

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с ГОСТом 19698—74 «Рукопись авторская для издания». Статьи не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. Над названием статьи следует представлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны, на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *J* и *I*,  $\zeta$  и  $\xi$ .

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и математических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п.,

упоминаемые в тексте статьи в первый раз, нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТом 7.1—76 «Библиографическое описание произведений печати» и содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры: должны быть написаны дата отправки рукописи, полное имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации (не более трех; рисунки под литерами, считаются за отдельные рисунки) представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

К статье должны быть приложены краткий реферат, аннотация и рекомендация кафедры.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 10 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

Журнал основан в 1957 году

5

1980

АРХАНГЕЛЬСК

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Ответственный секретарь **А. И. Кольцова**.

---

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1980.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

---

Сдан в набор 7/VIII 1980 г.	Подписан к печати 4. XI. 1980 г.
Форм. бум. 70×108 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> . Печать высокая.	Условн. печ. л. 12,6. Уч.-изд. л. 12,91.
Сл. 04052. Тираж 2050 экз.	Заказ 6634 Цена 1 руб.

---

Типография им. Склепина издательства Архангельского обкома КПСС,  
г. Архангельск, Набережная **В. И. Ленина**, 86.

## НАВСТРЕЧУ XXVI СЪЕЗДУ КПСС

Июньский (1980 г.) Пленум ЦК КПСС, заслушав доклад Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Л. И. Брежнева, принял решение о созыве 23 февраля 1981 г. очередного XXVI съезда партии. В жизни нашей партии и страны каждый съезд является событием огромного исторического значения, открывает новые горизонты коммунистического строительства. Предстоящий съезд призван, прежде всего, определить основные направления экономического и социально-политического развития страны на 1981—1985 гг.

В докладе Л. И. Брежнева на Пленуме намечена конкретная программа действий по подготовке к XXVI съезду КПСС, сформулированы основные пути выполнения плана 1980 г. и десятой пятилетки в целом.

На промышленных предприятиях и стройках, в колхозах, совхозах, в научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях, — всюду развернулась подготовка к предстоящему съезду. Глубоко анализируется работа партийных организаций, трудовых коллективов по выполнению решений XXV съезда КПСС, намечаются меры по устранению упущений и недостатков.

В ответ на решения июньского Пленума, постановления ЦК КПСС «О социалистическом соревновании за достойную встречу XXVI съезда КПСС» передовики производства, трудовые коллективы принимают повышенные социалистические обязательства. Ширится движение под девизом: «Пятилетке — ударный финиш. XXVI съезду КПСС — достойную встречу». Готовится к встрече XXVI партийного съезда и высшая школа.

Жизнь высшей школы неразрывно связана с великими делами Ленинской партии и советского народа, с перспективами дальнейшего развития страны. Выдвинутая партией программа социально-экономического развития является определяющей в постановке основных задач перед высшей школой в современных условиях. Это перенесение центра тяжести в деятельности вузов на качество обучения и воспитания.

Как известно, за последние два года ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановления «О дальнейшем развитии высшей школы и повышении качества подготовки специалистов» и «О повышении эффективности научно-исследовательской работы в высших учебных заведениях», в которых партия и правительство по достоинству оценили работу вузов и указали на необходимость дальнейшего всемерного повышения качества подготовки и воспитания специалистов, укрепление связей высшей школы с производством, с общественной практикой, усиление роли вузов в социально-экономическом и научно-техническом прогрессе. На нынешнем этапе развития советского общества жизнь требует, чтобы выпускники вузов имели широкую марксистско-ленинскую и профессиональную теоретическую подготовку, навыки практической работы, высокую политическую и нравственную культуру, умели принимать и осуществлять на современном уровне научные, инженерные и организационные решения, успешно решать постоянно

усложняющиеся задачи научно-технического и социального прогресса, владели искусством управления коллективами людей.

Среди главных задач высшей школы — воспитание у студентов высокой требовательности к себе, творческой потребности систематически пополнять и совершенствовать свои знания, выработка активной жизненной позиции.

В ходе подготовки к XXVI съезду партии профессорско-преподавательские и студенческие коллективы вузов страны подводят итоги своей работы, обобщают положительный опыт и определяют рубежи на новую пятилетку. В настоящее время высшая школа по масштабам подготовки кадров специалистов в основном удовлетворяет потребности общества, содержание преподавания в достаточной мере отражает современные достижения науки, техники, культуры. Преподавание общественных наук выступает как решающий фактор в формировании у студентов целостного научного мировоззрения, в приобретении умения применять социально-политические знания на практике.

Высшая школа в целом успешно выполняет свои воспитательные функции. Профессорско-преподавательские коллективы, партийные и комсомольские организации вузов воспитывают не только квалифицированных специалистов, но и идейно стойких, преданных делу партии людей. Студенческая молодежь 80-х годов активно трудится на общественном поприще, участвует в выполнении заданий X пятилетки. В плоть и кровь вузовской жизни вошли студенческие отряды. Ежегодно до 500 тыс. студентов вузов возводят промышленные объекты, строят жилые дома, школы, дошкольные детские учреждения, участвуют в уборке урожая. Студенческая инициатива повсеместно рождает все новые и новые практические дела: всесоюзный агитпоход студенческой молодежи «Решения XXV съезда КПСС — в жизнь», олимпиада «Студент и научно-технический прогресс» и т. д.

Ученые вузов совместно с производством успешно работают над решением крупных проблем современной науки и техники. Одновременно успешно разрабатываются и многие проблемы прикладного характера. В годы десятой пятилетки в народное хозяйство страны внедрено около 60 тыс. разработок, выполненных коллективами университетов и институтов. За выдающиеся достижения в области науки и техники 83 работника высшей школы в 1978—1979 гг. удостоены Ленинской и Государственной премий.

Дело чести всех работников высших учебных заведений страны — ознаменовать предстоящий съезд партии все возрастающим вкладом в решение практических задач коммунистического строительства.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*5

ВОПРОСЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ  
В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

А. П. ТЯБЕРА

Литовская сельскохозяйственная академия

Густота древостоев — один из важнейших факторов, обуславливающих жизненные процессы леса. Однако этот показатель не полностью характеризует условия роста отдельных деревьев. Исследования показывают, что в лесных сообществах размещение деревьев чаще всего групповое [2, 7, 8], поэтому условия роста деревьев весьма различны. Известно, что условия роста дерева (площадь роста, территориальное размещение «соседей») — один из множества факторов, обуславливающих прирост и качество древесины, форму стволов [1, 3, 4, 10]. На рис. 1 приводится фрагмент плана территориального размещения деревьев на одной пробной площади, заложенной в естественных сосняках Литвы. Места расположения деревьев на плане обозначены точками  $P_i$ , величина которых соответствует диаметру дерева на высоте 1,3 м. Площади роста отдельных деревьев определены по методу Штера [6, 9]. Площади роста деревьев весьма различны как по величине, так и по конфигурации, что обуславливают число «соседей» и особенности их территориального размещения.

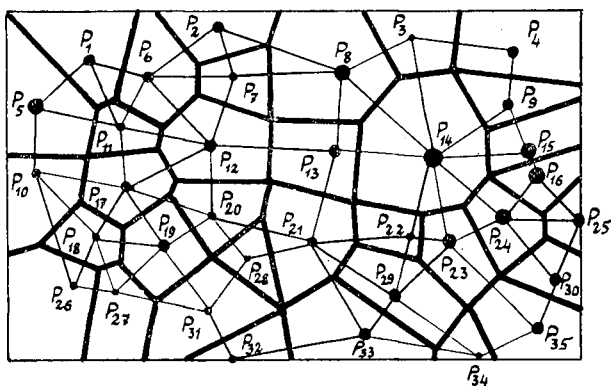


Рис. 1. Фрагмент плана территориального размещения деревьев в 60-летнем сосняке.

На основе экспериментального материала 14 пробных площадей, заложенных в чистых по составу, условно разновозрастных, естественных, высокополнотных сосняках II класса бонитета (тип условий местопроизрастания  $B_2$ ), определены некоторые закономерности «соседства» деревьев. Установлено, что отдельные деревья имеют от 3 до 9 «соседей». Ряды распределения числа деревьев по числу «соседей» приведены в табл. 1.

Таблица 1

Возраст древостоя, лет	Диаметр дерева, см	Распределение числа деревьев, %, по числу «соседей»						
		3	4	5	6	7	8	9
20—40	16	1,8	13,1	25,1	33,2	21,1	4,2	1,5
	24	1,9	11,5	28,3	35,2	18,4	4,2	0,5
	32	1,0	11,9	26,1	35,2	15,6	8,0	2,2
	40	1,0	10,1	22,5	35,1	20,7	9,1	1,5

Для древостоя в целом

20—40	—	1,5	11,7	25,5	34,0	19,5	6,4	1,4
50—70	—	1,6	11,5	29,5	31,2	19,7	5,7	0,8
80—100	—	0,9	13,8	27,7	32,6	17,9	4,6	2,5
110—130	—	0,4	10,0	28,5	32,6	21,3	5,3	1,9
150	—	1,3	9,3	28,5	34,8	18,2	6,6	1,3

Обобщенный ряд

—	—	1,4	10,8	28,5	32,7	19,1	6,3	1,2
---	---	-----	------	------	------	------	-----	-----

Дисперсионный анализ, проведенный при уровне значимости 0,05, показал, что указанные ряды не зависят от диаметра исследуемых деревьев и возраста древостоя, поэтому определен обобщенный ряд распределения числа деревьев по числу «соседей» для изучаемых сосняков. Данные табл. 1 наглядно показывают, что в большинстве случаев деревья имеют 5—6 «соседей».

Таблица 2

Коэффициент вариации расстояний до соседних деревьев, %	Число деревьев, %	Коэффициент вариации расстояний до соседних деревьев, %	Число деревьев, %
4	0,6	32	9,0
8	2,7	36	4,6
12	7,9	40	2,2
16	15,2	44	0,9
20	20,8	48	0,3
24	20,5	52	0,1
28	15,2		

Второй показатель, обуславливающий конфигурацию полигона площади роста, — изменчивость расстояний до соседних деревьев. Коэффициент вариации расстояний до соседних деревьев изменяется в широких пределах (от 5—10 до 45—50 %). Исследования показали, что распределение этого показателя в изучаемых сосняках тоже не зависит от диаметра дерева и возраста

древостоя. В табл. 2 приведен обобщенный ряд распределения коэффициента вариации расстояний до соседних деревьев.

Коэффициент вариации расстояний от исследуемого дерева до его «соседей» в среднем составляет 20—25 %.

Приведенные данные свидетельствуют о большом разнообразии вариантов «соседства» деревьев в лесу. Возникает вопрос, какое значение имеют особенности территориального размещения деревьев для их роста. Ответ на этот вопрос дают исследования производительности отдельных деревьев ( $S$ ). Ее определяют по формуле

$$S = \frac{g_{1,3}}{F},$$

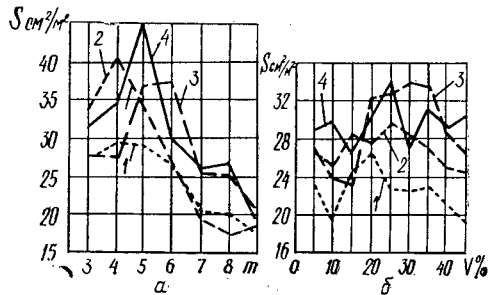
где  $g_{1,3}$  — площадь сечения дерева на высоте 1,3 м, см<sup>2</sup>;

$F$  — площадь роста дерева, м<sup>2</sup>.

Производительность деревьев закономерно изменяется в зависимости от территориального размещения их «соседей». Закономерности изменения производительности деревьев от числа их «соседей» показаны на рис. 2. Производительность максимальна у тех деревьев, кото-

Рис. 2. Изменение производительности деревьев в зависимости от числа их «соседей»  $m$  (а) и от коэффициента вариации расстояний между исследуемым деревом и его «соседями»  $V$  (б).

1 — возраст древостоя 20—40 лет; 2 — 50—70 лет; 3 — 80—100 лет; 4 — 110—130 лет.



рые имеют 4—6 «соседей». Минимальное число «соседей» образует треугольный полигон площади роста. В таких случаях существуют мало используемые зоны площади роста. Наглядным примером может служить дерево  $P_{28}$  (рис. 1). Максимальное число «соседей» чаще всего встречается в редкостойных био группах, где площадь роста используется тоже не полностью —  $P_{14}$  (рис. 1).

Зависимость между производительностью деревьев и изменчивостью расстояний до соседних деревьев выражена не так четко. Казалось бы, что максимальной производительностью должны характеризоваться деревья, произрастающие в био группах с равномерным размещением деревьев по площади. В этих случаях остается меньше всего неиспользованных пространств, кроны соприкасаются одинаково со всех сторон (кстати, именно того требует теория нормального леса). Однако наивысшей производительностью характеризуются деревья, произрастающие в тех био группах, где изменчивость расстояний между исследуемым деревом и его «соседями» составляет 20—25 % (рис. 2). Видимо, в таких био группах деревья лучше всего используют солнечную энергию для синтеза органических веществ.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что в процессе самоизреживания древостоя создавшиеся средние показатели «соседства» деревьев оптимальны и тем самым подтверждают мнение М. Турского [5], который еще в 1900 г. писал, что при прореживании насаждений нет необходимости стремиться к равномерному размещению деревьев. Эти выводы еще раз подтверждают, что лес — система саморегулирующаяся.

Полученные результаты дают возможность решить один из вопросов оптимизации сосновых насаждений, т. е. определить оптимальную схему территориального размещения деревьев в исследуемых насаждениях. Чтобы коэффициент вариации расстояний между деревьями составил 20—25 %, и каждое дерево имело 4—6 «соседей», ширина междурядий должна превышать расстояния между деревьями в рядах в 1,3—1,4 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Арлаускас А. С., Тябера А. П. Площадь роста дерева и ее влияние на сучковатость стволов в ельниках Южной Прибалтики. — Лесоведение, 1978, № 6, с. 40—44. [2]. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. — М.: Мир, 1967. — 345 с. [3]. Кретов Е. С. О густоте и размещении культур сосны в связи с рубками ухода. — Лесн. хоз-во, 1977, № 7, с. 32. [4]. Мартынов А. Н. Зависимость биометрических показателей сосны от площади питания. — Лесоведение, 1976, № 5, с. 85—89. [5]. Турский М. Лесоводство. 2-е изд. — М.: Типолитография, 1900. — 376 с. [6]. Тябера А. П. Площадь роста дерева и ее определение аналитическим способом. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 2, с. 12—16. [7]. Jones E. W. Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria. — J. Ecol. 1955, vol. 43, p. 564—594. [8]. Juknys R. Medziu issidestymo tyrimai pusynuose. LZUA mokslo



darbai. — Vilnius, Mokslas, 1978, XXIV, 5(74), p. 18—27. [9]. Stöhr F. K. Erweiterungsmöglichkeit der Winkelzählprobe. Diss. Freiburg. 1963. — 125 p. [10]. Weihe J. Nachbeschaffung und Zuwachs im Fichtenbestand. — Forstwiss. Cbl., 1974, 93, N 6, p. 289—296.

Поступила 20 июля 1979 г.

УДК 630\*524.37

## КОРРЕЛЯЦИЯ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРЕВЬЕВ В НАСАЖДЕНИЯХ УРАЛА

С. В. СОКОЛОВ

Уральский лесотехнический институт

Для исследования некоторых вопросов строения древостоев в местных условиях использованы данные 23 пробных площадей и 854 учетных деревьев.

Пробные площади заложены в насаждениях с господством материнского соснового древостоя, однородных по условиям произрастания, естественного происхождения, не тронутых или пройденных выборочными рубками слабой интенсивности. Эти насаждения, смешанные по составу, наиболее распространены в районе исследований (модальные).

Доля сосны в таких насаждениях, с увеличением возраста, постоянно возрастает (от 49 % в 15 лет до 94 % в 220 лет); относительная полнота древостоев уменьшается соответственно от 0,98 до 0,55.

Район исследований охватывает две лесорастительные провинции: Зауральскую холмисто-предгорную и Зауральскую равнинную [1]. Пробные площади подбирали равномерно по территории района исследований, в восьми лесхозах Свердловской области: Уральском учебно-опытном, Уралмашевском, Невьянском, Алапаевском, Нижне-Тагильском, Билимбаевском, Верхне-Синячихинском и Верхотурском. Исследовали насаждения трех типов леса (сосняки разнотравные, ягодниковые и брусничниковые), I—XI классов возраста, I—III классов бонитета.

Обработку результатов измерений, полученных по учетным деревьям, отобраным на пробе (каждое седьмое), производили на ЭВМ «Урал-4». На каждую пробу приходилось не менее 25 парных единиц наблюдений. При вычислениях использовали рекомендации, имеющиеся в литературе [2].

Исследованиями установлено, что точность опыта (по средним значениям таксационных показателей, полученных по учетным деревьям) оказалась в допустимых пределах: от 0,4 до 5,7%, т. е. данные, положенные в основу корреляционного анализа, надежны. Средние значения показателей на пробных площадях следующие: наименьшая средняя высота по учетным деревьям — на пробе № 36—Уч (6,1 м, 17 лет), наибольшая — на пробе № 4—У (28,9 м, 135 лет); наименьший средний коэффициент формы — на пробе № 1—Б (0,586, 137 лет), наибольший — на пробе № 1К—А (0,853, 60 лет); наименьший средний диаметр — на пробе № 9—Уч (5,2 см, 15 лет); наибольший — на пробе № 2М—С (35,3 см, 155 лет); наименьший средний возраст — на пробе № 9—Уч (15 лет); наибольший — на пробе № 6С—В (220 лет). Указанные показатели приводятся не в целях характеристики их изменчивости, а в целях корреляционного анализа.

Были вычислены коэффициенты корреляции между таксационными показателями учетных деревьев на пробных площадях (см. табл.). Показатель достоверности коэффициентов корреляции  $t$ , для пяти пробных площадей оказался меньше трех, т. е. соответствующие коэффициенты корреляции оказались ненадежными. Эти пробные площади из дальнейшей обработки исключены.

Связь между высотой и коэффициентом формы  $q_2$  во всех случаях оказалась обратной при абсолютном значении коэффициента корреляции  $r$  от 0,601 до 0,735, т. е. от значительной до тесной. Показатель до-

Номер пробной площади	А лет	$r \pm m_r$	Номер пробной площади	А лет	$r \pm m_r$
-----------------------	-------	-------------	-----------------------	-------	-------------

Корреляция между высотой и коэффициентом формы  $q_2$ 

39—Уч	56	$-0,69 \pm 0,081$	4Г—С	110	$-0,7 \pm 0,060$
9М—С	73	$-0,60 \pm 0,090$			

## Корреляция между высотой и диаметром

9—Уч	15	$+0,96 \pm 0,012$	33—А	94	$+0,71 \pm 0,072$
36—Уч	17	$+0,75 \pm 0,088$	4—У	135	$+0,92 \pm 0,033$
16М—А	38	$+0,72 \pm 0,083$	2М—С	155	$+0,70 \pm 0,083$
3—У	43	$+0,89 \pm 0,035$	7Г—С	180	$+0,87 \pm 0,049$
89—Уч	56	$+0,96 \pm 0,011$	6С—В	220	$+0,89 \pm 0,041$
5—Б	86	$+0,76 \pm 0,066$			

## Корреляция между высотой и возрастом

3—У	43	$+0,53 \pm 0,125$	33—А	94	$+0,71 \pm 0,072$
1К—А	60	$+0,81 \pm 0,060$	5Г—С	133	$+0,38 \pm 0,118$
7—Уч	67	$+0,59 \pm 0,120$	10Г—С	205	$+0,61 \pm 0,112$

Корреляция между коэффициентом формы  $q_2$  и возрастом

16М—А	38	$-0,75 \pm 0,075$	1А—Уч	64	$-0,53 \pm 0,098$
-------	----	-------------------	-------	----	-------------------

Примечание. А — средний возраст древостоев на пробных площадях;  $r \pm m_r$  — коэффициенты корреляции и их основные ошибки.

стоверности коэффициентов корреляции  $t_r$  находится в пределах  $6,6 \div 12,2 > 3$ .

Между высотами и диаметрами учетных деревьев на пробных площадях связь прямая во всех случаях, а по характеру — от тесной до очень тесной ( $r = 0,70 \div 0,96$ ;  $t_r = 8,4 \div 87,6 > 3$ ).

Связь между высотой и возрастом учетных деревьев прямая от умеренной до тесной ( $r = 0,38 \div 0,81$ ;  $t_r = 3,2 \div 13,4 > 3$ ), между коэффициентом формы  $q_2$  и возрастом — обратная от значительной до тесной ( $r = 0,53 \div 0,75$ ;  $t_r = 5,3 \div 10,0 > 3$ ).

Зависимость коэффициентов корреляции от среднего возраста древостоев не обнаружена, кроме высоты и диаметра учетных деревьев, теснота связи между которыми с уменьшением среднего возраста древостоев несколько увеличивается, достигая в 15 лет значения  $r = 0,96$  и приближаясь к линейной.

Обобщая исследование, отметим следующее.

1. Связь диаметров и высот стволов с коэффициентами формы — обратная от значительной до тесной, высот с диаметрами — прямая от тесной до очень тесной, высот с возрастом — прямая от значительной до тесной. Теснота связи высот с диаметрами деревьев в пределах древостоев с уменьшением их возраста несколько увеличивается, а диаметров и высот с коэффициентами формы, высот и коэффициентов формы с возрастом деревьев практически не зависит от возраста древостоев.

2. Теснота и характер связи между таксационными показателями модальных сосняков по отдельным провинциям района исследований отличаются не существенно.

3. Использование полученных статистик связи при решении некоторых вопросов лесного хозяйства позволит сократить необходимое число наблюдений в модальных сосняках района.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Колесников Б. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. — Свердловск, 1973. [2]. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. — М.: Лесн. пром-сть, 1978.

Поступила 6 сентября 1979 г.

УДК 630\*232.4 : 630\*174.754

## РОСТ ОПЫТНЫХ КУЛЬТУР С. В. АЛЕКСЕЕВА, СОЗДАНЫХ МЕТОДОМ ПОСАДКИ СОСНЫ

Л. Ф. ИПАТОВ

Архангельский лесотехнический институт

Культуры, созданные методом посадки, занимают все большую долю в искусственном лесовосстановлении на Европейском Севере. В связи с этим возрастает интерес к изучению всего лесокультурного опыта, особенно наиболее старых опытных культур.

Впервые в этом регионе лесные культуры методом посадки были созданы в 1937 г. в лесхозах Вологодской области [3]. Однако самыми северными старыми посадками являются опытные культуры сосны в Обозерском лесхозе Архангельской области, заложенные в 1949 г. докт. с.-х. наук С. В. Алексеевым\*. Основная цель создания культур — изыскание наиболее приемлемых для производства способов, при которых влияние неблагоприятных климатических условий на рост сеянцев было бы минимальным.

Опытные посадки произведены на вырубке 1940—1941 гг. До рубки древостой имел следующие таксационные показатели: состав 7С3Е, ед. Б, тип леса — сосняк черничный, класс бонитета III, полнота 0,7, запас 230 м<sup>3</sup> на 1 га, средний возраст 170—200 лет, средняя высота 24 м.

Рельеф участка ровный, положение повышенное. Почва — подзол маломощный, легкосуглинистый, сформировавшийся на тяжелом моренном суглинке.

В опытных культурах 15 вариантов, каждый по 0,5 га (50×100 м), различающихся размером площадок, числом их на 1 га и числом сеянцев в площадке (табл. 1).

Подготовка почвы произведена 18—19 мая 1949 г. и заключалась в рыхлении мотыгой поверхности на глубину 2—5 см и сдирании мохового покрова. Из-за большого числа пней фактическое число площадок оказалось в целом заниженным. Посадка выполнена с 21 по 31 мая. Сеянцы привезены из Коношского и Плесецкого лесхозов Архангельской области. Возраст их 2 года, состояние удовлетворительное, за исключением части коношских сеянцев, у которых при перевозке была подсушена корневая система (варианты 6, 8 и 9).

Первое обследование культур было проведено С. В. Алексеевым в августе 1949 г. в среднем на 7% площадок. Приживаемость составила 84,9%, при колебаниях по вариантам от 96,0 до 65,0%. Наиболее низкой приживаемость оказалась в площадках с наибольшим числом сеянцев (варианты 8 и 9). К причинам снижения приживаемости С. В. Алексеев относил не только повреждения сеянцев при перевозке и начало их роста еще до посадки, но и погодные условия. В частности, сухая и довольно теплая погода в период создания культур сменилась через несколько дней резким похолоданием (−3 °С). В дальнейшем С. В. Алексеев [1] отмечал, что одним из серьезных отрицательных факторов лесокультурного дела на Севере является выжимание всхо-

\* Первые опытные культуры посевом семян сосны созданы С. В. Алексеевым при участии А. А. Молчанова в 1927—1930 гг. на площади 24 га также на территории Обозерского лесхоза. Культуры оформлены как памятник природы. Запас древостоев на отдельных вариантах в 50-летнем возрасте превышает 300 м<sup>3</sup> на 1 га.

Таблица 1

Номер варианта	Число семян в площадке, шт.	Размер площадки, м	Размещение площадок, м	Число площадок на 1 га, шт.		Число семян на 1 га, шт.	Приживаемость в 1949 г., %
				плановое	фактическое		
1	5	1×1	4×3	832	704	3520	85,9
2	9	1×1	Неравномерное	864	864	7776	86,6
3	15	1×1		4×3	832	788	11820
4	20	1×1	4×3	832	714	14280	73,1
5	1	0,3×0,3	1,3×0,8	9560	6934	6934	87,6
6	9	0,7×0,7	4×4	625	570	5130	82,6
7	20	1×1	4×4	625	604	12080	85,4
8	40	2×1	5×4	500	396	15680	65,7
9	80	2×2	5×4	500	476	38080	65,0
10	1	0,3×0,3	2×2	2500	1804	1804	94,7
11	9	1×1	5×5	400	428	3852	91,9
12	9	1×1	4×4	625	538	4842	92,4
13	9	1×1	4×3	832	770	6930	81,4
14	9	1×1	4×2	1250	688	6192	96,0
15	9	1×1	2,5×2	2000	1560	14040	92,5

Примечание. Использованы архивные данные Северной ЛОС.

дов морозом. В опытных посадках по этой причине в первые два года погибло 17,6 % семян, в третий год 1,5 %. Создание культур гнездами С. В. Алексеев [1, 2] рассматривал как одну из мер борьбы против выжимания.

К сожалению, наблюдения за состоянием опытных посадок в последние годы были прекращены. Лишь в 18—19-летнем возрасте культур некоторые варианты (1, 4, 5, 13, 15) были изучены Ф. Т. Пигаревым и др. [4]. Было отмечено, что высота наиболее крупных деревьев сосны возрастает с увеличением густоты, но до определенного числа деревьев (не более 10—12 шт. в площадке), а затем снижается.

Культуры 30-летнего возраста изучены нами путем перечета деревьев на всей площади варианта или его части (площадь перечетов составила 4 га, или 53 % от общей площади участка). На каждом варианте шестом измеряли высоту не менее чем у 30 деревьев, срубали и обмеряли по 15—20 модельных деревьев, изучали почвы, напочвенный покров и т. д. Дополнительно вокруг участка культур изучены молодняки естественного происхождения, формирующиеся на той же вырубке (табл. 2).

При анализе результатов исследований мы распределяли варианты в порядке возрастания числа семян в площадке — 1, 5, 9, 15, 20, 40 и 80; а в случае повторности — в порядке возрастания числа семян на 1 га (рис. 1 и 2). При таком построении графиков удалось подметить некоторые особенности роста культур в зависимости от числа семян в площадке и площадок на 1 га.

