирных кис- лот, % от абс. сухой биомассы	7,48	8,19	8,10	7,50
	5,93	8,07	6,43	7,57
Ненасыщенные жирные кислоты, % от суммарного содержания	80,4	78,2	80,2	76,5
	68,8	70,5	76,3	65,3

65...76 %. Высших жирных кислот (число атомов С от 20 до 22) присутствует менее 0,01 %.

Наряду с липидным, исследовали углеводный состав дрожжей, в опытных образцах которых углеводов на 10...20 % меньше, чем в контрольных (табл. 4). Причем, если содержание маннозы, являющей-



Таблица 4

Компоненты дрожжевой биомассы	Содержание углеводов в дрожжах, выращенных с добавками солей			
	Нитро-аммо-фос	Азотно-кислый аммоний	Нитро-фоска	Нитро-аммо-фоска
Углеводы, % от абс. сухой биомассы:				
полисахариды	18,87	18,64	18,76	18,64
	23,61	20,53	20,54	20,61
ксилоза	1,66	2,94	2,71	1,67
	2,50	1,73	2,88	1,53
манноза	6,08	5,07	5,22	6,15
	5,76	6,48	5,36	7,14
глюкоза	8,85	9,74	8,95	9,12
	13,74	12,44	11,07	10,73
Глюкоза, % от углеводов	46,89	52,23	47,72	48,95
	58,20	60,59	53,89	52,07

ся структурным полисахаридом клеточной стенки, изменяется незначительно, то глюкозы, входящей в состав резервного полисахарида-гликогена, в опытных образцах дрожжей составляет 47...52 % от суммы углеводов (52...60 % у контрольных образцов). Для ксилозы, арабинозы и галактозы, присутствующих в незначительных количествах, четкой закономерности не выявлено. Вероятно, они попадают в дрожжи вместе с остатками культуральной жидкости.

Поступила 9 июля 1990 г.

УДК 676.53.7

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА СВОЙСТВА ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО КАРТОНА

А. В. КАНАРСКИЙ

Марийский филиал ВНИИБ ВПОбумпром

В технологии изготовления фильтровальных видов бумаги и картона употребляют стеклянные, базальтовые и другие виды минеральных волокон, что позволяет придавать материалам фильтрующие свойства, необходимые для высокоэффективной очистки жидкостей и газов в различных отраслях народного хозяйства. Однако фильтровальные виды бумаги и картона, изготовленные с применением минеральных волокон, имеют низкую механическую прочность, что ограничивает области их использования.

Известны способы повышения механической прочности фильтровальных видов бумаги и картона на основе минеральных волокон путем введения в их состав высокоразмолотой целлюлозы [3]. Следует отметить, что размол целлюлозы разрушает целостность природных волокон: изменяются их форма и длина, образуются мелочь и слизь. Применение размолотой целлюлозы для повышения механической прочности стекловолоконной бумаги и картона приводит к отрицательному фактору — увеличению аэрогидродинамического сопротивления фильтровального материала [1]. Этот способ требует дальнейшего совершенствования.

В настоящей работе рассмотрено влияние процессов размола и мерсеризации целлюлозы на физико-механические и фильтрующие свойства картона из стеклянных волокон. На основе полученных результатов предложен способ повышения его механической прочности.

В экспериментах использовали стеклянные волокна М 20 УТВ (ТУ 6-11-483—79) и целлюлозу хвойную марки Э-1 (ГОСТ 5186—74). Стеклянные волокна обрабатывали в ролле в нейтральной среде при концентрации 0,8...1,0 % до весового показателя длины волокон 150...180 дг по аппарату Иванова. Структурно-геометрические и бумагообразующие свойства целлюлозы изменяли размолотом и мерсеризацией. Листовую целлюлозу распускали и размалывали в ролле при концентрации 1,3...1,5 %. Целлюлозу исходную (без размола) и размолотую мерсеризовали гидроокисью натрия с массовой концентрацией 90, 150 и 180 г/л при гидромодуле 1:4, температуре  $20 \pm 2$  °С в течение 45 мин, периодически помешивая массу.

На основе исследуемых целлюлоз и стеклянных волокон получали образцы картона с массой 1 м<sup>2</sup> 200 г. Физико-механические свойства фильтровального картона оценивали стандартными методами, аэрогидродинамические свойства — по показателям сопротивления потоку воздуха (ГОСТ 25099—82) и скорости прохождения воды (ГОСТ 12290—80). Задерживающую способность картона определяли с использованием модельной среды (полистирольный латекс с монодисперсными частицами диаметром 1 мкм) и оценивали коэффициентом проскока этих частиц через картон [2]. Модельная среда для нахождения ресурса работы фильтровального картона — полистирольный латекс с монодисперсными частицами диаметром 0,5 мкм. Ресурс работы определяли по объему отобранного фильтрата за период фильтрации модельной среды через картон до полного прекращения истечения жидкости, т. е. до полного закупоривания пор в картоне.

Определение задерживающей способности и ресурса работы фильтра осуществляли при постоянной разности давлений 0,05 МПа, которую создавали в фильтрационном аппарате сжатым воздухом.

Физико-механические и фильтрующие свойства образцов картона, полученных на основе стеклянных волокон с добавлением целлюлозы, представлены в табл. 1—4. Анализ представленных данных показывает, что целлюлоза, обладая бумагообразующими способностями, но имея отличительные от стеклянных волокон структурно-геометрические показатели, оказывает существенное влияние на механические и фильтрующие свойства стекловолоконного картона.

Увеличение содержания в картоне неразмолотой (распущенной в ролле) целлюлозы со степени помола 12 °ШР приводит к возрастанию механической прочности (табл. 1). Так, увеличение содержания этой целлюлозы в 3 раза соответствует росту механической прочности более чем в 7 раз. Однако при этом снижаются фильтрующие свойства и ресурс работы фильтра. В частности, повышается аэрогидродинамическое сопротивление его, на что указывает уменьшение значений скорости прохождения воды и увеличение сопротивления потоку воздуха.

Подобное изменение указанных выше свойств стекловолоконного картона, в состав которого введена неразмолотая целлюлоза, можно объяснить способностью, в отличие от стекловолокон, образовывать плотный, сомкнутый лист бумаги и картона. Так как внешняя удельная

Таблица 1

Изменение свойств стекловолоконного фильтровального картона в зависимости от массового содержания целлюлозы

Массовое содержание целлюлозы*, %	Разрушающее усилие при растяжении в машинном направлении, Н	Сопротивление потоку воздуха, Па	Скорость прохождения воды, дм <sup>3</sup> (мин × м <sup>2</sup> )	Коэффициент проскока частиц латекса диаметром 1,0 мкм, %	Ресурс работы, дм <sup>3</sup>
25	1,6	36	3480	75,0	7,4
50	5,8	42	3390	81,3	6,3
75	12,4	53	3220	89,4	5,5

\* Остальное стекловолокно.

поверхность стеклянных волокон выше, чем у неразмолотых целлюлозных волокон, то введение в картон последних приводит к снижению задерживающей способности фильтровального картона. Это подтверждается увеличением показателя коэффициента проскока частиц монодисперсного латекса.

При введении в состав стекловолоконного фильтровального картона размолотой целлюлозы наблюдаются аналогичные закономерности изменения механических и аэрогидродинамических свойств, а также ресурса работы фильтра (табл. 2). Однако с увеличением степени помола целлюлозы и соответственно ее внешней удельной поверхности возрастает задерживающая способность фильтровального картона, на что указывает снижение коэффициента проскока частиц латекса.

Таблица 2

Зависимость свойств стекловолоконного фильтровального картона\* от степени помола целлюлозы

Степень помола целлюлозы, °ШР	Разрушающее усилие при растяжении в машинном направлении, Н	Сопротивление потоку воздуха, Па	Скорость прохождения воды, $\text{дм}^3/(\text{мин} \times \text{м}^2)$	Коэффициент проскока частиц латекса диаметром 1,0 мкм, %	Ресурс работы, $\text{дм}^3$
12	1,6	36	3480	75,0	7,4
16	4,9	38	3350	72,0	7,3
20	7,9	51	3080	70,5	6,5
26	8,1	52	2850	70,0	4,4

\* Здесь и далее, в табл. 3, 4, состав фильтровального картона следующий: 25 % целлюлозы и 75 % стекловолокна.

Обработка целлюлозы растворами гидроксида натрия показала (табл. 3), что степень помола целлюлозы и ее бумагообразующие свойства снижаются с увеличением концентрации щелочного реагента. Эти изменения свойств целлюлозы существенно отражаются и на свойствах фильтровального картона.

Таблица 3

Влияние концентрации гидроксида натрия при мерсеризации целлюлозы на свойства фильтровального картона

Концентрация гидроксида натрия, г/л	Разрушающее усилие при растяжении в машинном направлении, Н	Сопротивление потоку воздуха, Па	Скорость прохождения воды, $\text{дм}^3/(\text{мин} \times \text{м}^2)$	Коэффициент проскока частиц латекса диаметром 1,0 мкм, %	Ресурс работы, $\text{дм}^3$
90	1,3	34	3144	75,0	8,3
150	1,0	30	3630	82,0	10,2
180	0,5	21	3680	85,0	14,9

У образцов стекловолоконного фильтровального картона на основе целлюлозы, обработанной гидроксидом натрия, снижается аэрогидродинамическое сопротивление и увеличивается ресурс работы. Механическая прочность и задерживающая способность этих образцов уменьшаются по сравнению с образцами стекловолоконного картона, изготовленными с применением размолотой целлюлозы.

С учетом положительного влияния процесса размола целлюлозы на механическую прочность и процесса мерсеризации на фильтрующие свойства стекловолоконного фильтровального картона реализован комбинированный процесс подготовки целлюлозы, при котором мерсериза-

ции подвергали целлюлозу, предварительно размолотую в ролле. Исследования показали, что с увеличением первоначальной степени помола целлюлозы возрастают степень помола мерсеризованной целлюлозы и соответственно ее бумагообразующие свойства. При этом предварительный размол и последующая мерсеризация целлюлозы, незначительно усиливая аэрогидродинамическое сопротивление стекловолоконного картона и несущественно снижая ресурс его работы, увеличивают механическую прочность материала более чем в 4 раза, а также несколько повышают его задерживающую способность (табл. 4).

Таблица 4

Влияние процесса мерсеризации\* предварительно размолотой целлюлозы на свойства фильтровального картона

Степень помола целлюлозы, °ЩР		Разрушающее усилие при растяжении в машинном направлении, Н	Сопротивление потоку воздуха, Па	Скорость прохождения воды, $\text{дм}^3/(\text{мин} \times \text{м}^2)$	Коэффициент проскока частиц латекса диаметром 1,0 мкм, %	Ресурс работы, $\text{дм}^3$
до мерсеризации	после мерсеризации					
12	12	0,5	21	3680	85,0	14,9
30	14	1,2	25	3600	77,9	14,1
50	17	1,5	27	3540	74,8	13,2
70	18	2,3	30	3500	74,4	10,5

\* Целлюлозу мерсеризовали гидроксидом натрия концентрацией 180 г/л.

Таким образом, определен способ повышения механической прочности стекловолоконного фильтровального картона путем введения в его состав предварительно размолотой, а затем мерсеризованной целлюлозы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Канарский А. В., Фляте Д. М. Технология производства фильтровального картона для очистки медико-биологических жидкостей: Обзор. инф.—М.: ВНИГЭИлеспром, 1985.—36 с. [2]. Коренев В. Н. Электронная техника // Технология, организация, производство и оборудование. Сер. 7.—1973.—Вып. 6(58).—52 с. [3]. Фляте Д. М. Свойства бумаги.—М.: Лесн. пром-сть, 1976.—С. 81—83.

Поступила 3 октября 1989 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.26 : 630\*3

ОПТИМИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКО-ТРАНСПОРТНОЙ СТРУКТУРЫ  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

П. С. ГЕЙЗЛЕР, А. С. ФЕДОРЕНЧИК

Белорусский технологический институт

Под технологическо-транспортной структурой (ТТС) лесозаготовительного предприятия будем понимать совокупность взаимосвязанных действий, выполняемых определенными системами машин при заготовке, вывозке, переработке и доставке древесины потребителям. В условиях регионального хозрасчета и самофинансирования, перехода к рыночным отношениям усиливается экономическая заинтересованность предприятий в выборе и внедрении наиболее эффективных ТТС. Последние определяются множеством факторов, среди которых главными являются природные (лесосечный фонд, рельеф, климат и т. д.), технологические (вид вывозки древесины, системы машин на лесосеках, транспорте, лесных складах и т. д.), производственно-организационные (тип и мощность предприятия, расположение и число лесосек и лесных складов, тип и густота сети дорог, наличие и удаленность потребителей и т. д.).

Разработка и внедрение ТТС требуют принципиально нового подхода. Усложнившаяся задача выбора наиболее эффективных технологий и систем машин для проведения лесосечных и нижнескладских работ в сочетании с оптимизацией грузопотоков древесины от заготовки до получения потребителями может быть решена путем экономико-математического моделирования.

Дескриптивную (описательную) модель ТТС можно представить в виде схемы возможных вариантов лесозаготовительного предприятия (рис. 1). В расчетах учитываются не только условия выполнения лесосечных работ, но и места расположения лесосек по лесничествам, лесным массивам относительно лесных складов и потребителей.

Рассмотрим математическую модель описываемых процессов. Требуется минимизировать сумму затрат на проведение лесосечных работ по одной из технологий и систем машин в каждом лесном массиве; перевозку хлыстов (дереьев) с места заготовки (лесосеки) на один из нижних складов; лесоскладские работы; перевозку сортиментов от нижних складов потребителям, а также от мест заготовки потребителям.

С учетом этих требований запишем целевую функцию в виде

$$\sum_{i,j} C'_{ij} X'_{ij} + \sum_{i,j,l} C''_{ij,l} X''_{ij,l} + \sum_{i,j,l} C'''_{ij,l} X'''_{ij,l} + \sum_l C''_l X''_l + \sum_{l,q} C''_{lq} X''_{lq} + \sum_{i,j,q} C^V_{ij,q} X^V_{ij,q} \rightarrow \min. \quad (1)$$

При этом должен быть соблюден ряд ограничений:

1) в каждом из лесных массивов по всем потенциально возможным технологиям не может быть заготовлено древесины больше годичной расчетной лесосеки или запланированного объема рубки

$$\sum_j X'_{ij} \leq V_i, \quad i \in I; \quad j \in J; \quad (2)$$

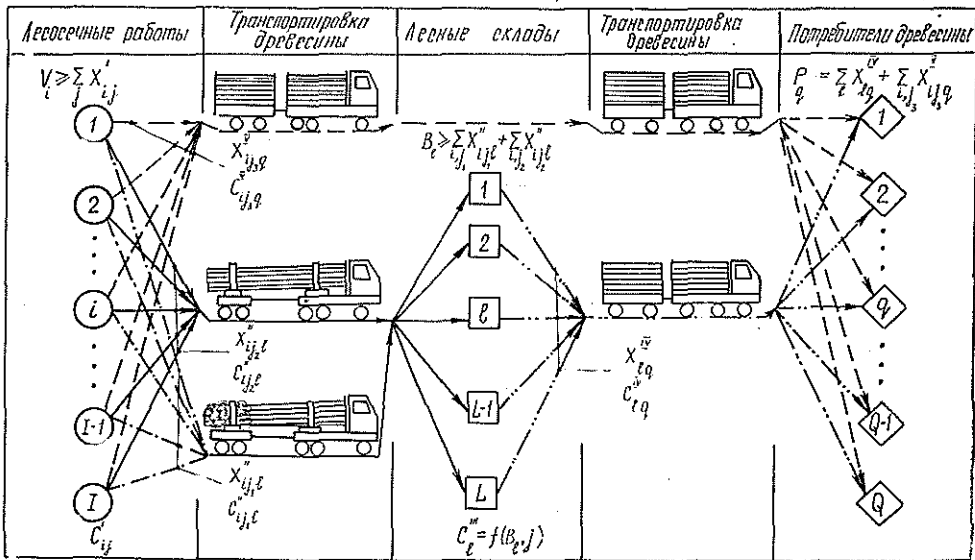


Рис. 1

2) с каждого места рубки может быть вывезено на нижние склады и непосредственно потребителям древесины не больше имеющегося (запланированного к рубке) и заготовленного объема:

$$\sum_{j_1, l} X_{ij_1 l}^W + \sum_{j_2, l} X_{ij_2 l}^W + \sum_{j_3, q} X_{ij_3 q}^V \leq V_i, \quad (3)$$

$$i \in I; \quad l \in L; \quad q \in Q; \quad j_1 \in J_1; \quad j_2 \in J_2; \quad j_3 \in J_3;$$

3) на каждый нижний склад может быть доставлено леса не больше, чем он может переработать:

$$\sum_{i, j_1} X_{ij_1 l}^W + 1 \sum_{i, j_2} X_{ij_2 l}^W \leq B_l, \quad i \in I; \quad l \in L; \quad j_1 \in J_1; \quad j_2 \in J_2; \quad (4)$$

4) с каждого нижнего склада не может быть вывезено сортиментов больше, чем их получено:

$$\sum_q X_{lq}^{IV} \leq B_l, \quad l \in L; \quad q \in Q; \quad (5)$$

5) потребители удовлетворяют свои потребности как за счет поставок древесины (сортиментов) с нижних складов, так и из лесосек:

$$\sum_l X_{lq}^{IV} + \sum_{i, j_3} X_{ij_3 q}^V = P_q, \quad i \in I; \quad l \in L; \quad q \in Q; \quad j_3 \in J_3. \quad (6)$$

Дополняющими условиями решения этой задачи являются зависимость затрат на лесосечные работы по данной технологии от их объема в том или ином массиве

$$C_{ij}^V = f(V_i), \quad (7)$$

зависимость затрат на нижескладские работы от объема этих работ и вида поступающей древесины

$$C_l^m = f(B_l, j) \quad (8)$$

и балансовое уравнение

$$\sum_i V_i \geq \sum_q P_q, \quad (9)$$

из которого следует, что запланированный объем рубки не может быть меньше потребностей в древесине потребителей.

В приведенных формулах приняты следующие обозначения:

- $i$  — индекс лесного массива (лесхоза, лесничества, группы лесосек и т. д.);
- $j$  — индекс системы машин (технологии) на лесосечных работах;
- $j_1, j_2, j_3$  — то же с выпуском деревьев, хлыстов и сортиментов;
- $l$  — индекс лесных складов;
- $q$  — индекс потребителей;
- $I$  — множество лесных массивов;
- $J$  — множество видов систем машин (технологий) на лесосечных работах;
- $J_1, J_2, J_3$  — то же с выпуском деревьев, хлыстов и сортиментов;
- $L, Q$  — множество лесных складов и потребителей;
- $V_i$  — объем древесины, запланированный в рубку в  $i$ -м лесном массиве;
- $B_l$  — пропускная способность (емкость) склада  $l$ ;
- $P_q$  — потребность в древесине (сортиментах) потребителя  $q$ ;
- $C'_{ij}$  — затраты на проведение лесосечных работ по технологии  $j$  в лесном массиве  $i$ ;
- $C''_{ijl}, C''_{ij2l}$  — затраты на перевозку из лесного массива  $i$  на лесной склад  $l$  деревьев, если  $j_1 \in J_1$ , и хлыстов, если  $j_2 \in J_2$ ;
- $C'''_l$  — затраты на лесоскладские работы на нижнем складе  $l$ ;
- $C^{IV}_{lq}$  — затраты на перевозку сортиментов с нижнего склада  $l$  потребителю  $q$ ;
- $C^{V}_{ij3q}$  — затраты на перевозку сортиментов из лесного массива  $i$  потребителю  $q$ , если  $j_3 \in J_3$ ;
- $X'_{ij}$  — объем древесины, заготовленной по технологии  $j$  в лесном массиве  $i$ ;
- $X''_{ijl}, X''_{ij2l}$  — объем перевезенных из лесного массива  $i$  на лесной склад  $l$  деревьев, если  $j_1 \in J_1$ , и хлыстов, если  $j_2 \in J_2$ ;
- $X'''_l$  — объем переработки хлыстов на лесном складе  $l$ ;
- $X^{IV}_{lq}$  — объем сортиментов, перевезенных с нижнего склада  $l$  потребителю  $q$ ;
- $X^{V}_{ij3q}$  — объем сортиментов, перевезенных из лесного массива  $i$  потребителю  $q$ , если  $j_3 \in J_3$ .

Задача по модели (1) — (9) может быть решена на ЭВМ с использованием стандартной программы и алгоритма транспортной задачи, а также матрицы специфической структуры, представленной на рис. 2.