Несмотря на значительные колебания числа высаженных семян (от 1 до 80), к 30-летнему возрасту в площадке произрастает от 1 до 16 сосен, в среднем по вариантам от 0,4 (вариант 5) до 5,8 (вариант 9). Как видно из рис. 1, а, наибольшее число сосен в площадке наблюдается в вариантах 9 и 8, где было высажено соответственно 80 и 40 семян. Однако по сравнению с первоначальной густотой это количество составляет всего лишь 7,3 и 13,5 %. На рис. 1, б видна общая тенденция к уменьшению сохранности с увеличением первоначальной густоты семян в площадке. Некоторое исключение составляет вариант 5, где уменьшение сохранности объясняется тем, что на ход разреживания значительно раньше, чем в других вариантах, стала оказывать влияние

Таблица 2

Номер вари-анта	Состав	Средние для сосны		Число растущих деревьев на 1 га. шт.		Сумма площадей сечений на 1 га, м <sup>2</sup>		Запас на 1 га, м <sup>3</sup>		Полнота (общая)	Класс бонитета
		высота, м	диаметр, см	сосны	общее	сосны	общая	сосны	общий		
1	4,6С5,0Б0,4Ос, ед. Е	7,5	7,4	1820	3358	7,9	16,4	35	76	0,90	III, 3
2	5,3С4,3Б0,3Ос0,1Е	7,2	7,0	2380	3925	9,2	15,8	41	77	0,85	III, 3
3	6,8С3,0Б0,1Е0,1Ос	6,7	6,6	3905	5340	13,0	19,1	56	83	1,04	III, 4
4	3,7С5,8Б0,5Ос, ед. Е	7,0	6,4	2004	3308	6,3	15,7	26	70	0,93	III, 2
5	5,3С4,5Б0,1Е0,1Ос	7,5	7,0	2582	4186	9,9	17,8	42	79	0,98	III, 1
6	6,1С3,9Б, ед. Ос, Е	7,2	7,5	1500	2168	6,6	10,6	23	45	0,56	III, 3
7	5,9С4,1Б, ед. Ос, Е	7,2	6,9	2346	3523	8,8	14,3	39	66	0,76	III, 2
8	6,0С3,9Б0,1Ос, ед. Е	6,9	6,9	2120	3434	8,6	13,8	35	58	0,75	III, 3
9	5,3С4,6Б0,1Ос, ед. Е	6,8	6,1	2779	3643	8,2	14,1	34	65	0,77	III, 3
10	6,0С3,5Б0,2Е0,3Ос	8,8	10,9	1152	2188	10,6	18,1	51	89	0,88	II, 8
11	7,0С2,6Б0,2Ос0,2Е	8,0	9,1	1482	2595	9,5	13,4	43	61	0,68	III, 0
12	7,7С2,1Б0,2Ос, ед. Е	8,2	8,1	2219	3050	11,4	15,0	49	70	0,71	II, 9
13	8,4С1,3Б0,1Е, ед. Ос	8,0	8,5	2878	3470	15,4	18,6	71	85	0,85	II, 9
14	7,1С2,6Б0,3Ос, ед. Е	7,4	7,8	2790	3689	13,1	17,5	58	82	0,85	III, 3
15	8,2С1,4Б0,3Ос0,1Е	7,5	7,4	4310	5225	18,9	21,9	81	99	1,08	III, 3

В целом для участка культур

| 6,2С3,5Б0,2Ос0,1Е | 7,5 | 7,6 | 2421 | 3540 | 10,5 | 16,1 | 46 | 74 | 0,83 | III, 2

Окружающий культуры естественный древостой

| 2,8С6,6Б0,5Ос0,1Е | 6,4 | 6,5 | 854 | 2165 | 2,8 | 9,2 | 11 | 39 | 0,55 | III, 5

более ранняя сомкнутость вследствие более тесного расположения площадок. На сохранность культур в варианте 6 отрицательное влияние, по всей вероятности, оказали две причины: высокая скученность деревьев на небольшой площадке (0,49 м<sup>2</sup>) и посадка сеянцев с подсушенной корневой системой. Наибольшая сохранность (63,8% в 30-летнем возрасте) оказалась в варианте 10, где в небольшую площадку

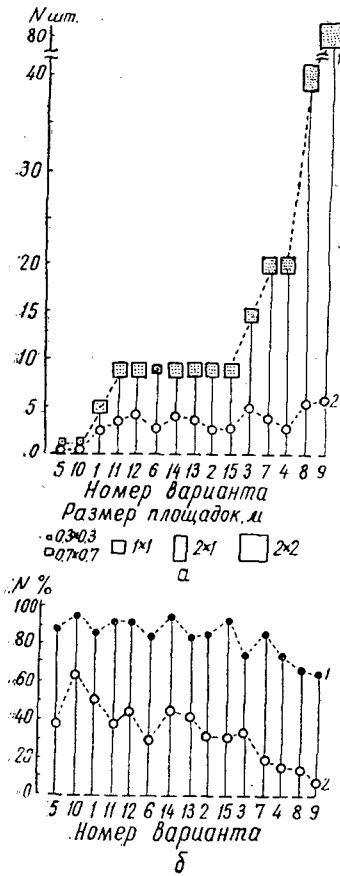


Рис. 1. Изменение числа деревьев сосны в площадках по вариантам культур.

а — первоначальное число семян в площадке (1) и среднее число деревьев в площадке в 30-летнем возрасте (2); б — приживаемость культур в конце первого года жизни (1) и сохранность их в 30-летнем возрасте (2).

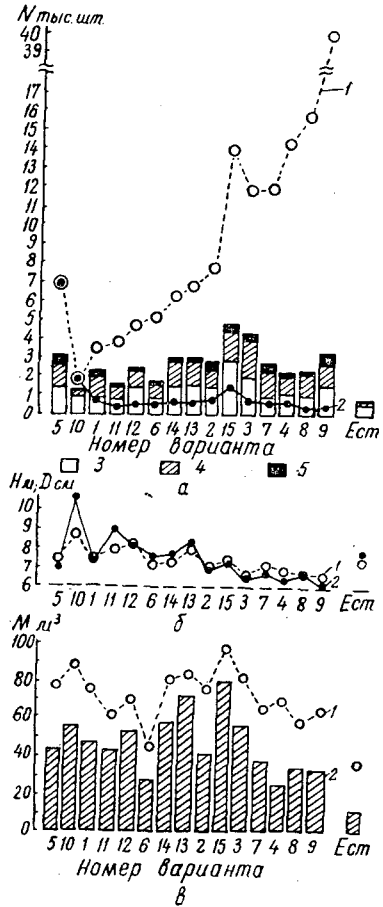


Рис. 2. Первоначальная густота и таксационные показатели культур.

а — число семян (1) и число площадок (2) на 1 га при создании культур; категории деревьев сосны: 3 — господствующие; 4 — подчиненные; 5 — сухостойные; б — средняя высота (1) и средний диаметр (2) в 30 летнем возрасте культур; в — запас на 1 га в 30-летнем возрасте: 1 — сосны, 2 — общий.

был посажен один сеянец, а число площадок на 1 га составляло 2,5 тыс. шт. (вариант, весьма близкий к современной технологии создания культур посадкой в таежных лесах).

В формировании более густых древостоев все сильнее начинает сказываться число площадок на 1 га. Из рис. 1 и 2 видно, что увеличение не только числа семян в площадке, но и общего их числа на 1 га не привело к пропорциональному повышению густоты древостоев к 30-летнему возрасту. Например, культуры вариантов 9, 8 и 4 (рис. 2, а) не являются в настоящее время самыми густыми. За счет более сильного изреживания загущенных площадок меняется порядок расположения вариантов по общей густоте. В 1949 г. число высаженных и прижившихся семян колебалось от 1804 и 1701 (вариант 10) до 38080 и 24800 (вариант 9), т. е. различие составляло 21 и 15 раз. В 30-летнем возрасте число деревьев сосны по этим вариантам различается в 2,4

раза, а самыми густыми стали культуры варианта 15, где в площадку было высажено 9 сеянцев при относительно высоком числе площадок на 1 га (1560 шт.). Древостой этого варианта имеет и наибольший запас на 1 га (рис. 2, в). Обращает на себя внимание вариант 10, где при близком к варианту 15 числе площадок на 1 га, но при одном сеянце в площадке, запас меньше всего лишь на 23,4%. За счет более высоких таксационных показателей — средней высоты и среднего диаметра (рис. 2, б) вариант с самым низким первоначальным числом сеянцев на 1 га превзошел 10 других вариантов по запасу сосны, в том числе и вариант 5, где также был один сеянец в площадке, но число площадок на 1 га составляло 6934. Это, в определенной мере, дает основание считать, что для производственных целей вполне оправдана посадка по 1—2 сеянца в площадку с числом площадок не более 4 тыс. шт. на 1 га.

Различия в способах создания культур продолжают сказываться не только на запасе, но и на других таксационных показателях. В частности, для средней высоты и среднего диаметра в целом проявляется обратная зависимость от числа деревьев в площадке и на 1 га (рис. 2, б). Однако в целом тенденция к выравниванию таксационных показателей будет еще оставаться. В опытных культурах, несмотря на их 30-летний возраст, еще не наступил процесс бурного естественного изреживания, связанный со смыканием крон деревьев по всей площади. Подтверждением этому служит большой процент подчиненных деревьев (в среднем 40,5). Как особенность роста гнездовых культур в северной подзоне следует отметить, что подчиненные деревья остаются на корню долго, показывая крайне замедленный прирост по высоте в течение 10 лет и более. По сравнению с культурами южной подзоны тайги [3], процесс естественного изреживания, как и формирования в целом, отстает в опытных культурах приблизительно лет на десять, хотя они и не уступают в росте естественным древостоям.

Естественное формирование древостоя на той же вырубке идет в основном за счет лиственных пород (табл. 2). Древостой еще не сомкнулся полностью, деревья расположены биогруппами, разновысотны и разновозрастны. Процесс заселения бывшей вырубке происходит и в настоящее время, что подтверждается большим количеством (около 25%) деревьев ниже 1,3 м высотой, в основном березы и ели. Примерно в таком же количестве имеется естественная примесь и в культурах, что привело здесь к образованию смешанного древостоя со средним составом 6,2С0,1Е3,5Б0,2Ос (в естественном 2,8С0,1Е6,6Б0,5Ос). Хотя формирование естественного древостоя началось на 8 лет раньше, чем были созданы культуры, в нем растущих деревьев меньше на 39%, а сосны в 2,8 раза; сумма площадей сечений и запас почти в 2 раза меньше.

Таким образом, почти все варианты опытных культур С. В. Алексеева обеспечили преобладание главной породы — сосны на вырубке бывшего сосняка черничного. В то же время варианты с большим числом сеянцев в площадке (так называемые гнездовые культуры) в целом не оправдали себя, поскольку повышение загущенности площадок и в северных условиях не привело к улучшению роста культур сосны и увеличению запаса древостоя в 30-летнем возрасте.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев С. В. К проблеме лесных культур в условиях Севера. — В кн.: Некоторые вопросы ведения лесного хозяйства на Севере. Архангельск: Архангельское кн. изд-во, 1953, с. 53—61. [2]. Алексеев С. В. Некоторые результаты выращивания сосны гнездовым способом. — В кн.: Возобновление леса при концентрированных руб-

ках на Севере. Архангельск: Архангельское кн. изд-во, 1954, с. 44—51. [3]. И п а т о в Л. Ф. Строение и рост культур сосны на Европейском Севере. — Архангельск: Северо-Западное кн. изд-во, 1974. — 106 с. [4]. П и г а р е в Ф. Т., Н е п о г о д ь е в а Т. С., С е н ч у к о в Б. А. Нормы высева семян сосны и ели в посевах на вырубках. — В кн.: Вопросы лесокультурного дела на Европейском Севере. Архангельск: Архангельский ин-т леса и лесохимии, 1974, с. 79—96.

Поступила 3 июля 1979 г.

УДК 630\*4

## ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕСА ОТ НАСЕКОМЫХ

А. Х. ОШКАЕВ, Г. В. СТАДНИЦКИЙ, В. В. ФЕОКТИСТОВ,  
С. Г. ФЕОКТИСТОВА

Архангельский лесотехнический институт, ЛенНИИЛХ

Химические воздействия на вредителей и возбудителей заболева- ний связаны с негативным побочным воздействием на экологические системы и окружающую среду. Это требует, с одной стороны, непрерывного совершенствования химического метода, а с другой, поисков полноценной замены, т. е. препаратов, безвредных для человека и полезной фауны.

В связи с этим немалый научный и практический интерес представляет получение препаратов из растений, причем уже имеется опыт их использования. Так, еще перед первой мировой войной были попытки применения акарицидов растительного происхождения, которые, однако, были впоследствии вытеснены синтетическими препаратами. Вместе с тем первые не уступают вторым, примером чего являются анабазин и пиретрум [1]. Однако сейчас применение таких препаратов ограничено преимущественно из-за их дороговизны и невозможности получения в достаточных количествах.

По нашему мнению, основанному на фундаментальных исследованиях Д. А. Руднева, П. А. Положенцева и их школ, огромными потенциальными возможностями для применения в практике защиты леса обладают биологически активные вещества хвойных деревьев, в частности живица и составляющие ее компоненты (эфирные масла, кислоты, терпены). За последние годы появилось немало работ, посвященных изучению токсических свойств смолистых веществ дерева. Общеизвестно, что наибольшими токсическими свойствами обладает скипидарная часть живицы, что обусловлено, прежде всего, входящими в ее состав монотерпеновыми углеводородами. Среди последних наиболее токсичным считается  $\Delta^3$ -карен [2, 3, 6, 7].

Несмотря на значительный объем проведенных исследовательских работ, практическая сторона вопроса почти не затронута разработкой. Однако мы считаем, что наступило время реализации имеющихся данных в форме технологических схем производственной защиты лесных объектов от членистоногих. В связи с этим возникает необходимость решения следующих прикладных задач: во-первых, разработка быстрых и эффективных способов приготовления рабочих препаратов из производных живицы, которые, как известно, в воде нерастворимы; во-вторых, подбор легко доступных, дешевых и токсичных продуктов, из которых в производственных условиях можно готовить препараты в количествах, обеспечивающих текущие потребности лесозащиты; в-третьих, создание технологии и разработка режимов защитных обрабо-



ток непосредственно для передачи их лесному хозяйству в форме инструкций и рекомендаций.

В 1975—1977 гг. нами были предприняты поиски в данном направлении. При этом мы исходили из того, что вещества, на основе которых должны готовиться рабочие составы, желателно выбирать среди тех компонентов смоло-скипидарного производства, которые либо являются отходами, либо не имеют полного сбыта в народном хозяйстве, либо относительно легко могут быть получены производством.

В качестве первоначальной токсической основы может быть использована сырая сосновая живица, ежегодные объемы добычи которой составляют тысячи тонн. Потребность лесного хозяйства в живице в целях лесозащиты невелика и существенного ущерба другим потребителям не нанесет.

Среди продуктов канифольно-скипидарного производства веществом, содержащим 27—28 % наиболее токсичного терпеноида  $\Delta^3$ -карена, является так называемый «скипидар без пинена», или скипидар второго сорта. Он представляет собой отход камфорного производства и имеет лишь частичный сбыт в народном хозяйстве.

Первые поисковые испытания отдельных монотерпенов, сырой живицы, скипидара без пинена показали, что они обладают высокой токсичностью по отношению к личинкам пилильщиков, листоедов, тлям, двукрылым. При этом живица и скипидар без пинена более токсичны в сравнении с отдельно взятыми  $\alpha$ -пиненом,  $\beta$ -пиненом,  $\Delta^3$ -кареном, лимоненом и камфеном [4]. Поэтому в полевых условиях испытывали водные эмульсии живицы и скипидара без пинена.

Для получения устойчивых водных эмульсий первоначально готовили буферные растворы с использованием в качестве эмульгатора, например, концентрата сульфитно-спиртовой барды, а затем при интенсивном перемешивании стойкие нераспадающиеся 25 %-ные «маточные» эмульсии, которые непосредственно перед обработкой разбавляли водой до требуемой концентрации рабочей эмульсии.

В процессе полевых испытаний приготовленную рабочую эмульсию наносили на деревья с питающимися на хвое, ветвях или листьях насекомыми при помощи ранцевых или ручных опрыскивателей из расчета 0,1—0,5 л на крону протяженностью 2—3 м. Для контроля равномерности и густоты покрытия поверхности объектов каплями эмульсии в нее добавляли черный краситель-нигрозин. Учеты насекомых проводили в течение 1—7 сут после обработки путем подсчета живых и погибших насекомых в кронах и на разостланных под ними марлевых полах. Повторность всех опытов 5—20-кратная, в каждой повторности участвовало 50—200 особей.

— Таблица 1

Результаты применения водных эмульсий живицы против насекомых

Объект обработки	Концентрация, %	Расход эмульсии, л на дерево	Смертность, %		
			Опыт	Эталон	Контроль
Личинки рыжего соснового пилильщика II—IV возраста	0,5—1,0	0,10—0,25	84,6—100,0	100,0	0,5—2,1
Лоховая тля на лохе серебристом	1,5—2,5	0,25	71,6	95,6	18,9
Калиновая тля	1,0—1,5	0,30—0,50	95,0	—	0,0
Пилильщик-моноктенус на можжевельнике	0,5—1,0	0,15—0,25	95,5—100,0	100,0	5,5—16,6

Примечание. Эталон — 1 %-ный раствор хлорофоса.

Результаты испытания живицы с низким ее содержанием в эмульсии показали, что практически во всех вариантах достигнута высокая

смертность насекомых (табл. 1), хотя при работе с живицей насекомые погибали на 3-й — 7-й день, а при обработке ядом-эталоном — в течение первых суток. Выяснилось, что живица обладает не только токсическим, но и репеллентным действием: 15—30 % личинок рыжего соснового пилильщика, например, опали сразу же после нанесения на хвою эмульсии, но при этом оставались живыми. Также сразу опали до 50 % тлей на калине, причем одновременно и живые личинки хищных мух-журчалок.

Личинки рыжего соснового пилильщика II возраста, подсаженные на ветки, обработанные 0,5 %-ной эмульсией живицы, на 5-й — 8-й день погибали от голода.

Эмульсии живицы и скипидара без пинена в концентрациях 5, 10, 15 % испытывали в культурах лиственницы и кедра против личинок большого лиственничного пилильщика и сибирского хермеса, березы против ольхового желтого пилильщика и ольхового листоеда, а также против акациевой тли на желтой акации.

Таблица 2

Результаты применения эмульсий скипидара без пинена и живицы против насекомых

Объект обработки	Действующее вещество в эмульсии	Смертность, %, в зависимости от концентрации в эмульсии действующего вещества, %				
		5	10	15	Контроль	Эталон
Большая акациевая тля (имаго и личинки)	Скипидар без пинена	97,0—99,1	98,2—100,0	98,8—100,0	0,2	—
Большой лиственничный пилильщик (личинки)	То же	—	94,0	94,5	0,0	100,0
Сибирский хермес	То же	—	98,3	100,0	0,0	—
Большая акациевая тля (имаго и личинки)	Сосновая живица	87,6—91,7	89,0—93,8	88,9—97,3	0,0	—
Большой лиственничный пилильщик (личинки)	То же	—	80,4	82,1	0,0	—
Он же	Смесь живицы и скипидара (1:2)	—	95,7	96,2	0,0	—
Ольховый желтый пилильщик (личинки)	То же	97,5	95,0	97,0	0,0	100,0
Ольховый листоед (личинки)	То же	97,0	95,0	97,0	0,6	100,0

Примечание. Эталон — 0,1 %-ный раствор фосфамида.

Как показывают данные табл. 2, эффект от применения как эмульсии живицы, так и скипидара без пинена оказался очень высоким, причем смертность, близкая к максимальной, наступала уже через 3 ч после обработки. Отмечено также, что предварительное смешение живицы со скипидаром без пинена в соотношении 1 : 2 ощутимо увеличивает эффективность, которая оказывается выше, чем при применении каждого компонента в отдельности.

Таким образом, испытанные препараты могут быть использованы в производственной практике для защиты леса от насекомых. По-видимому, в ближайшее время необходимо начать широкие опытно-производственные испытания этих веществ. Тот факт, что низкие концентрации в ряде случаев оказываются так же эффективны, как и высокие, указы-

вает на то, что в дальнейшем можно будет ориентироваться на низкие, используя против разных насекомых не столько токсический, сколько репеллентный эффект. В основу рабочих препаратов могут быть положены 25 %-ные эмульсии, а по мере испытаний широкого спектра концентраций определяются оптимальные для тех или иных видов.

Мы полагаем, что первые опытные партии концентратов испытанных веществ в сульфитно-спиртовой барде могут быть получены по заказу Министерства лесного хозяйства РСФСР непосредственно на том производстве, где скипидар без пинена полностью не реализуется. Использование нереализуемого остатка скипидара без пинена само по себе имеет народнохозяйственное значение.

Решающим соображением в пользу применения биологически активных веществ дерева является, однако, их установленная безопасность для окружающей среды и здоровья человека [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Акарициды из растений / Цицин Н. В., Ковтуненко В. Ф., Поляков Д. К. и др. — В кн.: Защита растений от вредителей и болезней. М., Гл. Бот. сад АН СССР, 1973, т. 2. [2]. Гримальский В. И. Устойчивость сосновых насаждений против хвоегрызущих вредителей. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. [3]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов. — Новосибирск: Наука, 1975. [4]. Ошкаев А. Х. Токсические свойства монотерпенов по отношению к хвоегрызущим и вредителям шишек и семян хвойных пород. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 5. [5]. Ошкаев А. Х. Использование биологически активных веществ хвойных деревьев для защиты леса от насекомых: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Л.: ЛТА, 1979. [6]. Положенцев П. А., Золотов Л. А. Токсичность живицы и лубяной жидкости для короедов. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1969, № 4. [7]. Рожков А. С., Массель Г. И., Животов М. М. Токсические и репеллентные свойства смолистых веществ лиственницы по отношению к дендрофильным насекомым. — В кн.: Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1973.

Поступила 25 мая 1979 г.

УДК 581.143.6

### О ВОЗМОЖНОСТИ СОХРАНЕНИЯ ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ПРИ СОВМЕСТНОЙ КУЛЬТУРЕ ТКАНИ

Т. С. ГУТМАН, Г. А. ШИРЯЕВА, А. А. ЯЦЕНКО-ХМЕЛЕВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Для дикорастущего женьшеня, корни которого являются ценным лекарственным сырьем, характерен чрезвычайно узкий ареал распространения. Тем не менее фитоценотическое окружение женьшеня в различных частях ареала довольно разнообразно. Наиболее часто он встречается в лесах с преобладанием корейского кедра (*Pinus koraiensis* S. et Z.), главным образом кедрово-широколиственных с дубом, березой, кленом, липой и ясенем в качестве сопутствующих пород. Однако в северных частях ареала женьшень растет в основном в елово-широколиственных лесах. Травянистый покров в местах произрастания женьшеня или отсутствует совсем, или очень низкорослый и относится к самому нижнему ярусу травостоя.

О взаимоотношениях женьшеня с древесными породами данных очень мало [2], так как проведение таких исследований в естественных условиях практически невозможно.

В 1958 г. чл.-кор. АН СССР Р. Г. Бутенко были начаты работы по выращиванию тканей корня женьшеня в условиях изолированной культуры *in vitro*. Исследования, проведенные за прошедшие с тех пор годы в различных лабораториях, показали, что культура изолированной ткани корня женьшеня превосходит дикое растение по интенсивности роста и не уступает ему по фармакологической ценности. Наряду с этим, культивирование женьшеня *in vitro* дает возможность проанализировать характер его отношений с каждой из сопутствующих древесных пород отдельно, а затем в условиях изолированной культуры смоделировать характерное для женьшеневых лесов растительное сообщество.

К сожалению, в нашем распоряжении не имелось культуры тех видов ели аянской (*Picea jezoensis* Carr.) и корейской (*Picea koraiensis* Nakai), которые произрастают в естественных условиях рядом с женьшенем.

Однако мы располагаем хорошо отработанной методикой получения культуры тканей ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) и считая, что основные физиологические параметры елей должны быть столько же близки, как и их морфологические характеристики, мы решили опробовать совместную культуру изолированной ткани женьшеня и ели обыкновенной. Дополнительным аргументом в пользу нашего решения было то, что трудности, связанные с введением в культуру тканей любого вида, были преодолены в лаборатории Р. Г. Бутенко и нами для женьшеня и ели обыкновенной.

Настоящая работа проводилась с изолированной зеленой тканью ели обыкновенной, полученной в нашей лаборатории, и двумя изолированными тканями женьшеня *Panax quinquefolius* L. *P. japonicus* С. А. Меу, любезно предоставленными нам Р. Г. Бутенко и И. В. Александровой.

Методика получения и условия выращивания каллусной ткани ели описаны нами ранее [5]. Каллус ели имеет интенсивную зеленую окраску, хорошо растет и не содержит некротизированных участков. Абсолютный возраст культуры ели (число пассажей к моменту проводимых исследований) равнялся 40 пассажам.

Ткани женьшеня росли на среде оптимального состава [1]. Оба вида женьшеня образуют желтоватый, рыхлый каллус, отличающийся активным ростом и длительное время существуют в культуре. Все ткани выращивали на средах, не содержащих гидролизата казеина.

В зависимости от задач опыта культуры пересаживали для совместного культивирования одновременно или женьшень подсаживали позднее. *P. quinquefolius* L. исследовали в течение пяти пассажей, *P. japonicus* С. А. Меу — восьми.

Микрхимические исследования проводили по методике [4].

Ростовой индекс рассчитывали по формуле [6].

Первоначальные опыты по совместному выращиванию тканей двух видов растений проводили по следующей схеме: сначала на агаризованную среду помещали кусочек еловой ткани, а через 10 дн. подсаживали ткань женьшеня (рис. 1).

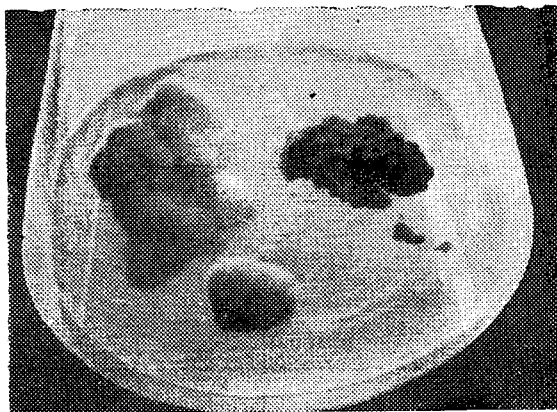


Рис. 1. Совместная культура изолированных тканей ели и женьшеня.

В начале совместного пассажа не наблюдается определенной зависимости между ростом обоих каллусов. После двух недель совмест-

ного культивирования у ткани ели появляются первые признаки некроза, в основном в частях, расположенных вблизи от ткани женьшеня. В дальнейшем объем некротизированной ткани может увеличиваться и в некоторых образцах достигать 100%. Однако имеются образцы с частичными некрозами. Рост ткани женьшеня не отличается от контроля. К концу пассажа каллус женьшеня приобретает красно-фиолетовую окраску. Эта пигментация, интенсивность которой нарастает при длительном культивировании, связана с образованием антоцианов. Пигменты сконцентрированы в вакуолях, которые, кроме того, содержат вещества, окрашиваемые суданом. Присутствие антоцианов подтверждается микрохимически в реакциях с кислотой и парами аммиака.

Похоже, что взаимовлияние тканей при такой постановке опыта, разграничено во времени: сначала ель вызывает сдвиг в обмене веществ женьшеня, а затем женьшень провоцирует отмирание клеток ели.

Дальнейшее исследование проводили при одновременной посадке каллусов на среду. Опыты ставили в пяти вариантах на средах, опи-

Таблица 1

Номер варианта	Условия	Ростовой индекс изолированной ткани <i>P. japonicus</i> С. А. Меу в пассажах			
		1	3	5	6
1	Темнота	0	0	0	0
2	Свет	0,20	0,18	0,70	1,34
3	"	0	0	0	0
4	"	—	—	—	—
5	"	0	1,00	4,90	6,80

санных выше, по следующей схеме: 1 — темновой (контроль) — женьшень на среде А; 2 — световой — женьшень на среде А; 3 — световой — женьшень на среде Б; 4 — световой — женьшень и ель на среде А; 5 — световой — женьшень и ель на среде Б, где А — среда, принятая для выращивания тканей женьшеня, Б — среда оптимального состава для тканей ели. В табл. 1 представлены величины ростового индекса по перечисленным вариантам для ели и женьшеня японского.

В табл. 1 представлены величины ростового индекса по перечисленным вариантам для ели и женьшеня японского.

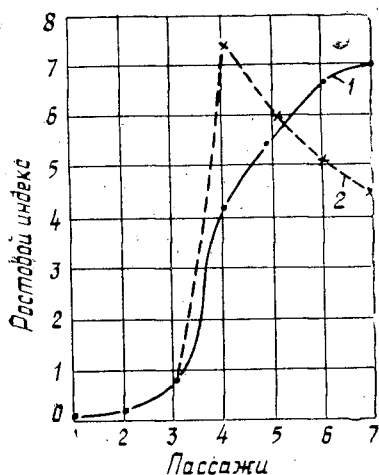


Рис. 2. Действие и «последствие» совместного выращивания тканей ели и женьшеня на интенсивность роста культуры.

1 — ткань, постоянно растущая в присутствии ели; 2 — ткань, растущая без ели после трех пассажей совместного культивирования.

Как видно из этих данных, в первых трех пассажах ткань женьшеня японского практически не растет во всех вариантах. При следующих пересадках в контрольном варианте и на свету на среде Б ткань по-прежнему не растет; а на среде А, начиная с пятого пассажа, наблюдается появление в ее клетках антоцианов и повышение ростового индекса к шестому пассажию до 1,34. Заметное увеличение биомассы обнаруживалось при совместном выращивании с елью на среде Б, в шестом пассаже ростовой индекс увеличивается до 6,8. В этом варианте была сделана

попытка исследовать так называемое «последствие» ткани ели на рост женьшеня японского. После трех пассажей, когда ростовой индекс достиг 1,0, посадка ели в часть колб была прекращена. Результаты опыта представлены на рис. 2. Как видно на графике, при постоянном воздействии ели (кривая 1) на ткань женьшеня, после некоторого периода привыкания, рост женьшеня постепенно усиливается с удлинением срока совместного выращивания. Под влиянием «последствия» ели (кривая 2) происходит резкая, но очень непродолжительная интенсификация роста. Стимулирующее действие ели ослабевает в следующих пассажах.

При совместном выращивании тканей ели и *P. quinquefolius* L. получены следующие результаты (табл. 2).

Культура *P. quinquefolius* L. в первом пассаже наиболее интенсивно росла на свету (вариант 2) и очень слабо во всех вариантах на среде Б. К третьему пассажу рост темнового контроля замедлился в 10 раз, в то время как ростовые индексы световых вариантов возросли, особенно при совместном культивировании на среде Б.

Под действием света численное значение ростового индекса по сравнению с темновым контролем увеличилось на среде А после третьего пассажа в 54 раза, а после пятого — в 110 раз. Сочетание светового воздействия с посадкой ткани ели стимулировало рост женьшеня на среде А после третьего пассажа в 16,2 раза, а после пятого — в 196 раз.