Рассмотренная модель применяется для обоснования выбора технологии и системы машин при проведении лесозаготовительных работ в Плещеницком и Микашевичском леспромхозах Минлеспрома БССР. Например, применительно к условиям Плещеницкого ЛПХ исследованы следующие системы машин,

Элементы структуры	Технологии в местах заготовки $i, j$	Нижние склады $l$	Потребители $q$
Места заготовки $l$	$C'_{ij}$	$X'_{ij}$	$X'_{ij}$
Технологии в местах заготовки $i, j$	$C''_{ijl}, C''_{ij2l}$	$C'''_l$	$C^{IV}_{lq}$
Нижние склады $l$	$C^{V}_{ij3q}$	$X^{IV}_{lq}$	$X^{V}_{ij3q}$

Рис. 2

работающих на лесосеках: I — МП-5 «Урал-2» + ТДТ-55А + ЛП-30Б («Тайга-214») + ПЛ-1В; II — ВТМ ЛП-17 + ЛП-30Б + ПЛ-1В; III — комбинация I и II, т. е. часть лесфонда осваивалась I системой машин, часть — II; IV — комбинация I с ВТМ ЛП-17 + ЛО-120; V — ВТМ ЛП-17 + ЛО-120 и ВТМ ЛП-17 + ЛО-120 + ЛТ-189А.

Определены затраты на заготовку древесины, перевозку ее и ниже-складские работы в зависимости от объемов заготовки хлыстов и сортиментов этими системами машин, расстояний вывозки хлыстов до нижнего склада «Плещеницы» и сортиментов из лесосеки потребителям. Решение показало эффективность заготовки сортиментов в лесных массивах, расположенных между нижним складом «Плещеницы» и Минском, где сосредоточены все потребители древесины этого леспромпхоза. Примерно половина объема заготовки в леспромпхозе может быть переведена на эту технологию.

Для условий Микашевичского ЛПХ доказана эффективность заготовки сортиментов и доставки их непосредственно потребителям из всех районов и мест рубки. Модель может успешно применяться в любых условиях и для других объектов.

Поступила 30 января 1991 г.

УДК 338.4 : 630\*8

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ УЗЛОВ

И. П. КУДИНОВ

Институт экономических и социальных проблем Севера УрО АН СССР

Лесопромышленные узлы (ЛПУ), наряду с комплексными лесными предприятиями и лесопромышленными комплексами регионов, являясь формой территориально-производственных образований в отраслях лесного профиля. Термин ЛПУ не получил широкого распространения в экономической литературе (где обычно применяется термин «лесопромышленный комплекс»). Но, по нашему мнению, он имеет право на существование, так как в практике большинство территориально-производственных образований в рамках одного населенного пункта или промышленной площадки комплексами по сути не являются.

Под ЛПУ мы понимаем группу предприятий лесного профиля, расположенных в одном населенном пункте, которые в зависимости от местоположения и технологических взаимосвязей имеют общие элементы основного и вспомогательного производств (ОП, ВП), производственной и социальной инфраструктур (ПИ, СИ). Степень интеграции производств ЛПУ может быть разной. Наиболее тесные связи присущи комбинатам, производства которых не только объединены объектами инфраструктуры, но и взаимосвязаны по ОП.

При обосновании организации нового ЛПУ следует решить вопросы о составе, структуре, местоположении узла, этапах строительства и др. Нами были изучены эти проблемы, предложен ряд процедур с использованием математических моделей, в частности, решен вопрос о расчете предполагаемого экономического эффекта от взаимосвязанного размещения производств.

Действующие методики расчета основаны на сравнении проектных материалов для предприятий, обособленно размещенных на мест-



ности, и для промышленного узла. Но при разработке прогнозных и плановых материалов проекты отсутствуют, и решения о развитии ЛПУ должны приниматься на основе информации об общих характеристиках производств и условиях их размещения по промышленным площадкам.

Основные факторы, обуславливающие эффективность организации ЛПУ по сравнению с обособленными предприятиями, следующие:

создание комплекса технологических потоков, связанных между собой по производительности, которые обеспечивают ликвидацию ряда работ по перемещению и хранению полуфабрикатов и создают условия для внедрения безотходных технологий. В результате увеличиваются выход товарной продукции, производительность труда, коэффициент переработки древесины, уменьшаются текущие и капитальные затраты;

создание единых объектов ВП и ПИ, что снижает объемы капиталовложений, потребности в рабочей силе как в строительстве, так и в эксплуатации, себестоимость единицы услуг;

сокращение территории застройки, ведущее к уменьшению затрат на обустройство территории и размера компенсации;

создание единой СИ, что повышает качество ее функционирования;

блокирование зданий и сооружений, ведущее к сокращению объемов строительства;

уменьшение стоимости основных фондов предприятий за счет сокращения капиталовложений и, как следствие, снижение себестоимости продукции.

При строительстве и эксплуатации ЛПУ средства отвлекаются на строительство общеузловых объектов, могут увеличиться затраты на природоохранные цели из-за концентрации вредных выбросов, возрасти протяженность коммуникаций, дальность перевозки сырья. В конечном итоге снижается эффективность строительства и эксплуатации предприятий в составе ЛПУ, но положительный эффект, как правило, выше отрицательного.

Общую эффективность формирования ЛПУ невозможно выразить через один показатель, необходимо использовать их систему. При оценке эффекта рассчитывают экономии капитальных вложений, текущие затраты, численность персонала и материалоёмкость производства. Исходя из них, определяют остальные показатели: производительность труда, прибыль, рентабельность и др. Следует учитывать условия строительства по промышленным площадкам, затраты на освоение и доставку древесного сырья и вывоз конечной продукции, эффект концентрации, комбинирования и эффект от создания единой СИ.

Исследования показывают, что экономическую эффективность организации ЛПУ следует рассчитывать по каждому источнику образования в отдельности. Возможные источники экономии: блокирование зданий и сооружений ОП; ликвидация ряда транспортных и складских операций; комплексное использование древесного сырья; сокращение территории застройки; объединение объектов теплоснабжения, водоснабжения, электроснабжения, канализации, очистки промышленных стоков и т. д.; централизация древесноподготовительного, ремонтно-механического производства, складского и транспортного хозяйства, других вспомогательных служб; создание единых внешних транспортных путей, водопроводов, линий электропередач, единой строительной базы и СИ.

Для простоты изложения методики будем сравнивать два варианта:  $p$  новых производств лесного профиля размещаются в составе узла и отдельно. В сравниваемых вариантах объем производства продук-

ции одинаков, поэтому эффект от повышения степени использования древесного сырья будет исчисляться не в дополнительной продукции, а в снижении затрат материальных, трудовых и денежных при организации комплекса безотходных производств в рамках одного узла, а не большой территории.

Экономии капиталовложений  $\Delta K$  вычисляют по формуле

$$\Delta K = \sum_i \Delta K_i^1 + \sum_i \Delta K_i^2 + \Delta K^3 + \sum_i \Delta K_i^4 + \Delta K^5 + \Delta K^6,$$

где  $\Delta K_i^1$  — экономия капиталовложений для  $i$ -го вида объектов ВП и ПИ;

$\Delta K_i^2$  — экономия капиталовложений на сооружение  $i$ -го вида внешних коммуникаций;

$\Delta K^3$  — экономия капиталовложений на создание СИ;

$\Delta K_i^4$  — экономия капиталовложений за счет ликвидации ряда транспортных и складских операций по  $i$ -му полуфабрикату;

$\Delta K^5$ ,  $\Delta K^6$  — экономия капиталовложений за счет блокирования зданий и сооружений ОП и уменьшения площади застройки.

Для объектов ВП и ПИ

$$\Delta K_i^1 = \sum_{j=1}^p K_i(m_{ij}) - K_i\left(\sum_{j=1}^p m_{ij}\right),$$

где  $m_{ij}$  — объем  $j$ -го вида услуг ОП;

$K_i(m)$  — нелинейная зависимость объемов капиталовложений от объема предоставляемых услуг;

$p$  — число объединяемых ОП.

Формула отражает экономию от концентрации производства в сопутствующих сферах промышленной деятельности.

Экономия капиталовложений на сооружение единой системы внешних коммуникаций  $\Delta K_i^2$  зависит не только от суммарной нагрузки на них, но и от места размещения промышленной площадки. Расчет производят по формуле

$$\Delta K_i^2 = \sum_{j=1}^p K_i(m_{ij}) l_{ij} - K_i\left(\sum_{j=1}^p m_{ij}\right) l_i,$$

где  $l_{ij}$  — длина внешних коммуникаций для  $j$ -го предприятия при его размещении на отдельной промышленной площадке;

$l_i$  — их длина для узла.

График зависимости  $K_i(m)$  для внешних коммуникаций характеризуется скачкообразным изменением затрат при переходе на трассу более высокого класса.

Экономия капиталовложений на создание СИ  $\Delta K^3$  складывается из двух составляющих: создание единой СИ и уменьшение численности работающих на предприятии

$$\Delta K^3 = \sum_{j=1}^p K(t_j^\lambda) t_j^\lambda - K(t^\lambda) t^\lambda,$$

где  $t_j$ ,  $t$  — численность персонала на отдельных предприятиях и в узле,  $t \leq \sum_{j=1}^p t_j$ ;

$K(t)$  — зависимость затрат на обустройство одного человека от численности контингента;

$\lambda$  — коэффициент, учитывающий семейное положение и занятость в сфере обслуживания.

Снижение капиталовложений от ликвидации ряда операций по хранению и перемещению полуфабрикатов (технологическая щела, стружка, опилки, целлюлоза и др.)  $\Delta K_i^4$  рассчитывают по нормативам удельных капиталовложений на 1 т · км транспортных операций  $K_{2i}$  и 1 м<sup>3</sup> или 1 т упаковки, хранения и перемещения полуфабрикатов  $K_{1i}$ , расстоянию перевозки полуфабрикатов  $R_i$  и их количеству  $M_i$ :

$$\Delta K_i^4 = K_{1i}M_i + K_{2i}M_iR_i.$$

Экономия капиталовложений от блокирования зданий и сооружений ОП  $\Delta K^5$  зависит от типов объединяемых производств, их масштабов, поэтому невозможно найти формальную зависимость  $\Delta K^5$  от каких-либо технико-экономических характеристик безотносительно к типам производств. Здесь необходима экспертная оценка процента экономии от объема строительно-монтажных работ на здания и сооружения ОП.

Экономия капиталовложений за счет сокращения территории застройки  $\Delta K^6$  вычисляют по формуле

$$\Delta K^6 = \Delta S(b_1 + b_2),$$

где  $\Delta S$  — размер снижения территории застройки;

$b_1$  — норматив затрат на благоустройство и озеленение 1 га;

$b_2$  — норматив денежной компенсации за 1 га изымаемых земель.

Снижение численности промышленного персонала  $\Delta T$  определяют по формуле

$$\Delta T = \sum_{j=1}^p T_j - T = (\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3) K_y,$$

где  $T_j$  — численность персонала на  $j$ -м предприятии;

$T$  — численность персонала в узле;

$\Delta T_1$  — снижение численности рабочих и МОП по всем ВП и ПИ,

$\Delta T_1 = \sum_i \left\{ \sum_{j=1}^p t_i^1(m_{ij}) - t_i^1 \left( \sum_{j=1}^p m_{ij} \right) \right\}$  ( $i$  — индекс услуг;  $t(m)$  — зависимость затрат труда от уровня концентрации услуг);

$\Delta T_2$  — снижение численности рабочих за счет ликвидации операций по перемещению полуфабрикатов,  $\Delta T_2 = \sum (M_n t_n^0 + M_n t_n^1 R_n)$ . Здесь  $M_n$  — объем полуфабрикатов  $n$ -го вида;  $t_n^0$ ,  $t_n^1$  — нормативы трудоемкости операций по перемещению полуфабрикатов;  $R_n$  — расстояние перевозки полуфабрикатов;  $n$  — индекс полуфабрикатов;

$\Delta T_3$  — снижение численности персонала, обслуживающего внешние коммуникации,  $\Delta T_3 = \sum_k \left\{ \sum_{j=1}^p t_k^2(m_{kj}) L_{kj} - t_k^2 \left( \sum_{j=1}^p m_{kj} \right) L_k \right\}$  ( $k$  — индекс коммуникации);

$K_y$  — коэффициент пересчета численности рабочих в численность промышленно-производственного персонала.

Снижение себестоимости  $\Delta C$  рассчитывают по формуле

$$\Delta C = \Delta K_c(a + b) + \Delta K_0(c + d) + \Delta T_3 + \sum_i \sum_{j=1}^p \Delta M_{ij} m_j C_i + \Delta C(p),$$

где  $\Delta K_c$ ,  $\Delta K_0$  — снижение объема строительно-монтажных работ и устанавливаемого оборудования;

$a$ ,  $c$  — нормативные коэффициенты амортизационных отчис-

- лений по пассивной и активной части основных фондов;
- $b, d$  — коэффициенты, учитывающие годовые затраты на текущий ремонт и обслуживание;
- $\Delta T$  — снижение численности промышленного персонала;
- $Z$  — среднегодовая заработная плата работника с отчислениями на социальное страхование;
- $\Delta M_{ij}$  — уменьшение расхода  $i$ -го вида ресурса на единицу мощности  $j$ -го общеузлового объекта;
- $m_j$  — мощность  $j$ -го общеузлового объекта;
- $C_i$  — стоимость  $i$ -го вида сырья;
- $\Delta C(p)$  — изменение затрат на заготовку и транспортировку древесного сырья на предприятии.

Формула отражает тот факт, что при объединении производства текущие затраты изменяются за счет уменьшения амортизационных отчислений, роста производительности труда и снижения затрат на топливо, энергию, воду и могут увеличиваться или уменьшаться вследствие расширения сырьевой базы и изменения дальности поставки сырья.

При расчете экономической эффективности организации ЛПУ для наглядности изложения принято, что коэффициент удорожания капиталовложений по площадкам равен единице и отсутствуют районные надбавки к заработной плате. Поправочные коэффициенты несложно учесть через коэффициенты удорожания строительно-монтажных работ и роста затрат на доставку оборудования, а также коэффициенты к заработной плате. Факторы, снижающие эффективность организации ЛПУ, такие как концентрация вредных выбросов и увеличение протяженности внутренних коммуникаций, учитывают по тем же формулам.

Методика расчета основана на том, что каждому изучаемому производству и уровню мощности соответствуют определенные капитальные и текущие затраты, объемы потребления воды, тепла, электроэнергии, древесины, промышленных стоков, трудозатраты, размер занимаемой территории, грузооборот по сырью и продукции, потребности в услугах ВП. Все эти данные имеются в типовых проектах. Зависимости капитальных затрат и трудозатрат на различные виды ВП, ПИ, СИ от их мощности находят по данным проектных институтов Минлеспрома СССР и Госстроя СССР. Как правило, используют табличные зависимости, учитывающие типовые мощности и имеющие при изображении на графике сложный вид с большим числом перегибов. При автоматизации расчетов по табличным данным строят функциональные зависимости.

С использованием предложенной методики нами разработана модель формирования ЛПУ, позволяющая рассматривать и сравнивать множество вариантов размещения мощностей как в составе узлов (в разных структурах), так и отдельно по ряду промышленных площадок.

Поступила 19 марта 1990 г.

УДК 630\*661

## О ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ ДОХОДЕ ПО КАЧЕСТВУ В НОВЫХ ЛЕСНЫХ ТАКСАХ

А. С. ЛАЗАРЕВ

ВНИИЛМ

В 1988 г. отпуск древесины на корню по главному пользованию (по лесорубочным билетам), заготовка древесины по прочим рубкам и руб-

кам промежуточного пользования в совокупности составили свыше 440 млн м<sup>3</sup>. При этом на делянках осталось в виде недорубов и невывезенной древесины 45 млн м<sup>3</sup>, в то время как в Финляндии заготовлено 42 млн м<sup>3</sup>, в Швеции — 53 млн м<sup>3</sup> и в Японии — 33 млн м<sup>3</sup>.

Таблица 1

Порода	Категория древесины	Разница		Увеличение затрат на заготовку	Увеличение оптовых цен II пояса	Поясная разница в таксах	Дифференциальный доход
		в оптовых ценах	в таксах				
р. за 1 м <sup>3</sup>							
1	2	3	4	5	6	7	8

## I пояс такс, II пояс оптовых цен

Сосна	Деловая:						
	крупная	11,0	10,70	—	5	5	0,30
	средняя	8,0	9,25	—	5	5	-1,25
	мелкая	9,0	6,93	—	5	5	2,07
	Дрова	1,0	0,10	—	—	—	0,90
Ель	Деловая:						
	крупная	11,0	7,80	0,24	5	5	2,96
	средняя	8,0	6,75	0,24	5	5	1,10
	мелкая	9,0	5,03	0,24	5	5	3,97
	Дрова	—	—	0,24	—	—	-0,24
Дуб	Деловая:						
	крупная	42,0	22,30	0,91	—	—	18,79
	средняя	22,5	19,15	0,91	—	—	2,44
	мелкая	9,0	18,42	0,91	—	—	-10,33
	Дрова	3,5	1,00	0,78	—	—	1,71
Бук	Деловая:						
	крупная	45,5	25,90	0,91	—	—	18,69
	средняя	13,5	22,15	0,91	—	—	-10,56
	мелкая	7,0	16,62	0,91	—	—	-10,53
	Дрова	3,5	0,70	0,78	—	—	2,02

## IV пояс лесных такс, I пояс оптовых цен

Сосна	Деловая:						
	крупная	11,0	2,52	—	—	—	8,48
	средняя	8,0	2,15	—	—	—	5,85
	мелкая	9,0	1,65	—	—	—	7,35
	Дрова	1,0	0,05	—	—	—	0,95
Ель	Деловая:						
	крупная	11,0	1,82	—	—	—	8,94
	средняя	8,0	1,55	—	—	—	6,21
	мелкая	9,0	1,15	—	—	—	6,61
	Дрова	—	—	0,24	—	—	-0,24
Кедр	Деловая:						
	крупная	11,0	6,82	—	—	—	4,18
	средняя	8,0	5,85	—	—	—	2,15
	мелкая	9,0	4,45	—	—	—	4,45
	Дрова	—	0,05	—	—	—	-0,05
Дуб	Деловая:						
	крупная	47,0	6,82	0,91	—	—	39,27
	средняя	27,5	5,85	0,91	—	—	20,74
	мелкая	14,0	4,45	0,91	—	—	8,64
	Дрова	3,5	0,20	0,78	—	—	2,52

Примечание. 1. Разница между ценой породы, указанной в гр. 1, и средней ценой древесины березы, осины определена по Прейскуранту № 07-03, между таксами — по Прейскуранту № 07-01. 2. Дифференциальный доход определяется как сумма гр. 3 и 6 за вычетом гр. 4, 5 и 7.

Кроме того, расчетная лесосека по хвойному и твердолиственному хозяйствам в ряде регионов перерубается, а по мягколиственному не дорубается. За 1966—1986 гг. в целом по СССР в хвойных лесах было вырублено с превышением расчетных лесосек 666,8 млн м<sup>3</sup> древесины\*. Расчетная лесосека по хвойному хозяйству перерубалась и в 1989 г. В результате истощаются лесосырьевые базы, снижаются объемы лесозаготовок по отдельным леспромхозам, ухудшаются экономические показатели их работы, ликвидируются предприятия. Создание же новых мощностей в районах Сибири и Дальнего Востока затрудняется необеспеченностью рабочей силой и капитальными вложениями. Поэтому объем лесозаготовок по главному пользованию в 1988 г. снизился до 344,9 млн м<sup>3</sup> против 353,1 млн м<sup>3</sup> в 1975 г.

Перечисленные негативные явления в лесопользовании в значительной мере обусловлены ошибками ценообразования. Действующая система цен на древесину на корню и в заготовленном виде позволяет лесозаготовительным предприятиям улучшить свои экономические показатели за счет изменения структуры лесосечного фонда.

При равных издержках производства на заготовку древесины мягких лиственных и хвойных пород повышение лесных такс и оптовых цен на хвойную древесину должно быть эквивалентным. Тогда создадутся равные экономические условия при эксплуатации лесосечного фонда мягколиственных и хвойных насаждений. Предприятия в обоих случаях получают равную прибыль. Однако изданные в 1988 г. Прейскурант лесных такс № 07-01 и Прейскурант оптовых цен № 07-03 между собой не стыкуются и позволяют предприятиям получать дополнительную прибыль от реализации древесины хвойных и твердых листвен-

Таблица 2

Порода	Сортименты	Страница прейскуранта	Позиция	Пояс оптовых цен	Определенные разницы между ценой сортиментов данных пород и аналогичных сортиментов березы, осины, р.
Сосна, ель, пихта, кедр	Пиловочник общего назначения (крупная деловая)	10, 14	6, 57, 60	I	$(43-5) - \left(\frac{30,5 + 29,5}{2} - 3\right) = 11$
				II	$(48-5) - \left(\frac{35,5 + 34,5}{2} - 3\right) = 11$
	Лесоматериалы для строительства (средняя деловая)	13, 16	53, 88	I	$(41-5) - (31-3) = 8$
				II	$(46-5) - (36-3) = 8$
Дуб	Подтоварник (мелкая деловая)	13, 16	54, 89	I	$(34-5) - (23-3) = 9$
				II	$(39-5) - (28-3) = 9$
	Пиловочник общего назначения (крупная деловая)	29	354, 355	I	$\frac{72 + 76}{2} - 27 = 47$
				II	$\frac{72 + 76}{2} - 32 = 42$
	Лесоматериалы для строительства (средняя деловая)	29, 31	354, 398	I	$\frac{72 + 39}{2} - 28 = 27,5$
				II	$\frac{72 + 39}{2} - 33 = 22,5$
Подтоварник (мелкая деловая)	31	401	I	$34 - 20 = 14$	
			II	$34 - 25 = 9$	

\* Сухих В. Хватит ли нам леса? // Лесн. пром-сть.— 1988.— 17 дек.

ных пород. Эта сверхприбыль есть дифференциальный доход по качеству.

Новые прејскуранты лесных такс и оптовых цен в 1990 г. в действии не введены. Пример расчета по основным древесным породам (данные отпуска леса в 1986 г.) для I и IV поясов лесных такс приведен в табл. 1. Для всех поясов разряд такс третий.

Увеличение оптовых цен предприятия на древесину хвойных и твердых лиственных пород по сравнению с мягколиственными показаны в гр. 3 табл. 1. Расчеты этого показателя приведены в табл. 2. Для перехода от цен франко-вагон станция назначения к ценам франко-вагон станция отправления применены скидки (для хвойных пород 5 р., для мягколиственных 3 р., согласно с. 7 прејскуранта). По каждой категории крупности определена разница между оптовыми ценами на деловую древесину хвойных и твердых лиственных пород, с одной стороны, и мягких лиственных — с другой. Вычислена средняя такса для 3-го разряда. Учтено увеличение затрат на заготовку древесины твердых лиственных пород по сравнению с мягкими лиственными (см. гр. 5 табл. 1).

Оптовые цены разделены на два пояса, лесные таксы — на четыре. Увеличение оптовых цен II пояса по сравнению с I найдено отдельно для крупной деловой древесины, приравненной к пиловочнику обычному, средней — к строительному лесу, мелкой — к подтоварнику (гр. 3 табл. 1).

Пояс лесных такс I совпадает со II поясом оптовых цен. Оптовые цены II пояса по всем сортаментам на 5 р. выше цен I пояса. Границы остальных поясов лесных такс (II — IV) совпадают с границами I пояса оптовых цен. Поэтому увеличение цен II пояса по сравнению с I и степень компенсации лесными таксами определяли только для I пояса такс. Разница между таксой I пояса и средневзвешенной таксой II—IV поясов по данным отпуска леса в 1986 г. составила 5 р. (гр. 7 табл. 1). Рост оптовых цен во II поясе полностью компенсируется повышением лесных такс на эту же величину. Во II—IV поясах лесных такс увеличение цен не определяли, поскольку эти пояса лесных такс входят в границы I пояса оптовых цен. В итоге определен дифференциальный доход по качеству — дополнительная прибыль, получаемая предприятиями от эксплуатации древостоев хвойных и твердых лиственных пород по сравнению с мягкими лиственными (гр. 8 табл. 1). Такие же расчеты произведены по всем поясам лесных такс (табл. 3).

Данные табл. 3 свидетельствуют о получении лесозаготовителями значительной прибыли на каждый кубометр древесины хвойных и твердых лиственных пород. В целом дифференциальный доход по деловой древесине хвойных (кроме лиственницы) и твердых лиственных пород и по березовым дровам составил 1062 млн р., или 4,32 р. на 1 м<sup>3</sup>, а с учетом всей древесины березы (деловой и дровяной) — 3,72 р. на 1 м<sup>3</sup>. Если включить осину (но без лиственницы), прибыль будет равна 344 млн р., или 3,09 на 1 м<sup>3</sup>, а с учетом лиственницы 379 млн р., или 2,80 р. на 1 м<sup>3</sup>.

В связи с уменьшением лесных такс от I пояса к IV дифференциальный доход возрастает с 2,29 до 5,19 р. на 1 м<sup>3</sup>. Если заготовка древесины будет ориентирована на получение спецсортаментов, то прибыль увеличится в большей степени.

Следовательно, лесные таксы издания 1988 г. стимулируют «погоно» лесозаготовителей за выгодной древесиной хвойных и твердых лиственных пород. При такой структуре лесных такс практически невозможно добиться полного и рационального использования лесосечного фонда по мягколиственному хозяйству. Лесозаготовитель, оставивший на делянке древесину мягких лиственных пород, понесет убыток в размере ее стоимости по лесным таксам в 5-м разряде IV пояса такс

Порода	Категория древесины	I пояс такс			II пояс такс		
		Отпуск леса, млн м <sup>3</sup>	Дифференциальный доход		Отпуск леса, млн м <sup>3</sup>	Дифференциальный доход	
			на 1 м <sup>3</sup> , р.	Всего, млн р.		на 1 м <sup>3</sup> , р.	Всего, млн р.
Сосна	Деловая:						
	крупная	1,964	0,30	0,589	2,291	2,35	5,384
	средняя	2,721	-1,25	-3,401	2,927	0,60	1,755
	мелкая	0,771	2,07	1,596	1,114	3,45	3,843
	Дрова	1,906	0,90	1,715	1,159	0,90	1,043
Итого Кедр	—	7,362	0,07	0,499	7,491	1,61	12,026
	Деловая:						
	крупная	—	—	—	0,165	-18,65	-3,077
	средняя	—	—	—	0,086	-11,70	-1,006
	мелкая	—	—	—	0,047	-5,75	-0,270
	Дрова	—	—	—	0,048	—	—
Итого Ель	—	—	—	—	0,346	-12,58	-4,353
	Деловая:						
	крупная	0,705	2,96	2,087	2,127	4,61	9,805
	средняя	0,761	1,10	0,837	4,203	2,36	9,919
	мелкая	0,386	3,97	1,532	2,833	4,81	13,627
	Дрова	0,724	-0,24	-0,174	1,725	-0,24	-0,414
Итого Дуб	—	2,576	1,66	4,282	10,888	3,03	32,937
	Деловая:						
	крупная	1,019	18,79	19,147	0,244	23,04	5,622
	средняя	0,991	2,44	2,418	0,394	6,90	2,719
	мелкая	0,273	-10,33	-2,820	0,138	-1,66	-0,229
	Дрова	2,503	1,72	4,305	0,682	2,32	1,582
Итого Бук	—	4,786	4,82	23,050	1,458	6,65	9,694
	Деловая:						
	крупная	0,386	18,69	7,214	—	—	—
	средняя	0,051	-10,56	-0,539	—	—	—
	мелкая	0,012	-10,53	-0,126	—	—	—
	Дрова	0,391	2,02	0,790	—	—	—
Итого Береза	—	0,840	8,74	7,339	—	—	—
	Дрова	1,986	2,52	5,005	6,546	3,12	20,424
Всего	—	17,550	2,29	40,175	26,729	2,65	70,728

от 8 до 15 к. и штрафные санкции в размере трехкратной таксовой стоимости этой древесины. Но заготовленный лишний кубометр древесины хвойных пород принесет прибыль 4...5 р. Повысится рентабельность производства за счет снижения доли вывозки древесины мягколиственных пород.

Для устранения причин неудовлетворительного использования лесосечного фонда мягких лиственных пород необходимо выравнять экономические условия работы лесных предприятий, учитывая в лесных таксах дифференциальный доход с перечислением его в доход государства. Тогда предприятие не сможет улучшить свои экономические показатели за счет хвойной древесины, а при оставлении на делянке древесины мягких лиственных пород подвергнется штрафным санкциям.

В случае переруба расчетной лесосеки по хвойным породам цены на древесину, отпускаемую на корню, целесообразно увеличить в несколько раз, с тем чтобы переруб расчетной лесосеки резко влиял на



Таблица 3

III пояс такс			IV пояс такс			Итого		
Отпуск леся, млн м <sup>3</sup>	Дифференциаль- ный доход		От- пуск леся, млн м <sup>3</sup>	Дифферен- циальный доход		Отпуск леся, млн м <sup>3</sup>	Дифференциальный доход	
	на 1 м <sup>3</sup> , р.	Всего, млн р.		на 1 м <sup>3</sup> , р.	Все- го, млн р.		Всего, млн р.	на 1 м <sup>3</sup> , р.
11,761	5,85	68,802	4,809	8,48	40,780	20,825	115,555	—
17,650	3,70	65,305	11,588	5,85	67,790	34,886	131,450	—
4,733	5,75	27,215	4,113	7,35	30,231	10,731	62,885	—
6,145	0,95	5,838	8,456	0,95	8,033	17,666	16,629	—
40,289	4,15	167,160	28,966	5,07	146,834	84,108	326,519	3,88
0,319	-2,55	-0,813	1,400	4,18	5,852	1,884	1,962	—
0,330	-3,70	-1,221	1,081	2,15	2,324	1,497	0,097	—
0,137	0,25	0,034	0,250	4,45	1,113	0,434	0,877	—
0,216	—	—	1,772	—	—	2,036	—	—
1,002	-2,00	-2,000	4,503	2,07	9,289	5,851	2,936	0,50
11,076	7,01	77,643	8,315	8,94	74,336	22,223	163,871	—
22,469	4,66	104,706	20,822	6,21	129,305	48,255	244,767	—
8,536	6,41	54,716	7,404	7,61	56,344	19,159	126,219	—
8,464	-0,24	-2,031	12,755	-0,24	-3,061	23,668	-5,680	—
50,545	4,65	235,034	49,296	5,21	256,924	113,305	529,177	4,67
0,020	32,54	0,651	0,938	39,27	36,835	2,221	62,255	—
0,051	15,80	0,806	0,536	20,74	11,117	1,972	17,060	—
0,013	4,34	0,056	0,314	8,64	2,713	0,738	0,280	—
0,055	2,52	0,139	1,829	2,52	4,609	5,069	10,635	—
0,139	11,88	1,652	3,617	15,28	55,274	10,000	89,670	8,97
—	—	—	—	—	—	0,386	7,214	—
—	—	—	—	—	—	0,051	-0,539	—
—	—	—	—	—	—	0,012	-0,126	—
—	—	—	—	—	—	0,391	0,790	—
—	—	—	—	—	—	0,840	7,339	8,74
11,528	3,42	39,426	11,692	3,52	41,156	31,752	106,011	3,34
103,503	4,26	441,272	98,074	5,19	509,477	245,856	1061,652	4,32

экономические показатели предприятия. Равномерность лесопользования в пределах расчетной лесосеки обеспечит устойчивость экономических показателей комплексных лесных предприятий и постоянное их функционирование.

Поступила 21 мая 1990 г.

УДК 630\*643.794

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСТОЩЕННЫМИ ЛЕСОСЫРЬЕВЫМИ БАЗАМИ

Г. Е. РОМАНОВ

Институт леса Карельского НЦ АН СССР

В нашей стране неуклонно растет число лесозаготовительных предприятий с истощенными лесосырьевыми базами. В некоторых районах, являющихся основными поставщиками древесного сырья, насчитывается до 40 % таких предприятий. Они выполняют около 35 % плановых заданий территориально-производственных объединений. При полном освоении эксплуатационных запасов большинство предприятий предполагается закрыть. Одна из причин такого положения — узкая направленность производственной деятельности предприятий в основном на лесозаготовку при минимальной переработке древесины. В то же время в лесном фонде истощенных лесосырьевых баз (ЛСБ) параллельно с вырубкой спелых сосняков и ельников накапливаются эксплуатационные запасы в насаждениях лиственных пород, поспевают хвойные молодняки. Как сохранить истощенные ЛСБ в числе действующих? На этот счет есть разные точки зрения. Одни авторы [1, 3] считают, что по мере истощения эксплуатационных запасов леспромхозы надо трансформировать в комплексные лесохозяйственно-лесозаготовительные предприятия. Другие ученые [2, 5, 7, 10] предлагают продлить существование лесозаготовительных предприятий, повышая производительность лесов, применяя различные программы по их воспроизводству и т. д. Эти подходы заслуживают внимания. Но в них преувеличена роль лесохозяйственного (ресурсного) фактора. Мы считаем, что в стратегии развития ЛСБ не меньшее значение имеет другой фактор — наличие и состояние так называемых неподвижных основных фондов, прежде всего жилья. Если запасы малы, но есть жилфонд, надо постараться сохранить предприятие, не закрывать его. Объемы лесозаготовок придется сократить, а для обеспечения занятости населения организовать переработку древесины, лесовосстановление и другие производства, в том числе и не связанные с лесом.

Прогнозы динамики главного пользования в долгосрочных программах воспроизводства лесных ресурсов [2, 5, 7, 10] следует, по нашему мнению, строить в разрезе сырьевых баз лесовозных дорог. При этом надо особо выделить периоды значительного снижения главного пользования и выявить для них возможности увеличения объемов промежуточного пользования, переработки отходов лесозаготовок и недревесной продукции.

Выбытие непродуцируемых фондов, в первую очередь жилья, нужно определять по сырьевым базам лесовозных дорог. Это обусловлено растянутостью сроков ввода жилфонда, который в той же последовательности будет и выбывать [9]. По данным об ожидаемом выбытии устанавливаются сроки и объемы дополнительного строительства жилья, позволяющие сохранить лесные поселки. Необходимость учета жилищного фактора вызвана и тем, что в стоимости основных фондов лесозаго-

товительных предприятий жилфонд составляет до 40 %, больше, чем машины и оборудование взятые вместе.

Тактические задачи в истощенных ЛСБ — выбор способа лесовосстановления и главной породы, комбинирование производства, изыскание возможностей расширения номенклатуры товарной продукции.

На выбор способа лесовосстановления и главной древесной породы оказывают влияние естественные условия района и наличие конкретных потребителей продукции лесовыращивания, определяющих цели хозяйства. Так, например, если леспромхоз находится в сырьевой базе целлюлозно-бумажного комбината, использующего еловую древесину, целесообразно развивать еловое хозяйство.

Принятие той или иной формы комбинирования в леспромхозе связано с объемами потребляемого сырья и наличием его потребителей. Вертикальная форма, представляющая последовательные переделы работ по превращению исходного сырья в конечную продукцию, например пиловочник — пиломатериалы — строительные конструкции и детали, в истощенных лесосырьевых базах неэффективна по двум причинам.

1. Для обеспечения рентабельности производства необходима значительная концентрация древесины в леспромхозе. Это трудновыполнимо вследствие сокращения объемов лесозаготовок и высокой капиталоемкости обрабатывающих производств [6].

2. Крупные специализированные лесоперерабатывающие предприятия имеют больше возможностей для лучшего использования сырья.

В условиях ресурсной, породной, сортиментной истощенности ЛСБ [8] предпочтительна горизонтальная форма комбинирования. При дефиците лесных ресурсов она предполагает переработку неликвидной части дерева (сучья, хвоя, кора и т. п.), побочных лесных продуктов (ягоды, грибы, техническое и лекарственное сырье), создание подсобных хозяйств и направлена на увеличение товарной продукции. Кроме того, для использования перечисленных видов сырья имеется ряд условий: возможность производства разнообразных продуктов в зависимости от степени обработки и с учетом транспортабельности как сырья (включая отходы), так и полученной продукции, появление новых технологий и др.

В настоящее время ассортимент продукции, выпускаемой в истощенных ЛСБ, не отличается разнообразием. В леспромхозах, примыкающих к сплаву, он включает хлысты либо сортименты, в редких случаях технологическую щепу из отходов лесозаготовок, хвойную лапку. В прижелезнодорожных предприятиях добавляется щепа для целлюлозно-бумажного производства. Так, в прижелезнодорожных лесопунктах Кондопожского КЛПХ ТПО Кареллеспром производят пиломатериалы, технологическую щепу для ЦБП и гидролиза, тару, клепку. Таким образом, налицо вертикальная форма комбинирования производств. Наибольший выход товарной продукции с 1 м<sup>3</sup> вывезенной древесины в 1989 г. в Кяппесельгском лесопункте составил 33,8 р., в Гирвасском, Кедрозерском и Кондопожском соответственно 28,1; 27,6 и 30,1 р. Однако в ближайшие 10...20 лет в Кяппесельгском и Кедрозерском лесопунктах при сохранении существующего уровня главного пользования объемы лесозаготовок снизятся почти в 2 раза (с 98 до 55 тыс. м<sup>3</sup>), а в целом по леспромхозу на 30 % (с 211 до 149 тыс. м<sup>3</sup>). Увеличение объемов рубок в лесах I группы лишь частично снимет напряженность. Ясно, что в этих условиях сохранение трудового коллектива возможно за счет развития производств, потребляющих отходы лесозаготовок и лесопиления, переработки недревесного сырья, т. е. горизонтальной формы комбинирования.

При проектировании в истощенных ЛСБ производств, способствующих увеличению объема товарной продукции, необходимо учитывать

что леспромхозы находятся в потребительских сырьевых базах крупных лесопромышленных комплексов. В этих условиях для снижения трудоемкости продукции в леспромхозах, более полного использования сырья и загрузки производственных мощностей комплексов предпочтительнее отправлять потребителю хлысты [4]. При проектировании номенклатуры продукции из второсортного сырья (неликвидная древесина, кора, сучья) прежде всего надо найти потребителей, а взаимоотношения с ними закрепить на уровне госзаказа или на договорных началах.

Предлагаемые мероприятия надо разделить по уровням управления. Расчет размера лесопользования и прогноз выбытия основных непроизводственных фондов, выбор способа лесовосстановления, переработку недревесной продукции леса, развитие подсобных хозяйств следует проводить по сырьевым базам лесовозных дорог, т. е. по лесопунктам. Дело в том, что лесозаготовительные производственные мощности, от которых зависит срок эксплуатации ЛСБ, рассчитываются по лесопунктам. По ним же (более того — по поселкам) определяется и обеспеченность жилфондом. Вопросы же, связанные с выбором форм комбинирования производства, формирования межпроизводственных структур, надо решать в рамках леспромхоза.

При высокой степени износа неподвижных основных фондов, малом перспективном сроке использования эксплуатационных запасов (менее 10 лет) и отсутствии производств по переработке отходов лесозаготовок нецелесообразно снижать существующие объемы вывозки вплоть до полного освоения запасов спелых насаждений. Если же нынешний объем лесозаготовок обеспечивает неистощительное пользование лесом в течение оборота рубки, можно организовать постоянно действующее предприятие. В этом случае производственные мощности лесозаготовок и жилищно-коммунальное хозяйство необходимо поддерживать на достигнутом уровне, вводя дополнительные производства, способствующие повышению рентабельности предприятия.

Если при удовлетворительном состоянии неподвижных основных фондов в будущем ожидается значительное сокращение главного пользования, то оно должно быть планомерным и по возможности компенсировано расширением промежуточного пользования до объемов, обеспечивающих неистощительное пользование лесом на период оборота рубки. При этом общий объем товарной продукции не должен снижаться, а для сохранения лесных поселков поддерживаются на должном уровне непроизводственные основные фонды.

Реализация перечисленных предложений потребует значительных материальных средств. Однако истощенные леспромхозы убыточны или малорентабельны; у них этих средств недостаточно или вообще нет. Поэтому новые производства, связанные с расширением переработки некондиционной древесины и недревесной продукции леса, подсобные и другие хозяйства, способствующие обеспечению полной занятости, могут быть созданы с помощью территориальных производственных объединений и концернов, а также в кооперации с соседними предприятиями местной промышленности, совхозами или переданы в аренду членам своих трудовых коллективов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Береславская В. А. Тенденция развития форм организации предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства // Лесн. журн.— 1982.— № 1.— С. 119—121.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Комков В. В., Моисеев Н. А. Оптимизация воспроизводства лесных ресурсов.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— 248 с. [3]. Лобовиков Т. С., Береславская В. А., Поздеев В. Л. К вопросу развития типов лесных предприятий // Лесн. журн.— 1981.— № 4.— С. 117—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Лямин А. И. Основные направления комплексного использования древесного сырья // Пути улучшения комплексного использования древесного

сырья.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 69 с. [5]. Методика прогнозных расчетов лесопользования в лесах СССР.— М.: Госкомлес СССР, 1988.— 30 с. [6]. Моисеев Н. А. Воспроизводство лесных ресурсов.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 258 с. [7]. Оптимизация объемов лесохозяйственных мероприятий при лесоустройстве: Методич. рекомендации / ЛенНИИЛХ; Под ред. В. Г. Рубцова.— Л., 1982.— 66 с. [8]. Романов Г. Е. Признаки истощенности лесосырьевых баз // Лесн. журн.— 1986.— № 6.— С. 169—172.— (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Романов Е. С., Новгородова Т. И. Динамика жилого фонда леспромхозов и ее взаимосвязи с объемами производства // Лесн. журн.— 1973.— № 2.— С. 147—153.— (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Состояние и пути интенсификации лесного хозяйства и совершенствование лесопользования на Европейском Севере / Н. П. Чупров, Д. И. Одинцов, Е. Д. Антупьева, Т. П. Ярунова // Вопросы экономики лесного хозяйства и лесоустройства на Европейском Севере.— Архангельск. Ин-т леса и лесохимии, 1987.— С. 3—21.