В пятом варианте рост ткани после значительного увеличения (почти в 70 раз по сравнению с контролем) снижается до 4,05.

Таким образом, под воздействием света и ткани ели мы наблюдаем значительное усиление роста ткани женьшеня обоих видов.

Характер действия тканей в совместной культуре определяется направленностью их обмена веществ и секрецией продуктов метаболизма клеток в среду инкубации. Основными продуктами, транспортируемыми из клеток ели в инкубационную среду, являются углеводы и аминокислоты [3]. Эти соединения могут быть использованы как субстраты питания изолированными тканями женьшеня.

При выращивании культуры женьшеня *in vitro* применяется гидролизат казеина, в состав которого в большом количестве входят именно те аминокислоты, которые выделяет ткань ели. Возможно, и с этим тоже связана стимуляция роста тканей женьшеня обоих видов.

Из настоящего исследования можно сделать несколько выводов, представляющих, как нам кажется, конкретный интерес для крупномасштабного выращивания культуры женьшеня и имеющих некоторое общее значение.

Прежде всего, наши опыты еще раз подтверждают в общем давно известное правило о необходимости подбора сред для каждого вида или рода растений, хотя специфика эта до сих пор в известной степени загадочна.

Чрезвычайно интересно влияние света на рост культуры. Женьшень — растение сильно затененных мест. Однако действие света на ростовую активность оказывается здесь разительным, увеличивая иногда ростовой индекс в несколько десятков раз.

Таблица 2

Номер варианта	Условия	Ростовой индекс изолированной ткани <i>P. quinquefolius</i> L. в пассажах		
		1	3	5
1	Темнота	1,13	0,12	0,09
2	Свет	3,85	6,43	9,92
3	"	0,56	2,08	0,26
4	"	1,09	1,95	17,70
5	"	0,03	8,30	4,05

И наконец, вывод, вероятно, важнейший из всех, ради которого было проведено настоящее исследование. На подходящей среде совместная культура дала очень резкий эффект. Интересно, что этот эффект был менее выражен у женьшеня японского. На этом виде женьшеня показано явление «последствия», заключающееся в том, что после изъятия ткани ели (на третьем пассаже), в четвертом пассаже отмечалось очень существенное усиление роста, которое, однако, потом столь же резко пошло на убыль (рис. 2).

Полученные нами данные, вероятно, могут быть использованы и в практической работе по культуре тех видов растений, продукты биосинтеза которых используются в народном хозяйстве.

Не менее, если не более любопытным аспектом этой проблемы являются те аллелопатические взаимоотношения, которые, по-видимому, существуют между растениями, формирующими совместные ценозы.

В этом направлении предстоит еще очень многое сделать, но сама область ценологического применения культуры тканей представляется нам весьма перспективной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бутенко Р. Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. — М.: Наука, 1964. [2]. Грушвицкий И. В. Жень-шень. Вопросы биологии. — ДВФ СО АН СССР, 1961. [3]. Гутман Т. С., Ширяева Г. А. Некоторые стороны метаболизма зеленых клеток ели. — В кн.: Материалы I Всесоюзного совещания по физиологии и биохимии древесных растений. Красноярск, 1974. [4]. Дженсен У. Ботаническая гистохимия. — М.: Мир, 1965. [5]. Ширяева Г. А., Яценко-Хмельевский А. А. Культура зеленых изолированных тканей проростков ели на искусственной среде. — Физиология растений, 1974, т. 21, вып. 2, с. 365—372. [6]. Konoshima M. et al. Growth and alkaloid production of callus cultures of *Scopolia japonica*. — *Syoyakugaku Lasshi*, 1967, 21, 2.

Поступила 20 декабря 1978 г.

УДК 528.77 : 630\*587.5

### ВЗАИМОСВЯЗИ И СООТНОШЕНИЯ ТАКСАЦИОННЫХ И ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В БЕРЕЗНЯКАХ

С. В. ВАВИЛОВ, И. Д. ДМИТРИЕВ, А. В. ЛЮБИМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Для повышения точности дешифрирования аэрофотоснимков необходимо знать закономерности строения полога насаждений, значительно развитого по вертикали. В силу нерегулярного размещения и различной величины деревьев, те из них, которые тяготеют к нижней границе полога (45 % общего числа в 15—20 лет, 25 % — в 80—90 лет) частично или полностью перекрыты сверху кронами более развитых деревьев [1].

Для выявления закономерностей строения березовых древостоев нами произведен пересчет деревьев на 68 пробных площадках по их участию в образовании полога, детальный обмер более 3,5 тыс. деревьев на координатных лентах [2, 4] в смешанных березовых насаждениях 30—90 лет Новгородской, Ленинградской и Вологодской областей. При пересчете выделяли деревья категорий «видно» и «не видно». Из первых состоит верхняя часть полога (ВП), дающая изображение на плановом аэрофотоснимке. Разделение произведено с учетом перекрытий крон, размещения деревьев, их высот и поперечников крон, а также высоты и азимута Солнца в момент съемки и разрешающей способности спектрональных аэрофотоснимков масштаба 1:10 000 и 1:15 000. В дальнейшем выполнена параллельно таксационная и статистическая обработка [3] данных для насаждений в целом и для ВП, т. е. получена дешифровочная

характеристика насаждений. Установлено, что показатели ВП отличаются от таксационной характеристики насаждения.

Состав яруса остался практически одинаков, уменьшение доли участия березы в составе на 0,2—0,7 единицы происходит в том случае, если примесь осины и сосны имеет среднюю высоту, равную или несколько большую, чем у березы. Высота ВП увеличивается по сравнению со средней высотой насаждения на 2—8 % (0,6—1,5 м), наибольшая разница — в насаждениях до 40 лет, минимальная — в 80—90 лет. Относительная полнота ВП на 0,1—0,2 ниже, чем для насаждения из-за «выпадения» деревьев категории «не видно» и увеличения средней высоты.

Сумма площадей сечения уменьшилась на 22—8 %; запас — на 19—7 %; число деревьев ВП составляет 56—78 % общего числа.

Сближение данных с возрастом объясняется более регулярным размещением деревьев, увеличением размеров их крон. На соотношения характеристик ВП и насаждения влияет сомкнутость полога  $P_s$  и полнота яруса. При анализе, для устранения влияния полноты, отклонения приведены к полноте 1,0 (табл. 1).

Таблица 1

Возраст, лет	Отклонения таксационных показателей ВП от данных для насаждения в целом, %					
	Относительная полнота	Сумма площадей сечения	Запас	Число деревьев в ярусе	Средний диаметр березы	Число деревьев березы
40	-23,8	-34,5	-32,8	-69,8	+28,3	-67,0
50	-18,1	-19,9	-16,5	-40,7	+18,0	-45,5
60	-20,3	-24,3	-19,8	-52,2	+21,6	-38,5
70	-15,7	-18,6	-14,7	-50,8	+28,3	-58,7
80	-10,2	-10,2	-10,7	-35,2	+16,9	-43,4

Снижение отклонений с возрастом описывается уравнением гиперболы. Для перехода от характеристики ВП (дешифровочной) к таксационной характеристике насаждения необходимо использовать соответствующие поправочные коэффициенты, значение которых снижается до нуля по мере старения и изреживания древостоя, а также укрупнения масштаба аэрофотоснимков.

По сравнению с фактическими данными для насаждения на аэрофотоснимках увеличиваются средние диаметры древостоев березы на 15—25 %; высот — на 10—20 %; поперечников крон — на 10—21 %; уменьшается варьирование этих показателей, коэффициенты варьирования диаметров составляют 23—24 % (для насаждения — 24—37 %); высоты — 7—11 % (11—26 %); поперечников крон — 24—30 % (23—38 %). Уменьшается эксцесс; асимметрия несколько возрастает у диаметров и снижается у высот. Зависимости  $d_{1,3} = f(D_k)$ ,  $d_{1,3} = f(h)$ , рассчитанные для каждого древостоя, отличаются тесной положительной связью (коэффициенты корреляции  $r_{11} = 0,50 \div 0,89$ , корреляционные отношения  $\eta_{21} = 0,63 \div 0,90$ ).

Для ВП теснота связи уменьшается (табл. 2), а характер взаимосвязей остается неизменным: зависимость диаметра от высоты описывается уравнениями квадратной (реже кубической) параболы или логарифмическими уравнениями, диаметра от поперечника кроны — прямой линией. Это объясняется тем, что верхняя часть полога состоит из деревьев наиболее развитых, соотношение параметров у которых несколько иное, чем у угнетенных, вследствие разных условий освещенности, питания и ветровой нагрузки.



Таблица 2

Возраст, лет	Статистики связи		Уравнения связи
	$r_{1/1}$	$r_{2/1}$	
Связь диаметра с высотой			
40	0,788	0,812	$d_{1,3} = 0,12h^2 - 2,63h + 23,62$
	0,707	0,710	$d_{1,3} = 0,22h^2 - 6,50h + 60,07$
50	0,851	0,886	$d_{1,3} = 0,01h^2 - 0,49h - 0,28$
	0,706	0,732	$d_{1,3} = 0,01h^2 - 0,55h + 0,07$
60	0,799	0,900	$d_{1,3} = 0,02h^3 - 1,13h^2 + 20,47h - 112,80$
	0,615	0,660	$d_{1,3} = 0,40h^3 - 27,67h^2 + 631,22h - 4771,60$
70	0,840	0,874	$d_{1,3} = 0,07h^2 - 1,79h + 22,70$
	0,610	0,612	$d_{1,3} = 0,20h^2 - 8,39h + 107,14$
80	0,496	0,632	$d_{1,3} = -0,09h^2 + 5,64h - 61,34$
	0,496	0,635	
Связь диаметра с поперечником кроны			
40	0,825	0,830	$d_{1,3} = 4,53D_k - 1,79$
	0,807	0,807	$d_{1,3} = 3,78D_k + 4,89$
50	0,804	0,834	$d_{1,3} = 4,36D_k - 1,36$
	0,705	0,729	$d_{1,3} = 4,05D_k - 2,74$
60	0,888	0,890	$d_{1,3} = 5,52D_k + 0,90$
	0,856	0,867	$d_{1,3} = 4,52D_k + 5,10$
70	0,863	0,887	$d_{1,3} = 5,28D_k + 3,25$
	0,881	0,881	$d_{1,3} = 4,11D_k + 8,36$
80	0,738	0,738	$d_{1,3} = 4,69D_k + 7,20$
	0,738	0,738	$d_{1,3} = 4,69D_k + 7,25$

Примечание. В каждом классе возраста первая строка — уравнение связи для всего древостоя; вторая — для ВП.

Уравнения взаимосвязи  $d_{1,3} = f(D_k)$  в исследованных насаждениях принадлежат одному семейству и на графике (рис. 1) изображаются пучком прямых, имеющих почти одинаковый угловой коэффициент. По отношению к уравнениям для всего древостоя графики уравнений имеют некоторый поворот и сдвиг, укладываясь в зону  $\pm \sigma$  уравнения. Подобная картина наблюдается и у взаимосвязи  $d_{1,3} = f(h)$ .

При измерительном дешифрировании аэрофотоснимков средние диаметры на высоте груди для древостоев элементов леса  $d_m$  определяют через среднюю высоту  $h_m$  и средний диаметр кроны  $\bar{D}_k$  древостоев элементов леса, и поскольку взаимосвязь этих показателей довольно тесная, ошибка в определении  $d_m$  не превышает  $\pm 8-15\%$ . Однако поскольку и высоты, и диаметры, измеренные по аэрофотоснимкам, отличаются от натуральных данных, ошибка в определении  $d_m$  несколько выше допустимой по Лесоустройственной инструкции. С другой стороны, и графики взаимосвязи  $d_m = f(D_k)$  и взаимосвязи высоты и поперечников крон, которые выражаются логарифмическими уравнениями  $y = a + b \lg D_k$  или квадратной гиперболы, образуют веер (рис. 1 и 2), причем для одинаковых высот и  $D_k$  расхождения в средних диаметрах достигают 6—8 см. Для уменьшения разброса по  $d_m$  предлагается ввести разряды, подобные общеизвестным разрядам высот, но с высотой и диаметром крон в качестве определяющих признаков. Основанием

Рис. 1. Взаимосвязь  $d_{1,3} = f(D_k)$  в березняках 30—90 лет.

- 1 —  $d = 8,66D_k - 2,85$ ; 2 —  $d = 8,30D_k - 4,70$ ; 3 —  $d = 8,00D_k - 7,01$ ; 4 —  $d = 7,40D_k - 8,40$ ; 5 —  $d = 6,75D_k - 9,42$ .

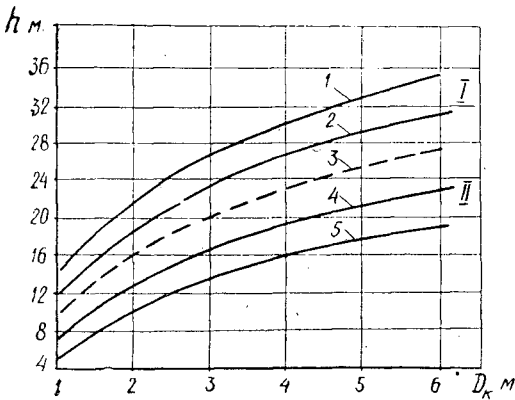
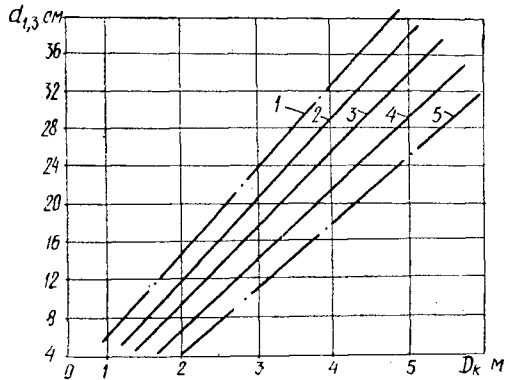


Рис. 2. Взаимосвязь  $h = f(D_k)$ .

- 1 —  $h = 14,099 + 26,039 \lg D_k$ ; 2 —  $h = 11,914 + 24,084 \lg D_k$ ; 3 —  $h = 9,730 + 20,723 \lg D_k$ ; 4 —  $h = 7,193 + 19,761 \lg D_k$ ; 5 —  $h = 5,448 + 16,943 \lg D_k$ .

является стабильность взаимосвязи  $h = f(D_k)$ , характеризующейся  $r_{1/1}$  и  $\eta_{2/1}$  порядка 0,7—0,95, а также возможность непосредственно по аэрофотоснимкам измерять  $h$  и  $D_k$ .

При выделении разрядов на предварительно построенных графиках  $h = f(D_k)$  вся область определения функции разделена на четыре зоны, через равные интервалы. Такая же работа произведена с графиками взаимосвязей  $d_{1,3} = f(h)$  и  $d_{1,3} = f(D_k)$ . При этом оказалось (рис. 1 и 2), что за редким исключением на всех графиках в одноименные зоны попадают одни и те же древостой. Если же эллипс распределения расщеп пополам, наблюдается полное совпадение. Расхождений для березняков различных областей не наблюдалось. Выделение четырех и более разрядов усложняет процесс определения  $d_{1,3}$  при дешифрировании, так как возрастает вероятность выбора неподходящих уравнений и резко увеличиваются как систематические ошибки (до 20—25%), так и случайные. Анализ ошибок в  $d_m$  по смежным уравнениям показал, что достаточно выделить два разряда, отображаемых уравнениями:

$$h = 11,914 + 24,084 \lg D_k \text{ (I разряд, } n = 45);$$

$$h = 7,193 + 19,761 \lg D_k \text{ (II разряд, } n = 23).$$

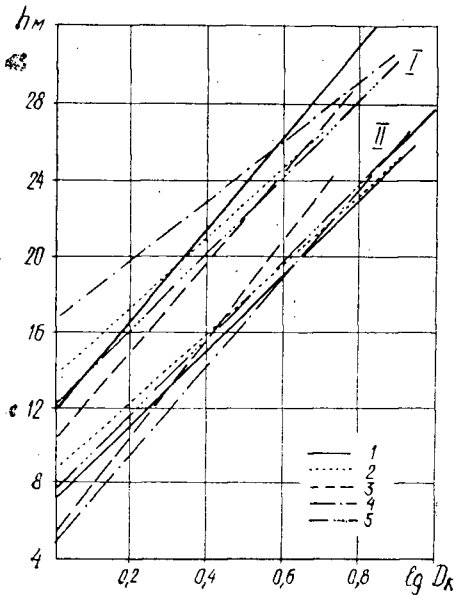


Рис. 3. Уравнения  $h = a + blgD_k$  для I и II разрядов, полученные различными способами.

1 — средние для групп; 2 — механическая выборка; 3 — по средним  $h$  и  $D_k$ ; 4 — по  $h_{max}$ ; 5 — по средним для ступеней.

В дальнейшем были образованы совокупности деревьев по четырем вариантам: 1 — по средним  $d_m$ ,  $h_m$  и  $\bar{D}_k$ ; 2 — из средних  $d$ ,  $h$ ,  $D_k$  трех центральных ступеней каждого древостоя; 3 — из деревьев с наибольшими высотами и соответствующими им  $D_k$  и  $d$ ; 4 — из 160—200 деревьев, отобранных механически из общего числа деревьев группы.

Для каждой совокупности рассчитаны уравнения  $h = f(D_k)$  — рис. 3 и  $d = \varphi(h, D_k)$ . Полученные корреляционные уравнения даны в табл. 3, причем среднее значение  $h/D_k$  в I разряде составило 7,2 (7,5 — определенное по графику  $h = f(D_k)$  через  $\bar{h}$ ), а во II — 6,2 (6,0).

При объединении по вариантам 1—3 образуются совокупности деревьев с близкими показателями, причем при сравнении варианта по максимальным высотам с другими необходимо наибольшую высоту редуцировать (через редуциционные числа). С переходом от средних значений к механической выборке увеличивается варьирование таксационных показателей, возрастают ошибки в определении  $d_m$ .

Таблица 3

Разряд	Вариант	Уравнение связи	Множественный коэффициент корреляции $R$	Ошибки, %	
				систематическая	случайная $\pm \sigma$
I	1	$d_m = 0,54h_m + 3,70D_k - 6,06$	0,978	+0,80	8,36
	2	$d_m = 0,16h_m + 6,05D_k - 4,81$	0,992	+1,10	7,65
	3	$d_m = 0,97h_{max} + 4,802D_{k,max} - 21,90$	0,982	+4,80	16,09
	4	$d_m = 0,72h + 3,94D_k - 8,95$	0,962	+0,30	8,56
II	1	$d_m = 0,74h_m + 0,88D_k - 2,10$	0,997	-0,22	7,03
	2	$d_m = 0,38h_m + 4,26D_k - 4,10$	0,998	-0,84	3,44
	3	$d_m = 0,67h_{max} + 3,64D_{k,max} - 8,25$	0,997	+2,70	16,70
	4	$d_m = 0,35h + 4,56D_k - 4,47$	0,998	-0,50	3,29

Наиболее удовлетворительные результаты дают уравнения, рассчитанные по вариантам 1 и 2. Если  $d_m$  определяют через максимальные высоты и диаметры кроны, то и высоту, и  $D_k$  необходимо привести к средним, используя для этого редуциционные числа (1,3 и 2,0 соответственно).

Рассчитанные для двух разрядов множественные уравнения, где вместо средней высоты  $h_m$  использована средняя высота яруса (эта замена необходима при дешифрировании сомкнутых древостоев на среднемасштабных аэроснимках), несколько отличаются от приведенных выше:

$d_m = 0,60h_n + 3,09D_k - 5,05$  (стандартное отклонение остаточных величин  $COOB = 1,618$ ;  $R = 0,963$ ) — II разряд;

$d_m = 0,47h_n + 3,39D_k - 3,53$  ( $COOB = 1,484$ ;  $R = 0,944$ ) — I разряд;

$d_m = 0,49h_n + 3,53D_k - 4,42$  ( $COOB = 1,538$ ;  $R = 0,957$ ) — общее.

В ряде случаев целесообразно использовать группировку по составу верхнего полога:

$d_m = 0,51h_n + 3,73D_k - 4,96$  ( $COOB = 1,893$ ;  
 $R = 0,953$ ) — 4 — 6Б в составе;

$d_m = 0,52h_n + 3,16D_k - 4,27$  ( $COOB = 1,174$ ;  $R = 0,966$ ) — 7 — 8Б;

$d_m = 0,55h_n + 1,71D_k - 1,19$  ( $COOB = 0,941$ ;  $R = 0,980$ ) — 9 — 10Б.

Из уравнений видно, что с увеличением доли березы в составе возрастает значение высоты для определения  $d_m$  и снижается  $D_k$ , при одновременном увеличении тесноты связи (коэффициент детерминации возрастает, соответственно 0,907; 0,934; 0,961). Снижается и ошибка в определении  $d_m$  ( $COOB$  уменьшается с 1,893 до 0,941).

В заключение отметим, что для целей дешифрирования необходимо предварительно разделять всю совокупность на два разряда, используя соотношение  $h/D_k$  ( $h/D_k \geq 7,0$  — I разряд;  $h/D_k < 7,0$  — II разряд) и указанные выше уравнения. Расчет средних диаметров древостоев березы лучше всего производить по уравнениям:

$$d_m = 0,54h_m + 3,70D_k - 6,06;$$

$$d_m = 0,74h_m + 0,88D_k - 2,10.$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вавилов С. В., Любимов А. В. Изучение строения полога березняков в отношении классов роста для целей лесного дешифрирования. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 6, с. 37—41. [2]. Дмитриев И. Д., Любимов А. В., Вавилов С. В. Применение аэроснимков при таксации леса: Учебное пособие. — Л.: ЛТА, 1977, с. 1—78. [3]. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. — М.: Наука, 1971, с. 576. [4]. Самойлович Г. Г. Полевая практика работы с аэроснимками при таксации леса. — Л.: ЛТА, 1967, с. 76.

Поступила 7 мая 1979 г.

УДК 630\*237

## РОСТ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД НА РАКУШЕЧНИКАХ ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ

А. П. МАКСИМЕНКО

Воронежский лесотехнический институт

Ракушечно-песчаные почвы восточного Приазовья расположены узкой полосой в прибрежной зоне Таганрогского залива и Азовского моря, представлены разнообразными аккумулятивными формами в виде кос, островов, надводных террас и плавневых участков.

Эти почвы в настоящее время практически не используются и вопрос их облесения приобретает все большее значение в связи с созданием курортных зон и оздоровительных объектов на побережье Азовского моря.

Создание зеленых насаждений в районе исследования осложняется недостаточным увлажнением, засолением почв по профилю, слабой изученностью условий произрастания, агротехники выращивания, особенностей роста и долговечности древесно-кустарниковых пород.

Климат района умеренно-континентальный, с сухим и жарким летом. Средняя температура воздуха  $+9,7^{\circ}$ , среднее годовое количество осадков не более 450 мм, годовое испарение — 500 мм. Относительная влажность воздуха 66—70 %.

Почвы от ракушечников с различным содержанием гумуса (0,5—7,8 %) до лугово-болотных, от слабозасоленных (0,12—1,4 %) до солончаков приморских (4,0—5,0 %). Грунтовые воды залегают на корнедоступной глубине (0,5—2,2 м) различной степени минерализации от слабосоленых (1,4—1,8 г/л) до рассолов (50—60 г/л).

Почвы участка исследований представлены гумусированными маломощными ракушечниками. Горизонт  $A_1$  составляет 12—15 см, рыхлый супесчаный. Анализ механического состава при сухом расеве почвенного образца показывает, что крупные фракции (более 3 мм) составляют 72—91 % по всему профилю и состоят из целых или измельченных створок ракушечника, а фракции менее 3 мм — из мелкозема и пылеватых измельченных песчаных частиц.

Реакция почвенной среды по всему профилю среднещелочная ( $pH=8,1$ ). Анализы водной вытяжки показывают, что по плотному остатку легкорастворимых солей, составляющему 0,21—0,25 % по профилю, почвы можно характеризовать как слабозасоленные. Содержание анионов токсических солей  $CO_3^{--}$  — 0,01—0,04 %,  $Cl^-$  — 0,06—0,09 %,  $SO_4^{--}$  — 0,04—0,08 %.

Грунтовые воды залегают на глубине 110—130 см, плотный остаток составляет 0,422—0,540 г/л, содержание ионов  $Cl^-$  — 0,07—0,10 %.

Рост и долговечность древесных пород исследовали в уличных посадках и отдельных куртинах. Проводили сплошной подсчет деревьев по породам с измерением диаметра на высоте 1,3 м мерной вилкой по 2-сантиметровым ступеням толщины и высоты маятниковым высотомером. Определяли средний диаметр по сумме площадей сечений и среднюю высоту по графику высот для насаждений каждой породы. Для анализа хода роста брали модельные деревья десяти древесных пород, имеющих диаметр и высоту, близкие к показателям среднего дерева. Анализ древесного ствола вели методом, принятым в лесной таксации [1]. Анализ роста проводили по пятилетиям, фиксируя возраст и наибольший прирост по высоте, возраст снижения прироста, продуктивность камбия.

Лучшим ростом отличаются тополя пирамидальный и белый. Кривые хода роста по высоте (см. рис.) показывают значительную дифференциацию у различных пород. Это указывает на проявление экологических свойств древесных пород в условиях климата степи, но наблюдается закономерность — влаголюбивые породы (все виды тополей и ива белая) имеют высокие показатели роста. Это можно объяснить тем, что, достигнув корнями уровня грунтовых вод, они начинают интенсивно использовать влагу и питательные вещества и усиленно расти. Остальные древесные породы растут медленно, испытывая недостаток питательных веществ в почвогрунте, и слабо используют минеральные соли, содержащиеся в грунтовых водах, так как они имеют поверхностные корневые системы.

Максимальный текущий прирост отмечается у большинства пород в 10—15 лет, у тополей — в первое пятилетие и в 15—25 лет. В последующие годы начинается снижение текущего прироста и происходит пересечение кривой среднего прироста с текущим. В дальнейшем наблюдается устойчивое превышение среднего прироста над текущим. Приведенные данные показывают, что древесные породы развиваются по скороспелому степному типу [4].

Продуктивность камбия — показатель, отражающий физиологическое состояние растительного организма и процесс старения дерева [3]. Наибольшая продуктивность камбия у тополей приходится на период

15—25 лет и достигает 4600—7900 см<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup>. У других пород максимальная продуктивность наблюдается в 10—14 лет и составляет 1400—3300 см<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup>. Таким образом, в период наибольшего роста по высоте отмечается и наибольшая продуктивность камбия. В последующие годы продуктивность камбия имеет постоянную тенденцию к снижению. Начало устойчивого падения текущего прироста, пересечение кривой текущего и среднего приростов и устойчивое снижение продуктивности камбия определяют начало физиологического старения растительного организма.

По методике С. Я. Краевого [2] рассчитана примерная долговечность древесных пород. Для тополя белого и шелковицы белой она составила 70—80 лет, тополя пирамидального и канадского — 40—50 лет, ивы белой и абрикоса обыкновенного — 35—40 лет, акации белой и клена американского, айланта и лоха узколистного — 30—35 лет.

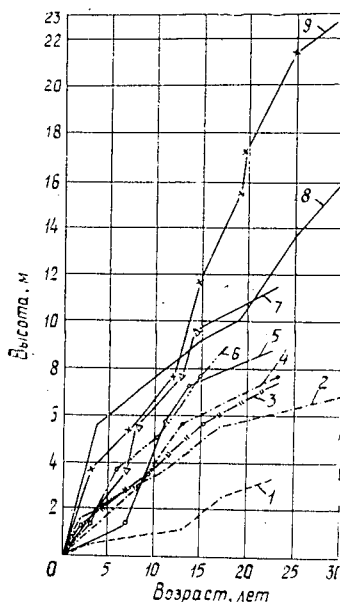
С ухудшением условий произрастания (засоленность, уплотнение почвогрунта, понижение уровня грунтовых вод и т. д.) долговечность древесных пород будет снижаться. Приведенные данные показывают возможность создания сравнительно долговечных и устойчивых лесонасаждений озеленительного характера на ракушечниках восточного Приазовья.

При подборе древесных пород для конкретных лесорастительных условий необходимо учитывать особенности их роста и долговечность.

Учитывая выявленную зависимость роста древесных пород от возможности использования грунтовых вод и характера развития корневых систем, рекомендуется при лесоразведении проводить плантажную вспашку с оборотом пласта на глубину 50—60 см, глубокую посадку с углублением корневой шейки до 30—40 см, создавая условия для более быстрого проникновения корней до уровня капиллярной влаги грунтовых вод. Лучший срок посадки — ранняя весна с 1 по 20 марта.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ануцин Н. П. Лесная таксация. — М.: Лесн. пром-сть, 1977. [2]. Краевой С. Я. Эколого-физиологические основы защитного лесоразведения в полупустыне. — М.: Наука, 1970. [3]. Пятницкий С. С. Жизнестойкость, долговечность и возобновляемость лесных насаждений в степи. — Зап. Харьк. с.-х. ин-та, 1955, т. 10 (XIII). [4]. Савельева Л. С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях. — М.: Лесн. пром-сть, 1975.



Ход роста древесных пород, произрастающих на гумусированном маломощном ракушечнике.