Поступила 11 июня 1990 г.

УДК 630\*36.003.13

## О ЦЕНАХ НА НОВУЮ ЛЕСНУЮ ТЕХНИКУ

Н. В. МУРАШКИН

Ленинградская лесотехническая академия

Действующие цены на новую продукцию лесного машиностроения базируются на плановой полной себестоимости ее производства и реализации, слабо отражают параметры надежности и производительности, влияние на лесную среду при использовании на предприятиях, не учитывают величину социально-экономического эффекта. Эти цены следует периодически пересматривать в зависимости от особенностей производства и потребления. Совершенствование цен должно основываться на нормативно-параметрических методах, т. е.

$$Ц_n = Ц_{п.п} (1 \pm K),$$

где  $Ц_n$ ,  $Ц_{п.п}$  — соответственно новая и действующая преysкурантные цены франко-вагон станция отправления;

$K$  — относительная комплексная оценка полезного эффекта, получаемого потребителем при использовании техники за экономически целесообразный период эксплуатации.

В свою очередь,  $Ц_{п.п}$  находят по формуле

$$Ц_{п.п} = C_6 (1 + a),$$

где  $C_6$  — полная нормативная (равная или ниже фактической) себестоимость изготовления и реализации единицы продукции лесного машиностроения;

$a$  — уровень рентабельности, обеспечивающий платежи в бюджет за кредит при заданном уровне надежности техники.

Комплексную оценку  $K$  определяют по формуле

$$K = \mathcal{E}_{п.п} / Ц_{п.п},$$

где  $\mathcal{E}_{п.п}$  — полезный экономический (социальный) эффект, получаемый потребителем при использовании данного вида техники и передаваемый заводу-изготовителю (начисляется не ниже нормативного уровня образования ФЭС), р.

Оптовые цены на новые (модернизированные) машины, механизмы, запчасти надлежит устанавливать с учетом особенностей их свойств по отношению к машине-аналогу и рассчитывать по формулам:

при надежности, равноценной надежности машины-аналога,

$$L_n = C_{б.н} (1 + K') P_n / P_б,$$

при надежности выше или ниже, чем у механизма-аналога,

$$L_n = C_{б.н} (1 + K' \pm K'') P_n / P_б,$$

где  $C_{б.н}$  — полная нормативная себестоимость изготовления и реализации машины-аналога, р.;

$P_n, P_б$  — общая суммарная выработка продукции (работ) за период полной наработки ресурса соответственно новой и базовой машиной, м<sup>3</sup>;

$K'$  — коэффициент рентабельности производства продукции машинной-аналогом;

$K''$  — коэффициент дополнительной оценки,

$$K'' = \frac{\pm \Delta_{п.н}}{L_n} = \frac{\pm \Delta_{п.н}}{C_{б.н} (1 + K') P_n / P_б}.$$

Например, оптовая цена трактора ТБ-1 по Прейскуранту № 21-05  $L_n = 13485$  р. Этот уровень цены экономически обоснован и определен нормативно-параметрическим методом. Новая цена на трактор может быть увеличена (уменьшена) в зависимости от уровня полезного эффекта, получаемого потребителями. Допустим, он составляет (с учетом ущерба от простоев по техническим причинам) 7968 р. для трактора ТДТ-55А [1]. Плата в государственный бюджет за 5 лет использования трактора в леспромхозе в размере 6 % балансовой стоимости равна  $13485 \cdot 1,1 \cdot 5 \cdot 0,06 = 4450$  р. Плата за трудовые ресурсы:  $300 \cdot 1,3 \cdot 5 = 1950$  р. Тогда полезный экономический эффект от использования тракторов ТБ-1 составит:  $7968 - 4450 - 1950 = 1568$ .

При условии, что 30 % [2] полезного эффекта должно поступить заводу-изготовителю,

$$K'' = + 1568 \cdot 0,3 / 13485 = 0,0349.$$

В этом случае новая цена трактора ТБ-1 может быть повышена на 3,49 %, т. е.

$$L_n = 13485[(1 + 0,0349)] = 13955 \text{ р.}$$

Такой подход к установлению оптовой цены определяется особенностями использования тракторов за период наработки экономически целесообразного ресурса.

### Выводы

Строгое соблюдение производителем зависимости цен и уровня рентабельности от величины экономического и социального эффекта, подтверждаемого потребителем, создает объективные предпосылки для установления нижнего и верхнего пределов лимитных цен на продукцию машиностроения.

Именно в этом смысл предлагаемых формул. Оптовая цена на новую технику должна обеспечивать рентабельность на уровне 26... 30 %, а не 11... 16 %, существующих в настоящее время.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Мурашкин Н. В. Комплексная экономическая оценка тракторов Онежского тракторного завода / ЛЛТА; Под ред. А. П. Петрова. — Петрозаводск: Карелия, 1988. — 182 с. [2]. Рекомендации по обоснованию договорных цен на научно-техническую продукцию. — М.: ГКНТ СССР, 1989.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*443

**ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЗНАЧИМОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ  
В ОЧАГАХ СОСНОВОЙ ПЯДЕНИЦЫ В КАЗАХСТАНЕ**

Н. Н. АРАПОВА

Московский лесотехнический институт

Сосновая пяденица (*Bupalus piniarius* L.) широко распространена в борах Казахстана и периодически дает вспышки массового размножения [2]. Последний подъем численности пяденицы был отмечен в 1983—1984 гг. в сосняках Целиноградской и Кокчетавской областей. Повреждение хвон гусеницей стало причиной массового развития на ней филлофильных микромицетов. Первые признаки заражения наблюдались уже в июле 1984 г. Инфекция проникала внутрь через погрызы, наносимые личинками младших возрастов. К весне следующего года объединенные массивы приобрели характерную рыжую окраску в результате повсеместного усыхания заселенной грибами хвон.

В очагах сосновой пяденицы было идентифицировано 14 видов филлофильных микромицетов (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Видовое название гриба	Встречаемость, %	Способ питания*
1	<i>Dothichiza ferruginosa</i> Sacc.	92,4	п
2	<i>Naemacyclus minor</i> Butin	66,7	п
3	<i>Phoma conicola</i> Bayliss Elliott	30,3	с
4	<i>Cytospora pinastri</i> Fr.	24,2	п
5	<i>Leptostroma pinastri</i> Desm.	16,7	п
6	<i>Lophodermium</i> sp.	7,6	—
7	<i>Phoma pinicola</i> Sacc.	7,6	с
8	<i>Phomopsis oculata</i> (Sacc.) Frav.	6,1	с
9	<i>Cladosporium olivaceum</i> (Corda) Bon.	4,5	с
10	<i>Sporodesmium elegans</i> Corda	4,5	с
11	<i>Leptothyrium pinastri</i> Karst.	3,0	с
12	<i>Phoma juniperi</i> (Desm.) Sacc.	3,0	с
13	<i>Mycosphaerella acicolum</i> Lindau	1,5	с
14	<i>Sclerotiopsis piceana</i> (Karst.) Died.	1,5	с

\* Способ питания: п — паразитический; с — сапротрофный.

Внутри растительных сообществ грибы образуют особые группы, или микосинузии [3, 7]. Согласно классификации С. А. Симонян [4] исследуемая нами синузия относится к типу, сформированному по степени вирулентности входящих в нее членов. Такой подход предполагает существование своеобразной «иерархии» грибов с доминированием одного или нескольких видов над остальными. Аналогичный вывод содержится в исследованиях С. А. Симонян, А. М. Барсегян [5, 6]. По их мнению, преобладание отдельных микромицетов в фитоценозах зависит от экологических условий и степени распространения видов в данном районе.

В приведенном списке филлофильных микромицетов главенствующее положение занимает *Dothichiza ferruginosa* — конидиальная стадия возбудителя ценангиевого некроза сосны. Лабораторные исследования показали высокую патогенность отдельных штаммов гриба [1]. Все сказанное позволяет считать этот вид доминирующим в рассматриваемой синузии.

Встречаемость гриба *Naemacyclus minor* Butin также достаточно высока. Этот гриб известен как патоген, способный вызвать массовое пожелтение и усыхание хвон [8]. В Казахстане он отмечен впервые.

Упомянутые виды обладают широкими адаптивными возможностями. Так, в верхней части кроны, наименее заселенной грибами, *D. ferruginosa* и *N. minor* были

Таблица 2

№ п/п	Видовое название гриба	Порядковый номер вида гриба														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	<i>Dothichiza ferruginosa</i>	+														
2	<i>Naemacyclus minor</i>		+													
3	<i>Phoma conicola</i>		+													
4	<i>Cytospora pinastri</i>		+													
5	<i>Leptostroma pinastri</i>		+													
6	<i>Lophodermium</i> sp.															
7	<i>Phoma pinicola</i>															
8	<i>Phomopsis oculata</i>															
9	<i>Cladosporium olivaceum</i>															
10	<i>Sporodesmium elegans</i>															
11	<i>Leptothyrium pinastri</i>															
12	<i>Phoma juniperi</i>															
13	<i>Mycosphaerella acicolum</i>															
14	<i>Sclerotopsis piceana</i>															

основными и в большинстве случаев единственными обнаруженными видами. Однако *N. minor* осваивал преимущественно старую, не тронутую пяденицей хвою, *D. ferruginosa* — поврежденную.

Нередко на хвое встречались одновременно плодовые тела трех и даже четырех видов грибов, различных по способу питания. В этих случаях зона распространения паразита охватывала всю хвою, а сапротрофы занимали лишь погрызенную часть.

Процесс заселения, вероятно, можно представить следующим образом: в места повреждения пяденицей, своеобразные «ворота инфекции», вначале внедрялся патоген. Его дальнейшее развитие происходило уже в живых тканях хвои, а омертвевшая зона погрыза служила субстратом для сапротрофных видов.

На одной и той же хвое отмечены также плодоношения различных конидиальных стадий сумчатого гриба *Cenangium abietis* (Pers.) Rehm., пустула *Cytospora pinastri* и пикнид *Dothichiza ferruginosa*. Наиболее типичные случаи одновременного заселения хвои несколькими видами представлены в табл. 2 (знак плюс показывает совместимость различных компонентов филофильной миксоценозы).

Совместные поселения наблюдаются в основном у следующих видов: *Dothichiza ferruginosa*, *Naemacyclus minor*, *Phoma conicola*, *Cytospora pinastri*, *Leptostroma pinastri*, — т. е. самые распространенные члены группы и наиболее совместимы. Названные микромицеты преобладают не только в очагах сосновой пяденицы, но и повсеместно в сосновых древостоях Казахстана.

Таким образом, сингузия филофильных микромицетов на сосне имеет определенный видовой состав и характеризуется функциональной связью слагающих ее членов. Интенсивное развитие грибов после объединения хвои филофагом свидетельствует о тесном взаимодействии компонентов лесного биогеоценоза. Главная роль в освоении субстрата принадлежит преуспевающим видам с повышенной численностью. Из них практическую значимость имеет факультативный паразит *Dothichiza ferruginosa*. При благоприятных условиях он способен вызвать массовое поражение и гибель хвои. В этом случае связь вида с растением (сосной) приобретает отрицательный и даже антагонистический характер.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Арапова Н. Н. О патогенности грибов рода *Senangiium* // Защита и охрана лесов Казахстана: Сб. науч. статей.—Алма-Ата, 1988.—С. 70—75. [2]. Барановский П. М., Гиньяков Г. Г., Пашковский К. А. Насекомые — вредители лесов Казахстана и меры борьбы с ними.—Алма-Ата, 1950.—136 с. [3]. Каламез К. А. Положение грибных группировок в структуре экосистем // Изучение грибов в биогеоценозах: Тез. докл. симпозиума.—Л., 1977.—С. 20—22. [4]. Симомян С. А. О взаимоотношениях микромицетов в микосинузиях // Микология и фитопатология.—1975.—Т. 9, вып. 6.—С. 477—481. [5]. Симомян С. А., Барсегян А. М. К познанию фитопатологической роли микромицетов в различных типах растительности Армении // Микология и фитопатология.—1974.—Т. 8, вып. 4.—С. 315—322. [6]. Симомян С. А., Барсегян А. М. К познанию консортивных взаимоотношений микромицетов и высших растений в некоторых искусственных фитоценозах Армении // Учен. зап. Перм. пед. ин-та.—1976.—Т. 150.—С. 103—105. [7]. Черемисинов Н. А. Микоценоз — компонент лесного биогеоценоза // Микология и фитопатология.—1973.—Т. 7, вып. 1.—С. 34—39. [8]. Merrill W., Kistler B. R. *Naemacyclus* needlecast in Scots pine epidemic in Pennsylvania // Plant Dis. Repr.—1974.—Vol. 58, N 3.—P. 287—288.

УДК 674.093.6 : 621.935

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОЧНОСТИ РАСПИЛОВКИ ДРЕВЕСИНЫ НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Т. С. ИСУПОВА

Архангельский лесотехнический институт

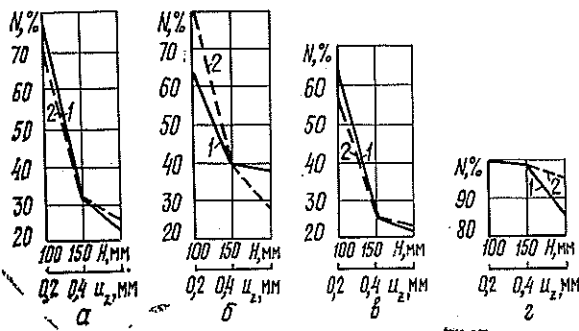
Точность распиловки древесины на ленточнопильных станках определяется устойчивостью инструмента, которая зависит непосредственно от его параметров и напряженного состояния в данный момент времени, а также некоторыми другими факторами.

Ряд исследователей отмечают отсутствие стабилизации усилия натяжения пил ленточнопильных станков, оснащенных рычажно-грузовым механизмом натяжения. Так, в работе [2] приведены сведения о том, что в процессе работы ленточнопильного станка изменение усилия натяжения пилы может достигать 40 % от первоначального значения.

В целях определения системы натяжения пилы, в наибольшей степени обеспечивающей стабилизацию усилия натяжения и максимальную точность распиловки, нами проведены исследования работоспособности четырех типов механизмов натяжения: рычажно-грузового, как традиционного для отечественных моделей ленточнопильных станков, гидравлического, пневматического и пневмогидравлического, как наиболее перспективных с точки зрения автоматизации процесса управления.

Исследования проводили на экспериментальной установке, созданной на базе делительного ленточнопильного станка модели «Standard», выверенного в соответствии с нормами точности на эти станки [1].

Опытные образцы из древесины сосны имели прямоугольное сечение и длину 1 м. Толщина образца определялась необходимой высотой пропила.



Переменными факторами являлись: высота пропила и скорость подачи заготовки (подача на резец). При исследовании гидравлического и пневматического механизмов в качестве переменного фактора рассматривали и первоначальное натяжение полотна ленточной пилы.

Величину подачи на резец ( $u_z$ ) изменяли от 0,2 до 0,6 мм, высоту пропила ( $H$ ) — от 100 до 200 мм, первоначальное натяжение пилы — от 60 до 100 МПа. При изучении работы рычажно-грузового и пневмогидравлического механизмов первоначальное натяжение оставалось постоянным и составляло 80 МПа. Пила имела толщину  $S = 1$  мм и ширину  $B = 85$  мм.

В процессе распиловки контролировали разнотолщинность полученных пиломатериалов. Толщины пиломатериалов измеряли штангенциркулем через каждые 100 мм.

На рисунке представлены зависимости вероятного количества пиломатериалов ( $N$ ), разнотолщинность которых не превышает  $\pm 1$  мм, от высоты пропила (кривая 1 при  $u_z = 0,4$  мм) и скорости подачи (кривая 2 при  $H = 150$  мм) для четырех типов механизмов натяжения ленточной пилы: рычажно-грузового (рис. а), гидравлического (рис. б), пневматического (рис. в), пневмогидравлического (рис. г).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что пневмогидравлический механизм натяжения обладает наилучшими динамическими свойствами и обеспечивает максимальную точность получаемых пиломатериалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веселков В. И., Исупова Т. С. Экспериментальная установка для исследования динамики механизмов резания ленточнопильных станков // Лесн. журн.— 1981.— № 3.— С. 78—82.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Новосельцев В. П., Селезнев А. Ф. Влияние изменения силы натяжения на динамическую устойчивость рамных и ленточных пил // Лесн. журн.— 1974.— № 6.— С. 75—76.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 630\*377.2

### СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ПАЧЕК ХЛЫСТОВ ПО НАГРУЗКЕ В ГРУЗОВОМ КАНАТЕ

А. С. СМЕТАНИН, А. П. БРАГИН

Архангельский лесотехнический институт

При поставке хлыстов на перерабатывающие комбинаты необходимо вести приемку и учет сырья в кубометрах. Здесь возникают определенные сложности, вызванные специфическими условиями поставки. Не редкость, когда одному потребителю хлысты поставляют несколькими видами транспорта с различной продолжительностью нахождения в пути. Свежесрубленную древесину часто поставляют вместе с древесиной из технологических запасов верхнего и нижнего складов, а лесосырьевые базы значительно отличаются друг от друга таксационными характеристиками лесонасаждений (породный состав, средний объем хлыста, бонитет, возраст, содержание дровяной древесины, толщина коры и т. д.).

Большое значение имеет и оснащенность складов сырья подъемно-транспортным оборудованием. Немало предприятий осуществляют выгрузку пачек хлыстов из воды лебедками, что затрудняет или делает невозможным приемку и учет древесины по ОСТ 13—83—80 и ОСТ 13—75—79.

Анализ известных способов и средств приемки и учета древесины при выгрузке пачек из воды лебедками показывает следующее:

индивидуальный учет требует поштучного отделения и обмера каждого хлыста, что выполнять практически сложно;

пересчет количества хлыстов и умножение их на средний объем по таксационным или документальным данным дает значительную ошибку;

геометрический обмер пачек невозможен по условиям техники безопасности, применение же стационарных рамок неэффективно с эксплуатационной точки зрения из-за высокой капиталоемкости и трудоемкости операции;

обмер пачек хлыстов в ваннах по объему вытесненной жидкости также требует наличия кранов большой грузоподъемности.

Для лесопильных и деревообрабатывающих предприятий, получающих древесину в хлыстах сплавом и выгружающих их лебедками, предложен способ определения объема пачек по нагрузкам в тяговом органе. Он основан на измерении усилий, возникающих в грузовом канате лебедки, которые пропорциональны объему выгружаемых из воды пачек хлыстов. Масштаб объема можно определить опытными раскрывежками и найти по формулам

$$\mu_v = V/F_n; \quad \mu_{cp} = (\sum \mu_v)/n,$$

где  $V$  — объем раскряжеванной древесины в пачке;  
 $F_{II}$  — усилие в канате при выгрузке пачки;  
 $n$  — количество раскряжеванных пачек.

В соответствии с технологией для межнавигационного запаса пачки хлыстов укладывают в беспрокладочные штабеля высотой до 8 м. Грузовой канат от начала и до конца формирования штабеля проходит через блок на высоте до 8 м (см. рисунок).

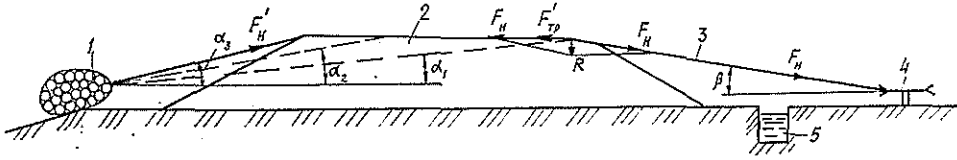


Схема сил, действующих на грузовой канат при формировании штабеля из хлыстов: 1 — пачка хлыстов; 2 — штабель; 3 — грузовой канат; 4 — направляющий блок; 5 — гидротолок

Усилие нагружения в тяговом канате  $F_{II}$  можно найти по формуле

$$F_{II} = F'_H + 2F'_{TP} + (G_{Г.к.} + G_{Х.к.}) f_2;$$

где  $F'_H$  — усилие в наклонной ветви каната,

$$F'_H = F_{TP} / \cos \alpha = V \rho f_1;$$

$F_{TP}$  — сила трения пачки бревен по направляющим;

$\alpha$  — угол наклона каната на участке выгрузки;

$V$  — объем выгружаемой пачки хлыстов;

$\rho$  — плотность древесины в хлыстах;

$f_1$  — коэффициент трения между хлыстами и направляющими подкладками;

$F'_{TP}$  — сила трения каната о бревно,

$$F'_{TP} = f_2 R;$$

$f_2$  — коэффициент трения между канатом и хлыстами;

$R$  — сила давления каната при огибании штабеля,

$$R = \frac{F'_H \cos(\beta/2)}{\sin \beta};$$

$\beta$  — угол наклона каната на участке от штабеля к лебедке;

$G_{Г.к.}$ ,  $G_{Х.к.}$  — вес грузового и холостого канатов.

Обозначим

$$F_{II} \mu_{ср} = V_p; \quad F_{TP} \mu_{ср} = V_{ф};$$

$$\cos \alpha = k_1 = \text{const};$$

$$1 + \frac{2 \cos(\beta/2)}{\sin \beta} f_2 = k_2 = \text{const};$$

$$(G_{Г.к.} + G_{Х.к.}) f_2 \mu_{ср} = k_3 = \text{const}.$$

Здесь  $V_p$ ,  $V_{ф}$  — расчетный и фактический объем пачки.

Тогда

$$V_p = V_{ф} k_2 / k_1 + k_3;$$

$$V_{ф} = (V_p - k_3) k_1 / k_2.$$

Расчеты, проведенные для крупномасштабной модели штабеля, а также экспериментальное определение коэффициентов сопротивления перемещению древесины в коре по направляющим в условиях, приближенных к производственным, показали возможность получения достаточной точности обмера хлыстов при небольших колебаниях усредненной влажности выгружаемой партии древесины. При практическом применении этого способа в целях избежания многократных опытных раскряжек для определения масштабного коэффициента необходимо, чтобы угол наклона  $\alpha$  направляющих, при перемещении по которым определяются и фиксируются сопротивление, был постоянным для всех участков выгрузки склада и не менее угла  $\alpha_3$ .

Общая организация работ и учета может быть следующей. Стационарные или нестационарные направляющие устанавливаются на участке выгрузки пачек из воды под углом  $\alpha$  к горизонту, который должен быть больше или равным  $\alpha_3$ . К покатам крепят конечный выключатель для сигнализации о нахождении пачки и включения фиксирующей сопротивляющей перемещению аппаратуры. При формировании штабеля первые пачки подтягивают к гидроролотку и раскрывающему для определения масштабных коэффициентов. Поскольку углы  $\alpha$  и  $\beta$  и коэффициенты трения  $f_1$  и  $f_2$  постоянны для конкретных условий работы, то несложно вычислять коэффициенты  $k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$  и определять фактические объемы выгружаемой древесины по нагруженности каната. В настоящее время аппаратура, разработанная ЦНИИлесосплава, обеспечивает беспроводную передачу сигналов от тензодатчиков в приемное устройство с их фиксацией.

УДК 547.992.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТРОПИИ ВЯЗКОГО ТЕЧЕНИЯ РАСТВОРОВ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА

В. В. НЕКРАСОВ, Н. В. НЕКРАСОВА

Архангельский лесотехнический институт

При исследовании растворов сульфатного лигнина (СЛ) установлена определенная корреляция между энергией активации вязкого течения и степенью сольватации [3—5]. Общая закономерность сводится к следующему: с ростом энергии активации степень сольватации СЛ убывает.

В настоящей работе определены плотность ( $\rho$ ), вязкость ( $\eta$ ) и скорость распространения ультразвука ( $U$ ) для СЛ в диметилформамиде (ДМФ), 1,4-диоксане (Д), диметилсульфоксиде (ДМСО), тетрагидрофуруриловом спирте (ТГФС), метилцеллюльозе (МЦ), этиленгликоле (ЭГ).

Исследования проведены на растворах промышленного СЛ, очищенного по методике [6], с массовыми концентрациями от 0 до 8 % в интервале температур от 20 до 80 °С. Плотность определяли пикнометром, вязкость — вискозиметром Оствальда, в котором время истечения растворителя при 80 °С было не менее 80 с. Скорость распространения ультразвука находили на комплексной установке при частоте 1,8 МГц с точностью до 0,5 % [5].

Из шести растворителей с двумя (ТГФС, МЦ) наблюдали небольшие аномалии. Для установления причины аномалий мы воспользовались положением [8, 9] о том, что на состояние макромолекул лигнина в растворах заметное влияние оказывает структура растворителя.

О структуре растворителей и растворов можно судить по величине энтропии активации вязкого течения. В основу исследования энтропии активации вязкого течения положен закон Френкеля — Эйринга

$$\eta = A \exp[-\Delta S/R] \exp[(\Delta H/R)(1/T)], \quad (1)$$

где  $A$  — коэффициент;  
 $\Delta S$  — энтропия активации вязкого течения;  
 $\Delta H$  — энтальпия активации вязкого течения;  
 $R$  — универсальная газовая постоянная;  
 $T$  — абсолютная температура.

Коэффициент  $A$  оценивали из соотношения [7]

$$A = N_A h / V_\mu.$$

Здесь  $N_A$  — число Авогадро;  
 $h$  — постоянная Планка;  
 $V_\mu$  — мольный объем.

Принимая для чистых растворителей при 20 и 80 °С  $A = 10^{-6}$  Па · с, что соответствует вязкости при  $T \rightarrow \infty$  в газообразном состоянии, выражение (1) после логарифмирования представим в виде линейного уравнения:

$$\ln(\eta/A) = -\Delta S/R + (\Delta H/R)(1/T).$$

Обозначив  $b = -\Delta S/R$  и  $c = \Delta H/R$  и используя стандартную программу метода наименьших квадратов на ЭВМ «Искра 1256», определили коэффициенты  $b$  и  $c$ . Результаты расчетов представлены в таблице. Данные по сольватации при 20 °С взяты из работы [5].

Растворитель	$\mu$	$b_1$	$b_2$	$b_8$	$\frac{\Delta b}{\Delta w}$	$h_2^{20}$	$h_8^{20}$	$\Delta h^{20}$	$\frac{\Delta h}{\Delta w}$
ДМФ	73,1	17,1	21,7	41,7	3,3	0,835	0,782	0,053	0,883
Д	88,1	30,3	36,7	71,8	5,9	0,608	0,571	0,037	0,617
ДМСО	78,0	63,1	79,8	158	13,0	0,445	0,417	0,028	0,467
ТГФС	102	186	233	463	38,3	0,585	0,550	0,035	0,583
МЦ	76,1	414	525	1 005	80,0	0,783	0,745	0,038	0,633
ЭГ	62,1	773	840	1 320	80,0	0,323	0,303	0,020	0,333

В таблице введены следующие обозначения:

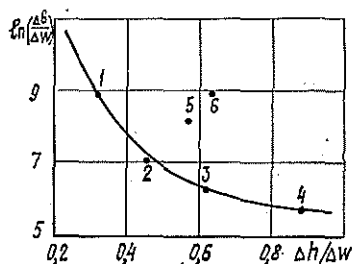
- $\mu$  — молярная масса;  
 $b_1, b_2, b_8$  — коэффициенты для растворов СЛ с массовыми концентрациями 1, 2 и 8 % соответственно;  
 $\Delta b / \Delta w$  — изменение энтропии при изменении концентрации раствора на 1 % (удельная энтропия),

$$\Delta b / \Delta w = (b_8 - b_2) / \Delta w = [(-\Delta S/R)_8 - (-\Delta S/R)_2] / [(8 - 2) 10^{-2}];$$

$h_2^{20}, h_8^{20}$  — сольватации при 20 °С для растворов СЛ с массовыми концентрациями 2 и 8 % соответственно;

$\Delta h / \Delta w$  — изменение сольватации СЛ при изменении концентрации раствора на 1 % (удельная сольватация).

Зависимость  $\ln(\Delta b / \Delta w)$  от удельной энтропии растворов СЛ: 1 — в ЭГ; 2 — в ДМСО; 3 — в Д; 4 — в ДМФ; 5 — в ТГФС, 6 — в МЦ



Как видно из рисунка, для четырех растворителей (точки 1—4) с ростом  $\Delta h / \Delta w$  величина  $\ln(\Delta b / \Delta w)$  монотонно убывает. Из этой зависимости выпадают значения для растворителей ТГФС и МЦ. Наибольшее значение энтропии в растворителях, молекулы которых содержат группы —ОН: ТГФС и МЦ по одной, а ЭГ — две.

Определенный интерес представляет сравнение энтропии вязкого течения в ДМФ и ДМСО, содержащих группы  $>C=O$  и  $>S=O$  соответственно. Из данных таблицы видно, что энтропия для ЛС в ДМСО в 3,7 раза ниже, чем в ДМФ, а удельная сольватация в ДМФ почти в 2 раза больше, чем в ДМСО.

Резкое различие энтропий вязкого течения растворителей (и растворов) связано с различной энергией взаимодействия молекул, а в растворах это взаимодействие обусловлено способностью образования водородных связей акцепторами протонов. Энергия связи для группы  $>C=O$  в кетонах составляет 653 кДж/моль, а для группы  $>S=O$  — 385 кДж/моль [2], т. е. чем больше энергия связи акцептора в группе, тем ниже энтропия вязкого течения растворителя (и раствора).

Представляет интерес сравнить энтропии еще двух растворителей: МЦ и ТГФС, имеющих по одной группе —ОН и по одному акцептору протонов. Величина энтропии в МЦ больше, чем в ТГФС в 2,2 раза. Это различие обусловлено положением кислорода в указанных молекулах. Сопоставляя энтропии, можно утверждать, что энергия взаимодействия атома кислорода в ТГФС значительно больше, чем в МЦ, а удельная сольватация макромолекулы СЛ в МЦ в 1,5 раза больше, чем в ТГФС.

### Выводы

1. Наибольшее значение энтропии вязкого течения наблюдается в растворителях, содержащих доноры протонов (группы —ОН).
2. Энтропия выше в тех растворителях, молекулы которых имеют акцепторы протонов с меньшей энергией связи ( $=O$ ).
3. На величину энтропии вязкого течения влияет положение —О— в молекуле: чем доступнее —О—, тем ниже энтропия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Влияние природы растворителя на удельные объемы сульфатного лигнина / В. В. Некрасов, М. М. Рюмина, К. П. Червятина // Лесн. журн.— 1976.— № 3.—

С. 119—121.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К. П. Мищенко, А. А. Радвеля.— Л.: Химия, 1967.—182 с. [3]. Некрасов В. В., Некрасова Н. В. Исследование энергии активации вязкого течения в растворах сульфатного лигнина // Лесн. журн.—1980.— № 3.— С. 86—90.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Некрасов В. В. Связь энергии активации вязкого течения растворителя с мольной сольватацией сульфатного лигнина в растворах // Лесн. журн.—1977.— № 3.— С. 97—100.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Некрасов В. В., Соколов О. М., Боховкин И. М. О сольватации сульфатного лигнина в некоторых органических растворителях // Лесн. журн.—1975.— № 2.— С. 114—117.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Опыт промышленного получения сульфатного лигнина по непрерывной технологии / Б. Д. Богомолов, П. П. Тиранов, О. М. Соколов и др. // Тр. АЛТИ.—1972.— Вып. XXXII.— С. 3—9. [7]. Тагер А. А. Физико-химия полимеров.— М.: Химия, 1968.—536 с. [8]. Lindberg J. J. Studies of the Physico Chemical Properties of Thioglignins and Related Compound // Paperi ja Puu.—1955.— Vol. 37, N 5.— P. 206—208. [9]. Lindberg J. J. Solubility and Hydrogen Bond Formation of Lignins // Paperi ja Puu.—1960.— Vol. 42, N 4 a.— P. 193—196.

УДК 547.992.3

## ДЕЙСТВИЕ ЛЕСОХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ НА ДРЕВЕСИНУ ПРИ НАГРЕВАНИИ

С. Н. ГАМИДУЛЛАЕВ, Н. Е. РИХТЕР, А. А. ЛЕОНОВИЧ,  
С. Ю. СОЛОВЬЕВА, Э. И. ЧУПКА

Ленинградская лесотехническая академия  
ВНПОбумпром

Щелочная делигнификация сопровождается окислительно-восстановительными процессами с участием как лигнина, так и полисахаридов. Эффективным методом их изучения является хемилюминесценция, позволяющая непрерывно регистрировать свечение в условиях, приближающихся к процессам варки [7].

Этим методом мы исследовали влияние нейтрализованной пирогенной водорастворимой смолы — поверхностно-активной лесохимической добавки (ЛХД) на процесс делигнификации древесины. ЛХД представляет собой смесь различных фенолов и алкилфенолов в виде Са- и На-фенолятов (25...20%), Са- и На-солей карбоновых кислот, оксикислот и фенолокислот (40%), левоглюкозана (20...25%). Поскольку ЛХД улучшает процесс делигнификации [3], представлялось целесообразным установить характер ее действия на основные компоненты древесины. Окислительные превращения, протекающие по радикальному механизму с образованием и распадом пероксидных и гидропероксидных соединений, сопровождаются разгоранием хемилюминесценции [2]. В случае, если ЛХД выступает в качестве антиоксиданта, можно ожидать, что введение ее при щелочной обработке древесины будет сопровождаться тушением. Однако следует учитывать, что ЛХД при контакте со щелочью подвергается окислению по аналогичному механизму с генерацией сверхслабого свечения. Это потребовало установления интервала концентрации ЛХД, в котором интенсивность свечения не осложнялась бы концентрационным тушением.

Для хемилюминесцентного исследования в качестве объектов использовали опилки древесины березы, диоксанлигнина и холоцеллюлозу, полученную с перуксусной кислотой. Образцы обрабатывали 1 М NaOH при гидромодуле 1:25 для древесины и 1:100 для ее компонентов. Эксперимент проводили при 60 °С на хемилюминесцентной установке [5]. При дальнейшем увеличении температуры окислительные процессы резко ускоряются, сохраняя тенденцию изменения в реальном процессе щелочной делигнификации, но затрудняя наблюдение за экспериментом [6].

На рис. 1 приведена зависимость интенсивности хемилюминесценции ( $I$ ) от массовой концентрации ЛХД ( $C$ ) в растворе 1 М NaOH. Оказалось, что в интервале от 0 до 2 г/л наблюдается линейное возрастание  $I$ , от 2 до 3,2 г/л она достигает максимума, за пределами этих значений происходит обусловленное концентрационным тушением монотонное снижение интенсивности хемилюминесценции. Поэтому, с учетом гидромодуля и изучаемых значений расхода ЛХД, в качестве рабочей концентрации выбран интервал от 0 до 2 г/л. Следовательно, представляется возможным изучать процесс тушения хемилюминесценции в присутствии добавки ЛХД, когда ингибирующее действие оказывается значительно существеннее собственного ее свечения.

Как видно из рис. 2, добавка ЛХД при щелочной обработке древесины, несмотря на собственное свечение, интенсивно тушит хемилюминесценцию. Учитывая то обстоятельство, что график, отображающий спад интенсивности хемилюминесценции в за-

висности от массовой концентрации ЛХД, обладает значительной кривизной, определение проводили (для повышения точности) как по интенсивности свечения, так и по светосумме ( $S$ ), поскольку последняя измеряется с гораздо меньшей погрешностью [4].

Ингибирующее действие ЛХД по отношению к древесине и ее высокомолекулярным компонентам может оказаться избирательным. С целью получения ответа на этот вопрос дополнительно проведена серия опытов на холоцеллюлозе и лигнине. Результаты, представленные на рис. 3, показывают, что ЛХД эффективно ингибирует окисление холоцеллюлозы и проявляет антиокислительные свойства по отношению к диоксанлигнину, поскольку интенсивнее, чем лигнин выбирает из системы активный кислород.

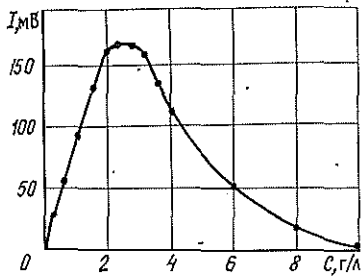


Рис. 1. Влияние концентрации ЛХД на интенсивность хемилюминесценции

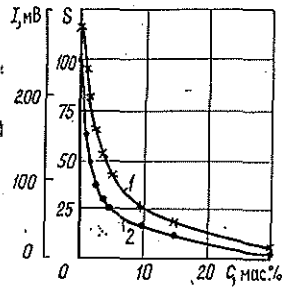


Рис. 2. Влияние концентрации ЛХД на интенсивность (1) и светосумму (2) хемилюминесценции при окислении древесины

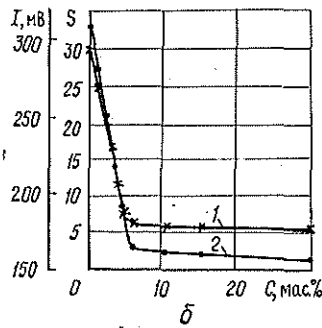
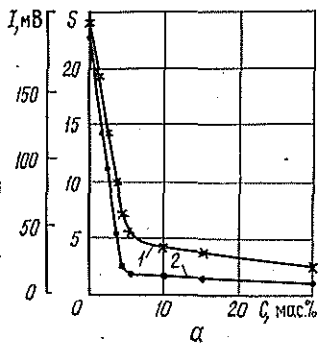
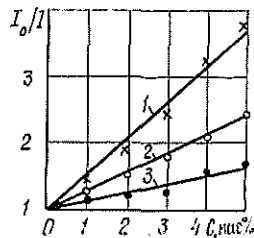


Рис. 3. Влияние концентрации ЛХД на интенсивность (1) и светосумму (2) хемилюминесценции при окислении холоцеллюлозы (а) и лигнина (б)

Рис. 4. Анаморфозы кривых тушения хемилюминесценции в координатах уравнения Штерна—Фольмера: 1 — холоцеллюлоза; 2 — древесина; 3 — лигнин



Зависимость эффективности тушения хемилюминесценции ( $I_0/I$ ) от концентрации ЛХД, как это показано на рис. 4, описывается уравнением Штерна—Фольмера [1]:

$$I_0/I = 1 + K_d A,$$

где  $I_0$  и  $I$  — максимальная интенсивность хемилюминесценции в отсутствии и присутствии тушителя, мВ;

$K_d$  — константа тушения;

$A$  — доля ЛХД по отношению к массе образца, %.

Таким образом, ЛХД проявляет антиокислительные свойства по отношению ко всем исследованным субстратам. Однако при окислении лигнина ее влияние проявляется более слабо, чем при окислении холоцеллюлозы. Это объясняет незначительное влияние ЛХД на скорость делигнификации и гораздо большую эффективность в процессах сохранения углеводного комплекса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Беляков В. А., Васильев Р. Ф. Межмолекулярный перенос энергии в хемилюминесцентной системе окисления органических веществ // Молекулярная фотоника.— Л., 1970.— С. 70—86. [2]. Лужанская И. М. Кинетика ингибированного окисления древесины в условиях щелочной варки с предгидролизом: Автореф. дис. ... канд. хим. наук.— Л., 1989.— 20 с. [3]. Рихтер Н. Е., Леонович А. А., Борилкевич З. И. Эффективный заменитель ПАВ при сульфатной варке лиственной древесины // Бум. пром-сть.— 1988.— № 10.— С. 5—6. [4]. Сергеев А. Д. Хемилюминесцентное окисление лигнина в условиях щелочных способов делигнификации древесины: Дис. ... канд. хим. наук.— Братск., 1984.— 137 с. [5]. Чупка Э. И., Бурлаков В. М., Сергеев А. Д. Сверхслабое свечение при нагревании лигнина в щелочи // Химия древесины.— 1981.— № 3.— С. 57—60. [6]. Чупка Э. И., Вершаль В. В. Хемилюминесценция при окислении компонентов древесины // Химия древесины.— 1985.— № 4.— С. 31—35. [7]. Чупка Э. И. Проблемы теории щелочных методов делигнификации древесины // Теоретические проблемы новых методов делигнификации древесины: Тез. докл.— Братск, 1985.— С. 4—7.



## ИСТОРИЯ НАУКИ

630\*902

## Э. Ф. ДАМБЕРГ — БОТАНИК И ЛЕСОВОД

В начале XX в. русское лесоводство, связанное с именами Г. Ф. Морозова, Г. Н. Висоцкого, В. В. Гумана, М. Е. Ткаченко, имело теснейшие контакты с фундаментальными научными дисциплинами: климатологией, географией, геологией, почвоведением, зоологией и особенно ботаникой. Лес, лесные сообщества, по выражению Г. Ф. Морозова,—это биогеографическое, биоисторическое и биосоциальное единство. В достижениях русского лесоведения и лесоводства содержатся многие истоки современной экологии.

Особый интерес лесных экологов того времени привлекали леса Европейского Севера, причем их исследованиями занимались преимущественно лесоводы-практики, получившие отличное биологическое образование: А. А. Битрих, И. И. Гуртович, Д. К. Сажин, Н. А. Кузнецов и др. В плеяде этих имен видное место принадлежит Эрнсту Фридриховичу (Федоровичу) Дамбергу, доброе имя которого почти забыто, отчасти в связи с неизвестными обстоятельствами последних лет жизни. Краткие биографические сведения и список его некоторых работ помещены в словаре «Русские ботаники».