- 1 — лох узколистный; 2 — абрикос обыкновенный; 3 — шелковица белая; 4 — айлант; 5 — акация белая; 6 — тополь канадский; 7 — ива белая; 8 — тополь белый; 9 — тополь пирамидальный.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*375.4

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЛАВНОСТИ ХОДА  
ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

А. В. ЖУКОВ

Белорусский технологический институт

Сравнительную оценку показателей плавности хода производили при моделировании движения в одинаковых условиях (магистральный волок,  $\sigma_n = 2,5$  см,  $v = 5-15$  км/ч) для трелевочных тракторов с пол-

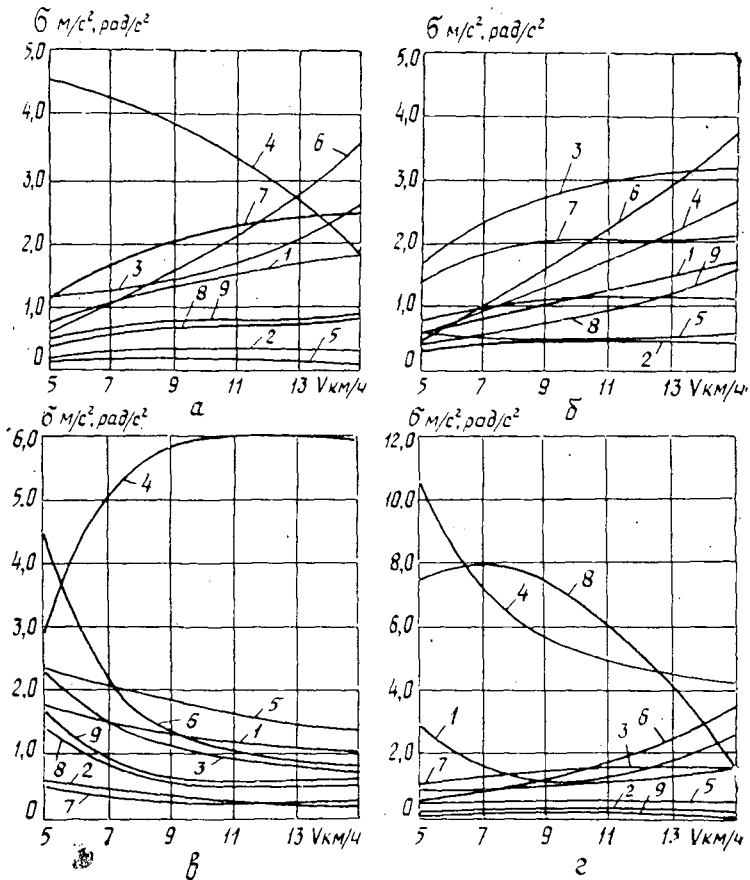


Рис. 1. Зависимости средних квадратичных ускорений трелевочных тракторов от скорости движения (магистральный волок,  $\sigma_n = 2,5$  см).

- а — Т-157; б — МТЗ-80Л; в — Т-142Л; г — колесный тягач массой 12 500 кг;  
 1 —  $\sigma_{z_1}^2$ ; 2 —  $\sigma_{x_1}^2$ ; 3 —  $\sigma_{y_1}^2$ ; 4 —  $\sigma_{\xi_2}^2$ ; 5 —  $\sigma_{z_3}^2$ ; 6 —  $\sigma_{z_4}^2$ ; 7 —  $\sigma_{z_6}^2$ ;  
 8 —  $\sigma_{z_1}^2 - l_1 \theta_1$ ; 9 —  $\sigma_{\theta_1}^2$ .

ной нагрузкой. Исследования выполнены с помощью ЭВМ «БЭСМ-6». Использовали приведенную в работе [1] математическую модель, дополнительно учитывающую вертикальные колебания водителя (перемещение  $z_c$ ).

На рис. 1 показаны зависимости изменения средних квадратичных ускорений от скорости движения поддресоренных трелевочных тракторов Т-157, МТЗ-80Л, Т-142Л (на базе МТЗ-80 и Т-142) и колесного тягача массой 12 500 кг (имеется в виду тяжелый колесный тягач с нагрузкой на рейс  $10 \text{ м}^3$ , по основным параметрам близкий к трактору ТТ-4). Из рисунка видно, что при рассматриваемых условиях движения показатели колебаний тракторов разных типов существенно различаются. Однако средние квадратичные ускорения  $\sigma_{\ddot{x}_1}$ ,  $\sigma_{\ddot{z}_3}$ ,  $\sigma_{\ddot{\theta}_1}$  (кривые 2, 5, 9), небольшие по абсолютной величине для всех машин, изменяются в одном диапазоне ( $\ddot{x}_1$ ,  $\ddot{\theta}_1$  — продольные и соответственно продольно-угловые ускорения корпуса трактора;  $\ddot{z}_3$  — вертикальные ускорения пачки).

Тракторы на базе Т-157 и МТЗ-80Л, несмотря на различие весовых и компоновочных параметров, имеют показатели колебаний, близкие по характеру изменения. Исключение составляют зависимости  $\sigma_{\ddot{\xi}_2}(v)$  (рис. 1, а и б, кривые 4). У трактора Т-157 вертикальные ускорения заднего моста ( $\ddot{\xi}_2$ ) при увеличении скорости движения снижаются, а у МТЗ-80Л, наоборот, интенсивно возрастают. Кривая 4 имеет характерный вид также и для других сравниваемых машин (рис. 1, в и г). Наибольшие значения вертикальных ускорений имеет задний мост у тяжелого колесного тягача ( $10,5 \text{ м/с}^2$  при  $v = 5 \text{ км/ч}$ ). У машины Т-142Л ускорения  $\sigma_{\ddot{\xi}_2}$  наибольшие ( $6 \text{ м/с}^2$ ) при  $v = 11\text{--}13 \text{ км/ч}$ . Ускорения  $\sigma_{\ddot{\xi}_1}$  переднего моста (кривая 3) наименьшие у тяжелого тягача (рис. 1, г) и наибольшие у трактора МТЗ-80Л (рис. 1, б).

Существенно различие вертикальных ускорений ( $\ddot{z}_1$ ,  $\ddot{z}_1 - l_2 \ddot{\theta}_1$ ) поддресоренного корпуса трелевочных тракторов. Этот показатель наибольший ( $7,9 \text{ м/с}^2$ ) у тяжелого тягача (рис. 1, г, кривая 8), наименьший — у трактора Т-157 ( $0,8 \text{ м/с}^2$ ).

В целом уровень вертикальных средних квадратичных ускорений тракторов при рассматриваемых условиях движения составляет: Т-157 —  $4,7 \text{ м/с}^2$ ; МТЗ-80Л —  $3,6$ ; Т-142Л —  $6,0$ ; тяжелый тягач —  $10,5 \text{ м/с}^2$ .

Были произведены также расчеты для гусеничной машины ТТ-4. Средний уровень средних квадратичных ускорений этого трактора на  $10\text{--}15\%$  выше, чем у тяжелого тягача. Например, при  $v = 8 \text{ км/ч}$  вертикальные ускорения  $\sigma_{\ddot{z}_1 - l_2 \ddot{\theta}_1}$  над задней осью у тягача ТТ-4 выше на  $13\%$ . Различие максимальных показателей больше.

Вертикальные ускорения, которым подвержен водитель, рассматривали с учетом поддресоривания сидения (исходные значения вертикальной жесткости  $c_c$  и вязкого сопротивления  $k_c$  составляли  $6,5 \text{ кН/м}$  и  $0,5 \text{ кН} \cdot \text{с/м}$  соответственно). Проведенный анализ расчетных данных показал, что в наилучших условиях водитель находится на тракторе Т-142Л. Наибольшие ускорения  $\sigma_{\ddot{z}_c}$ , возрастающие при увеличении скорости движения, имеют место у трелевочной машины Т-157. Так, при  $v = 15 \text{ км/ч}$   $\sigma_{\ddot{z}_c}$  составляют  $2,45 \text{ м/с}^2$ . Анализ средних квадратичных значений ускорений, проведенный по октавным полосам частот, показал, что ускорения  $\sigma_{\ddot{z}_c}$  наибольшие во второй октавной полосе частот ( $1,4\text{--}2,8 \text{ Гц}$ ) — рис. 2. При определении ускорения водителя указанная полоса частот характерна для всех сравниваемых машин.



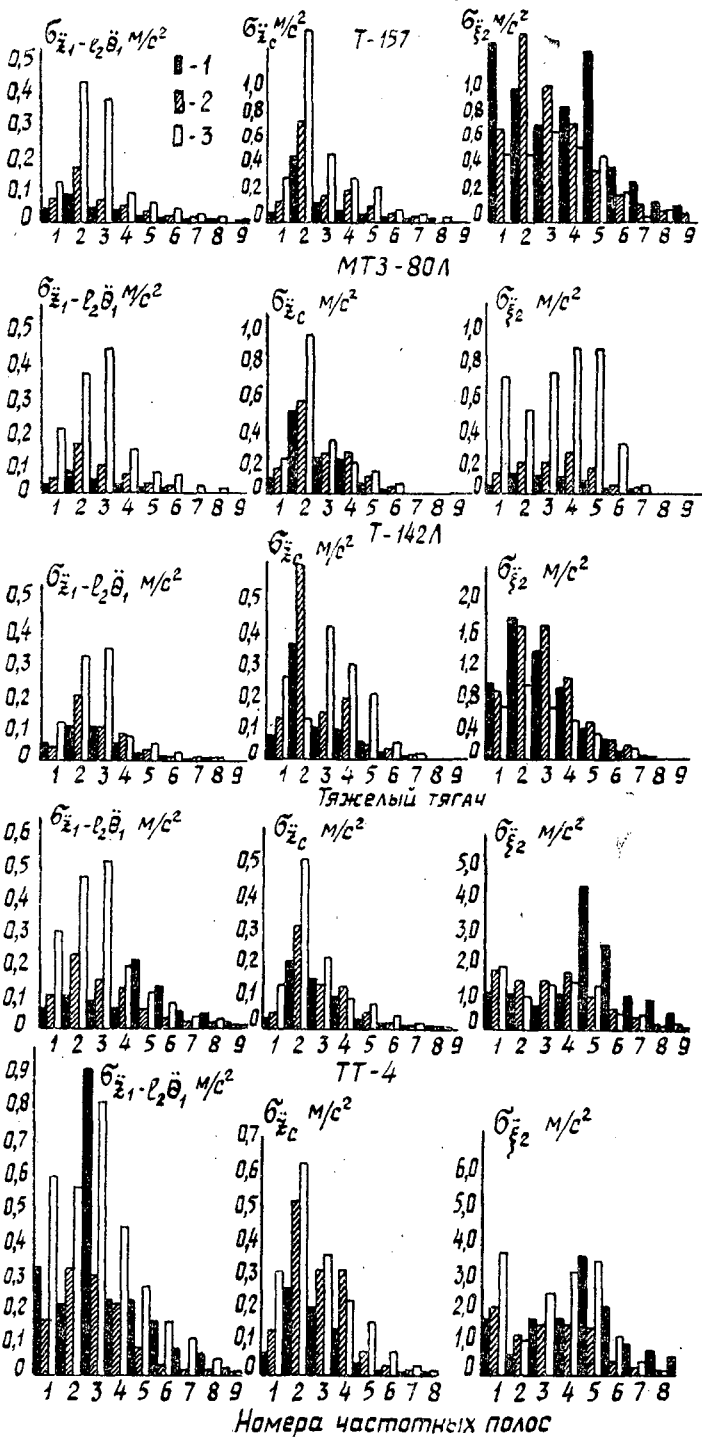


Рис. 2. Показатели колебаний трелевочных тракторов по октавным полосам частот (магистральный волок,  $\sigma_H = 2,5$  см) при разных скоростях движения.

1 -  $v = 5$ ; 2 -  $v = 8$ ; 3 -  $v = 15$  км/ч.

Вертикальные ускорения заднего моста машин Т-157 и МТЗ-80Л выделяются в весьма широком диапазоне частот (0,88—22,4 Гц), причем для трактора МТЗ-80Л наибольшие значения  $\sigma_{z_c}^{\ddot{\cdot}}$  соответствуют  $v = 15$  км/ч, а для Т-157 — 5 км/ч. Таким образом, колесные тягачи обладают лучшей плавностью хода.

Из сравниваемых колесных трелевочных тракторов лучшие показатели плавности хода имеет машина МТЗ-80Л с подрессорными передним и задним мостами.

Для уточнения параметров трелевочных тракторов применен метод локальной статистической оптимизации нелинейных виброзащитных систем — случайный поиск с самообучением. Алгоритм данного метода оптимизации описан Р. И. Фурунжиевым [2]. Программа расчета для ЭВМ «БЭСМ-6» применительно к трелевочным тракторам составлена А. И. Петрович и реализована для машин Т-157, МТЗ-80Л, Т-142Л, ТТ-4.

В качестве целевой функции  $W(Y)$  были выбраны средние квадратичные вертикальные ускорения корпуса трактора над задним мостом  $\sigma_{z_1 - l_2 \ddot{\theta}_1}^{\ddot{\cdot}}$  и на сидении водителя  $\sigma_{z_c}^{\ddot{\cdot}}$ . Оптимизацию для выбранных волоков и скоростей движения производили по пяти параметрам ( $n_1, n_3, l_1, l_2, c_c$ , где  $n_1, n_3$  — коэффициенты изменения жесткости и соответственно вязкого сопротивления передней подвески трактора;  $l_1$  и  $l_2$  — расстояния от центра тяжести трактора до передней и соответственно задней осей) при минимизации целевой функции в соответствии с условием (для  $\sigma_{z_1 - l_2 \ddot{\theta}_1}^{\ddot{\cdot}}$ ):

$$W(Y)^* = \min W(Y) = \min \sigma_{z_1 - l_2 \ddot{\theta}_1}^{\ddot{\cdot}}.$$

Области поиска параметров при моделировании движения тракторов с грузом по магистральному волоку ( $\sigma_n = 2,5$  см) соответствуют данным, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Марка машины	Оптимизированные параметры				
	$n_1$	$n_3$	$l_1$ м	$l_2$ м	$c_c$ кН/м
Т-157	0,5—2,0	0,5—2,0	0,9—1,3	1,6—2,0	4—8
МТЗ-80	0,5—2,0	0,5—2,0	1,4—1,8	0,5—1,0	4—8
Т-142	0,5—2,0	0,5—2,0	0,7—1,3	1,2—1,9	4—8
ТТ-4	0,5—2,0	0,5—2,0	0,3—1,0	1,2—1,95	4—8

Начальные точки  $W(Y[0])$  соответствовали параметрам машин, выбранным при предварительном анализе. По данным Р. И. Фурунжиева [2], локальная оптимизация из подозрительных на экстремум точек, полученных путем глобальной оптимизации, при решении задач,

Таблица 2

Номер удачного шага	Оптимизированные параметры					Целевая функция $\sigma_{z_1 - l_2 \ddot{\theta}_1}^{\ddot{\cdot}}$
	$n_1$	$n_3$	$l_1$ м	$l_2$ м	$c_c$ кН/м	
1	1,07	0,93	1,06	1,78	6,68	1,369
2	1,22	0,80	1,07	1,73	6,04	1,354
3	1,36	0,67	1,07	1,68	7,40	1,341
4	1,51	0,53	1,08	1,63	7,77	1,331
5	1,50	0,58	1,09	1,60	7,57	1,324

связанных с транспортными машинами, не приводит к более выгодным решениям. Конец оптимизации определялся заданной точностью (0,01) отыскания экстремума целевой функции.

В табл. 2 показаны результаты локальной оптимизации по пяти параметрам из начальной точки  $Y(n_1, n_3, l_1, l_2, c_c) = Y(1,0; 1,0; 1,06; 1,8; 6,5)$  для трактора Т-157 (магистральный волок,  $v = 15$  км/ч). Как видно, за пять шагов локальный поиск с самообучением привел к оптимальному вектору  $Y^*(n_1^*, n_3^*, l_1^*, l_2^*, c_c^*) = Y^*(1,5; 0,58; 1,09; 1,60; 7,57)$ .

В табл. 3 даны средние квадратичные значения перемещений и ускорений трактора Т-157 при его исходных параметрах (минимизация по  $\sigma_{z_1 - l_2 \ddot{\theta}_1}$ , магистральный волок,  $v = 15$  км/ч). Из таблицы видно, что минимизация вертикальных ускорений корпуса трактора над задней осью и выбранный метод оптимизации по пяти параметрам обеспечивают снижение колебательности системы практически по всем показателям.

В наибольшей степени уменьшились вертикальные ускорения подрессоренных и неподрессоренных масс трактора. Например, значения  $\sigma_{z_1 + l_1 \ddot{\theta}_1}$ ,  $\sigma_{z_1 + l_c \ddot{\theta}_1}$  и  $\sigma_{z_c}$  снизились на 6,1—8,5 %, а  $\sigma_{\xi_1}$  и  $\sigma_{\xi_2}$  — на 11,8—27,2 %.

Таблица 3

Параметры	Единица измерения	Численные значения показателей колебания	
		Исходные параметры трактора	Оптимизированные параметры трактора
$\ddot{z}_1$	м/с <sup>2</sup>	1,83	1,72
$\ddot{\theta}_1$	рад/с <sup>2</sup>	0,91	0,79
$\ddot{x}_1$	м/с <sup>2</sup>	0,38	0,36
$\ddot{z}_3$	"	0,26	0,25
$\ddot{z}_4$	"	3,57	3,57
$\ddot{\xi}_1$	"	2,62	2,31
$\ddot{\xi}_2$	"	1,84	1,34
$\ddot{z}_c$	"	2,47	2,32
$\ddot{z}_1 - l_2 \ddot{\theta}_1$	"	1,38	1,32
$\ddot{z}_1 + l_1 \ddot{\theta}_1$	"	2,59	2,37
$\ddot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1$	"	2,10	1,93

Средние квадратичные значения перемещений и ускорений всех рассматриваемых тракторов после оптимизации параметров по вертикальным ускорениям над задним мостом и на сидении водителя при движении по пасечному волоку даны в табл. 4.

Оптимизированные параметры тракторов приведены в табл. 5. Сравнение со значениями, полученными при анализе данных, рассчитанных варьированием исходных параметров, показало небольшое их различие при одинаковых условиях движения и скоростных режимах.

Например, для трактора МТЗ-80Л расхождение в значениях параметров  $n_1$  и  $n_3$  при  $v = 15$  км/ч составило всего 5 %.

Таблица 4

Параметры	Единица измерения	Численные значения показателей колебаний			
		T-157	MTЗ-80Л	T-142Л	ТТ-4
$\ddot{z}_1$	м/с <sup>2</sup>	1,72	1,73	1,81	1,77
$\ddot{\theta}_1$	рад/с <sup>2</sup>	0,79	1,23	0,80	0,21
$\ddot{x}_1$	м/с <sup>2</sup>	0,36	0,47	0,30	1,82
$\ddot{z}_3$	"	0,25	0,31	0,48	0,76
$\ddot{z}_4$	"	3,57	3,61	4,44	3,66
$\ddot{\xi}_1$	"	2,31	3,50	2,32	—
$\ddot{\xi}_2$	"	1,34	2,77	1,48	—
$\ddot{z}_c$	"	2,32	2,20	2,57	1,59
$\ddot{z}_1 - l_2 \ddot{\theta}_1$	"	1,32	1,53	1,43	1,68
$\ddot{z}_1 + l_1 \ddot{\theta}_1$	"	2,37	3,16	2,36	1,83
$\ddot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1$	"	1,93	2,01	2,02	1,81

Таблица 5

Марка машины	Оптимизированные параметры				
	$n_1$	$n_3$	$l_1$ м	$l_2$ м	$c_c$ кН/м
T-157	1,50	0,58	1,09	1,60	7,57
MTЗ-80	0,95	0,95	1,59	0,74	6,33
T-142	1,36	0,89	0,96	1,60	7,08
ТТ-4	0,95	0,95	0,58	1,53	6,83

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Жуков А. В., Петрович А. И. Обобщенная методика исследования вертикальной динамики трелевочных тракторов с помощью ЭЦВМ. — В кн.: Вопросы механизации и автоматизации работ в лесной промышленности. Петрозаводск, 1976. (Науч. тр. Петрозаводского ун-та). [2]. Фурунжиев Р. И. Проектирование оптимальных виброзащитных систем. — Минск: Вышш. школа, 1971.

Поступила 26 ноября 1979 г.

УДК 630\*37

## СИНТЕЗ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕСНОГО ТЯГАЧА

В. И. ВАРАВА

Ленинградская лесотехническая академия

Тяговая характеристика любой транспортной машины определяет не только ее тяговые качества, но и проходимость, долговечность и экономичность. Поэтому весьма важно найти такую характеристику тяги, которая обеспечивала бы не только требуемое соотношение силы тяги и скорости движения  $P_k v = N = \text{const}$ , но и минимум энергозатрат и максимум экономичности\*. Почти все свойства тягача проявляются в

\* Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. — М.: Наука, 1969.

период его разгона. При этом тяговые функции могут быть расчленены по их реализации через силовое взаимодействие колеса и пути, а затем упругое взаимодействие тягача и прицепа через сцепку.

Вначале найдем тяговую характеристику, оптимальную по энергозатратам в период разгона тягача, по уравнению движения:

$$m\delta\ddot{x} = P_x - P_f = P(t), \quad (1)$$

где  $m, \delta$  — масса тягача и коэффициент учета вращающихся частей;  $P_x, P_f$  — касательная сила тяги и сопротивление движению.

Введем фазовые координаты  $x_1 = x, x_2 = \dot{x}$ . Тогда уравнение (1) разделится на два уравнения первого порядка:

$$\dot{x}_1 = x_2; \quad \dot{x}_2 = u; \quad u = P(t)(m\delta)^{-1}. \quad (2)$$

Введем энергетический функционал

$$I = \int_0^{\tau} u^2 dt \quad (3)$$

и составим функцию Гамильтона

$$H(\lambda, x, u) = -u^2 + \lambda_1 x_2 + \lambda_2 u, \quad (4)$$

где  $\lambda_1, \lambda_2$  — множители Лагранжа.

Будем искать управление  $u(t)$ , доставляющее минимум функционалу (3) и максимум функции (4). Для этого составим сопряженные и экстремальные уравнения

$$\frac{\partial \lambda_i}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial x_i}; \quad \frac{\partial H}{\partial u_i} = 0. \quad (5)$$

Для функции (4) они примут вид

$$\dot{\lambda}_1 = 0; \quad \dot{\lambda}_2 = -\lambda_1; \quad u = 0,5\lambda_2. \quad (6)$$

Интегралы этих уравнений

$$\lambda_1 = \lambda_{10}; \quad \lambda_2 = \lambda_{20} - \lambda_{10}t; \quad u = 0,5(\lambda_{20} - \lambda_{10}t). \quad (7)$$

Для отыскания постоянных интегрирования запишем интегралы исходных уравнений (2):

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_{20} + 0,5\lambda_{20}t - 0,25\lambda_{10}t^2; \\ x_1 &= x_{10} + x_{20}t + 0,25\lambda_{20}t^2 - 1/12\lambda_{10}t^3 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

и введем краевые условия движения машины:

$$\text{при } t=0 \quad x_{10} = 0; \quad x_{20} = v_0 \approx 0; \quad \text{при } t=\tau \quad x_{1\tau} = s; \quad x_{2\tau} = v_\tau, \quad (9)$$

где  $\tau, s$  — время и путь разгона до скорости  $v_\tau$ .

Подставляя условия (9) в уравнения (8) и решая их относительно множителей  $\lambda_{10}, \lambda_{20}$ , получим

$$\lambda_{10} = \frac{24s}{\tau^3} - \frac{12v_\tau}{\tau^2}; \quad \lambda_{20} = \frac{12s}{\tau^2} - \frac{4v_\tau}{\tau}. \quad (10)$$

В итоге оптимальное управление (7) определится функцией

$$u = a_0 - a_1 t, \quad (11)$$

где

$$a_0 = \frac{6s}{\tau^2} - \frac{2v_\tau}{\tau}; \quad a_1 = \frac{12s}{\tau^3} - \frac{6v_\tau}{\tau^2}, \quad (12)$$

а оптимальная по энергозатратам тяговая характеристика машины — выражением

$$P_k = m\delta u + P_f = m\delta(a_0 - a_1 t) + P_f. \quad (13)$$

Уравнения движения тягача (8) для заданных условий (9) и необходимой силы тяги (13) примут вид

$$v = a_0 t - 1/2 a_1 t^2; \quad s = 1/2 a_0 t^2 - 1/6 a_1 t^3. \quad (14)$$

Экстремальные по скорости значения параметров:

$$t^3 = \frac{a_0}{a_1}; \quad v^3 = \frac{a_0^3}{2a_1}; \quad s^3 = \frac{a_0^3}{3a_1^2}. \quad (15)$$

Преобразуем функцию  $v(t)$  в выражение

$$a_1 t = a_0 - \sqrt{a_0^2 - 2a_1 v}$$

и подставим ее в формулу (13) для  $P_f = mgf$ :

$$P_k(v) = m(gf + \delta \sqrt{a_0^2 - 2a_1 v}). \quad (16)$$

Из формулы (16) и определения (15) следует, что максимально возможная скорость разгона совпадает с экстремальным значением, т. е. практически является квазиоптимальной. При этом  $P_k^3 = P_f$ , т. е. осуществляется плавный переход на равномерное движение машины с эксплуатационной скоростью  $v_\tau = v_3$ . Отсюда находим квазиоптимальное соотношение между параметрами  $a_0$  и  $a_1$ :

$$a_0^2 = 2a_1 v_\tau. \quad (17)$$

Вводя в него выражения (12), найдем также соотношение времени и пути разгона

$$3s = 2v_\tau \tau; \quad \tau = 3s/2v_\tau. \quad (18)$$

Примем для лесного тягача  $v_3 = 5$  м/с,  $\tau = 3$  с. Тогда по формуле (18)  $s = 10$  м, а по выражениям (12), (16), (17)

$$a_1 \approx 1; \quad a_0^2 \approx 10; \quad \rho = P_k/m = 0,3 + 1,3\sqrt{10 - 2v}.$$

Удельная сила тяги, как видно, плавно снижается с  $\rho_0 = 4,4$  при  $v_0 \approx 0$  до  $\rho_3 = 0,3$  при  $v = v_\tau = 5$  м/с. Функция  $\rho(v)$  близка к идеально плавной  $P_k v = \text{const}$  и может быть аппроксимирована выражением  $\rho = a e^{-bv}$ . Значения параметров ограничиваются сцепной силой тяги  $\rho_{\text{сч}} = G_{\text{сч}} m^{-1} \geq \rho$ .

Для заданной тяговой характеристики  $P(t)$  будем теперь искать пружинную характеристику сцепки  $Q(x)$ , оптимальную по энергозатратам в период разгона тягача до трогания прицепа. В этом случае уравнение (1) примет вид

$$\ddot{x} = p(t) - u; \quad p(t) = P(t)/m\delta^{-1}; \quad u = Q(x)(m\delta)^{-1}. \quad (19)$$

Преобразуем его к нормальному виду

$$\dot{x}_1 = x_2; \quad \dot{x}_2 = p(t) - u \quad (20)$$

и, с учетом функционала (3), составим функцию Гамильтона

$$H = -u^2 + \lambda_1 x_2 + \lambda_2 (p - u).$$

Отсюда найдем присоединенные уравнения (5) в виде (6) и оптимальное управление

$$u = -0,5(\lambda_{20} - \lambda_{10} t). \quad (21)$$

Вводя его в исходную систему (20) и интегрируя ее, получаем:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_{20} + p_1 + 0,5\lambda_{20} t - 0,25\lambda_{10} t^2; & p_1 &= \int_0^t p(t) dt; \\ x_1 &= x_{10} + x_{20} t + p_2 + 1/4\lambda_{20} t^2 - 1/12\lambda_{10} t^3; & p_2 &= \int_0^t p_1 dt. \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

С учетом краевых условий (9) найдем множители

$$\left. \begin{aligned} \lambda_{20}\tau^2 &= 12s - 4v_\tau \tau + 4p_{1\tau} - 12p_2; \\ \lambda_{10}\tau^3 &= 24s - 12v_\tau \tau + 12p_{1\tau} - 24p_2. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Если при  $t = \tau$   $\ddot{x} = 0$ , то вся кинетическая энергия тягача используется на плавное трогание прицепа. Поэтому условие  $p(\tau) = u(\tau)$  будет критерием плавности и экономичности. Вводя в него управление (21) и множители (22), получаем:

$$2p_\tau \tau^2 = 12s - 8v_\tau \tau + 8p_{1\tau} - 12p_{2\tau}. \quad (24)$$

Зададимся оптимальной характеристикой тяги  $P_\tau = a_0 - a_1 \tau$ , полученной из формулы (11) при  $t = \tau$ . По условию (24) ей соответствует оптимальное время разгона

$$\tau = 3s/2v_\tau. \quad (25)$$

Для этого времени множители Лагранжа (23) равны:

$$\lambda_{10} = 1,8v_\tau^3 s^{-2} - 2a_1; \quad \lambda_{20} = 2,7v_\tau^2 s^{-1} - 2a_0, \quad (26)$$

где  $s$  — путь разгона тягача до трогания прицепа. Они определяют оптимальную характеристику сцепки  $Q = m\delta u$ , полученную в результате преобразования формулы (21). Для найденных ранее значений  $a_0^2 = 10$ ,  $a_1 = 1$  и заданных величин  $s = 0,1$  м,  $v_\tau = 0,5$  м/с по выражениям (21), (25), (26) находим:

$$\tau = 0,3 \text{ с}; \quad \lambda_{10} \approx 20; \quad \lambda_{20} \approx 0,4; \quad u = 10t - 0,2; \quad u_m = 2,8.$$

Очевидно, что характеристика сцепки зависит от знака множителя  $\lambda_{20}$ , а степень нелинейности — от величины этого множителя. Для принятых значений параметров имеем  $u \approx 10t$ , или  $u \approx 8\sqrt{x}$ , т. е. мягкую характеристику связи.

Примем силу тяги в период разгона тягача постоянной  $P(t) = P_0$ . При этом оптимальное время разгона (25) не изменится, а множители (23) примут вид:

$$\lambda_{10} = 4v_\tau \tau^{-2}; \quad \lambda_{20} = 4v_\tau \tau^{-1} - 2p_0. \quad (27)$$

Им соответствует упругая характеристика сцепки (21)

$$Q = m\delta u = m\delta [p_0 + 2v_\tau \tau^{-1}(t\tau^{-1} - 1)] \quad (28)$$

с максимумом при  $t = \tau$   $Q_{max} = m\delta p_0$  и минимумом при  $t = 0$   $Q_{min} = m\delta(p_0 - 4v_\tau^2/3s)$ . Здесь очевидна мягкая характеристика связи с предварительным сжатием упругого элемента сцепки.

Примем, наконец, силу тяги, пропорциональную времени разгона  $p(t) = kt$ . Для оптимального времени разгона (25) множители (23) равны:

$$\lambda_{10} = 4v_\tau \tau^{-2} + 2k; \quad \lambda_{20} = 4v_\tau \tau^{-1}. \quad (29)$$

Им соответствует жесткая характеристика связи с зазором

$$Q = m\delta u = m\delta [(2v_\tau \tau^{-2} + k_0)t - 2v_\tau \tau^{-1}]. \quad (30)$$

Оптимальная характеристика сцепки зависит не только от характера силы тяги, но и от принятого критерия качества. Для найденной оптимальной характеристики тяги (11) принятый критерий (3) равен

$$I = \int_0^\tau (a_0 - a_1 t)^2 dt = \frac{a_0^3 - (a_0 - a_1 \tau)^3}{3a_1},$$

в том числе для

$$a_0^2 = 10; \quad a_1 = 1; \quad \tau = 3 \text{ с} \quad I \approx 10.$$

В случае постоянной максимальной силы разгона  $p_0 = a_0$  он равен

$$I_0 = \int_0^\tau p_0^2 dt = p_0^2 \tau; \quad I_0 = 30.$$

Экономический эффект от рекомендуемой тяговой характеристики составляет 2/3 от сопоставляемой.

Значения критерия (3) для характеристик сцепки (21), (26) и (28) примерно одинаковы и равны  $I \approx 1 \ll 10$ . Здесь очевиден высокий эффект от использования упругой сцепки в период разгона по сравнению с жесткой.

Поступила 19 февраля 1980 г.

УДК 621.43

## О ПОВЫШЕНИИ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕПЛОВЗОВ ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

А. В. ДУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Проведенные нами исследования топливной экономичности тепловозов [2—6] позволили наметить возможные пути ее повышения. Расход топлива при перевозках в основном определяется условиями эксплуатации подвижного состава лесовозных УЖД и режимами движения поездов. В связи с односторонностью грузопотоков, трудностями профиля пути, повышенным удельным сопротивлением движению и другими факторами, тепловозы ТУ4 и ТУ7 на  $10^4$  (т·км) брутто расходуют в 3—4 раза больше топлива, чем тепловозы широкой колеи на дорогах МПС.

По объединению Архангельсклеспром затраты на ГСМ в себестоимости машино-смены, куда также включают расходы на содержание



УЖД, в среднем составляют 7 %, а на 1 м<sup>3</sup> вывезенной древесины — около 10 к.

Удельный расход топлива [кг/10<sup>4</sup>(т·км)] при поездной вывозке (без учета маневровых работ) для тепловозов с механической или гидравлической передачей, снабженных четырех- или двухтактными (ТУБА) дизелями, можно определить по формуле [2]:

$$n_n = (n_0 K_i + n_x + n_p + n_r) K_i, \quad (1)$$

где  $n_0$  — расход топлива при установившемся движении по прямому горизонтальному участку пути;  
 $K_i$  — коэффициент трудности профиля пути;  
 $n_x, n_p, n_r$  — расходы топлива, соответственно учитывающие холостую работу дизеля, пробег тепловоза резервом, разгон и торможение состава;  
 $K_i$  — коэффициент влияния температуры окружающего воздуха.

Расход топлива  $n_0$  на преодоление основного удельного сопротивления движению [2]

$$n_0 = 10^4 \frac{G_T}{Qv} = \frac{(P+Q) \omega_0 g_e}{360Q \eta_m \eta_r (1-\beta)}, \quad (2)$$

где  $G_T$  — расход топлива, кг/ч;  
 $v$  — скорость движения, км/ч;  
 $P, Q$  — масса тепловоза и состава (брутто), т;  
 $\omega_0$  — основное удельное сопротивление движению поезда, Н/т (в СИ его относят к массе поезда [1]);  
 $g_e$  — эффективный удельный расход топлива, г/(кВт·ч);  
 $\eta_m, \eta_r$  — кпд механической части передачи и гидропередачи;  
 $\beta$  — коэффициент дополнительного расхода мощности на привод тех вспомогательных агрегатов тепловоза, которые не учитываются регламентом испытания дизеля на стенде (вентилятор и др.).

Используя формулу (2), рассмотрим основные пути снижения расхода топлива при поездной вывозке. Как видно, расход  $n_0$  снижается при уменьшении величин  $\frac{P+Q}{Q}, \omega_0, g_e, \beta$  и увеличении  $\eta_m$  и  $\eta_r$ . Экономичность тепловоза при перевозках непосредственно связана с величиной среднеэксплуатационного кпд, отнесенного к ободу колес:

$$\eta = \frac{3,6N_k}{G_T H_u (1-\beta)} = \eta_e \eta_r \eta_m = \frac{3600}{H_u g_e} K_r i' \eta_m, \quad (3)$$

где  $N_k$  — касательная мощность, кВт;  
 $H_u$  — теплота сгорания топлива, МДж/кг;  
 $\eta_e$  — эффективный кпд дизеля, включающий в данном случае также энергозатраты на привод всех вспомогательных агрегатов тепловоза;  
 $K_r, i'$  — коэффициент трансформации и передаточное отношение гидропередачи.

Результаты расчета расхода топлива  $n_0$  для тепловоза ТУ7 массой 24 т при  $Q = 50-400$  т и  $v = 10-40$  км/ч [3] показали, что на кпд тепловоза  $\eta$  основное влияние оказывает кпд дизеля  $\eta_e$ , изменяющийся в более широких пределах (0,1—0,37), чем кпд гидропередачи  $\eta_r$  (0,75—0,88). Режимы работы гидротрансформатора, соответствующие высоким значениям коэффициента  $K_r$  (т. е. низким значениям кпд  $\eta_r$ ), используются кратковременно — только при трогании и разгоне поез-

да. При длительной работе пусковой и маршевый гидротрансформаторы тепловоза ТУ7 используются в пределах рабочего диапазона, при котором  $\eta_r \geq 0,75$ .

Опыт эксплуатации показывает, что тепловозный дизель значительное время работает на средних и малых (особенно при движении поезда в порожнем направлении) нагрузках и холостом ходу, что снижает экономичность тепловоза.

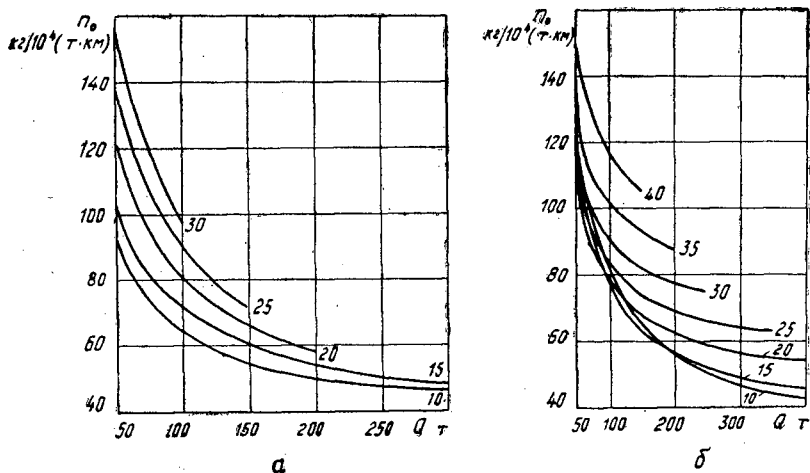


Рис. 1. Теплотехнические паспорта тепловозов ТУ4 (а) и ТУ7 массой 24 т (б) для вагонов-сцепов с подшипниками скольжения (цифры у кривых — скорость движения, км/ч).

Из графиков (рис. 1) видно, что при увеличении массы состава  $Q$  ( $v = \text{const}$ ) расход топлива  $n_0$  снижается вначале быстро, а затем медленнее. При небольших  $Q$  возрастают  $g_e$ , отношение  $\frac{P+Q}{Q}$  и коэффициент  $\beta$ , в результате уменьшаются  $\eta_e$  и  $\eta$  и соответственно увеличивается  $n_0$ . Расчеты показывают, что, например, у тепловоза ТУ4 при увеличении массы состава  $Q$  со 100 до 150 т и скорости  $v$  с 15 до 25 км/ч кпд  $\eta$  возрастает с 15,5 до 22 %, а расход  $n_0$  снижается с 85 до 69 кг/10<sup>4</sup> (т·км). У ТУ7 увеличение  $Q$  со 100 до 200 т ( $v = 25$  км/ч) позволяет сберечь около 22 % топлива. Сравнение величин  $n_0$  по теплотехническим паспортам  $n_0(Q, v)$  также позволило заключить, что для ТУ7 невыгодны  $Q$  до 150 т, для ТУ4 — до 100 и ТУ6А — до 60 т, которые характерны лишь для УЖД с большими расчетными уклонами пути.

Скорость оказывает более сложное влияние на расход топлива. Для ТУ7 при  $Q = 50-100$  т кривые  $n_0(v)$  обращены выпуклостью вниз, причем с увеличением  $Q$  минимальные значения  $n_0$  смещаются к оси ординат. В этом случае в отношении расхода  $n_0$  особенно невыгодны  $v < 15$  км/ч. Тепловоз наиболее экономично работает при  $Q > 150$  т и  $v = 15-25$  км/ч.

Тягово-скоростные качества тепловозов ТУ7 наиболее полно используются при высоких значениях  $Q$  и  $v$ . Однако их увеличение на некоторых УЖД сдерживается из-за плохого состояния и недостаточной прочности пути, а иногда из-за недостатка тормозных средств

в поезде. В настоящее время путь на лесовозных УЖД уложен преимущественно рельсами Р18. Замена их рельсами Р24, особенно на грузонапряженных участках, а также более широкое применение автотормозов и улучшение рессорной подвески позволили бы повысить производительность и топливную экономичность мощных тепловозов ТУ7. Хорошие эксплуатационные показатели их получены, например, на Алапаевской УЖД Свердловской области. На расчетном подъеме 12 ‰ масса состава  $Q$  достигает 350 т при расходе топлива  $55 \text{ кг}/10^4 \text{ (т}\cdot\text{км)}$ . Однако на УЖД некоторых предприятий Архангельсклеспрома значение  $Q$  значительно ниже расчетных норм. Для ТУ7 в грузовом направлении  $Q = 120\text{—}140 \text{ т}$ , в порожнем —  $50\text{—}70 \text{ т}$  (6—8 сцепов), а скорости не превышают  $13\text{—}20 \text{ км}/\text{ч}$  и практически не отличаются от соответствующих показателей ТУ4.

На лесовозные УЖД поступают тепловозы облегченной модификации ТУ7 массой 20 т, на которые также устанавливаются мощные дизели 1Д12-400. Дефорсирование этих дизелей по мощности позволило бы повысить степень их загрузки и экономичность, а также снизить чрезмерно большое отношение мощности к служебной массе тепловоза.

У тепловозов с механической передачей (ТУ6А и др.) при использовании высших ступеней в коробке передач двигатель работает на меньших частотах вращения, но с большей степенью загрузки, что позволяет снизить  $g_e$ , а следовательно, и  $n_0$ .

При применении в брусках вагонов-сцепов подшипников качения (вместо скольжения) расход топлива  $n_0$  снижается, что можно объяснить уменьшением  $\omega_0$ . В этом случае расчетная экономия топлива определяется величинами  $Q$  и  $v$ . Например, у ТУ7 (массой 24 т) при  $Q = 200 \text{ т}$  и  $v = 20 \text{ км}/\text{ч}$  она составляет около 18 % [3]. В свою очередь, завершение перевода прицепного состава лесовозных УЖД на роликовые подшипники также позволяет повысить расчетную массу состава (без увеличения расхода топлива  $n_0$ ) и значительно снизить расход смазки.

При маневровой работе тепловозов средний часовой расход топлива примерно пропорционален номинальной мощности дизелей [4]. При маневрах на нижнем складе он составляет: для ТУ6А —  $6 \text{ кг}/\text{ч}$ , ТУ4 —  $8,5$  и ТУ7 —  $10 \text{ кг}/\text{ч}$ . Отсюда следует, что при практически одинаковом объеме маневровых работ тепловозы ТУ4 в среднем расходуют в 1,4, а ТУ7 в 1,7 раза больше топлива, чем ТУ6А. Однако на некоторых УЖД магистральные тепловозы ТУ4, а иногда и ТУ7, нередко применяют для перемещения составов небольшой массы, что не способствует сбережению топлива.

Камбарский машиностроительный завод с 1973 г. поставляет лесовозным УЖД тепловозы ТУ6А, снабженные двухтактными дизелями ЯАЗ-М204А, которые имеют небольшой моторесурс (3000 ч), повышенный расход топлива и недостаточно надежны. Как известно, маневровая работа тепловоза, на которой преимущественно используют ТУ6А, характеризуется в основном неустановившимися режимами, где значительную долю времени занимают разгон и торможение поезда и особенно холостой ход двигателя (0,4—0,6). При длительной работе дизеля ЯАЗ-М204А на холостом ходу, особенно на низких частотах  $n$ , снижается давление впрыска, иногда закоксовываются распыливающие отверстия насос-форсунки, наблюдается дымная, неэкономичная работа. Имеются многочисленные случаи замены этих дизелей на другие модели (ЯМЗ-236 и пр.). Это свидетельствует о том, что лесовозные УЖД до сих пор не имеют надежного, экономичного маневрового тепловоза.

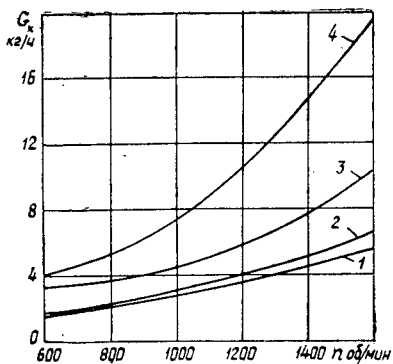
На предприятиях Архангельсклеспрома около 25 % наличия локомотивов составляют морально устаревшие, маломощные тепловозы МД54 и пр. Они используются малоэффективно (по Архангельсклеспрому за 1978 г. коэффициент сменности составил 1,1) и в основном на вспомогательных перевозках. Дизели этих тепловозов, по сравнению с новейшими моделями, имеют повышенный удельный расход топлива  $g_e$ .

Часть эффективной мощности  $N_e$  дизеля, а следовательно, и топлива затрачивается на привод вспомогательных агрегатов  $N_{в.а}$  и учитывается в формуле (2) коэффициентом  $\beta = \frac{N_{в.а}}{N_e}$ . Например, у ТУ7 на режиме номинальной мощности ( $N_e = 216$  кВт,  $n = 1600$  об/мин) при непрерывном использовании агрегатов  $N_{в.а} = 51,5$  кВт, или около 18 %  $N_e$  [5]. Из них вентилятор холодильника потребляет 33,1 кВт, компрессор 8,8, питательный насос гидропередачи 9,6 кВт. Расход топлива при этом составляет около 7 кг/ч, или 11 % часового расхода дизелем. Для сокращения времени работы вентилятора, потребляющего значительную мощность, и улучшения автоматического регулирования теплового режима дизеля, а следовательно, и снижения расхода топлива было бы целесообразно установить в привод вентилятора гидромуфту переменного наполнения, вместо фрикционной муфты. Последняя, как показывает опыт эксплуатации ТУ7, при больших частотах  $n$  работает ненадежно и не позволяет часто переключать вентилятор.

Расход топлива на режимах холостого хода двигателя — составная часть топливной экономичности тепловозов при всех видах перевозок. При поездной вывозке он учитывается в формуле (1) величиной

Рис. 2. Часовой расход топлива дизелями при работе на холостом ходу в зависимости от частоты вращения.

1 — Д54А (МД54); 2 — ЯАЗ-М204А (ТУ6А); 3 — У1Д6-250ТК (ТУ4); 4 — 1Д12-400 (ТУ7), с включенными компрессором и вентилятором.



$n_x$ , которая возрастает при увеличении продолжительности холостого хода, частоты вращения  $n$  и снижении производительности тепловоза. Только на стоянках тепловозов при маневровой работе доля времени холостого хода достигает 0,4—0,6, а при поездной вывозке 0,2—0,3 [6]. По данным заводов-изготовителей, дизели устойчиво работают начиная с 500—600 об/мин. Однако при пониженных  $n$  ухудшается работа топливной аппаратуры, полнота сгорания топлива, надежная зарядка аккумуляторов и пр. Поэтому на стоянках тепловозов поддерживают обычно  $n = 800—1000$  об/мин. При работе без нагрузки расход топлива оценивают по характеристикам холостого хода (рис. 2, данные АЛТИ). При  $n = 1000$  об/мин топлива в среднем расходуются: у ТУ6 — 2,9 кг/ч, ТУ4 — 4,5 и ТУ7 — 7 кг/ч. Нередко наблюдаются случаи ра-

боты дизелей при повышенных  $n$ , что сопровождается перерасходом топлива (рис. 2).

Снижению расхода топлива при различных перевозках также способствует хорошо налаженная диспетчерская связь, широкое внедрение которой позволит сократить излишние пробеги тепловозов резервом и холостой ход двигателей на стоянках.

Итак, лесовозные УЖД располагают значительными резервами повышения топливной экономичности при производственной эксплуатации тепловозов. Реализация этих резервов, в сочетании с улучшением технической эксплуатации подвижного состава, доставки, хранения и заправки топлива, повышением уровня технического нормирования и учета, позволит снизить расход топлива и себестоимость перевозок.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бабичков А. М., Гурский П. А., Новиков А. П. Тяга поездов и тяговые расчеты. — М.: Транспорт, 1971. [2]. Дуров А. В. Об эксплуатационной топливной экономичности лесовозных узкоколейных тепловозов при поездной работе. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1970, № 4. [3]. Дуров А. В. Топливная экономичность тепловозов ТУ7 при поездной работе. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 1. [4]. Дуров А. В. О расходе топлива узкоколейными тепловозами при маневровой работе. — Науч. тр./ АЛТИ. Архангельск, 1972, вып. 35. [5]. Дуров А. В. О расходе мощности и энергозатратах на привод вспомогательных агрегатов тепловоза ТУ7. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1977, № 5. [6]. Дуров А. В., Красильников Ю. Н., Орленко О. Д. О расходе топлива дизелями узкоколейных тепловозов на холостом ходу. — Науч. тр./ АЛТИ, Архангельск, 1971, вып. 26.

Поступила 13 февраля 1980 г.

УДК 630\*526.1

## ВЕСОВОЙ МЕТОД УЧЕТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

А. И. ТАБУЛИН

Ленинградская лесотехническая академия

Весовой метод учета заключается в определении массы каждой пачки бревен при погрузке и выгрузке крановыми весами с суммирующим устройством.

Для учета лесоматериалов применяют: электрокрановые весы ЭЛР-132 (ЦНИИлесосплава), тензометрические крановые весы 212 ЭК-10 и электронные крановые весы «Тензикран» (Венгрия).

Большое влияние на массу пачки древесины оказывают влажность составляющих ее частей коры, заболони и ядра как в свежесрубленном состоянии, так и при хранении в штабелях и транспортировке.

Перевод массы древесины в объем осуществляется по формуле [1]

$$V = \frac{Q}{\rho_w}, \quad (1)$$

где  $V$  — объем древесины,  $\text{м}^3$ ;

$Q$  — масса древесины, т;

$\rho_w$  — плотность древесины при влажности  $W$ ,  $\text{т/м}^3$ .

Влажность древесины при хранении в штабелях сохраняется выше точки насыщения клеточных оболочек (30 %), поэтому ее объем остается постоянным, а масса древесины изменяется в зависимости от влажности, продолжительности хранения в штабелях, расстояния буксиров-

ки и сроков нахождения бревен в воде. Поэтому при учете очень важно определить плотность древесины.

Для определения плотности древесины предлагается влагомерный метод. Он разработан с учетом особенностей строения древесины наших главнейших пород.

У ядровых пород (сосны, кедра, лиственницы, дуба и др.) центральная часть ствола отличается от периферической более темным цветом и в свежесрубленном состоянии — меньшим содержанием воды. У спелодревесных пород (бука, ели, пихты, ивы и др.) центральная часть ствола отличается от периферической только меньшим содержанием воды. У заболонных пород (березы, ольхи, липы и др.) нельзя заметить существенной разницы между центральной и периферической частями ствола ни по цвету, ни по содержанию воды.

Для определения плотности древесины измеряют влажность бревна с помощью электрических влагомеров [2, 4].

При влажности выше точки насыщения клеточных оболочек (30 %) плотность определяется по формуле [1]

$$\rho_w = K\rho_{\text{усл}} \left(1 + \frac{W}{100}\right), \quad (2)$$

где  $K$  — коэффициент плотности коры;

$\rho_{\text{усл}}$  — условная плотность древесины, т/м<sup>3</sup>;

$W$  — влажность древесины, %.

Условная плотность древесины — это отношение массы образца в абс. сухом состоянии к объему того же образца при влажности выше предела гигроскопичности (30 %) [1].

Для перевода массы древесины заболонных пород в объем следует формулу (2) подставить в формулу (1), тогда

$$V = \frac{100Q}{K\rho_{\text{усл}}(100 + W)}. \quad (3)$$

Электрическим влагомером определяют влажность бревен. Среднюю влажность партии бревен находят по формуле [3]

$$W = \frac{\sum W_1}{n}, \quad (4)$$

где  $\sum W_1$  — суммарная влажность бревен, %;

$n$  — число наблюдений.

Для определения объема партии бревен заболонных пород в формулу (3) подставляют ее массу, условную плотность древесины и измеренную среднюю влажность партии бревен.

При переводе массы древесины в объем ядровых и спелодревесных пород необходимо определить в партии бревен среднее содержание ядровой и заболонной древесины в процентах.

Доля заболонной древесины в партии бревен определяется по формуле

$$m_3 = 100 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right), \quad (5)$$

а ядровой

$$m_я = 100 - m_3, \quad (6)$$

где  $m_3$  — доля заболонной древесины;

$d$  — диаметр ядра или спелой древесины;

$D$  — диаметр бревна;

$m_я$  — доля ядровой древесины.

Плотность партии бревен ядровых и спелодревесных пород определяется по формуле

$$\rho_w = K \frac{\rho_{w_3} m_3 + \rho_{w_я} m_я}{100}, \quad (7)$$

где  $\rho_{w_3}$ ;  $\rho_{w_я}$  — плотность древесины соответственно заболони и ядра, т/м<sup>3</sup>, при влажности  $W$ .

Если в выражение (1) подставить формулу (7), получим

$$V = \frac{100Q}{K(\rho_{w_3} m_3 + \rho_{w_я} m_я)}. \quad (8)$$

Подставив в уравнение (8) формулу (2) для заболони и ядра, а также формулы (5) и (6), после преобразования получим формулу перевода массы древесины в объем для ядровых и спелодревесных пород:

$$V = \frac{100D^2Q}{K[\rho_{усл.з}(D^2 - d^2)(100 + W_3) + \rho_{усл.я}d^2(100 + W_я)]}. \quad (9)$$

При равной условной плотности древесины заболони и ядра

$$V = \frac{100D^2Q}{K\rho_{усл}[D^2(100 + W_3) + d^2(W_я - W_3)]}, \quad (10)$$

где  $D$  — диаметр сортимента в верхнем торце;  
 $Q$  — масса партии бревен;  
 $\rho_{усл.з}$ ;  $\rho_{усл.я}$  — условная плотность древесины, соответственно заболони и ядра, т/м<sup>3</sup>;  
 $d$  — диаметр ядра или спелой древесины;  
 $W_3$ ;  $W_я$  — влажность соответственно заболонной и ядровой древесины, %.

Весовой метод учета при экспериментальной погрузке древесины порталными кранами в суда применялся в Нарымской сплавной конторе (Усть-Чаинский рейд) объединения Томлес. В качестве обмерного устройства ЦНИИлесосплава были разработаны крановые электровесы типа ВЭК-10 с суммирующим устройством. Разработанные электровесы подвергались длительным производственным испытаниям и приняты Государственной комиссией.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ванин С. И. Древесиноведение. — М.: Гослесбуиздат, 1949.—472 с. [2]. Влагомер Сентри Р. — Лесн. пром-сть, 1973, № 9, с. 32. [3]. Леонтьев Н. П. Техника статистических вычислений. — М.: Лесн. пром-сть, 1968. — 250 с. [4]. Познаев А. П. Измерение влажности древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1965. — 142 с.

Поступила 4 августа 1980 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.922.2.:674.815

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА  
НА ЕГО КАПИЛЛЯРНОСТЬ  
И НА СВОЙСТВА АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

А. И. ЯЦЮК, С. И. ГРИЦИШИН

Львовский лесотехнический институт

Для шлифования-калибрования заготовок из плитных материалов широко применяют абразивные цилиндры, разработанные во Львовском лесотехническом институте [1—3]. Из литературы [4, 5] известно, что термическая обработка абразивных зерен улучшает их адгезию к связке и повышает стойкость шлифовальных инструментов.

В данной статье приведены результаты исследования влияния термической обработки зерна из карбида кремния черного марки 54С зернистостью № 63, 80, 100, 125 и 160 на его капиллярность и на стойкость изготовленных из этого зерна абразивных цилиндров.

В качестве связующего материала применяли эпоксидную смолу ЭД-20 с полиэтиленполиаминовым отвердителем. Капиллярность абразивного зерна определяли по методике, указанной в работах [4, 5], с помощью прибора, состоящего из сосуда (обычно стеклянного) и закрепленной на штативе стеклянной трубки (диаметром 5 мм, длиной 350 мм), которая может перемещаться в вертикальном направлении. Трубка отградуирована в миллиметрах, начальная точка отсчета находится на расстоянии 12 мм от нижнего конца трубки. Зерно засыпали через верхний конец трубки. Дистиллированную воду при температуре 18—20°C заливали в сосуд до начальной точки отсчета и с этого момента исчисляли продолжительность эксперимента. Для увеличения точности экспериментов объем воды во всех случаях принимали равным 250 см<sup>3</sup>, а зерно засыпали только в сухую трубку. Высота подъема воды в трубке, выраженная в сантиметрах, характеризовала капиллярность абразивного материала.

Смачиваемость поверхности твердого тела при вышеописанном методе контроля оценивали работой адгезии между поверхностью твердого тела и жидкостью  $A_{т.-ж}$ , Дж

$$A_{т.-ж} = \gamma_{ж.-г} (1 + \cos \theta), \quad (1)$$

где  $\gamma_{ж.-г}$  — межфазовое натяжение между жидкостью и газом, равное для воды (20—25) · 10<sup>-3</sup> Н/м;

$\theta$  — краевой угол, образуемый поверхностями жидкости и твердого тела.

Зная высоту капиллярного подъема или опускания жидкости  $h$ , м, с известным поверхностным натяжением, определяли краевой угол из уравнения:

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{gDr}. \quad (2)$$

Здесь  $r$  — радиус капилляра, м;

$D$  — плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Подставив значение  $\cos \theta$  из выражения (2) в уравнение (1), получим:

$$A_{т.-ж} = \left( 1 + \frac{hgDr}{2\gamma_{ж.-г}} \right). \quad (3)$$

Из равенства (3) следует, что при прочих равных условиях работа адгезии прямо пропорциональна высоте подъема жидкости в капилляре.

Наиболее простой и эффективный метод обработки абразивного зерна, позволяющий повысить его капиллярность, — термическая обработка, которую мы проводили в муфельной печи модели СШОЛ. До термической обработки мы определяли капиллярность зерна разной зернистости при комнатной температуре в зависимости от длительности смачивания (табл. 1).



Таблица 1

Номер зернистости	Капиллярность зерна, см, в зависимости от длительности смачивания, мин								
	1,5	2,5	4	6	8	10	15	20	30
63	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
80	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
100	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
125	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
160	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Из данных табл. 1 следует, что длительность смачивания зерна разной зернистости не оказывает влияния на высоту подъема воды в трубке. В дальнейших исследованиях длительность смачивания зерна принимали равной 1,5 мин для абразива зернистостью № 100, 125 и 160 и 2,5 мин — для абразива зернистостью № 63 и 80.