Э. Ф. Дамберг — латыш по национальности — родился 6(19) мая 1879 г. в семье крестьянина (ставшего позже купцом) Санкт-Петербургской губернии. После окончания реального училища он поступил в Эберсвальдскую лесную академию и, завершив в ней учебу, в 1898 г. прослушал курс государственных наук в Мюнхенском университете. В сентябре 1899 г. «согласно своего прошения» он был зачислен вольноопределяющимся на воинскую службу, в пехотный полк, но служил недолго. 1 октября 1900 г. прапорщик запаса Э. Ф. Дамберг поступил в Новгородское губернское земство, где стал заниматься вопросами статистической оценки лесов. В течение трех лет им были обследованы леса Демянского, Валдайского, Старорусского и Новгородского уездов. Результаты опубликованы под названием «Оценочные данные о лесах...». В этих первых работах Э. Ф. Дамберг проявил себя как добросовестный вдумчивый аналитик, стремящийся точно и беспристрастно, на основе статистического материала дать объективную оценку последствиям ведения хозяйства в Новгородских лесах.

Однако русско-японская война прервала эти занятия. Он был призван в армию и храбро сражался в составе Выборгского пехотного полка I Маньчжурской армии. За отличия в боях Э. Ф. Дамберг был награжден пятью орденами и медалями, а после ранения и лечения в Харбинском госпитале демобилизован с характеристикой «отличнейшего во всех отношениях офицера: очень храброго, нравственного, исполнительного». После увольнения в запас в январе 1906 г. Э. Ф. Дамберг возвратился в Новгород и поступил на прежнее место работы. Через год его назначили лесничим Тихвинского лесничества, которым он руководил до 1914 г. и откуда вновь был призван в действующую армию как командир пехотной роты.

В 1917 г. Э. Ф. Дамберг возвратился с фронта в Череповецкий губернский лесной отдел и стал работать уездным инспектором лесов и лесничим Тихвинского лесничества. В 1924 г. он был переведен лесничим Вохоньбинского лесничества, а в 1927 г. назначен заведующим секцией лесного хозяйства Центральной опытной станции (ЦОС) по рационализации лесного хозяйства и лесной промышленности при Центральном Совнархозе Карельской АССР в Петрозаводске.

Дальнейший жизненный путь Э. Ф. Дамберга проследить трудно. Имеющееся в Карельском архиве его личное дело закрывается 1 июня 1928 г. заявлением об увольнении со службы в связи с ликвидацией ЦОС, а самый последний документ с его подписью датируется 14 сентября 1928 г. Это справка о деятельности бывшей ЦОС за 1926—1927 гг. Из архивной справки (№ 1/746 от 04.12.85), выданной ЦГА Карельской АССР, известно, что 28 ноября 1927 г. Э. Ф. Дамберг представил в Ленинградское научное лесное общество доклад на тему «Новые пути лесного хозяйства в Карелии».

Ученый-лесовод, обладавший большим практическим опытом, Э. Ф. Дамберг хорошо знал насущные проблемы лесохозяйственного производства и большинство своих трудов посвятил изучению прикладных проблем лесоводства. В дореволюционное время он, как специалист по лесной статистике, включился в дискуссию об использовании лесной типологии в практике хозяйства (статья «Типы как основание классификации лесов при земском оценочно-статистическом исследовании»).

Учение о типах насаждений Г. Ф. Морозова он называл «естественно-исторической классификацией лесов, учением о природе леса, как функции природы пород, природы их сочетания и природы условий местопроизрастания». Вслед за этим он опубликовал

в «Лесном журнале», пожалуй, наиболее известную свою статью «О типах Рудногорской дачи Тихвинского лесничества», в которой дал детально разработанную классификацию типов леса. Обе статьи и доклад Э. Ф. Дамберга 21 мая 1911 г. на заседании Санкт-Петербургского лесного общества (членом которого он был с 1909 г.) привлекли внимание и вызвали комментарий Г. Ф. Морозова. Много позже, на основе этих материалов подтвердив правильность постановки вопроса об учете динамики лесного фонда на лесотипологической основе, интересное исследование влияния сплошнолесосечных рубок на структуру лесного фонда за 60-летний период осуществил В. Н. Федорчук. Высокая оценка роли Э. Ф. Дамберга в развитии лесной типологии дана в сводке Л. П. Рысина «Лесная типология в СССР» (1982).

Э. Ф. Дамберг был прекрасным ботаником. Его описаниями флоры Тихвинского уезда воспользовалась, например, З. В. Борисова при установлении границы между средней и южной тайгой на востоке Ленинградской области. А. Д. Дубах в своем учебнике «Осушение лесных земель» (1934) обратил внимание на работу Э. Ф. Дамберга «Рост сосны и ели в зависимости от влаги». Это лекция, прочитанная Эрнестом Федоровичем в 1910 г. ботаникам на XII съезде русских естествоиспытателей и врачей в Москве.

Опытным путем Э. Ф. Дамберг установил, что сосна поглощает и испаряет намного меньше воды, чем ель. Проведя исследования местообитаний широколиственных древесных видов в Тихвинском уезде, он установил, что северная граница ареала дуба проходит по широте 59°40'. Он составил перечень и дал описание важнейших ядовитых растений Севера европейской части России, предупредив о необходимости соблюдать осторожность по отношению «к нашим луговым и полевым травам и цветам». Он интересовался ростом грибов и прямыми наблюдениями определил средний ежедневный прирост плодовых тел белого гриба (1,2 см), сыроежек (1,0 см), мухомора (0,7 см), подберезовика (0,5 см). Много внимания Э. Ф. Дамберг уделял популяризации знаний о лесе как биологическом сообществе, стабилизирующем природный комплекс (ландшафт), воспитанию у населения бережного и любовного отношения к лесу. Для сельской интеллигенции и в первую очередь для учителей общеобразовательных школ он составил «Руководство к сбору древесных семян, посеву и посадке лесных пород». Но основные работы Э. Ф. Дамберга посвящены лесоводству. Эрнест Федорович большое значение придавал организации опытных работ по восстановлению лесов Севера, особенно поиску и изучению «методов дешевого восполнения естественному возобновлению». Он осуществил интересный опыт по химической корчевке пней (с использованием калийной и натриевой селитры), предложил в качестве меры содействия естественному возобновлению под семенной год применять бороздование вырубок, а семенники оставлять не единичными деревьями, а группами, куртинами. Для борьбы с корневыми отпрысками осины, мешающими возобновлению хвойных пород, он рекомендовал «окольцовывание» (снятие пояса коры у вырубаемых осин), причем не после рубки леса, а за год до нее, при отводе лесосек. Интересные рекомендации даны Эрнестом Федоровичем для профилактики ветровала, сопровождающего сплошные рубки («ветроохранные полосы» с учетом опасных направлений).

Касаясь вопроса об охране лесов от пожаров, он давал рекомендации, основанные на личном опыте: «Тушить пожар надо с флангов, двигаясь парами постепенно к наиболее выдвинувшейся части пожара, полезно выжигать путь следования огня, а в исключительных случаях применять закигание «встречного огня». Э. Ф. Дамберг полагал, что должно быть выработано законоположение, согласно которому к тушению лесных пожаров следует привлекать не только крестьян, но и всех прочих лиц, живущих на известном расстоянии от пожара, необходимо усилить ответственность за неявку на пожары. Это положение актуально и сегодня.

В 1913 г. на I Всероссийском сельскохозяйственном съезде в Киеве Э. Ф. Дамберг выступил с обстоятельным докладом «Охрана леса в России и Закон 4 апреля 1888 г.» В докладе рассматривалась проблема охраны лесов в историческом аспекте, начиная с XVI в. Высказана мысль о расширении обязанностей лесоохранительных комитетов, которым следует исполнять функции не столько лесоохранительные, сколько лесосозидательные.

Э. Ф. Дамберг одним из первых в России обратил внимание на статистико-математический метод таксации лесов, применявшийся в скандинавских странах, и с учетом его быстроты, дешевизны и точности рекомендовал для широкого распространения в резервных лесах на Севере СССР.

Существенные соображения высказаны Э. Ф. Дамбергом об основных путях рационализации рубок в Карелии. Он привел многочисленные статистические данные и критически оценки применявшиеся в разновозрастных насаждениях сплошнолесосечные рубки, назвав их «кровопусканием для живого лесного организма». В разновозрастных лесах он предложил рубить только спелые и перестойные деревья и проводить уход за оставляемым благонадежным и ценным молодым поколением. Под руководством Э. Ф. Дамберга в Лососинской даче Петрозаводского лесничества были выполнены выборочные рубки, «приспособленные к Карельской действительности» с выборкой 60 л. 80 м<sup>3</sup> древесины с 1 га. Эрнест Федорович считал, что уровень лесного хозяйства в Карелии может быть повышен в результате строительства дорожной сети, осушительной мелнорации лесных земель, механизации работ в лесу, развития

переработки древесины вблизи мест ее заготовки. Проведенные в 60—80 гг. исследования подтвердили правильность высказываний Э. Ф. Дамберга, не понятых в свое время.

Э. Ф. Дамберг как человек широко образованный и активный успешно совмещал труд ученого, лесовода-практика с общественной деятельностью. Он автор «Лесного журнала», «Лесопромышленного вестника» и других периодических изданий, сотрудник Вольного экономического общества, участник многих благородных общественных начинаний. Особенно тесные творческие связи Эрнест Федорович поддерживал с известным лесоводом В. И. Гомилевским, видным историком-археологом В. И. Равдоникасом, с А. И. Мордвиновым, В. А. Подобедовым, В. Н. Качановским, М. Д. Тогатовой и другими учеными.

В 1911 г. Э. Ф. Дамберг принял участие в работе XV Всероссийского археологического съезда в Новгороде. Он выступил с докладом «О памятниках живой старины» и призвал издать общегосударственный закон, охраняющий памятники природы, немедленно приступить — с привлечением общественных сил — к их выявлению: составить список, карты, указатели, по возможности оградить и организовать охрану. Предложения Э. Ф. Дамберга высказаны еще до организации известной Постоянной природоохранительной комиссии при Русском географическом обществе. Таким образом, его можно с полным правом отнести к числу основоположников природоохранной работы в нашей стране.

Кто талантлив — чаще всего талантлив многосторонне. Незаурядные способности Эрнеста Федоровича проявились и в литературном творчестве. Его стихи «В лесу», «Начало грозы», «Лесное болото», «Русалка» и другие публиковались на страницах «Лесного журнала», в журнале «Лесной дух», а брошюра «Лесничий» вышла отдельным изданием. Хотелось бы, чтобы люди хранили память о таких лучших представителях клана естествоиспытателей и лесников, как Э. Ф. Дамберг.

А. Н. Авдеев, С. А. Дыренков

Объединение Новгородагропроммежхозлес  
Ленинградский педагогический институт

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 378.962 : 06.091.5

### ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ УКРАИНСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

(к 150-летию юбилею)

Лесохозяйственный факультет УСХА берет свое начало от Новоалександрийского института сельского хозяйства и лесоводства. Основанный вблизи Варшавы (Мармонт) в 1816 г. агрономический институт с присоединением в 1840 г. Варшавской лесной школы стал именоваться институтом сельского хозяйства и лесоводства\*. С 1863 г. институт переведен в г. Новоалександрию (ныне Пулавы, Польша).

В институте работали известные ученые: проф. В. В. Докучаев, возглавлявший институт в 1892—1897 гг., проф. М. М. Орлов, с 1893 г. по 1901 г. заведовавший кафедрой лесоустройства, проф. Е. Ф. Вотчал и др. С именем В. В. Докучаева связана реформа, благодаря которой второстепенный вуз стал полноценным учебным заведением, приравненным к университетам России. Им организована фундаментальная библиотека, хорошо оборудованные лаборатории и кабинеты, базы для проведения учебных практик, в том числе лесная дача «Руда», где проходила практика студентов-лесоводов. Перешедшего работать в Петербургский лесной институт проф. М. М. Орлова сменил проф. А. Г. Марченко, который продолжил начатые его предшественником научные исследования.

В связи с началом первой мировой войны Новоалександрийский институт, находившийся всего в 38 км от границы с Австрией, был спешно эвакуирован в Харьков и в 1921 г. восстановлен как Харьковский сельскохозяйственный институт, в состав которого входил и лесной факультет. В этот период кафедру лесоводства возглавлял акад. Г. Н. Высоцкий (1925—1930 гг.), кафедру лесных культур — проф. А. П. Тольский (1921 г.) и проф. И. Я. Яхонтов (1921—1930 гг.), кафедру лесной таксации — проф. Г. А. Шустов (до 1929 г.), кафедру лесной мелиорации — В. Я. Гурский, кафедру ботаники — проф. Я. В. Ролл, кроме того, на факультете работали проф. А. И. Колесников, Т. Д. Страхов.

В 1923 г. при Киевском СХИ был открыт лесоинженерный факультет. Деканом факультета стал известный лесовод проф. Е. В. Алексеев. В качестве исследовательской и учебной базы в 1925 г. институту передано Боярское лесничество площадью 7820 га.

В 1930 г. решением правительства УССР были объединены лесной факультет Харьковского СХИ с лесоинженерным факультетом Киевского СХИ, в результате чего образован Украинский лесотехнический институт с местонахождением в г. Киеве.

Из Харьковского СХИ в новый вуз перешли студенты и группа ведущих ученых: проф. Я. В. Ролл; зав. кафедрой ботаники проф. В. Н. Андреев; зав. кафедрой дендрологии проф. М. Г. Михайлов; зав. кафедрой геодезии проф. И. Н. Житов; доц. М. К. Быков; асс. Ю. М. Руденко и др. Переданы новому вузу прекрасное лабораторное оборудование и фундаментальная библиотека. Первый выпуск инженеров-лесоводов состоялся уже в 1931 г. Лесохозяйственный факультет был одним из четырех факультетов института, а в 1936 г. стал единственным в Киевском лесохозяйственном институте.

В предвоенные годы на факультете работали известные ученые. Один из основоположников украинской лесотипологической школы, акад. П. С. Погребняк в 1933—1939 гг. заведовал кафедрой общего лесоводства, а с 1939 г. по 1941 г. — кафедрой лесного почвоведения. В 1939—1941 гг. кафедру общего лесоводства возглавлял (по совместительству) проф. М. Е. Ткаченко, кафедру лесной таксации в 1930—1939 гг. — проф. Д. И. Товстолес, а после его смерти в 1939—1941 гг. — проф. А. В. Тюрин. Кафедрой лесных культур в 1930—1935 гг. руководил доц. Р. Г. Кравченко, а в 1935—1941 гг. — проф. В. Э. Шмидт. Работа кафедры дендрологии связана с именами профессоров В. Н. Андреева, В. Э. Шмидта и Н. А. Коновалова, а кафедры энтомологии — проф. З. С. Головянко. Открытую в 1935 г. кафедру лесной мелиорации возглавлял проф. Н. Н. Степанов. Кафедрой механизации лесохозяйственных работ руководил доц. И. М. Зима (1940—1941 гг.), а кафедрой лесозащиты — проф. И. Н. Житов (1928—1941 гг.).

\* БСЭ.—3-е изд.—М.: Советская энциклопедия, 1977.—Т. 18.—67 с.;—Т. 26.—535 с.; Т. 28.—210 с.

В предвоенные годы факультет имел отличную материальную и учебную базу. Обучалось 680 студентов, занятия вели 65 преподавателей, в их числе 12 профессоров и 19 доцентов.

С началом Великой Отечественной войны многие студенты факультета ушли в действующую армию, среди них 30 студенток-медсестер запаса. В августе 1941 г. 70 студентов и доц. Н. И. Калуский в составе истребительного батальона участвовали в боях за Голосеево, где пали смертью храбрых член Киевского горсовета, студент Я. Близинок; секретарь комсомольской организации института О. Кондратьев; лаборант А. Г. Олейник. В годы войны многие студенты отдали свою жизнь за Родину на полях сражений. В числе погибших и руководитель подполья на Винничине, директор института С. А. Максимов. Эвакуированное в г. Воронеж имущество института пропало, и на период военного времени по решению Комитета по делам высшей школы при СНК СССР институт временно прекратил свою деятельность. В годы великой Отечественной войны стали Героями Советского Союза Б. М. Балакин и П. М. Улицкий, свыше 400 студентов и преподавателей факультета награждены орденами и медалями.

Вскоре после освобождения Киева от немецко-фашистских захватчиков Киевский лесохозяйственный институт был восстановлен на прежней базе. Под руководством доц. И. М. Зимы был выполнен большой объем работ по восстановлению разрушенных корпусов общежития и института, что позволило провести набор студентов и 9 октября 1944 г. приступить к занятиям.

Кафедрой общего лесоводства с 1944 г. по 1949 г. заведовал академик П. С. Погребняк. Вместе с сотрудниками кафедры он продолжал исследования по лесной типологии и влиянию леса на почву. Разработанная проф. Е. В. Алексеевым классификация типов леса усовершенствована П. С. Погребняком и вошла в мировую лесоводственную литературу как эдафическая сетка Алексеева — Погребняка. Курс лекций по общему лесоводству П. С. Погребняка впоследствии оформил в виде учебного пособия для студентов вузов (1963, 1968 гг.).

С 1909 г. по 1960 г. кафедру общего лесоводства возглавлял проф. А. Л. Новиков, а после объединения ее с кафедрой дендрологии — чл.-кор. АН УССР В. А. Поварницын, известный исследователь лесов Сибири и Украины. После смерти В. А. Поварницына и. о. зав. кафедрой был доц. П. Н. Мегалинский (1962—1963 гг.) и доц. В. С. Наконечный (1964—1966 гг.). С 1966 г. по 1977 г. кафедрой руководил проф. Д. Д. Лавриненко, с 1977 г. по 1987 г. — доц. В. С. Наконечный, а с 1988 г. — доц. В. Е. Свириденко. Свои усилия кафедра направляла на совершенствование ведения лесного хозяйства с использованием машин и механизмов на главных рубках и рубках ухода.

В. С. Наконечным совместно с сотрудниками Винницкой ЛОС разработанная система лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности дубрав Подолли, а В. Е. Свириденко, В. В. Бабенко и А. Г. Бабичем — новые подходы к ведению хозяйства в сосняках Шолесья. Кафедра обращалась в Министерство лесного хозяйства УССР с рядом предложений, которые были приняты и внедрены в Винницкой области с заметным экологическим эффектом.

Коллектив кафедры лесных культур, возглавляемый в послевоенный период (1944—1954 гг.) доц. И. М. Ягниченко, а с 1954 г. по 1974 г. — проф. Б. И. Логгиновым, с 1974 г. по 1983 г. — проф. П. Г. Кальным, с 1983 г. — проф. А. В. Цилюриком, решал задачи повышения продуктивности и качества лесов лесокультурными методами, совершенствования технологии создания искусственных насаждений, в том числе в жестких степных районах юга страны. С приходом на кафедру проф. А. В. Цилюрика расширены работы по совершенствованию защиты лесов от болезней, изданы ряд учебников и учебных пособий, а учебник «Лесная фитопатология» удостоен Государственной премии УССР за 1988 год.

Восстановленную в 1947 году кафедру лесной мелнорации в течение 20 лет возглавлял профессор В. А. Бодров. С 1967 г. по 1975 г. заведовал кафедрой доц. И. Н. Сазонов, с 1975 г. по 1987 г. — доц. П. И. Герасименко, а в настоящее время руководит кафедрой доц. М. А. Штофель. Творческие разработки сотрудников посвящены совершенствованию лесоводственных методов борьбы с засухой и эрозией почвы, поискам эффективных конструкций лесных полезащитных полос и других мелноративных насаждений.

На кафедре дендрологии, возглавляемой с 1944 г. по 1960 г. чл.-кор. АН УССР В. А. Поварницыным, проводились работы по изучению типов сосновых, кедровых и других лесов, по подбору древесных и кустарниковых пород для использования их в степном лесоразведении. После разъединения кафедры общего лесоводства с 1968 г. по 1976 г. кафедрой дендрологии заведовал доц. Н. И. Шендриков, с 1976 г. по 1980 г. — доц. Б. М. Махмет, а в дальнейшем — проф. В. К. Мякушко. Коллектив сотрудников исследует и подбирает ценные древесные и кустарниковые породы для обогащения дендрофлоры лесов за счет интродуцентов. Б. М. Махметом разработана методика и технология создания клоновых плантаций путем прививки. Под руководством В. К. Мякушко (1984 г.) создан способ рекультивации карьеров скальных пород. Проф. А. А. Салганский длительное время работает над проблемой одомашнивания копытных.

С 1944 г. по 1953 г. кафедрой лесной таксации руководил доц. Ю. М. Руденко, с 1953 г. по 1968 г. — проф. М. В. Давидов, с 1968 г. по 1980 г. — проф. К. Е. Никитин,

с 1980 г. по 1988 г.—проф. А. З. Швиденко, а с 1988 г.—доц. А. А. Строчинский. Усилия сотрудников кафедры направлены на разработку новых методов таксации лесных насаждений, составление таблиц хода роста, объемов и сбega стволов, товарности древостоев, которые широко применяют в лесохозяйственной практике. Кафедра продолжила инициативы проф. К. Е. Никитина по широкому применению методов математического моделирования и электронной вычислительной техники в лесном хозяйстве.