Для установления оптимального режима термической обработки зерна проведены исследования по определению его капиллярности в зависимости от температуры и продолжительности термической обработки. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер зернистости	Температура обработки, °С	Время отсчета, мин	Капиллярность зерна, см, в зависимости от длительности термической обработки, мин								
			1	2	3	4	5	7	10	15	30
63	200	2,5	3,9	4,6	4,9	5,0	5,1	5,1	5,0	5,1	5,1
	400		4,0	4,8	5,0	5,2	5,3	5,5	5,6	5,7	5,6
	500		3,9	4,9	5,2	5,4	5,7	5,8	5,9	6,1	6,0
	600		4,1	5,0	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0	6,0	6,1
	700		4,2	5,2	5,5	5,8	6,0	6,2	6,2	6,2	6,2
	800		4,2	5,1	5,6	5,9	6,1	6,2	6,1	6,0	6,0
80	200	2,5	2,9	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	4,3	4,4
	400		2,9	3,7	3,8	4,0	4,2	4,2	4,3	4,5	4,5
	500		2,8	3,6	3,9	4,1	4,1	4,5	4,7	4,8	4,7
	600		3,0	3,8	4,1	4,0	4,4	4,8	5,1	5,1	5,2
	700		3,2	3,9	4,2	4,5	4,6	5,1	5,3	5,3	5,3
	800		3,3	3,9	4,3	4,6	5,0	5,2	5,3	5,4	5,3
100	200	2,5	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,7	3,7	3,8	3,7
	400		2,6	2,9	3,2	3,3	3,6	3,8	3,8	3,9	3,9
	500		2,9	3,2	3,5	3,6	3,8	3,8	4,0	4,1	4,1
	600		3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	4,8	4,7
	700		3,5	3,7	3,8	4,1	4,4	4,6	4,8	4,7	4,8
	800		3,6	3,7	4,0	4,3	4,5	4,7	4,8	4,8	4,8
125	200	1,5	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2
	400		2,1	2,1	2,2	2,2	2,4	2,5	2,5	2,6	2,5
	500		2,3	2,3	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	2,8	2,9
	600		2,4	2,6	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1
	700		2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,0
	800		2,5	2,7	2,9	2,9	3,1	3,0	3,1	3,2	3,1
160	200	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9
	400		1,6	1,5	1,6	1,7	1,7	1,9	2,0	2,1	2,0
	500		1,6	1,6	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4	2,4
	600		1,7	1,7	1,7	2,0	2,2	2,4	2,4	2,5	2,5
	700		1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,5	2,6
	800		1,8	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,6

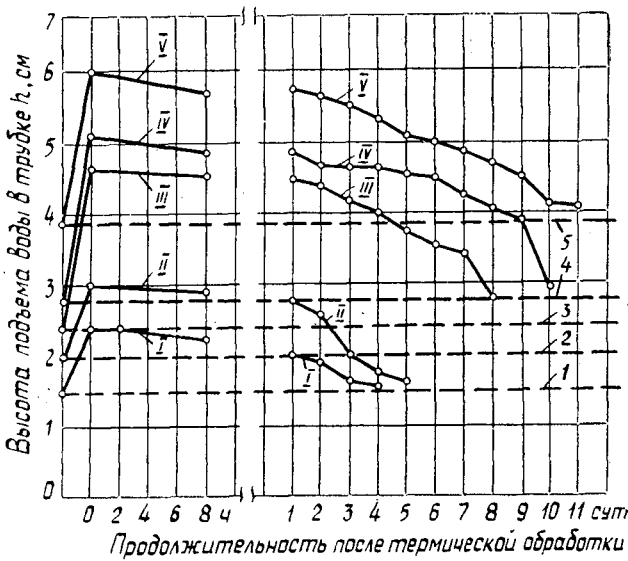


Рис. 1.

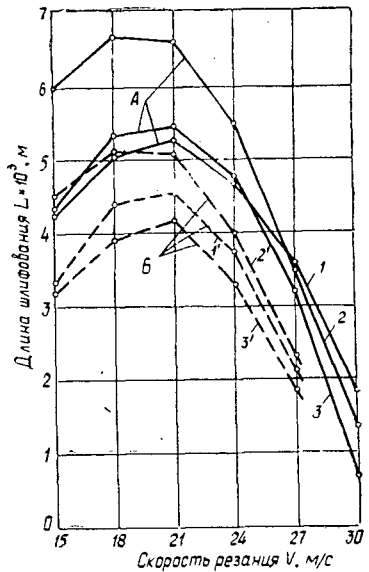
1, 2, 3, 4, 5 — до термической обработки соответственно для зернистости Z № 160, 125, 100, 80, 63; I, II, III, IV, V — после термической обработки соответственно для зернистости Z № 160, 125, 100, 80, 63.

Исследования показали, что во всех случаях капиллярность возрастает с увеличением температуры и продолжительности термической обработки.

Максимальные значения капиллярности получены после термической обработки зерна при температуре прокаливания 500—800 °С в течение 7—15 мин. Дальнейшее увеличение продолжительно-

Рис. 2.

1, 2, 3 — соответственно для плит из стеблей хлопчатника, древесностружечных плит, льнякостровых плит из прокаленного зерна; 1', 2', 3' — то же из непрокаленного зерна; 1, 1' — твердость цилиндров  $H_{ц} = 240$  МПа; 2, 2' — 231 МПа; 3, 3' — 135 МПа; скорость подачи  $U = 18$  м/мин; зернистость абразива Z № 80; глубина шлифования  $h = 0,5$  мм.



сти термической обработки до 30 мин не привело к заметному возрастанию капиллярности.

Оптимальные режимы прокаливания зерна карбида кремния черного указанных выше номеров зернистости перед изготовлением абразивных цилиндров: температура прокаливания не ниже 500—600 °С, продолжительность термической обработки 7—10 мин.

Для практических целей важно установить время, в течение которого прокаленное абразивное зерно сохраняло бы высокую капиллярность. На рис. 1 показана зависимость капиллярности абразива разных номеров зернистости (высота подъема воды в трубке) от длительности его хранения после термической обработки. Зерно до термической обработки прокаливало при 600 °С в течение 10 мин. Из кривых на рис. 1 видно, что с уменьшением номера зернистости абразива значение капиллярности после термической обработки сохраняется значительно дольше. Оптимальный срок хранения абразивного зерна из карбида кремния черного после термической обработки при комнатной температуре составляет 4—5 сут для зернистости № 63, 80 и 100 и 1—2 сут для зернистости № 125 и 160. При этом капиллярность абразивного зерна уменьшается на 15—20 %, но все же она остается высокой по сравнению с первоначальной. Для установления влияния капиллярности на свойства абразивных инструментов изготавлиляки круги диаметром 200 мм и высотой 60 мм из непрокаленного и прокаленного зерна пятой структуры зернистостью № 80 и оптимальной твердостью 231 МПа для шлифования-калибрования древесностружечных плит, твердостью 135 МПа — для льнокостровых плит, твердостью 240 МПа — для плит из стеблей хлопчатника. Размеры образцов плит 1000×20×20 мм, глубина шлифования — 0,5 мм, скорость подачи — 18 м/мин.

На рис. 3 приведена зависимость длины шлифования за период стойкости абразивного инструмента от скорости резания при обработке различных плитных материалов вышеуказанными кругами.

Стойкость абразивного инструмента находится в прямой зависимости от капиллярности зерна и для инструментов из прокаленного зерна на 20—25 % выше, чем из непрокаленного.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Равикович В. В., Пискарева Н. Н., Мельникова Г. П. Повышение капиллярности абразивных материалов термической обработкой. — Абразивы, 1977, вып. 12, с. 10—12. [2]. ТУ 13 УзССР—36—79. Абразивные цилиндры для шлифования-калибрования древесностружечных плит, льнокостровых плит и плит из стеблей хлопчатника. — Введ. 16.07.79. [3]. Якубовский Е. С., Эйдельштейн Ф. И., Ломова А. А. О методах обработки поверхности абразивных материалов и синтетических алмазов для улучшения их смачиваемости. — Абразивы и алмазы, 1966, вып. 2, с. 9—14. [4]. Яцюк А. И., Крыжанков Ю. А., Чурзин В. Н. Новый абразивный инструмент для калибрования щитовых заготовок из древесностружечных плит. — В кн.: Пути улучшения качества и расширение ассортимента древесностружечных плит: Тез. докл. Всесоюзного совещ. Майкоп, 1976, с. 48—49. [5]. Яцюк А. И., Грицишин С. И. Абразивные цилиндры на эпоксидной связке для шлифования-калибрования древесностружечных и других плит. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 3, с. 56—59.

Поступила 11 февраля 1980 г.

УДК 536.2.: [674.817-41 + 674.815-41]

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ И ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТАХ

А. Н. ОБЛИВИН, А. К. ВОСКРЕСЕНСКИЙ, П. П. ЩЕГЛОВ

Московский лесотехнический институт

Для оптимального решения разнообразных задач, связанных с производством и эксплуатацией древесных плит (акклиматизация и кондиционирование, расчет ограждающих конструкций, разработка ускорен-

ных методов испытаний и т. п.) необходимо выполнить расчеты по изменению во времени полей температуры и влагосодержания при различных внешних условиях.

В данной статье введены следующие обозначения:

- $\tau$  — время, с;
- $T$  — температура, К;
- $u$  — влагосодержание, кг·кг<sup>-1</sup>;
- $p$  — давление парогазовой смеси, Па;
- $\varphi$  — относительная влажность воздуха;
- $\rho_0$  — плотность сухого материала, кг·м<sup>-3</sup>;
- $\Theta$  — экспериментальный потенциал переноса массы (влаги), °М (массообменный градус);
- $\mu$  — химический потенциал, Дж·моль<sup>-1</sup>;
- $M$  — молярная масса, кг·моль<sup>-1</sup>;
- $j_m$  — плотность массового потока, кг·м<sup>-2</sup>·°С<sup>-1</sup>;
- $\lambda$  — коэффициент теплопроводности, Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;
- $c$  — удельная теплоемкость, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;
- $r$  — удельная теплота парообразования, Дж·кг<sup>-1</sup>;
- $\varepsilon$  — критерий фазового превращения;
- $a_m$  — коэффициент диффузии влаги, м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>;
- $\lambda_m$  — коэффициент массопроводности (влагопроводности), отнесенный к перепаду экспериментального потенциала массопереноса, кг·м<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>·°М<sup>-1</sup>;
- $\lambda'_\mu$  — коэффициент массопроводности, отнесенный к перепаду химического потенциала, кг·моль·м<sup>-1</sup>·Вт<sup>-1</sup>;
- $\lambda''_\mu$  — коэффициент термической массопроводности, кг·м<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;
- $\delta$  — термоградиентный коэффициент, отнесенный к перепаду влагосодержания, К<sup>-1</sup>;
- $\delta_\Theta$  — термоградиентный коэффициент, отнесенный к перепаду экспериментального потенциала массопереноса, °М·К<sup>-1</sup>;
- $\lambda''_{\mu/\lambda'_\mu}$  — термоградиентный коэффициент, отнесенный к перепаду химического потенциала, Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;
- $c_m$  — удельная изотермическая массоемкость (влагоемкость), отнесенная к перепаду экспериментального потенциала массопереноса, кг·кг<sup>-1</sup>·°М<sup>-1</sup>;
- $c_\mu$  — удельная изотермическая массоемкость, отнесенная к перепаду химического потенциала, кг·кг<sup>-1</sup>·Дж<sup>-1</sup>·моль<sup>-1</sup>;
- $\Theta'_T$  — температурный коэффициент экспериментального потенциала массопереноса, °М·К<sup>-1</sup>;
- $\mu'_T$  — температурный коэффициент химического потенциала, Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;
- $n$  — мольная концентрация пара;
- $\chi$  — постоянная термодиффузии бинарной смеси газов;
- $R = 8314$  Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> — универсальная газовая постоянная; цифра 1 соответствует  $0 < \varphi < 0,5$ ; цифра 2 соответствует  $0,5 < \varphi < 1$ ;
- $p$  — пар;
- $p.n$  — насыщенный пар.

Процессы тепло- и массопереноса без фильтрационного потока массы и четко выраженных границ фазовых переходов целесообразно рассматривать на основе феноменологической теории, разработанной А. В. Лыковым и его учениками. Системы дифференциальных уравнений для этого случая приведены в работе [5]: при использовании в качестве потенциалов переноса температуры и влагосодержания

$$c\rho_0 \frac{\partial T}{\partial \tau} = \nabla \left( \lambda \nabla T + \varepsilon r \rho_0 \frac{\partial u}{\partial \tau} \right); \quad (1)$$

$$\rho_0 \frac{\partial u}{\partial \tau} = \nabla (a_m \rho_0 \nabla u + a_m \rho_0 \delta \nabla T); \quad (2)$$

температуры и экспериментального потенциала массопереноса

$$\rho_0 (c + \varepsilon r c_m \Theta'_T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \nabla (\lambda \nabla T) + \varepsilon r \rho_0 c_m \frac{\partial \Theta}{\partial \tau}; \quad (3)$$

$$c_m \rho_0 \frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = \nabla (\lambda_m \nabla \Theta + \lambda_m \delta_\Theta \nabla T) + c_m \rho_0 \Theta'_T \frac{\partial T}{\partial \tau}; \quad (4)$$

температуры и химического потенциала

$$\rho_0 (c + \varepsilon r c_\mu \mu'_T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \nabla (\lambda \nabla T) + \varepsilon r \rho_0 c_\mu \frac{\partial \mu}{\partial \tau}; \quad (5)$$

$$c_\mu \rho_0 \frac{\partial \mu}{\partial \tau} = \nabla (\lambda'_\mu \nabla \mu + \lambda''_\mu \nabla T) + c_\mu \rho_0 \mu'_T \frac{\partial T}{\partial \tau}. \quad (6)$$

Удельные изотермические массемкости, отнесенные к перепадам соответствующих потенциалов массопереноса, и температурные коэффициенты потенциалов массопереноса определяют следующим образом:

$$c_m = \left( \frac{\partial u}{\partial \Theta} \right)_T; \quad (7)$$

$$\Theta'_T = \left( \frac{\partial \Theta}{\partial T} \right)_u; \quad (8)$$

$$c_\mu = \left( \frac{\partial u}{\partial \mu} \right)_T; \quad (9)$$

$$\mu'_T = \left( \frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_u. \quad (10)$$

Коэффициенты массопроводности связаны с коэффициентом диффузии и удельными изотермическими массемкостями соотношениями:

$$\lambda_m = a_m \rho_0 c_m; \quad (11)$$

$$\lambda'_\mu = a_m \rho_0 c_\mu. \quad (12)$$

Термоградиентный коэффициент, отнесенный к перепаду влагосодержания, выражается через термодинамические параметры массопереноса

$$\delta = c_m \Theta'_T + c_m \delta_\Theta; \quad (13)$$

$$\delta = c_\mu \mu'_T + c_\mu \frac{\lambda''_\mu}{\lambda'_\mu}. \quad (14)$$

Однако в настоящее время эти уравнения не применяют из-за отсутствия данных по термодинамическим параметрам и коэффициентам массопереноса. Ниже изложены результаты теоретического и экспериментального определения этих величин. Поскольку производство и эксплуатация древесных плит происходят при влагосодержании, меньшем максимального сорбционного, исследования ограничены гигроскопической областью (в диапазоне температуры 273—373 К и плотности 200—1000 кг/м<sup>3</sup>).

Важнейший параметр, характеризующий статику и динамику увлажнения плит, — влагосодержание. При получении зависимости вла-

госодержания древесных плит от относительной влажности воздуха и температуры применяли следующие данные.

1. Теорию гигроскопического подобия капиллярнопористых материалов, в соответствии с которой (за гигроскопически подобный материал принята древесина) при одинаковых температуре и влажности воздуха между влагосодержанием древесных плит  $u$  и древесины  $u_d$  выполняется соотношение [2]:

$$u = \frac{u_c}{u_{d,c}} u_d, \quad (15)$$

где индекс «с» означает максимальное сорбционное влагосодержание.

2. Уравнение И. В. Кречетова для аппроксимации зависимости  $u_d(\varphi, T)$  [3]

$$u_{d1} = 0,0036 \left[ 13,9 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right] + 0,0072 \left[ 29,5 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right] \varphi_1; \quad (16)$$

$$u_{d2} = \frac{0,512}{121 - 100\varphi_2} \left[ 21,7 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right]. \quad (17)$$

3. Предложенную и экспериментально подтвержденную нами зависимость  $u_c(T)$

$$u_c = A \left[ 21,7 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right]. \quad (18)$$

4. Экспериментальные данные различных исследователей по изотермам сорбции (при  $T = 298$  К) для различных типов древесностружечных (ДСП) и древесноволокнистых (ДВП), что позволило установить усредненную величину  $A$

$$A = 0,016. \quad (19)$$

Применение уравнений (15)–(19) приводит к следующим зависимостям  $u(T, \varphi)$  для древесных плит:

$$u_1 = 0,00236 \left[ 13,9 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right] + 0,00472 \varphi_1 \left[ 29,5 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right]; \quad (20)$$

$$u_2 = \frac{0,336}{121 - 100\varphi_2} \left[ 21,7 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right]. \quad (21)$$

В соответствии с определениями (7)–(10), используя уравнения (20), (21) и предложенную нами (значительно более точную, чем по А. В. Лыкову и Б. А. Поснову [6]) аппроксимацию зависимости экспериментального потенциала массопереноса от влажности воздуха

$$\Theta_1 = 5,03 + 42,43\varphi_1; \quad (22)$$

$$\Theta_2 = \frac{17,8}{1,178 - \varphi_2}, \quad (23)$$

мы получили уравнения для расчета всех термодинамических параметров массопереноса, за исключением термоградиентных коэффициентов.

Термоградиентный коэффициент  $\delta$  обычно определяют либо экспериментально стационарным методом (на один опыт уходит, как правило, несколько недель), либо расчетным путем, исходя из равенств (13) и (14) и предполагая, что

$$\frac{\lambda''}{\lambda'} \ll \mu'_T; \quad (24)$$

$$\delta_e \ll \Theta'_T, \quad (25)$$

т. е. по соотношениям

$$\delta = c_m \Theta'_T; \quad (26)$$

$$\delta = c_p \mu'_T. \quad (27)$$

Нами предложен метод расчета термоградиентных коэффициентов без использования допущений (24) или (25) и без экспериментов. Идея метода заключается в рассмотрении термодинамического равновесия капиллярнопористого тела с бинарной смесью пар — воздух, подчиняющейся закону термодиффузии.

Для получения расчетной формулы  $\delta(u, T)$  использованы следующие положения.

1. Очевидные соотношения

$$du(\varphi, T) = \left(\frac{\partial u}{\partial \varphi}\right)_T d\varphi + \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_\varphi dT; \quad (28)$$

$$d\varphi = d\left(\frac{p_n}{p_{n,n}}\right) = \varphi \left(\frac{dp_n}{p_n} - \frac{dp_{n,n}}{p_{n,n}}\right). \quad (29)$$

2. Аппроксимация

$$\lg p_{n,n} = 9,1513 - \frac{2317,7}{T}. \quad (30)$$

3. Закон термодиффузии для бинарной газовой смеси

$$dn = \alpha n(1-n) \frac{dT}{T}. \quad (31)$$

4. Водяной пар, находящийся во влажном воздухе, подчиняется уравнению состояния для идеальных газов

$$p_n = \frac{M_n p_n}{RT}. \quad (32)$$

5. Определение термоградиентного коэффициента

$$\delta = -\left(\frac{du}{dT}\right)_{J_m=0}. \quad (33)$$

6. Оценка величин по известным литературным данным [4]

$$\alpha(1-n) \approx 0,02 \ll \frac{5330}{T}; \quad (34)$$

$$\frac{T}{p} \frac{dp}{dT} \approx 0,02 \ll \frac{5330}{T}. \quad (35)$$

Из уравнений (28)—(35) следует

$$\delta_{\Theta_1} = \frac{5330}{T^2} \varphi \left(\frac{\partial u}{\partial \varphi}\right)_T - \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_\varphi. \quad (36)$$

Аналогично получены выражения

$$\delta_{\Theta_1} = \frac{5330}{T^2} (\Theta_1 - 5,03); \quad (37)$$

$$\delta_{\Theta_2} = \frac{352,8}{T^2} \Theta_2 (\Theta_2 - 15,1); \quad (38)$$

$$\frac{\lambda''\mu}{\lambda'\mu} = \frac{5330R - \mu}{T}. \quad (39)$$

С учетом формул (20), (21) для древесных плит уравнение (36) можно переписать в виде

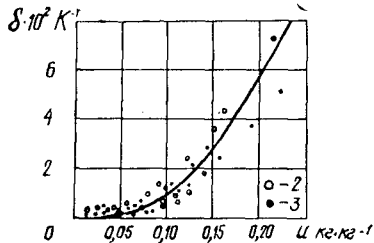
$$\delta_1 = \frac{5330}{T^2} \left\{ u_1 - 0,00236 \left[ 13,9 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right] \right\} + \frac{0,00236 \cdot 10^{-4} T \left[ 45,1 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right]}{29,5 - \left( \frac{T}{100} \right)^2}; \quad (40)$$

$$\delta_2 = \frac{5330u_2 (360u_2 + 2 \cdot 10^{-4} T)}{T^2 \left[ 21,7 - \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right]}. \quad (41)$$

Выражения (36) — (39) справедливы для любых капиллярнопористых тел. Достоверность этих уравнений для ДСП и ДВП подтверждена нами экспериментально.

Рис. 1. Зависимость термоградиентного коэффициента  $\delta$  от влагосодержания  $u$ .

1 — расчетные данные; 2 — экспериментальные данные для ДСП ( $\rho_0 = 710 \text{ кг/м}^3$ ); 3 — экспериментальные данные для ДВП ( $\rho_0 = 900 \text{ кг/м}^3$ ).



На рис. 1 сопоставлены полученные нами экспериментальные и расчетные значения термоградиентного коэффициента  $\delta$  (в диапазоне 273—373 К коэффициент не зависит от температуры). Расчет по формулам (26), (27) для плит дает значения примерно в 50 раз меньше действительных. Известные справочные данные по термоградиентному коэффициенту  $\delta$  [6], полученные по формуле (27), можно скорректировать. Для этого необходимо рассчитать значения  $\delta$  по уравнению (14) с учетом выражения (39).

Коэффициент диффузии влаги определяли нестационарным методом, основанным на закономерностях теплопереноса в системе двух теплоизолированных однородных материалов с различным начальным теплосодержанием.

По результатам наших исследований, коэффициент диффузии влаги в исследованном диапазоне не зависит от теплосодержания и вида древесных плит, а зависит только от температуры и плотности. Полученные экспериментальные данные удалось обобщить с помощью эмпирической формулы

$$a_m = 1,93 \cdot 10^{-10} \left( \frac{T}{273} \right)^{12,1} \left( \frac{\rho_0}{580} \right)^{-3,1}. \quad (42)$$

В соответствии с выражениями (7), (11), (20), (21), (42) и (9), (12), (20), (21), (42) получены также и формулы для расчетов коэффициентов теплопроводности  $\lambda_m$  и  $\lambda'_m$ .

Нами составлены алгоритм и программа для численного решения системы дифференциальных уравнений теплопереноса (1), (2) при граничных условиях третьего рода. Разработанная программа требует небольших затрат времени на расчет одного варианта за счет ис-



пользования расчетной схемы с автоматически выбираемым переменным шагом по времени [1]. По разработанной программе на ЭВМ «БЭСМ-6» с использованием экспериментально определенных термодинамических параметров и коэффициентов массопереноса рассчитаны изменения во времени полей температуры и влагосодержания в процессе акклиматизации одиночной древесностружечной плиты. Поскольку в неизотермических условиях влагоперенос происходит практически только в виде пара, критерий фазового превращения  $\epsilon$  принят равным единице.

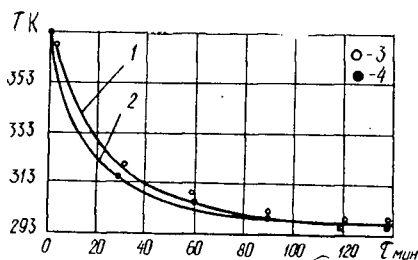


Рис. 2. Изменение температуры  $T$  в процессе акклиматизации ДСП.

1, 2 — расчетные данные соответственно для центра и поверхности; 3, 4 — экспериментальные данные соответственно для центра и поверхности.

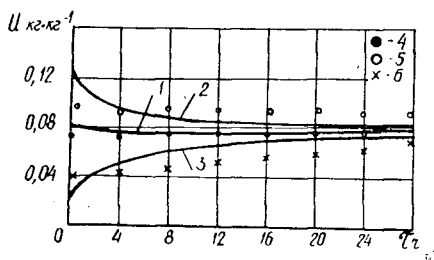


Рис. 3. Изменение влагосодержания  $u$  в процессе акклиматизации ДСП.

1, 2, 3 — расчетные данные соответственно для среднего, центра и поверхности; 4, 5, 6 — экспериментальные данные соответственно для среднего, центра и поверхности.

Некоторые результаты расчетов в сопоставлении с экспериментальными данными других исследователей [7, 8] представлены на рис. 2 и 3, из которых видно, что с учетом небольшой точности измерения локального влагосодержания, а также неточностей задания входных параметров совпадение экспериментальных и расчетных данных вполне удовлетворительно. На подобные экспериментальные исследования уходит несколько лет, а на расчет одного варианта — около 1—2 мин.

В результате проведенных исследований стало возможным решение различных практических задач, связанных с производством и эксплуатацией древесных плит. Полученные показатели можно применить для расчетов процессов тепло- и массопереноса в других капиллярно-пористых материалах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Берковский Б. М., Ноготов Е. Ф. Разностные методы исследования задач теплообмена. — Минск: Наука и техника, 1976. — 144 с. [2]. Загоруйко В. А., Кривошеев Ю. И., Соколовская А. В. — ИФЖ, 1974, т. 26, № 4, с. 673—677. [3]. Кречетов И. В. — Науч. тр./ ЦНИИМОД, 1958, вып. 9. [4]. Лыков А. В., Теоретические основы строительной теплофизики. — Минск: Наука и техника, 1961. — 519 с. [5]. Лыков А. В. — ИФЖ, 1974, т. 26, № 1, с. 18—25. [6]. Никитина Л. М. Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных телах. — М.: Энергия, 1968. — 499 с. [7]. Остапенко Н. Н. — Деревообраб. пром-сть, 1972, № 3, с. 12—13. [8]. Терентьев Б. Н. — Науч. тр./ Моск. лесотехн. ин-т, 1974, вып. 64, с. 161—165.

Поступила 11 декабря 1979 г.

УДК 674.023

## ИЗУЧЕНИЕ ТОЧЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ КРУГЛЫМИ РЕЗЦАМИ

П. М. МАЗУРКИН, В. И. ВОЖЕГОВ, А. Н. КУНОВ

Марийский политехнический институт

Цель исследования — определить касательное  $P_k$  и нормальное  $P_n$  составляющие усилия резания, возникающие при радиальном точении заготовки из березовой древесины чашечными резцами при изменении кинематических параметров. Результаты экспериментальных исследований могут быть использованы при токарной обработке изделий из дерева [5], а также при анализе процесса срезания сучьев на роторных станках.

Круглые резцы широко применяют в металлообработке [1] и конструктивно их можно выполнить в следующих вариантах: жесткое крепление (например, цилиндрические столбики-вставки); установка круглого резца для получения эффекта самовращения (чашечные самовращающиеся резцы); установка круглого резца с принудительным вращением. В данной работе рассмотрены первые два вида крепления круглого резца в виде чашки в корпусе инструмента. При этом принимали, что вогнутая часть чашки направлена в сторону зоны стружкообразования.

Опыты проводили на токарно-винторезном станке модели 1624. В работах [3, 4] приведены расчетная схема резания, а также сведения о методике эксперимента и измерительной аппаратуре. Кинематика точения подробно изложена в работе [5]. Схема резания древесины чашечным резцом при  $\varphi = 90^\circ$  показана на рис. 1.

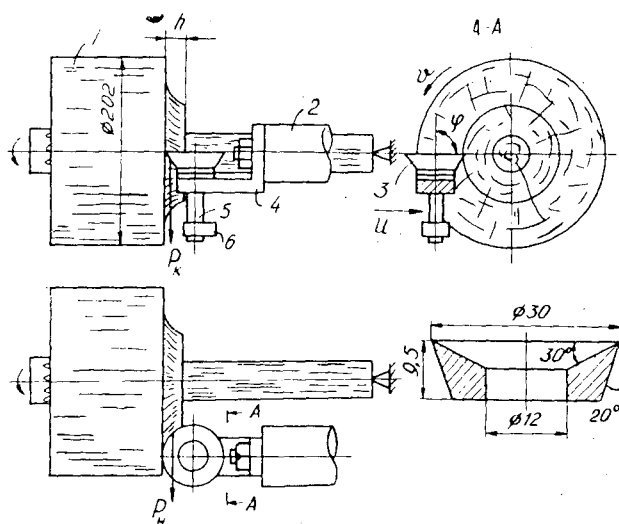


Рис. 1.

1 — заготовка древесины; 2 — упругий тензодатчик; 3 — чашечный резец; 4 — поворотная опора; 5 — резцовая оправка; 6 — эксцентрик.

Использовали резцовую оправку (конструкции Московского инструментального завода) для чашек диаметром 30 мм из сплава Т15К8. Для условий резания древесины изменены угловые параметры самой чашки (рис. 1), которую мы изготовляли из

**стали 45.** Резцовую оправку устанавливали в бронзовой втулке поворотной опоры, закрепляемой на торце упругого тензодатчика из стали У8. Последний прикрепляли с помощью хвостовика шестигранной формы в резцедержателе токарного станка. Для замера числа оборотов чашки использовали датчик оборотов. В процессе эксперимента обнаружено, что при использовании подшипника скольжения наблюдается неустойчивое вращение чашки для малых усилий резания. Поэтому в данной статье приведены результаты опытов по резанию древесины при невращающемся чашечном резце.

Чурак березы (влажность 50—60 %) диаметром 24—26 см и длиной 50—60 см закрепляли на станке и обтачивали до образования цилиндра диаметром 202 мм. Многофакторный эксперимент [3, 4] проводили на одном образце, что позволило исключить влияние свойств древесины. Образец выбрали без сучков с ровной клеточной структурой. Усилия измеряли при глубине врезания 20 мм от поверхности образца, что позволило исключить влияние входа резца в древесину. Усилия регистрировали на осциллографе Н-041.

Испытания проводили по методике рационального планирования экспериментов при использовании латинского квадрата, включающего при пяти уровнях четыре фактора [3]: 1) линейная скорость вращения образца в точке замера  $v$  равна 0,73; 1,01; 1,45; 2,02; 2,84 м/с; 2) глубина снимаемого слоя (рис. 1)  $h$  равна 1; 2, 3, 4 и 5 мм; 3) подача на один зуб  $s$  равна 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; и 1,0 мм; 4) угол наклона оси чашечного резца к скорости подачи  $\varphi$  равен 60; 70; 80; 90 и 100°. Угол наклона изменялся путем поворота опоры 4 (рис. 1) относительно оси упругого тензодатчика 2.

Повторность наблюдений равнялась 6—7, что обеспечило точность опыта в пределах 3—4 %. Результаты статистического и дисперсионного анализов показали достоверность проведенных наблюдений.

Результаты многофакторного эксперимента приведены в табл. 1, где значения составляющих усилий резания  $P_k$  и  $P_n$  и удельной работы резания  $K$  получены как средние арифметические из 6—7 замеров после обработки осциллограмм.

Таблица 1

Номер опыта	Изменяемые факторы				Показатели резания		
	$v$ м/с	$h$ мм	$s$ мм	$\varphi$ град	$P_k$ Н	$P_n$ Н	$K \cdot 10^7$ Па
1	0,73	3	0,2	60	115,2	79,1	19,2
2	1,01	4	0,4	60	159,5	103,1	10,0
3	1,45	5	0,6	60	228,8	133,8	7,6
4	2,84	2	0,8	60	131,0	81,6	8,2
5	2,02	1	1,0	60	99,5	66,7	10,0
6	2,02	5	0,2	70	165,2	84,1	16,5
7	2,84	1	0,4	70	80,3	34,0	20,1
8	0,73	2	0,6	70	136,0	60,1	11,3
9	1,45	4	0,8	70	288,0	123,4	9,0
10	1,01	3	1,0	70	263,0	109,3	8,8
11	2,84	4	0,2	80	170,2	60,9	21,3
12	0,73	5	0,4	80	239,5	76,2	12,0
13	1,01	1	0,6	80	127,4	35,2	21,2
14	2,02	3	0,8	80	258,0	73,3	10,8
15	1,45	2	1,0	80	142,4	27,8	7,1
16	1,45	1	0,2	90	91,0	10,4	45,5
17	2,02	2	0,4	90	134,5	14,5	16,8
18	2,84	3	0,6	90	221,6	22,0	12,3
19	1,01	5	0,8	90	316,6	29,4	7,9
20	0,73	4	1,0	90	312,3	21,6	7,8
21	1,01	2	0,2	100	128,8	—11,2	32,2
22	1,45	3	0,4	100	231,6	—14,1	19,3
23	2,02	4	0,6	100	253,1	—14,1	10,5
24	0,73	1	0,8	100	108,8	—17,4	13,6
25	2,84	5	1,0	100	308,0	—23,6	6,2

Примечание. Знак «—» означает направление силы в сторону, противоположную от направления скорости подачи.

Составляющие усилий вычисляли по уравнениям, полученным на основе тарировки тензодатчиков грузами

$$P_k = 7,14a_k + 3,15; \quad |\Delta_{cp}| = 1,98 \%;$$

$$P_n = 4,14a_n + 1,70; \quad |\Delta_{cp}| = 3,30 \%,$$

где  $a_k$ ;  $a_n$  — ординаты осциллограмм в точках замера, соответствующих глубине внедрения резца 20 мм;

$\Delta_{cp}$  — средняя относительная ошибка.

Значение удельной работы резания вычисляли по выражению

$$K = P_k / (hc).$$

Далее в качестве примеров приводим латинские квадраты (табл. 2, 3), построенные по значениям удельной работы резания в соответствии с данными табл. 1. Латинские квадраты по значениям составляющих усилия резания строятся аналогичным образом. Для наглядности в клетках таблицы приведены номера опытов.

Таблица 2

Латинский квадрат по значениям  $K \cdot 10^7 \text{ Па}$  для факторов  $v$  и  $h$

Скорость  $v$ , м/с

Среднее  
1,61

	0,73	1,01	1,45	2,02	2,84	
1	24 13,6	13 21,2	16 45,5	5 10,0	7 20,1	22,1
2	8 11,3	21 32,2	15 7,1	17 16,8	4 8,2	15,1
3	1 19,2	10 8,8	22 19,3	14 10,8	18 12,3	14,1
4	20 7,8	2 10,0	9 9,0	23 10,5	11 21,3	11,7
5	12 12,0	19 7,9	3 7,6	6 16,5	25 6,2	10,0
Ср. 3	12,8	16,0	17,7	12,9	13,6	14,6

Анализ данных табл. 2 и 3 показывает, что с увеличением  $v$  удельная работа  $K$  вначале возрастает, а после значения  $v$ , равного 1,45 м/с, снова снижается. С увеличением глубины снимаемого слоя величина  $K$  уменьшается по экспоненциальной зависимости. Аналогичное изменение наблюдается при изменении подачи на зуб, что соответствует известной зависимости в теории резания древесины. С увеличением угла наклона  $\varphi$  до  $90^\circ$  удельная работа возрастает, а при  $\varphi = 100^\circ$  снижается.

На рис. 2 приведены кривые изменения касательного  $P_k$  (а) и нормального  $P_n$  (б) усилий резания в зависимости от принятых четырех факторов. Кривые построены по средним значениям, полученным из латинских квадратов (для устранения дублирования кривые изменения  $K$  не приводятся).

Таблица 3

Латинский квадрат по значениям  $K \cdot 10^7 \text{ Па}$  для факторов  $s$  и  $\varphi$ Подача на зуб  $s$ , мм

Угол наклона $\varphi$ , град	Среднее					
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	
60	19,2	10,0	7,6	8,2	10,0	11,0
70	16,5	20,1	11,3	9,0	8,8	13,1
80	21,3	12,0	21,2	10,8	7,1	14,5
90	45,5	16,8	12,3	7,9	7,8	18,1
100	32,2	19,3	10,5	13,6	6,2	16,4
Ср. 80	26,9	15,6	12,6	9,9	8,0	14,6

С увеличением  $v$  до 1,01 м/с касательное усилие возрастает, а в дальнейшем несколько уменьшается и принимает почти постоянное значение. Нормальное усилие вначале возрастает до  $v = 1,45$  м/с, затем уменьшается значительно (от 56,3 до 35,0 Н).

С повышением  $h$  касательное усилие постоянно увеличивается, а нормальное усилие стремится к стабилизации при  $h = 4-5$  мм. В дальнейшем рост  $P_n$  происходит с меньшей интенсивностью. При изменении  $s$  касательное усилие постоянно растет, а нормальная сила колеблется около некоторого постоянного значения.

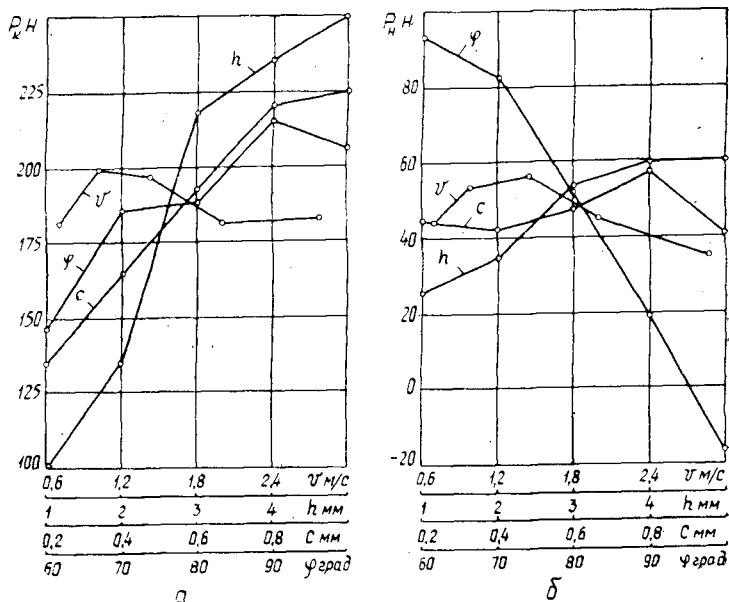


Рис. 2.

Самовращение чашечного резца происходит при  $\varphi < 70-80^\circ$  и  $\varphi > 100^\circ$ , что подтверждает выводы, полученные при резании металлов [1]. Кроме того, при указанных значениях качество обработки выше, чем при  $\varphi = 80-90^\circ$ . С увеличением угла наклона до  $90^\circ$  происходит рост касательного усилия, которое при  $\varphi = 100^\circ$  уменьшается. С возрастанием  $\varphi$  нормальная сила значительно уменьшается и при  $\varphi = 100^\circ$  переходит на противоположный знак, т. е. сила отжима переходит в силу затягивания. Соответственно прямая схема резания чашечным резцом переходит в схему обратного резания [1]. При этом улучшаются условия схода стружки. Влияние угла  $\varphi$  в первом приближении для нашего случая можно сравнить с влиянием угла скоса резца при элементарном резании [2, с. 27]. В зависимости от конструкции режущего инструмента рекомендуется  $\varphi$  брать равным  $60-70^\circ$  или  $\varphi = 100^\circ$ . При  $\varphi < 60^\circ$  значительно возрастает нормальная сила, при  $\varphi = 70-100^\circ$  преобладает рост касательной силы вследствие стесненных условий образования и схода стружки, а при  $\varphi > 100^\circ$  повышается давление задней грани чашки об обработанную поверхность.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дыков А. Т., Яснийский Г. И. Прогрессивный режущий инструмент в машиностроении. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение, 1972. — 224 с. [2]. Ивановский Е. Г. Резание древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 200 с. [3]. Мазуркин П. М., Грудачев В. Г., Печенкин В. Е. К изучению продольного бесстружечного резания древесины. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1974, № 5, с. 93—96. [4]. Мазуркин П. М., Корнилов В. Г. Изучение поперечного пиления древесины с образованием щепы вместо опилок. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 2, с. 72—76. [5]. Пижурин А. А. Основы процесса точения древесины. — М.: Гослесбуиздат, 1963. — 117 с.

Поступила 2 июня 1980 г.

УДК 621.933.6

### НАПРЯЖЕНИЯ В ПИЛЬНОЙ РАМКЕ ОТ СТАТИЧЕСКИХ СИЛ

Л. А. ШАБАЛИН, В. Ф. ВИНОГРАДОВ, Е. Г. КУЧУМОВ,  
Л. Л. ЛЕБЕДЕВ

Уральский лесотехнический институт  
Завод «Северный коммунар»

Пильная рамка (ПР) двухэтажной лесопильной рамы представляет собой конструкцию, состоящую из двух замкнутых контуров. Один контур образован поперечинами и стойками, а другой — нижней поперечиной, проушинами и пальцем шатуна. На детали пильной рамки действуют статические и динамические нагрузки. Сложность геометрических форм элементов и их сечений и статическая неопределимость пильной рамки затрудняют расчет напряжения в ее деталях для оценки их прочности и долговечности.

Напряжения от статических сил определены нами методом тензометрирования для ПР лесорамы 2Р 63-1, являющейся базовой моделью из новой гаммы лесопильных рам с ходом 700 мм. На поверхность деталей в наиболее нагруженных сечениях и зонах, где ожидалось максимальные напряжения, наклеивали тензодатчики сопротивлением 200 Ом с базой 20 мм. На рис. 1 показана схема размещения тензодатчиков (1, 2, 3, 4... — номера датчиков). На верхней поперечине, в связи с обнаружением при исследованиях стесненного кручения ее элементов, датчики наклеивали на поверхность верхних и нижних полок ближе к угловым точкам.

Напряжения замеряли от натяжения 2, 4, 6, 8, 10, 12 пил и от распора струбцин с усилием 10, 20, 30 кН. Натяжение каждой пилы с учетом поперечных размеров и

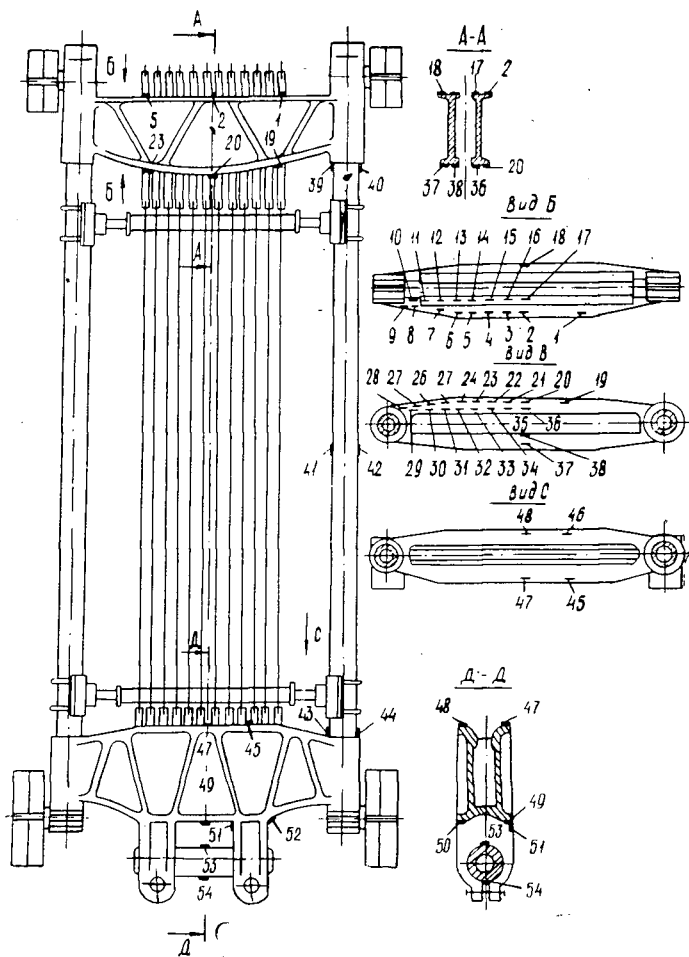


Рис. 1.

нагрева при работе принимали равным 50 кН и контролировали по экрану осциллографа. Для оценки силы натяжения пилы на тяги верхних захватов с двух противоположных сторон наклеивали два рабочих и два компенсационных датчика. Захваты с датчиками (тензоэлементы) тарировали по нагрузкам непосредственно в пильной рамке с помощью специального устройства.

Для получения максимального изгибающего момента у поперечин устанавливали пилы с минимальным шагом 23 мм. Силы распора струбцин контролировали с помощью четырех динамометров сжатия ДС-5, устанавливаемых между крайними пилами и струбцинами. Максимальные силы распора струбцин приняты по результатам статистических замеров в производственных условиях на рамах РД 75-6, РД 75-7 и равнялись 30 кН.

На рис. 2 приведены эпюры напряжений от распора струбцин с усилием 30 кН (а), от натяжения 12 пил (б) и от совместного действия распора струбцин и натяжения 12 пил (в). В случае а напряжения значительны, особенно в стойках, в местах их запрессовки в поперечины. В указанных сечениях с внутренней стороны контура возникают растягивающие, а с внешней стороны — сжимающие напряжения пропорциональные расстоянию между струбцинами и сечением запрессовки и максимальные у верхней поперечины. У мест запрессовки напряжения растяжения несколько больше, чем напряжения сжатия. Это вызвано тем, что под струбцинами наблюдается овализация поперечных сечений

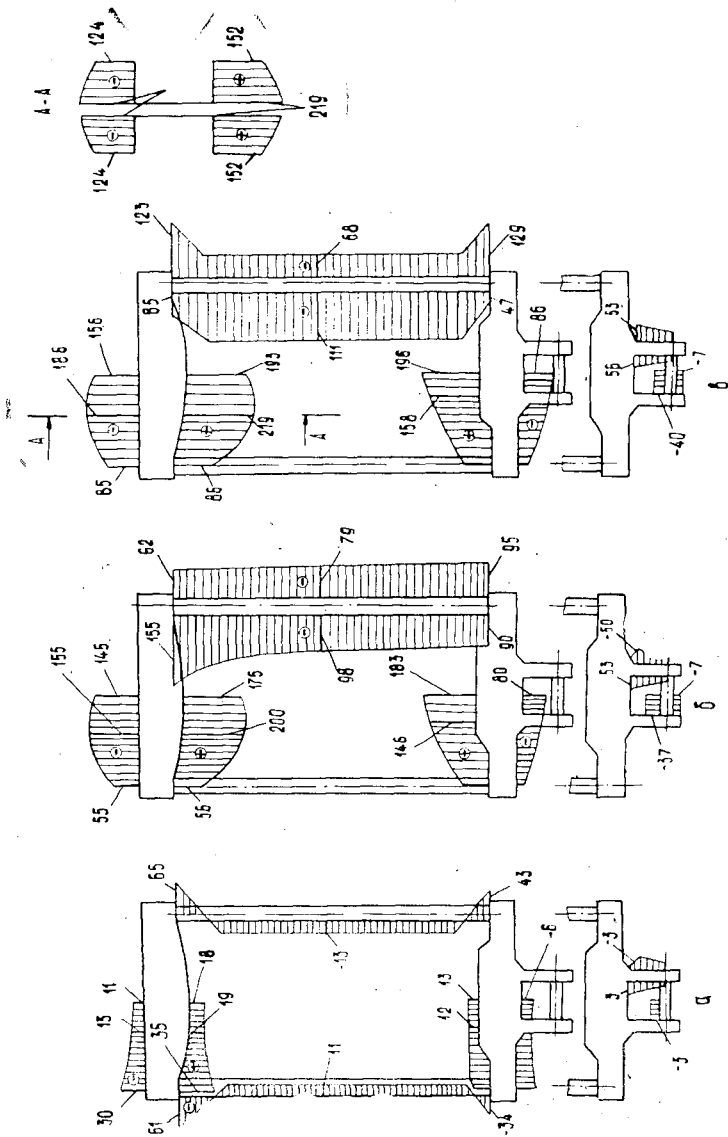


Рис. 2.

стоек, приводящая к возрастанию напряжений растяжения, с внутренней стороны контура только в прилегающих к струбцинам сечениях. Поэтому у верхней поперечины разница этих напряжений составляет 4, а у нижней 9 МПа.

Напряжения в поперечинах от распора струбцин не превышают 35 МПа и достигают максимального значения в их концевых сечениях с внутренней стороны контура.

Максимальные напряжения от натяжения пил во всех деталях ПР возникают, в основном, с внутренней стороны контуров (рис. 2, б). При этом у верхней поперечины наиболее опасное сечение расположено на расстоянии 120 мм от оси ПР (рис. 1). Здесь на поверхности полки растянутого пояса в зоне соединения двух наклонных ребер значения напряжений в 1,15 раза больше, чем в центральном сечении. У нижней



поперечины, наоборот, напряжения растяжения в центральном сечении в 1,25 раза больше, чем в сечении, проходящем через проушину.

При натяжении пил стойки испытывают деформации сжатия и изгиба. Поэтому напряжения сжатия больше с внутренней стороны контура стоек и достигают максимального значения в местах их запресовки в поперечины; причем в стойках у верхней поперечины напряжения в 1,6 раза больше, чем у нижней. Это вызвано тем, что из-за меньшей жесткости у верхней поперечины прогибы и углы поворота концевых сечений существенно больше, чем у нижней поперечины. Максимальные напряжения растяжения и сжатия в проушинах и шатунном пальце от натяжения пил не превышают соответственно 53 и 37 МПа.

От совместного действия распора струбцин и натяжения пил напряжения в деталях ПР максимальны в тех же сечениях, что и от натяжения пил (рис. 2, в). Различие заключается лишь в том, что напряжения сжатия в стойках максимальны с наружной стороны контура, а у верхней поперечины они уменьшились на 27 МПа.

Исследования показали, что у верхней и нижней поперечин напряжения растянутого пояса соответственно в 1,3 и 2,2 раза больше, чем сжатого. Это существенно снижает их несущую способность, так как при одинаковых по абсолютной величине растягивающих и сжимающих напряжениях наиболее опасны для прочности детали напряжения растяжения.

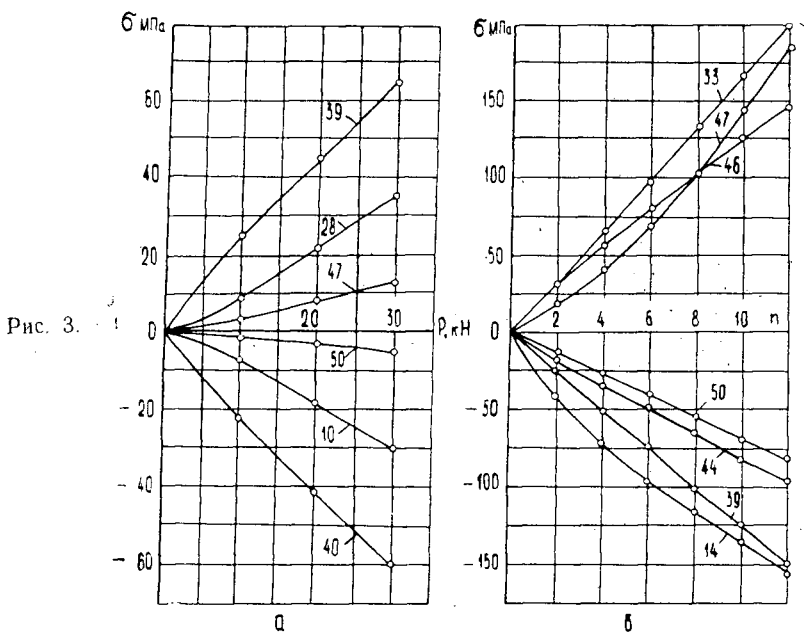
Большое различие напряжений растяжения и сжатия в одних и тех же сечениях поперечин вызвано, прежде всего, тем, что центры тяжести сечений находятся не на середине их высоты, а смещены в сторону сжатых поясов. В связи с этим моменты сопротивления сечений изгибу сжатых поясов больше, чем растянутых, а их отношения для данной ПР составляют 1,15 у верхней поперечины и 1,25 у нижней.

Кроме того, балки верхней поперечины, имеющие швеллерное сечение и жестко защемленные по концам, испытывают при изгибе еще и незначительное стесненное кручение. В результате этой деформации напряжения по ширине полок распределяются неравномерно (рис. 2, в), максимальны в угловых точках стенок и по абсолютной величине больше в растянутом поясе.

Существенное влияние на характер распределения напряжений в сечениях нижней поперечины, а также на величину напряжений оказывает шатунный палец. В случае ослабления пальца в проушинах напряжения растяжения и сжатия в опасном сечении поперечин возрастают до 200 и —125 МПа, а их отношение меньше и составляет 1,6.

От распора струбцин и натяжения пил напряжения в различных сечениях деталей ПР изменяются не пропорционально прикладываемым нагрузкам, особенно на первом этапе нагружения, когда интенсивно происходит перераспределение контактных деформаций в местах жесткого соединения элементов. Сказанное подтверждается кривыми на рис. 3, где приведены изменения напряжений  $\sigma$ , МПа, в наиболее напряженных зонах в зависимости от усилия распора струбцин  $P$ , кН, (а) и от натяжения пил ( $n$  — количество пил; б). Цифры на графиках соответствуют определенному датчику.

Исследования показали, что напряжения в опасных сечениях деталей ПР от статических сил меньше для лесорамы 2Р 63-1, чем для наиболее распространенной лесорамы РД 75-6. Различия в опасных сечениях для верхней и нижней поперечин составляют соответственно 30 и 25 %, а для стоек — 60 %. Существенное уменьшение напряжений в стойках исследованной ПР вызвано, прежде всего, применением более жесткой трубы с размерами 102×30 мм. Кроме того, увеличение жест-



кости поперечных сечений поперечин при их меньшей длине привело к уменьшению углов поворота концевых сечений поперечин и прогибов стоек.

### Выводы

1. От статических сил напряжения на поверхности деталей распределяются неравномерно. Наибольшие их значения в сечениях: у верхней поперечины — на расстоянии 120 мм от оси ПР; у нижней поперечины — по оси ПР; у стоек — в местах их запрессовки в поперечины.

2. Напряжения растянутых поясов поперечин по абсолютной величине в 1,3—2,2 раза больше, чем сжатых. Поэтому несущую способность поперечин в данной конструкции используют неполностью.

3. Масса ПР лесорам 2Р 63-1 и 2Р 63-2 может быть снижена на 10—15 % без ущерба для ее прочности за счет применения стоек с поперечными размерами, что и у рамы РД75-6, смещения центров тяжести сечений поперечин в сторону растянутых волокон.

Поступила 1 апреля 1980 г.

УДК 630\*812

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СУЧКОВ

Л. А. ГУБЕНКО, С. В. ЛУКАЧЕВ, В. Е. ПОЛЯКОВ

Ленинградский инженерно-строительный институт

Прочностные и упругие характеристики древесины сучков существенно отличаются от характеристик древесины основного материала. Указанные показатели изучены в работе В. П. Левченко [6].

Упругие характеристики древесины сучков по различным осям анизотропии можно определить при статических испытаниях согласно ГОСТам [4, 5]. Однако изготовление образцов необходимых размеров по этим ГОСТам связано с большими трудностями.

Для получения динамических упругих характеристик наиболее приемлем импульсный ультразвуковой метод, основанный на замере параметров распространения упругих волн в теле образца. Ранее подобные исследования производили на стволовой древесине [1—3].

Исследуемые образцы изготовлялись нами из древесины ствола и сучков сосны размером  $30 \times 30 \times 60$  мм. В момент испытаний влажность равнялась 12 %.

Как указано в работе [2], условия распространения упругой волны в безграничной среде приблизительно можно обеспечить для образца произвольной формы и размеров путем выбора частоты акустических преобразователей, при которых измеряемая скорость наибольшая. Такие условия достигаются при частоте 150 кГц.

Скорость прохождения ультразвука  $v$ , м/с, вычисляли по формуле

$$v = 10^6 l / t,$$

где  $l$  — размер образца в направлении прозвучивания, м;  
 $t$  — время распространения упругой волны, мкс.

Динамический модуль находили из выражения

$$E = \rho v^2.$$

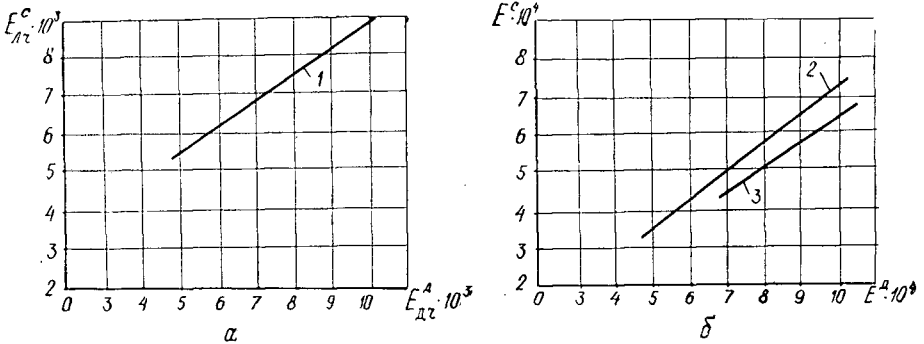
Здесь  $\rho$  — плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  
 $v$  — скорость звука, м/с.

После прозвучивания образцы подвергали статическим испытаниям в соответствии с ГОСТами [4, 5].

Результаты испытаний представлены в таблице, уравнения связи статического и динамического модулей — на рис. 1. Так как показатель точности не превышал 5, то надежность эксперимента достаточна. Отношение коэффициента корреляции к его ошибке больше 3, следовательно, связь между двумя свойствами доказана.

Показатели	$n$	$M$	$\pm \sigma \times 10^4$	$\pm m \times 10^4$	$V \%$	$P \%$	$r \pm m_r$	$r/m_r$	$k$
$E_{ca}^d$ МПа	24	989	0,425	0,16	7,4	2,8	$0,917 \pm 0,06$	15,0	1,56
$E_{ca}^c$ "	24	576	0,300	0,11	5,2	1,9	$0,917 \pm 0,06$	15,0	1,56
$E_{cr}^d$ "	22	600	0,830	0,18	13,9	2,9	$0,909 \pm 0,087$	10,5	1,40
$E_{cr}^c$ "	22	428	0,640	0,14	14,9	3,2	$0,909 \pm 0,087$	10,5	1,40
$E_{dr}^d$ "	20	106	0,800	0,47	7,7	4,6	$0,966 \pm 0,04$	24,2	1,10
$E_{dr}^c$ "	20	95	0,660	0,38	6,2	3,9	$0,966 \pm 0,04$	24,2	1,10

Примечание.  $E_{ca}^d$  — динамический модуль древесины сучков вдоль волокон;  $E_{ca}^c$  — статический модуль древесины сучков вдоль волокон;  $E_{cr}^d$  — динамический модуль древесины сучков в радиальном направлении;  $E_{cr}^c$  — статический модуль стволовой древесины сучков в радиальном направлении;  $E_{dr}^d$  — динамический модуль стволовой древесины в радиальном направлении;  $E_{dr}^c$  — статический модуль стволовой древесины в радиальном направлении;  $n$  — количество наблюдений;  $M$  — среднее арифметическое;  $\pm \sigma$  — среднее квадратическое отклонение;  $\pm m$  — средняя ошибка среднего арифметического;  $V$  — вариационный коэффициент;  $P$  — показатель точности;  $r$  — коэффициент корреляции;  $m_r$  — ошибка коэффициента корреляции;  $k$  — отношение динамического модуля к статическому, взятому в том же направлении.