Коллектив кафедры лесоустройства и геодезии, с 1967 г. по 1977 г. возглавляемый проф. А. И. Котовым, с 1977 по 1987 г.—доц. Г. А. Порцким, с 1987 г.—проф. С. Н. Козьяковым, исследовал пути интенсификации лесохозяйственного производства, разрабатывал теорию совершенства лесных насаждений, классификацию систем организации лесного хозяйства, лесопользования и хозяйственного деления лесного фонда при лесоустройстве. Начиная с 70-х годов, проф. С. Н. Козьяков успешно проводил работы по изучению методов учета недревесной продукции леса, технологии добычи березового сока. Его методика инвентаризации пищевых и лекарственных растений при лесоустройстве удостоена в 1978 г. бронзовой медали ВДНХ СССР.

Кафедрой механизации лесохозяйственных работ и лесозексплуатации с 1940 г. и до 1975 г. руководил проф. И. М. Зима, с 1975 г.—проф. Т. Т. Малюгин. Ее сотрудниками много сделано для совершенствования технологии лесовыращивания и лесозексплуатации, созданы конструкции машин для валки деревьев с корнями (В. С. Курило), для пересадки деревьев с комом земли (О. А. Грушанский, В. С. Курило), предложена методика расчетов оптимального состава машинно-тракторного парка в лесном хозяйстве (Т. Т. Малюгин). Новая технология лесосечных работ на базе древовала ДК-1 и пнереза позволила внедрить систему машин и орудий для выращивания лесных культур без применения ручного труда.

На лесохозяйственном факультете только за годы Советской власти подготовлено более 8 тыс. специалистов с высшим лесным образованием. Среди выпускников — акад. АН СССР А. Б. Жуков, акад. АН УССР П. С. Погребняк, акад. АН БССР В. И. Переход, министры лесного хозяйства УССР А. Г. Солдатов, Б. Н. Лукьянов, В. И. Самоплавский, министр мебельной промышленности республики Г. Ф. Кохненко, писатель А. И. Шиян. Несколько десятков выпускников факультета удостоены высокого звания Заслуженный лесовод УССР и других республик.

На факультете подготовлено 16 докторов и около 150 кандидатов наук. Сотрудниками опубликовано свыше 3 тыс. научных работ. Свято храня и приумножая лучшие традиции прошлого, коллектив преподавателей факультета постоянно совершенствует учебный процесс, укрепляет теоретические связи с научными учреждениями и производством, что гарантирует подготовку специалистов, способных обеспечить технический прогресс в лесном хозяйстве, поставить работу отрасли на уровень современных требований.

В. Н. Портной, В. Е. Свириденко

Украинская сельскохозяйственная академия

УДК 06.091 : 630\*86

### ЛТИ ЦБП — 60 лет

В апреле 1991 г. Ленинградскому ордена Трудового Красного Знамени технологическому институту целлюлозно-бумажной промышленности исполнилось 60 лет.

За время своего существования институтом подготовлено 22 тысячи инженеров: технологов, исследователей, механиков, экономистов, теплоэнергетиков и специалистов по автоматизации производственных процессов. В настоящее время в институте ведется подготовка по шести специальностям на пяти дневных, вечернем и заочном факультетах. Кроме этого, на специальном факультете осуществляется переподготовка инженерных кадров по вопросам, связанным с экологией, повышением эффективности использования природных ресурсов и охраной труда в условиях интенсификации производства. Работает также факультет повышения квалификации руководящих работников и специалистов целлюлозно-бумажной промышленности.

На кафедрах института, в его проблемных и отраслевых лабораториях трудятся 32 доктора и 235 кандидатов наук, которые выполняют важные научные исследования как фундаментального, так и прикладного характера. За последние 5 лет их объем составляет около 15 млн. руб. Институт играет ведущую роль в разработке следующих принципиально новых направлений: создание новых композиционных материалов, аэродинамическое (безводное) формование бумажного полотна, спектральные исследования волокнистых материалов. Результаты научных работ постоянно экспонируются на ВДНХ СССР, они получают признание и за рубежом.

В институте сформировано несколько научных направлений, которые возглавляют такие крупные ученые, как ректор института проф. О. А. Терентьев, заслуженный деятель науки и техники РСФСР проф. И. Д. Кугушев, лауреат Ленинской премии

проф. В. Б. Коган, профессора Э. Л. Аким, Ю. Г. Бутко, Н. Е. Новиков, Ю. М. Чернобережский, В. С. Соминский и др. За 1986—1990 гг. сотрудниками института защищено 10 докторских и 50 кандидатских диссертаций.

На протяжении многих лет институт широко сотрудничает с учебными и научными организациями Болгарии, Польши, Кубы, Финляндии, развивает научные связи с учебными заведениями Франции, Германии, США, Китая и других стран. Под эгидой ООН и совместно с технологическим университетом г. Тампере (Финляндия) в институте организованы курсы подготовки инженеров и менеджеров промышленных предприятий развивающихся стран.

Коллектив ЛТИ ЦБП ищет более эффективные пути использования своего научного потенциала и ускорения научно-технического прогресса в отраслях химико-лесного комплекса. Совсем недавно при институте образован научный совет отделения общей и технической химии АН СССР по проблеме «Исследование и комплексное использование биомассы дерева», который даст возможность развивать творческие связи института с другими научными коллективами страны.

**А. П. Иванов**

Ленинградский технологический институт ЦБП

---

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3 : 630\*81

СЕССИЯ И СИМПОЗИУМ  
КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЮ

Учитывая важность фундаментальных исследований древесины для решения проблемы комплексного использования и воспроизводства лесных ресурсов, ГКНТ СССР в начале этого года создал при Московском лесотехническом институте Координационный совет по современным проблемам древесиноведения, который явился преемником существовавшего с 1968 г. совета Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР в г. Красноярске.

В новом статусе Совет по древесиноведению осуществляет координацию научно-исследовательских работ по следующим направлениям: анатомия древесины; влияние экологических, селекционно-генетических и лесохозяйственных факторов на формирование строения и свойств древесины и коры; физико-технические свойства древесины; древесиноведческие основы квалитметрии лесоматериалов; стандартизация методов испытаний древесины и создание для информационных систем тематических фондов данных о свойствах древесного сырья и материалов.

В условиях перехода к рыночной экономике Совет призван способствовать оказанию государственной поддержки в развитии фундаментальных исследований путем определения приоритетных направлений, усилении взаимодействия академической, отраслевой и вузовской науки в данной области, улучшении древесиноведческой подготовки выпускников высшей школы.

Одна из форм деятельности Координационного совета — проведение в рамках годичных сессий и симпозиумов по актуальным проблемам древесиноведения.

С 13 по 17 ноября 1990 г. в Московском лесотехническом институте (г. Мытищи) состоялся симпозиум «Строение, свойства и качество древесины», в котором участвовали зарубежные ученые, а также представители высших учебных заведений, академических и отраслевых институтов, ГКНТ СССР, Минлеспрома СССР, Госстандарта СССР, Союза научных инженерных обществ и ряда организаций Москвы, Ленинграда, Минска и др. Всего присутствовало 118 человек, в том числе 8 ученых из Великобритании, Болгарии, Республики Польша, Швеции, ЧСФР. Было представлено 74 доклада, 50 из них заслушаны на пленарном заседании и трех секциях. К началу работы симпозиума в МЛТИ был подготовлен сборник докладов.

Пленарным заседанием руководил почетный член ИЮФРО, академик ВАСХНИЛ И. С. Мелехов. На нем были заслушаны доклады автора «Состояние и перспективы фундаментальных исследований древесины»; проф. О. И. Полубояринова (СССР) «Современные тенденции изменения показателей плотности древесины, поступающей на лесоперерабатывающие предприятия»; проф. Б. Метьюза (Великобритания) «Слоисто-клееные балки»; проф. В. Дзевеньского (Республика Польша) «Технические свойства древесины пород с неравномерной окраской ядра»; проф. А. Я. Любавской (СССР) «Селекционные методы разведения лесных пород, образующих декоративную древесину»; проф. С. Н. Рыкунина (СССР) «Качество древесного сырья и пути увеличения ценностного выхода пилопродукции».

В работе секции «Строение древесины» участвовали член Международной академии древесиноведения проф. Е. Важный (Варшава), проф. Н. И. Федоров (Минск), проф. П. П. Эриньш (Рига), проф. В. П. Рябчук (Львов) и другие известные ученые. Разнообразной была тематика 20 докладов: анатомическое строение декоративной древесины и сырья для целлюлозно-бумажной промышленности; ранняя диагностика декоративности древесины физико-химическими методами; проблема древесиноведения в лесной генетике; влияние различных факторов на строение древесины.

На секции «Свойства древесины» с сообщениями выступили известные отечественные и зарубежные ученые: М. Бабяк (Зволен), А. Л. Гутман (Воронеж), Н. Деллийский (София), Е. Липтакова (Зволен), Т. Морен (Шеллефтео), П. С. Серговский, Ю. С. Соболев, Г. С. Шубин (Москва) и др. Всего заслушано 22 доклада, осветивших связь между свойствами и режимами сушки древесины, механизма ее разрушения под нагрузкой, сорбционные, диэлектрические и пироэлектрические свойства древесных материалов, усадку и сет-деформации пиломатериалов, механосорбционную ползучесть древесины, ее взаимодействие с водноорганическими средами, использование СВЧ для контроля качества пиломатериалов и другие вопросы. Доклады вызвали оживленную дискуссию. Особый интерес проявили участники к микросимпозиуму по компьютерному моделированию изменения свойств древесины в технологических процессах. Б. Н. Уголев и Н. В. Скуратов продемонстрировали разработан-



ную в МЛТИ программу, позволяющую в диалоговом режиме рассчитать, проанализировать и отобразить на дисплее состояние древесины в процессах сушки при изменяющихся параметрах среды. Н. Делийский представил разработанную Софийским лесотехническим институтом оригинальную программу оптимизации процесса пропарки древесины.

В работе секции «Качество древесины» приняли участие И. А. Алексеев (Пошкар-Ола), А. М. Боровиков (Архангельск), Л. М. Ковальчук, М. С. Розенблит (Москва) и др. Заслушано 8 сообщений, посвященных нормированию пороков древесины, влиянию качества древесного сырья на технологию производства заготовок, воздействию длительной подсылки на образование пороков в древесине сосны, опыту создания тематического фонда данных о свойствах древесины и пиломатериалов, учету пороков при имитационном моделировании, а также показана программа для ЭВМ по составлению плана раскроя сырья.

Участники симпозиума при обсуждении докладов и на встрече с ректором МЛТИ проф. А. Н. Обливиным выразили готовность принять практическое участие в работе ИЮФРО по фундаментальным исследованиям взаимосвязей структуры и свойств древесины.

По окончании симпозиума был проведен Координационный совет по современным проблемам лесоведения, председателем которого является автор этих строк. В нем приняли участие более 30 представителей организаций, ведущих научные разработки в данной области.

Проведенные сессия и симпозиум должны дать новый импульс в развитии лесоведческих исследований в нашей стране.

Б. Н. Уголев

Московский лесотехнический институт

УДК 061.3 : 630\*18

## ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПРОБЛЕМАМ ЛЕСОВЕДЕНИЯ И ЛЕСНОЙ ЭКОЛОГИИ

В Минске с 20 по 23 сентября 1990 г. на базе Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича и Центрального ботанического сада АН БССР прошло Всесоюзное совещание «Проблемы лесоведения и лесной экологии», созданное научными советами Отделения общей биологии АН СССР «Проблемы лесоведения» и «Проблемы экологии и антропогенной динамики биологических систем» и Госкомлесом СССР.

В совещании участвовало около 150 специалистов в области лесоведения и лесной экологии, лесного почвоведения, физиологии древесных растений, лесозащиты, лесомелиорации из более чем 50 городов нашей страны. Наряду с представителями академических научных учреждений в работе совещания приняли участие работники отраслевой науки, ботанических садов, вузов, лесных опытных станций, заповедников и других организаций. На совещание прибыли ученые в основном из всех союзных и автономных республик СССР.

Совещание открыл председатель Госкомлеса СССР акад. А. С. Исаев. Он кратко охарактеризовал уровень отечественного лесоведения и лесной экологии и всей лесной науки в целом, состояние лесов и лесного хозяйства страны, характер и глубину влияния на лесные экосистемы различных антропогенных воздействий и подробно остановился на проблемах и задачах лесной науки и практики в настоящий сложный период и в перспективе. В связи с переходом страны на рыночную экономику докладчик особое внимание уделил вопросам правовой и экономической защиты леса, моделям управления лесным хозяйством страны.

С приветственным словом к участникам совещания обратился председатель оргкомитета директор Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича акад. АН БССР В. И. Парфенов. Он отметил, что проведение совещаний по проблемам лесоведения, в частности по лесной типологии и биогеоценологии, в нашей стране всегда было хорошей традицией, и одновременно выразил сожаление об отсутствии на данном совещании обобщающих проблемных докладов по этим вопросам. По его мнению, присутствие большого числа молодых исследователей свидетельствует о том, что будущее отечественной лесной науки в надежных руках.

На совещании заслушано 32 доклада, в том числе 15 по материалам стендовых сообщений. Последние отражали исследования разных авторов как по общим вопросам рассматриваемой проблемы, так и по следующим ее разделам: первичная продуктивность лесных экосистем, биологический круговорот веществ в них, биотические компоненты, влияние хозяйственных мероприятий на лесные биогеоценозы, техногенное загрязнение лесов, различные аспекты моделирования.

Из более общих программно-методических докладов следует упомянуть доклады С. А. Мамаева и С. Н. Санникова «Принципы современной лесной экологии», Л. П.

Рысина «Региональные кадастры типов леса», С. Э. Вомперского «Заболоченные леса и болота СССР, их биогеоэкологическая изученность, рациональное использование и охрана», А. И. Уткина «Первичная биологическая продуктивность лесов: истоки, состояние, перспективы». Различным аспектам экологической роли лесов, экологическому обоснованию лесовыращивания и естественному лесовосстановлению, региональным основам ведения лесного хозяйства были посвящены доклады А. И. Бузыкина с соавторами, П. А. Хуршудяна и К. А. Тер-Газаряна, С. Н. Санникова и В. И. Парпана и др., последствиям лесохозяйственных мероприятий и других антропогенных воздействий на лесные экосистемы — доклады В. А. Ипатьева, Д. С. Голода и Е. И. Красовского, П. С. Пастернака и В. П. Ворона, Е. И. Петрова и др. Особый интерес участников совещания вызвал доклад В. И. Парфенова, Б. И. Якушева и Б. С. Мартиновича «Проблемы радиоэкологии лесов Белоруссии», посвященный воздействию проникающей радиации на лесные биогеоценозы в связи с аварией в Чернобыле.

В последний день работы форума были заслушаны обзорные доклады по стендовым сообщениям и два доклада-лекции: «Геофизические аспекты экологической роли леса» (В. И. Таранков) и «О возможной роли лесных экосистем в предотвращении усиления парникового эффекта» (А. В. Веретенников).

В общей дискуссии по заслушанным докладам и обсуждении решения приняли участие многие участники совещания. Наряду с отражением успехов в развитии отечественной лесной экологии в выступлениях прозвучала и большая озабоченность, вызванная ослаблением широких комплексных биогеоэкологических исследований. Не достигли должного уровня исследования по эколого-физиологическому обоснованию различных лесохозяйственных мероприятий и других антропогенных воздействий на леса, обеспечение экологических и физиологических работ в лесу приборами и т. д. В принятом решении очерчен круг проблем, стоящих перед отечественными лесными экологами и лесоведами.

Совещание было хорошо организовано. Своевременно подготовлена и выслана участникам совещания подробная программа. Выпущены два тома достаточно полных тезисов докладов, которые следует рекомендовать всем работникам лесной науки и практикам лесного хозяйства. Участники форума совершили ряд экскурсий, в том числе в Березинский биосферный заповедник.

**А. В. Веретенников**

Воронежский лесотехнический институт

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>В. А. Бугаев.</i> О проблеме повышения продуктивности лесов . . . . .	3
<i>А. Л. Гутман, В. В. Успенский.</i> Базисный возраст и закономерности роста древостоев . . . . .	6
<i>В. К. Мякушко, Х. Ахмад.</i> Развитие и плодоношение бука лесного в искусственных насаждениях за пределами ареала . . . . .	10
<i>Ю. А. Кузнецов.</i> Противопожарные полосы на безлесных участках . . . . .	13
<i>В. И. Бирюков.</i> Рост и продуктивность некоторых видов лиственных пород в центральной лесостепи . . . . .	16
<i>В. Н. Трофимов, А. А. Мушников.</i> Лось, ксилофаги и грибные болезни как факторы ослабления рекреационных ельников Московской области . . . . .	19
<i>А. П. Рябоконт.</i> Лесоводственная оценка различных вариантов размещения посадочных мест в сосняках . . . . .	23

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>В. Н. Андреев, Ю. Ю. Герасимов.</i> Влияние сварного соединения на усталостную долговечность металлоконструкции гидроманипулятора лесозаготовительной машины . . . . .	27
<i>С. И. Морозов, М. В. Попов, А. П. Елисеев.</i> Удерживающая сила пружинных противоугонов ПП-Р24 . . . . .	29
<i>Н. И. Библик, Б. Т. Перетятко, Е. Н. Литвинчук.</i> Моделирование поступательного движения лесотранспортного средства . . . . .	33
<i>В. П. Стуков.</i> Метод расчета мостовых деревянных балок, работающих совместно с железобетонной плитой . . . . .	38
<i>И. Е. Донцов.</i> Устойчивость движения фронтально-навесного машинно-тракторного агрегата (ФМТА) . . . . .	45
<i>Л. В. Коротяев.</i> К расчету силового момента от ветровой нагрузки на еловое дерево . . . . .	50

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Л. В. Сенькевич, В. В. Соловьев, А. М. Моргачев.</i> Определение пороговых коэффициентов интенсивности напряжений сталей, предназначенных для изготовления дереворежущих пил . . . . .	57
<i>Е. М. Разиньков.</i> Пористость древесностружечных плит . . . . .	59
<i>В. Н. Вольнский.</i> Математическое описание процесса деформирования древесины при изгибе . . . . .	63
<i>А. С. Торопов.</i> К определению параметров процесса раскряжевки при вращательной подаче круглой пилы . . . . .	68
<i>В. Б. Кунтыш.</i> Теплообмен и аэродинамическое сопротивление шахматных стесненных пучков из труб с накатными ребрами . . . . .	74
<i>Ю. М. Стахив.</i> Резонансные колебания и потеря устойчивости плоской формы равновесия тонкого вращающегося диска при неравномерном нагреве . . . . .	80

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>И. А. Гамова, В. П. Ефимов, А. А. Эльберт.</i> Использование модифицированного связующего вещества в технологии декоративного бумажнослоистого пластика . . . . .	85
<i>Н. В. Черная, В. Л. Колесников, Г. С. Гридюшко.</i> Влияние режимов латексной проклейки в массе при производстве бумаги на свойства образующегося оборотного брака . . . . .	87
<i>В. А. Яковлев, Н. В. Григорьева, В. А. Макаренко, Е. А. Верх, Г. М. Полторацкий.</i> Изучение равновесий, имеющих место при абсорбции серосодержащих соединений из газовых выбросов ЦБП . . . . .	91
<i>Е. П. Шишаков, В. М. Шкут, Т. В. Цыкунова, С. А. Стебакова.</i> Влияние азотнокислых и комплексных солей, вносимых на стадии инверсии гидролизата, на состав дрожжевой биомассы . . . . .	94

- А. В. Канарский. Влияние способа обработки целлюлозы на свойства фильтровального картона . . . . . 97

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- П. С. Гейзлер, А. С. Федоренчик. Оптимизация технологическо-транспортной структуры лесозаготовительного предприятия . . . . . 101
- И. П. Кудинов. Методические основы расчета экономической эффективности организации лесопромышленных узлов . . . . . 104
- А. С. Лазарев. О дифференциальном доходе по качеству в новых лесных таксах . . . . . 108
- Г. Е. Романов. Организация производственной деятельности лесозаготовительных предприятий с истощенными лесосырьевыми базами . . . . . 114
- Н. В. Мурашкин. О ценах на новую лесную технику . . . . . 117

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Н. Н. Арапова. Видовой состав и значимость микромицетов в очагах сосновой пяденицы в Казахстане . . . . . 119
- Т. С. Исупова. Результаты экспериментальных исследований точности распиловки древесины на вертикальных ленточнопильных станках . . . . . 121
- А. С. Сметанин, А. П. Брагин. Способ определения объема пачек хлыстов по нагрузке в грузовом канате . . . . . 122
- В. В. Некрасов, Н. В. Некрасова. Исследование энтропии вязкого течения растворов сульфатного лигнина . . . . . 124
- С. Н. Гамидуллаев, Н. Е. Рихтер, А. А. Леонович, С. Ю. Соловьева, Э. И. Чупка. Действие лесохимической добавки в щелочной среде на древесину при нагревании . . . . . 126

### ИСТОРИЯ НАУКИ

- А. Н. Авдеев, С. А. Дыренков. Э. Ф. Дамберг — ботаник и лесовод . . . . . 129

### ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- В. Н. Портной, В. Е. Свириденко. Лесохозяйственный факультет Украинской сельскохозяйственной академии (к 150-летию юбилею) . . . . . 132
- А. П. Иванов. ЛТИ ЦБП — 60 лет . . . . . 134

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Б. Н. Уголев. Сессия и симпозиум Координационного совета по древесноведению . . . . . 136
- А. В. Веретенников. Всесоюзное совещание по проблемам лесоведения и лесной экологии . . . . . 137

- Рефераты . . . . . 143

---

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>V. A. Bugaev</i> . On Increase of Forest Productivity . . . . .	3
<i>A. L. Gutman, V. V. Uspensky</i> . Basic Age and Forest Stand Regularities . .	6
<i>V. K. Myakushko, H. Akhmad</i> . Development and European Beech Fructification in Artificial Stands Beyond the Range . . . . .	10
<i>Yu. A. Kuznetsov</i> . Safety Strips at Nonforested Areas . . . . .	13
<i>B. I. Biryukov</i> . Growth and Productivity of Certain Hardwood Species in Central Forest-Steppe . . . . .	16
<i>V. N. Trofimov, A. A. Mushnikov</i> . Elk, Xylophages and Fungus Diseases as Weakening Factors of Recreational Spruce Forests of Moscow Region . . .	19
<i>A. P. Ryabokon'</i> . Forestry Estimation of Different Variants of Plant Spot Ar- rangements in Pine Forests . . . . .	23

### FOREST EXPLOITATION

<i>V. N. Andreev, Yu. Yu. Gerasimov</i> . Effect of Welded Joint on Metal Struc- ture's Fatigue Strength of Logging Machine Hydraulic Manipulator . . .	27
<i>S. I. Morozov, M. V. Popov, A. P. Eliseev</i> . Retentivity of Spring Anticreepers PP-R24 . . . . .	29
<i>N. I. Biblyuk, B. T. Peretyaiko, E. N. Litvinchuk</i> . Modelling of Forest Vehicle Alternating Motion . . . . .	33
<i>V. P. Stukov</i> . Method of Bridge Timber Beam-and-Loaded Precast Slab Calcu- lation . . . . .	38
<i>I. E. Dontsov</i> . Stability of Frontal Suspended Truck-and-Tractor Unit Movement	45
<i>L. V. Korotyaev</i> . On Calculation of Spruce Wind Load Force Moment . . . .	50

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>L. V. Sen'kevich, V. V. Solov'ev, A. M. Morgachev</i> . Determination of Strain Intensity Threshold Coefficients of Steel for Woodcutting Saws . . . . .	57
<i>E. M. Razin'kov</i> . Porosity of Particle Boards . . . . .	59
<i>V. N. Volynsky</i> . Mathematical Description of Wood Warping Process . . . . .	63
<i>A. S. Toropov</i> . On Determination of Bucking Process Parameters at Rotating Feed of Circular Saw . . . . .	68
<i>V. B. Kuntysh</i> . Heat Exchange and Aerodynamic Resistance of Staggered Re- strained Backfinned Ribbed Banks . . . . .	74
<i>Yu. M. Stakhiev</i> . Cavity Oscillations and Equilibrium Stability Loss of Flat Thin Rotating Disk at Irregular Heating . . . . .	80

### CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>I. A. Gamova, V. P. Efimov, A. A. El'bert</i> . Use of Modified Adhesive in the Process of Decorative Paper-Based Laminates . . . . .	55
<i>N. V. Chernaya, V. L. Kolesnikov, G. S. Gridyushko</i> . Effect of Latex Internal Sizing Conditions in Papermaking on Formed Turnover Rejects' Properties	87
<i>V. A. Yakovlev, N. V. Grigor'eva, V. A. Makarenko, E. A. Verkh, G. M. Poltoratsky</i> . Investigation into Equilibriums in the Case of Sulphur Compound Absorption from Pulp-and-Paper Manufacture Gas Emissions .	91
<i>E. P. Shishakov, V. M. Shkut, T. V. Tsykunova, S. A. Stebakova</i> . Effect of Nitrate and Complex Salts Applied at the Stage of Hydrolysate Inversion upon Yeast Biomass Composition . . . . .	94
<i>A. V. Kanarsky</i> . Influence of Pulp Treatment Method on Filter Board Properties	97

## ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>P. S. Geizler, A. S. Fedorenchik.</i> Optimization of Basic Transport Structure of Logging Enterprise . . . . .	101
<i>I. P. Kudinov.</i> Economic Efficiency Calculation Methods of Timber Industry Units' Organization . . . . .	104
<i>A. S. Lazarev.</i> On Quality Differential Income in New Timber Rates of Charge	108
<i>G. E. Romanov.</i> Organization of Industrial Activity of Logging Enterprises with Exhausted Timber Resources . . . . .	114
<i>N. V. Murashkin.</i> On Prices of New Timber Machinery . . . . .	117

## SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>N. N. Arapova.</i> Floristic Composition and Significance of Various Fungi in Sites of Origin for <i>Bupalus Piniarius</i> in Kazakhstan . . . . .	119
<i>T. S. Isupova.</i> Results of Experimental Precision Wood Bandsawing Research .	121
<i>A. S. Smetanin, A. P. Bragin.</i> Determination Method of Stem Bundle Volume by the Load in Main Rope . . . . .	122
<i>V. V. Nekrasov, N. V. Nekrasova.</i> Investigation into Viscous Flow Entropy of Sulphate Lignin Solutions . . . . .	124
<i>S. N. Gamidyllaev, N. E. Rikhter, A. A. Leonovich, S. Yu. So'os'eva, E. I. Chupka.</i> Effect of Woodchemical Additive in Alkali Medium upon Wood at Heating . . . . .	126

## HISTORY OF SCIENCE

<i>A. N. Avdeev, [S. A. Dyrenkov].</i> E. F. Damberg — Botanist and Forestry Expert	129
---	-----

## FROM VUSES' LIFE

<i>V. N. Portnoi, V. E. Sviridenko.</i> The Forestry Faculty of the Ukraine Agricultural Academy (for the 150 <sup>th</sup> Anniversary) . . . . .	132
<i>A. P. Ivanov.</i> LTI P. P. P.— 60 Years . . . . .	134

## SCIENTIFIC CONFERENCES

<i>B. N. Ugolev.</i> Session and Symposium of Coordination Board on Wood Science	136
<i>A. V. Veretennikov.</i> All-Union Conference on Problems of forest Science and Ecology . . . . .	137
Précis . . . . .	143

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*9

**О проблеме повышения продуктивности лесов.** БУГАЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 3—6.

Рассмотрено современное состояние проблемы. Дано понятие продуктивности леса, а ее показателем принят средний прирост древесины. Установлена система мероприятий по повышению продуктивности леса, выделены отдельные их виды. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630\*56

**Базисный возраст и закономерности роста древостоев.** ГУТМАН А. Л., УСПЕНСКИЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 6—10.

В целях систематизации роста древостоев рекомендован базисный возраст, соответствующий максимуму текущего прироста по таксационному признаку. На примере культур сосны приведена модель возрастной динамики общей продуктивности, характеризующая выявленные закономерности. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*181.8

**Развитие и плодоношение бука лесного в искусственных насаждениях за пределами ареала.** МЯКУШКО В. К., АХМАД Х. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 10—13.

Представлены результаты фенологических наблюдений за буком лесным за пределами естественного ареала. Установлено, что в условиях Киевской области бук плодоносит слабо, в некоторые годы урожай отсутствует, хотя цветение наблюдается ежегодно. Табл. 3. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630\*432.17

**Противопожарные полосы на безлесных участках.** КУЗНЕЦОВ Ю. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 13—16. Даны результаты натуральных экспериментов по определению защитного влияния минерализованных полос на безлесных участках в различных фитоценологических условиях. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*17

**Рост и продуктивность некоторых видов лиственных пород в центральной лесостепи.** БИРЮКОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 16—19.

Изложены результаты изучения хода роста и продуктивности различных видов лиственных пород в условиях ЛОСС Липецкой области. Приведены рекомендации по 13 видам дуба, клена, липы и ясеня. Рассмотрены длительность и быстрота их роста на свежих и свежесватых суглинчатых почвах. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*451.2.:674.032.475.542

**Лось, ксилофаги и грибные болезни как факторы ослабления рекреационных ельников Московской области.** ТРОФИМОВ В. Н., МУШНИКОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 19—23.

Изучена связь повреждений лосями ельников I—V классов возраста с заселением их насекомыми-ксилофагами и грибами. Показано, что отмирание деревьев происходит по местному типу в течение 1...10 лет. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*232.4

**Лесоводственная оценка различных вариантов размещения посадочных мест в сосняках,**

**РЯБОКОНЬ А. П.** Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 23—26.

Дан анализ таксационной характеристики, среднего расстояния между деревьями, относительного диаметра в 45-летних культурах сосны для восьми вариантов размещения посадочных мест в диапазоне исходной густоты от 6,8 до 12,3 тыс шт./га. В рамках опыта выявлена технологическая схема выращивания сосны 1,5×0,7 м, при которой с максимальной эффективностью может быть реализован комплекс лесохозяйственных машин УкрНИИЛХА при линейно-выборочной технологии рубок ухода. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*36:539.4

**Влияние сварного соединения на усталостную долговечность металлоконструкции гидроманипулятора лесозаготовительной машины.** АНДРЕЕВ В. Н., ГЕРАСИМОВ Ю. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 27—29.

С помощью разработанной математической модели зарождения и развития усталостной трещины из дефекта сварки, построенной на основе метода Монте-Карло и принципов механики разрушения, исследовано влияние сварного соединения на усталостную долговечность металлоконструкции гидроманипулятора. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 625.143.58

**Удерживающая сила пружинных противоугонов ПП-Р24.** МОРОЗОВ С. И., ПОПОВ М. В., ЕЛИСЕЕВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 29—33.

Рассмотрена конструкция пружинного противоугона ПП-Р24 для рельсов Р24, определена величина удерживающей силы противоугонов, выполнена оценка их эксплуатационных свойств на основе материалов испытаний в производственных условиях. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*377.4

**Моделирование поступательного движения лесотранспортного средства.** БИБЛЮК Н. И., ПЕРЕТЯТКО Б. Т., ЛИТВИНЧУК Е. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 33—38.

Изложены математическое описание и алгоритм расчета процессов разгона и движения лесотранспортного средства из условия обеспечения максимальной производительности. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 624.275.001.24

**Метод расчета мостовых деревянных балок, работающих совместно с железобетонной плитой.** СТУКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 38—45.

Дан расчет клееной деревянной балки, работающей совместно с железобетонной плитой в комбинированном сечении с упругоподатливыми связями между его ветвями. Расчет произведен методом начальных параметров в матричной форме. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 631.3.072

**Устойчивость движения фронтально-навесного машинно-тракторного агрегата (ФМТА).** ДОНЦОВ И. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 45—50.

Приведена методика расчета параметров ФМТА с разблокированной четырехревной схемой навески. Получены уравнения колебаний агрегата в горизонтальной плоскости, дан их анализ. Ил. 3. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*531:621.042.41

К расчету силового момента от ветровой нагрузки на еловое дерево. КОРОТЯЕВ Л. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 50—56.

Изложен аналитический расчет площади мицелла параболоидной кроны елп. ветровой нагрузки на еловое дерево, центра тяжести кроны и силового момента, вызываемого ветровой нагрузкой относительно оси, проходящей через плоскость захвата и спиливания дерева с корня валочной машиной. Приведены необходимые для расчетов численные значения параметров. Даны рекомендации для использования изложенной методики расчетов в инженерной практике. Ил. 1. Табл. 5. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.053

Определение пороговых коэффициентов интенсивности напряжений сталей, предназначенных для изготовления дереворежущих пил. СЕНЬКЕВИЧ Л. В., СОЛОВЬЕВ В. В., МОРГАЧЕВ А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 57—59.

Приведены методика определения и значения пороговых коэффициентов интенсивности напряжений для сталей 9ХФ и 7ХН2МФА. Даны сопоставление и анализ различных формул для определения этой характеристики. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.815-41:613.63

Пористость древесностружечных плит. РА-ЗИНЬКОВ Е. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 59—63.

Приведены теоретические расчеты для определения пористости древесностружечных плит, объема пор в древесных частицах, свободных от связующего и заполненных им. Расчеты подтверждены экспериментальным путем с привлечением микроскопических исследований. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*812.71

Математическое описание процесса деформирования древесины при изгибе. ВОЛЫНСКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 63—68.

Даны математическое выражение диаграммы изгиба древесины в координатах нагрузка — прогиб и методика расчетов коэффициентов уравнения, показано хорошее совпадение теоретической кривой с реальной диаграммой изгиба. Ил. 2.

УДК 630\*323.4

К определению параметров процесса раскрывки при вращательной подаче круглой пилы. ТОРОПОВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 68—74.

Приведены зависимости для определения параметров, характеризующих поштучную, групповую и пачковую раскрывку лесоматериалов круглой пилой с вращательным движением подачи. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 536.24

Теплообмен и аэродинамическое сопротивление шахматных стесненных пучков из труб с накатными ребрами. КУНТЫШ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 74—80.

Изложены результаты экспериментального исследования приведенного коэффициента теплоотдачи и потерь напора при поперечном обтекании воздухом шестирядных пучков из труб со спиральными алюминиевыми ребрами. Отличительная геометрическая характеристика изученных пучков — расположение площади минимального загроможденного сечения для прохода воздуха в диагональном направлении. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 671.053:621.931

Резонансные колебания и потеря устойчивости плоской формы равновесия тонкого вращающегося диска при неравномерном нагреве. СТАХИЕВ Ю. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 80—84.

Установлено различное поведение вращающегося диска при неравномерном нагреве в условиях свободного вращения (без нагрузки на внешнем контуре) и при пилении (при наличии связей диска пилы с древесиной). Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 676 18

Использование модифицированного связующего вещества в технологии декоративного бумажнослоистого пластика. ГАМОВА И. А., ЕФИМОВ В. П., ЭЛЛЬБЕРТ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 81—87.

Изложены результаты исследований по разработке водорастворимого связующего вещества, пригодного для пропитки бумаг внутренних слоев декоративного бумажно-слоистого пластика взамен спирторастворимого фенолоформальдегидного олигомера. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 676.021.5

Влияние режимов латексной проклейки в массе при производстве бумаги на свойства образующегося оборотного брака. ЧЕРНАЯ Н. В., КОЛЕСНИКОВ В. Л., ГРИДЮШКО У. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 87—91.

Установлено, что при роспуске оборотного брака бумаги, волокнистая масса которой проклеена латексом БС-50 в режиме гетероадагуляции, в результате механических воздействий от поверхности волокон отрывается минимальное количество (1...2%) частиц осадка каучука, а его бумагообразующие свойства максимально приближаются к свойствам свежепроклеенной волокнистой массы. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 511.121

Изучение равновесий, имеющих место при абсорбции серосодержащих соединений из газовых выбросов ЦБП. ЯКОВЛЕВ В. А., ГРИГОРЬЕВА Н. В., МАКАРЕНКО В. А., ВЕРХ Е. А., ПОЛТОРАЦКИЙ Г. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 91—93.

Установлено, что константы равновесия первой и второй стадий диссоциации сероводородной и сернистой кислот, второй стадии диссоциации угольной кислоты, ионное произведение воды, а также газожидкостные константы  $H_2S$  и  $SO_2$ , измеренные при 25, 50, 75 °С в растворах с ионной силой 0.1...5.0 М, подчиняются уравнению Васильева. Параметры уравнения Васильева получены математической обработкой экспериментально измеренных констант. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*863.5

Влияние азотнокислых и комплексных солей, вносимых на стадии инверсии гидролизата, на состав дрожжевой биомассы. ШИШАКОВ Е. П., ШКУТ В. М., ЦЫКУНОВА Т. В., СТЕБАКОВА С. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 94—97.

Показано, что опытные дрожжи, полученные при выращивании на гидролизатах растительного сырья с использованием комплексных солей, имеют повышенное содержание белка, незаменимых аминокислот и ненасыщенных жирных кислот и пониженное содержание углеводов по сравнению с дрожжами, выращенными на обычных гидролизатах. Табл. 4.

УДК 676.53.7

Влияние способа обработки целлюлозы на свойства фильтровального картона. КАНАР-



СКИП А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 3, с. 97—100.

Предложен способ повышения механической прочности стекловолоконного фильтровального картона путем введения в его состав целлюлозы, которую целесообразно предварительно размалывать, а затем мерсеризовать. Табл. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 338.26:630\*3

Оптимизация технологическо-транспортной структуры лесозаготовительного предприятия. ГЕИЗЛЕР П. С., ФЕДОРЕНЧИК А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 101—104.

Разработана экономико-математическая модель технологическо-транспортной структуры лесозаготовительного предприятия, учитывающая природные, производственно-организационные и технологические факторы и обеспечивающая сопоставление затрат на заготовку, первичную обработку и вывозку древесины с оптимизацией грузопотоков от лесосеки до потребителя. Ил. 2.

УДК 338.4:630\*8

Методические основы расчета экономической эффективности организации лесопромышленных узлов. КУДИНОВ И. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 104—108.

Дано понятие лесопромышленный узел. Описана методика расчета экономической эффективности организации узлов. Приведены формулы для расчета предполагаемого эффекта по капиталовложениям, себестоимости и трудоемкости.

УДК 630\*661

О дифференциальном доходе по качеству в новых лесных таксах. ЛАЗАРЕВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журн., 1991, 2, с. 108—113.

Определена дополнительная прибыль, получаемая лесозаготовительными предприятиями от эксплуатации насаждений двойных и твердодолжественных пород по сравнению с мягкодолжественными, при оценке древесины по лесным таксам и оптовым ценам предприятия. Табл. 3.

УДК 630\*643.794

Организация производственной деятельности лесозаготовительных предприятий с истощенными лесосырьевыми базами. РОМАНОВ Г. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 114—117.

Показано, что узкая специализация предприятий с истощенными ЛСВ приводит к убыточности и сокращению сроков эксплуатации. Для их сохранения необходимо развитие деревопереработки и недревесных производств, в том числе и кооперации с лесными предприятиями района. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630\*36.003.13

О ценах на новую лесную технику. МУРАШКИН И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 117—118.

Предложен новый метод при установлении цены на лесную технику, объективно учитывающий условия производства и качество техники. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*443

Видовой состав и значимость микроицетов в очагах сосновой пяденицы в Казахстане. АРАПОВА Н. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 119—121.

Выявлено 14 видов микроицетов, заселяющих погрызы личинок сосновой пяденицы

на хвое. Рассмотрены взаимоотношения между грибами. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.093.6:621.935

Результаты экспериментальных исследований точности распиловки древесины на вертикальных ленточнопильных станках. ИСМПО-ВА Т. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 121—122.

Приведены сведения о результатах экспериментальных исследований четырех типов механизмов натяжения: рычажно-грузового, гидравлического, пневматического и пневмогидравлического. Ил. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*377.2

Способ определения объема пачек хлыстов по нагрузке в грузовом канате. СМЕТАНИН А. С., БРАГИН А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 122—124. Предложен метод определения объема пачек хлыстов пропорционального нагрузкам в грузовом канате. Ил. 4.

УДК 547.992.3

Исследование энтропии вязкого течения растворов сульфатного лигнина. НЕКРАСОВ В. В., НЕКРАСОВА Н. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 124—126.

По результатам исследования плотности, вязкости и скорости распространения ультразвука в шести органических растворителях сульфатного лигнина рассчитана сольватация и энтропия вязкого течения растворов. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 547.992.3

Действие лесохимической добавки в щелочной среде на древесину при нагревании. ГАМИДУЛЛАЕВ С. Н., РИХТЕР Н. Е., ЛЕОНОВИЧ А. А., СОЛОВЬЕВА С. Ю., ЧУПКА Э. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 126—128.

Методом хемилюминесценции установлена роль лесохимической добавки пиролиза древесины в окислительных процессах древесины, а также лигнина и холоцеллюлозы. Ил. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*902

Э. Ф. Дамберг — ботаник и лесовод. АВЛЕЕВ А. Н., ДЫРЕНКОВ С. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 129—131.

УДК 378.962:06.091.5

Лесохозяйственный факультет Украинской сельскохозяйственной академии (к 150-летию юбилею). ПОРТНОЙ В. Н., СВИРИДЕНКО В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 132—134.

УДК 06.091:630\*83

ЛТИ ЦБН — 60 лет. ИВАНОВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 134—135.

УДК 061.3:630\*81

Сессия и симпозиум Координационного совета по лесоведению. УГОЛЕВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 136—137.

УДК 061.3:630\*18

Всероссийное совещание по проблемам лесоведения и лесной экологии. БЕРЕГЕННИКОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 2, с. 137—138.