Зависимости между статическими и динамическими модулями упругости.

*a* — для древесины ствола; *b* — для древесины сучков; 1 —  $E_{др}^c = 0,784E_{др}^a + 1218$ ;

2 —  $E_{ср}^c = 0,696E_{ср}^a + 1013$ ; 3 —  $E_{са}^c = 0,647E_{са}^a - 560$ .

Данные экспериментов показывают, что динамические характеристики превышают статические. Это объясняется тем, что древесина является идеально упругим материалом и, по гипотезе Хирмона [7], при статических нагружениях происходит накопление повреждений в материале образца. Минимальный коэффициент перехода от динамического модуля к статическому наблюдается у образцов из древесины ствола, максимальный — у образцов из древесины сучков при определении модуля упругости вдоль волокон. Замечено, что у древесины сучков модули упругости вдоль и поперек волокон имеют один и тот же порядок. Следовательно, древесина сучка менее анизотропна по сравнению с древесиной ствола. Это можно объяснить повышенной смолистостью сучков, которая приводит к склеиванию волокон, их объединению в единое монолитное целое, выравниванию структуры. Коэффициент перехода от динамического модуля к статическому у древесины сучков поперек волокон меньше, чем вдоль. Это можно объяснить тем, что в поперечном направлении доля пластических деформаций меньше, чем в продольном. Модули упругости в радиальном направлении древесины сучка почти в 5 раз превышают модули упругости древесины ствола.

В результате наших исследований установлено, что сучок отличается по свойствам от древесины ствола; это необходимо учитывать при решении теоретической задачи о распределении напряжений в сучковом элементе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Александров К. С. Измерение упругих постоянных древесины импульсным методом. — Научн. тр./ Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1962, т. 51. [2]. Ашкенази Е. К. и др. Импульсный метод определения модулей упругости и модулей сдвига древесины / Гершберг М. В., Капустин М. Г. — Заводская лаборатория, 1978, № 8. [3]. Ашкенази Е. К., Капустин М. Г. Неразрушающий контроль качества древесины и фанеры. Л.: ЛДНТИ, 1978. [4]. ГОСТ 16483.25—73. Древесина. Метод определения модуля упругости при сжатии поперек волокон. [5]. ГОСТ 16483.24—73. Древесина. Метод определения модуля упругости при сжатии вдоль волокон. [6]. Левченко В. П. Упругие деформации древесины сучков сосны. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1974, № 4. [7]. Hearmon R. F. C. Elasticity of wood and plywood. Forest product Research. — Spec. rep., London, 1948, No 7, p. 57.

Поступила 23 июля 1979 г.

УДК 630\*812 : 674.031.32

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ СОРТОВЫХ ТОПОЛЕЙ

И. Я. КАЗАНЦЕВ, И. В. ЯКИМОВ

Воронежский лесотехнический институт, ЦНИИЛГиС

В настоящее время имеются относительно полные данные по физико-механическим свойствам древесины осины и тополей черного и белого [5—7, 9]. Подобные данные по интродуцированным и селекционным видам, клонам, сортам и гибридам крайне незначительны или вообще отсутствуют [4, 8].

Нами исследована древесина 15 видов и сортов тополей. Модельные деревья брали в популетуме на острове Большом Долгом, расположенном несколько севернее г. Астрахани в переходной части от поймы к дельте. Лесорастительные условия популетума среднеблагоприятные для роста тополей [2, 3]. Заготовку кражей, образцов и определения физико-механических свойств древесины проводили по ГОСТам 11483—65 — 11499—65 [1]. Образцы испытывали на кафедре сопротивления материалов Воронежского ЛТИ.

На основании анализа показателей физико-механических свойств древесины тополей можно утверждать, что качество древесины определяется наследственными особенностями вида или сорта тополя и его устойчивостью в данных условиях местопроизрастания. Результаты испытаний сгруппировали по ботаническим секциям тополей (при 15 %-ной влажности), соответствующим группе их перспективности для разведения [2] (см. табл.).

Плотность древесины разных видов и сортов тополей изменяется в широких пределах. Так, у осокоря она наиболее высокая, у тополя русского самая низкая. Эта разница весьма существенна (+37,0 %).

Высокую плотность древесины имеют перспективные для разведения клоны и сорта евроамериканских тополей: Брабантика № 175, Каролинский № 162, Бахельери, Мощный № 236, Сакрау № 59, Весенне-

Секция тополей	Число годовичных слоев в 1 см, шт.	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел	
			при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе
Черные:				
осокорь	1,37	556 ± 7,7	35,9 ± 0,7	—
пирамидальный	1,29	425 ± 5,7	30,1 ± 0,51	—
канадский	0,97	439 ± 4,3	28,1 ± 0,52	42,7 ± 0,71
русский, Мичуринец	1,25 ÷ 1,49	350 ÷ 383	22,8 ÷ 25,4	35,3 ÷ 49,1
	1,37	367 ± 3,6	24,1 ± 0,39	42,2 ± 0,4
евроамериканские*	0,79 ÷ 1,06	466 ÷ 495	30,9 ÷ 38,4	64,3 ÷ 70,7
	0,98	483 ± 2,3	35,4 ± 0,28	67,3 ± 0,92
Бальзамические**	1,21 ÷ 1,64	430 ÷ 460	27,9 ÷ 30,6	42,4 ÷ 57,9
	1,47	466 ± 3,4	29,7 ± 0,43	49,9 ± 1,52
Белые Болле	1,10	388 ± 6,8	25,6 ± 0,5	50,3 ± 1,73

**Примечание.** В числителе минимальные и максимальные значения показателей для группы. Одной звездочкой обозначены тополя: Брабантика № 175, Каролинский — бальзамический, бальзамический с серым № 4Б, осина с канадским

красный. Все эти клоны и сорта по морфологическим и биологическим признакам близки к группе «мощного», а некоторые авторы [4] отмечают, что по исследованиям в ГДР в культурах 4—8-летнего возраста тополь «мощный» имел самую тяжелую древесину. Тополя, в большей степени повреждающиеся щитовкой обыкновенной и стволовыми гнилями, имеют древесину меньшей плотности: канадский, черный, пирамидальный, Мичуринец, русский, бальзамический, Болле, гибриды осины и канадского № 3Б, а также бальзамического и серого № 4Б.

Пределы прочности древесины при механических нагрузках в той или иной степени положительно коррелируют с плотностью древесины [6]. По нашим данным, высокая корреляционная связь оказалась между плотностью древесины разных видов и сортов тополей и пределом прочности их при сжатии вдоль волокон. Коэффициент корреляции составил  $+0,878 \pm 0,0594$ . Пределы прочности при сжатии вдоль волокон, вычисленные по уравнению регрессии, отличаются от фактических в меньшую сторону на 5,8 % и в большую сторону на 13,4 %. Максимальная разница между пределами прочности при сжатии вдоль волокон между тополями Сакрау № 59 и русским составляет 40,6 %.

Существенны максимальные различия в пределах прочности и по другим видам испытаний: при статическом изгибе между тополями мощный № 236 и русский — 50,0 %, при растяжении вдоль волокон между тополями Сакрау № 59 и Мичуринец — 51,2 %, при скалывании в тангентальной и радиальной плоскостях между тополями Брантика № 175 и Болле — 42,1 %, при раскалывании в тангентальной и радиальной плоскости между осокорем и гибридом бальзамическим с серым № 4Б — 42,7 %.

Н. Гельмезину (Румыния) исследовал физико-механические свойства древесины евроамериканских тополей, а Калди и Паллаи (Венгрия) — тополей белого, черного, Мариландика, Позднего, Мощного и осины [4]. Их данные близки к нашим. Древесина евроамериканских клонов и сортов тополей существенно уступает древесине осокоря и осины только по прочности при растяжении вдоль волокон [6, 7]. Древесина тополя Болле по физико-механическим свойствам уступает древесине тополей белого и серого [7, 9].

прочности, МПа			Сопротивление раскалыванию · 10 <sup>3</sup> , Н/м	
при растяжении вдоль волокон	при скалывании в тангентальной плоскости	при скалывании в радиальной плоскости	в тангентальной плоскости	в радиальной плоскости
—	—	—	15,0 ± 1,3	13,9 ± 0,4
—	—	—	10,7 ± 0,4	9,8 ± 0,6
63,9 ± 6,18	8,5 ± 0,62	7,8 ± 0,57	12,3 ± 0,4	11 ± 0,7
42,8 ± 49,4	—	—	10,7 ± 11,5	—
46,1 ± 3,18	—	—	11,1 ± 0,8	9,4 ± 0,4
76,5 ± 87,8	7,9 ± 9,5	6,4 ± 8,5	11,4 ± 13,9	9,2 ± 11,9
81,5 ± 2,31	8,5 ± 0,2	7,9 ± 0,23	12,6 ± 0,2	10,8 ± 0,2
—	—	—	10,6 ± 12,8	8,6 ± 11,3
—	—	—	12,0 ± 0,5	10,0 ± 0,9
59,5 ± 7,48	6,1 ± 0,73	5,5 ± 0,69	13,1 ± 0,8	9,8 ± 1,0

лей свойств древесины тополей внутри группы; в знаменателе — средние значения и их линский № 162, Бахальери, Мощный № 236, Сакрау № 59, Весенне-красный; двумя № 3Б.

Таким образом, наиболее высококачественную древесину имеют перспективные для разведения клоны и сорта евроамериканских тополей. Эти клоны и сорта тополей биологически наиболее устойчивы на Нижней Волге, обладают гетерозисом, что, видимо, и позволяет им формировать более плотную и прочную древесину.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Древесина. Методы испытаний. ГОСТы. Изд. офиц. — М., 1968. [2]. Казанцев И. В. Сортовые тополя в условиях Волго-Ахтубинской поймы. — Лесн. хоз-во, 1971, № 12. [3]. Казанцев И. Я. Лесорастительные условия в Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги после зарегулирования стока реки. — В кн.: Генетика, селекция и интродукция лесных пород. Воронеж, 1974, вып. 1. [4]. Озолн Г. П., Ростовцев С. А. Культура и селекция тополей и ив в социалистических странах. — М.: ЦНИИТЭИлеспром, 1963. [5]. Перельгин Л. М. Качество древесины тополей. — Лесн. хоз-во, 1938, № 2. [6]. Перельгин Л. М. Древесиноведение. — М.: Советская наука, 1957. [7]. Пойменные леса/ В. Р. Карлин, И. В. Трещевский, В. Г. Шаталов, И. В. Якимов. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. [8]. Стоянов В., Енчев Е. Физико-механические свойства на дървесината на наши и чужди тополеви хибриди, культивирани на типични топоволи месторастения. — Горско стопанство, 1970, т. 7, № 2. [9]. Якимов И. В. Физико-механические свойства древесины тополей. — Науч. тр./ Воронежск. лесотехн. ин-т. М.: Лесн. пром-сть, 1971, т. 33.

Поступила 25 января 1980 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.023.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛОРА  
И ЕГО КИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
КАК ОТБЕЛЬНЫХ РЕАГЕНТОВ

Т. А. ТУМАНОВА, Е. И. МАЛЬКОВА, Л. Н. ПАХОМОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Растворы кислородных соединений хлора (гипохлоритов, двуокиси хлора, хлоритов), широко применяемые в качестве отбельных реагентов в целлюлозно-бумажном производстве, являются неравновесными системами. В этих растворах без восстановителей протекают реакции диспропорционирования (саморазложения). Ряд авторов [2—4] рассматривает наложение реакций хлоратного разложения и разложения с выделением кислорода (по кислородному типу).

В отбельных растворах в присутствии целлюлозы или других восстановителей процессы саморазложения окислителя подавляются и скорость процесса разложения окислителя по кислородному типу преобладает над скоростью реакций, протекающих с образованием хлората.

Однако при выборе окислителя следует сравнивать несколько процессов: 1) саморазложение (эти реакции необходимо учитывать при приготовлении и хранении отбельных растворов, а также при отбелке целлюлозы); 2) окисление лигнина и целлюлозы; 3) образование хлорированных продуктов лигнина, целлюлозы, низкомолекулярных продуктов окисления лигнина и целлюлозы.

Расход активного хлора ( $\Delta$ а.х.) в отбельном растворе распределяется на все эти три процесса.

Ранее нами показано, что на процессы разложения в отбельных растворах без целлюлозы и других восстановителей больше всего расходуется хлора ( $\Delta$ а.х.) в растворах гипохлоритов с  $\text{pH} = 7,0$  и в растворах двуокиси хлора с  $\text{pH} = 3,5$ , что приводит к потере активного хлора [1]. Эти потери в растворах гипохлоритов при  $25^\circ\text{C}$  могут составлять до 25 %, в растворах хлорноватистой кислоты ( $\text{pH} = 5,2$ ) — до 15 %, в растворах двуокиси хлора при температуре  $70^\circ\text{C}$  — до 30—40 %; в растворах хлоритов потери на разложение окислителя за счет реакций диспропорционирования не превышают 10 % (температура  $70^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH} = 3,5$ ). Следовательно, растворы хлоритов экономически более выгодны.

При наличии сульфатной целлюлозы в растворах гипохлорита с  $\text{pH} = 7,0$  количество активного хлора на реакции диспропорционирования уменьшается до 2 %, в растворах хлорноватистой кислоты — до 8 %.

В работах [4—6] показано, что, с точки зрения потери активного хлора на образование хлората, следует отдать предпочтение растворам хлоритов и растворам гипохлоритов с  $\text{pH} = 7—8$ , в которых при отбелке целлюлозы практически хлорат не образуется.

Анализ отбельных растворов на содержание активного хлора, хлорида, хлората в процессе отбелки позволяет сделать баланс по активному хлору,  $\Delta$ а.х.



В данной работе приведены результаты исследований по составу отбеленных растворов гипохлоритов (рН=5,2; 7,0; 8,0; 9,0; 10), двуокиси хлора (рН=2,0; 3,5; 4,5; 6,0) и хлоритов (рН=3,5; 4,5; 6,0) при окислении хлопковой целлюлозы и небеленой сульфатной целлюлозы хвойных пород древесины (табл. 1).

Таблица 1

## Характеристика целлюлоз

Вид целлюлозы	Содержание, %					Вязкость 1 %-ных растворов $\times 10^4$ , Па · с	$M \times 10^4$
	$\alpha$ -целлюлозы	лигнина	альдегидных групп	карбонильных групп	карбоксильных групп		
Сульфатная высоковязкая	95,5	5,3	0,84	0,067	289	428	21
Сульфатная высоковязкая	94,9	3,6	0,64	0,050	190	350	20,2
Сульфатная низковязкая	95,2	2,6	0,48	0,025	195	177	19,4
Хлопковая	99,6	0	0,24 $\times 10^{-2}$ *	1,97 $\times 10^{-2}$ *	0,23 $\times 10^{-2}$ *	—	98

Примечание. Звездочкой обозначены данные в молях на глюкозидный остаток.  $M$  — молекулярная масса.

Образцы целлюлоз отбеливали растворами различной концентрации по активному хлору при температурах 25, 35, 50, 60, 70 °С.

Содержание активного хлора анализировали йодометрическим методом, ионов хлорида — аргентометрическим и хлората — перманганатометрическим.

Баланс распределения расхода активного хлора в процессе отбелики показывает, что собственно процессы отбелики включают реакции окисления и образования хлорирования продуктов (расход активного хлора на эти продукты обозначен через  $\Delta A$ ). В эти реакции могут входить также реакции, приводящие к деструкции целлюлозы, связыванию хлора низкомолекулярными продуктами окисления (табл. 2).

При изучении состава раствора окислителя в присутствии целлюлозы методом баланса по хлору установлено, что соотношение скоростей процессов окисления и образования хлорпроизводных (связывание хлора) определяется природой окислительной системы. В пределах каждой системы окислителя количественная мера этих процессов зависит от рН растворов, концентрации и температуры, а также от вида целлюлозного материала.

Так, при отбелке растворами гипохлоритов преобладают процессы окисления целлюлозы и лигнина. В процессе обработки, например, сульфитной целлюлозы растворами гипохлоритов до 93 %  $\Delta$  а. х. идет на окисление и только около 5 % — на образование хлорированных соединений, что значительно меньше, чем для сульфатной целлюлозы. В растворах хлорноватистой кислоты ~ 66 % хлора расходуется на окисление и до 25 % хлора связывается окисленными продуктами.

При отбелке в растворах гипохлоритов с рН=9—10 скорости всех процессов замедлены, но преобладают реакции окисления концевых групп лигнина и целлюлозы.

Обработка сульфатной целлюлозы растворами гипохлоритов средней концентрации по активному хлору в области рН=7—10 вообще не приводит к образованию хлорорганических соединений (табл. 2). Повышение концентрации гипохлоритов вызывает изменение соотношения скоростей процессов: увеличивается доля активного хлора, приходящегося на образование хлорированных веществ. Повышение температуры при отбелке целлюлозы щелочными растворами гипохлоритов приводит к ускорению всех процессов, в том числе и протекающих с образо-

Таблица 2

Баланс по расходу хлора ( $\Delta$  а.х.) при отбелке сульфатной целлюлозы

Длительность отбелики, мин	$\Delta$ Cl <sup>-</sup> , % от $\Delta$ а.х.	$\Delta$ ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , % от $\Delta$ а.х.	$\Delta$ А, % от $\Delta$ а.х.	Реагент, режим отбелики
5	100	0	0	NaClO, pH=8, содержание активного хлора 0,02 г.экв/л, температура 25 °С
30	93,3	0	6,7	
60	89	0	11,0	
5	37,5	0	62,5	
30	93	0	7,0	То же, температура 35 °С
30	60	16,7	23,3	То же, pH=9, температура 25 °С
30	62,5	13,8	23,7	То же, температура 35 °С
30	49,3	0	50,7	То же, pH=10, температура 25 °С
30	24,0	30,0	46,0	То же, pH=10, температура 35 °С
30	58,7	0	41,3	То же, pH=7, температура 25 °С
30	73,7	0	26,3	То же, температура 35 °С
5	21,4	23	55,6	NaClO <sub>2</sub> , pH=3,5, температура 70 °С
30	22,6	29,5	47,9	
5	21,8	56,5	21,8	То же, pH=4,5
30	19,2	48,7	32,7	
60	22,4	25,0	52,5	То же, pH=6,0
5	14,4	39,6	40	ClO <sub>2</sub> , pH=3,5, температура 70 °С
30	12,4	39,5	48	
5	14,3	45,5	20,4	ClO <sub>2</sub> , pH=4,5, температура 70 °С.
30	20,3	57,7	22	

Таблица 3

Образование хлората в растворах хлорита (двуокиси хлора)

pH раствора	Длительность окисления, мин	Содержание хлората, % от исходного количества активного хлора,		
		в растворах с хлопком	в растворах без хлопка	за счет окисления целлюлозы
3,5	15	8,9	6,6	2,3
		5,3	3,7	1,6
	60	16,8	14,4	2,4
		10,5	8,2	2,3
	300	21,4	18,8	2,6
		13,2	9,7	3,5
4,5	15	3,9	1,5	2,4
		2,5	0,7	1,8
	60	6,6	2,7	3,9
		4,3	1,3	3,0
	300	7,8	3,9	3,9
		5,5	2,0	3,5

Примечание. В числителе данные при температуре 70 °С; в знаменателе — 60 °С.

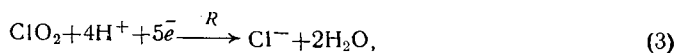
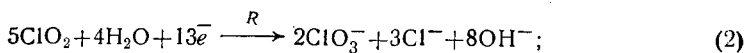
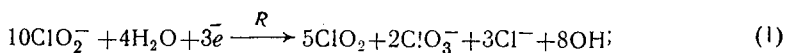
ванием хлорированных продуктов (например, при температуре 35 °С — до 20 %).

В растворах хлоритов и двуокиси хлора основными являются реакции, приводящие к образованию их хлорпроизводных. Основное количество связанного хлора приходится на лигнин. Это подтверждается данными изучения взаимодействия отбелных растворов с хлопковой целлюлозой (табл. 3), предварительно обработанной растворами хлора. Расход активного хлора на образование хлорпроизводных прямо пропорционален содержанию лигнина в целлюлозе.

В растворах хлоритов при всех условиях скорость образования хлорированных продуктов лигнина также преобладает над другими.

Анализ экспериментальных данных по обработке целлюлоз растворами отбелных реагентов показал, что основное количество хлора связывается лигнином и продуктами его окисления.

В отбелных растворах гипохлорита хлорат образуется только за счет реакций диспропорционирования окислителя, а в растворах хлоритов и двуокиси хлора — как за счет реакций диспропорционирования, так и при окислении целлюлозы и лигнина. Большая доля его образования приходится именно на реакции отбелных реагентов  $\text{ClO}_2$  и  $\text{ClO}_2^-$  с лигнином. В этих растворах по окислителю можно представить следующие схемы реакций:



где буквой  $R$  обозначен весь целлюлозный комплекс.

Соотношение скоростей этих процессов зависит от pH и температуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Пахомова Л. Н., Туманова Т. А. Изменение состава растворов хлоритов в зависимости от pH и температуры. — Деп. в ВИНТИ 19 мая 1975, № 1359. [2]. Прокопчик А. Ю. Каталитическое разложение гипохлоритов и хлоритов. — Вильнюс: Изд-во АН ЛитССР, 1964. — 195 с. [3]. Толстикова В. П. Взаимосвязь окислительно-восстановительных процессов от pH реакционной среды. — ЖОХ, 1969, т. 39, вып. 2, с. 240—247. [4]. Туманова Т. А., Флис И. Е. Физико-химические основы отбеливания целлюлозы. — М.: Лесн. пром-сть, 1972. — 261 с. [5]. Туманова Т. А., Пахомова Л. Н. Изменение состава растворов хлоритов при окислении сульфатной целлюлозы. — Изв. высш. учеб. заведений. Химия и химическая технология, 1975, т. 18, вып. 7, с. 1145—1148. [6]. Туманова Т. А., Малькова Е. И. Изменение состава растворов гипохлоритов при окислении сульфатной целлюлозы. — Химия и технология бумаги: Межвуз. сб. науч. тр. Л., 1978, вып. 6, с. 3—11.

Поступила 12 мая 1980 г.

УДК 628.543.36 : 622.765

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИОННОГО УПЛОТНЕНИЯ АКТИВНОГО ИЛА С ПОМОЩЬЮ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В. В. СВИРИДОВ, Н. М. ШЕБАЛОВА

Уральский лесотехнический институт

Избыточный активный ил, образующийся на очистных станциях целлюлозно-бумажных предприятий, представляет собой многотоннажный отход, переработка которого — серьезная технологическая задача [3].

Экономичность работы технологической схемы переработки ила во многом определяется стадией уплотнения, осуществляемой с помощью седиментационного или флотационного методов [6, 9, 13]. Эффективность флотации микроорганизмов, как показано нами ранее [12] на примере кормовых дрожжей, можно увеличить за счет некоторых поверхностно-активных веществ (ПАВ), способствующих их дегидратации и коагуляции.

Настоящая работа предпринята с целью изучения влияния различных типов (катионных, катионо-анионных и неионогенных) ПАВ на флотационное извлечение и концентрирование активного ила сточных вод Котласского ЦБК. Выбор указанных ПАВ сделан на основании сведений о величине и знаке  $\zeta$ -потенциала микробиологических взвесей [2, 10, 12], показывающих, что в большинстве случаев они несут на своей поверхности небольшой по величине, и, как правило, отрицательный заряд. Катионными ПАВ служили соли четвертичных аммониевых оснований, содержащих в алкильной части молекулы от 10 до 13 углеродных атомов, а также соли первичных алифатических аминов с 12—14 углеродными атомами (технический продукт АНП). В качестве ПАВ амфотерного типа использованы вещества белковой природы — желатин, водные вытяжки дрожжевых плазмоллизатов (ВВДП), водные вытяжки плазмоллизатов активного ила (ВВАИ), полученные по описанным ранее [12] методикам и хорошо зарекомендовавшие себя при флотации кормовых дрожжей. Из неионогенных ПАВ испытаны смеси полимергомологов на основе алкилфенолов (технический продукт ОП-7) и полиоксиэтилена (ПОЭ) с молекулярным весом 730 000.

Флотационную обработку суспензий активного ила осуществляли в стеклянной колонке диаметром 30 мм и высотой 700 мм. Скорость продувки воздуха контролировали реометром; она составляла 40—50 см<sup>3</sup>/мин. Воздух диспергировался с помощью фильтра Шотта № 3, впаянного в дно колонки. Добавки реагентов вводили в суспензии непосредственно перед их флотационной обработкой при тщательном перемешивании в течение 1—2 мин. Концентрация активного ила в суспензиях колебалась в пределах от 5,0 до 11,0 г/л. Иловый индекс активного ила составлял 100—150 мг/л, зольность — 16 %. Химический состав ила соответствовал данным по Котласскому ЦБК [4]. В ходе флотации периодически определяли остаточное содержание ила в суспензии, а также его концентрацию, влажность и сухую массу во флотослое по стандартным методикам [1]. Пользуясь полученными результатами, рассчитывали степень выделения  $\alpha$ , степень перехода жидкости во флотослой  $\beta$  и коэффициент концентрирования  $\gamma$  активного ила во флотослое, связанные между собой уравнением материального баланса. Связь между величинами  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  имеет глубокий физический смысл, поскольку каждая из них по-своему характеризует склонность частиц активного ила к дегидратации и агрегации во флотослое. Эта склонность проявляется тем сильнее, чем больше  $\alpha$  и  $\gamma$  и чем меньше  $\beta$ .

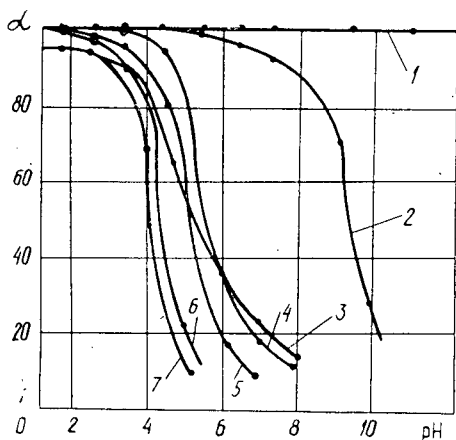


Рис. 1. Влияние концентрации водородных ионов pH на степень выделения  $\alpha$  активного ила с помощью ПАВ.

1 — соли четвертичных оснований (концентрация  $C = 25$  мг/л); 2 — ОП-7 ( $C = 70$ ); 3 — АНП ( $C = 50$ ); 4 — желатин ( $C = 150$ ); 5 — ВВДП ( $C = 150$ ); 6 — ВВАИ ( $C = 150$ ); 7 — ПОЭ ( $C = 30$  мг/л).

На рис. 1—3 и в таблице представлены результаты исследований, которые показали, что ПАВ при определенных для каждого из них условиях в значительной степени интенсифицируют процесс флотационного уплотнения активного ила. Механизм положительного влияния ПАВ на эффективность данного технологического процесса сложен и многообразен. С одной стороны, ПАВ выполняет роль флотореагента (собирателя частиц активного ила), которая заключается в адсорбции ПАВ на поверхности частиц, гидрофобизации и улучшении, вследствие этого, условий прилипания частиц к пузырькам воздуха. С другой стороны, ПАВ выполняет роль флокулянта тонкодисперсных частиц ила во флотослое. При этом положительное действие ПАВ выражается в усилении агрегации частиц ила с разрывом сольватных оболочек и изменением форм связи влаги, что, в свою очередь, приводит к изменению структуры ила и улучшению его водоотдающих свойств. Собирательная способность ПАВ может характеризоваться, в основном, величиной  $\alpha$ , а флокулирующая способность —  $\beta$  и  $\gamma$ .

Реагенты	Концентрация реагента, мг/л	Длительность флотационной обработки, мин	Концентрация ила в суспензии, г/л	Влажность ила, %
Желатин	150	20	5,2	95,0
ВВДП	150	20	6,3	95,3
Соли четвертичных оснований	25	20	8,1	94,0
Без реагента	—	20	5,0	97,8
"	—	60	9,3	96,9
"	—	120	2,8	95,6

Выбор того или иного ПАВ для активации данного технологического процесса следует производить с учетом влияния электролитного состава, температуры, величины pH сточных вод на объемные свойства ПАВ.

Как следует из рис. 1, область значений pH, в которой проявляются собирательные свойства различных по природе ПАВ, соответствует максимальному нахождению их в сточных водах в катионоактивной форме. Так, четвертичные аммонийные соли, ведущие себя в водных ра-

створах как соли сильных оснований, находятся в катионоактивной форме и проявляют собирательные свойства в широкой области значений рН. В отличие от них положительное влияние на флотацию активного ила солей первичных алифатических аминов резко снижается при увеличении значений рН сточных вод выше 4,0, так как при этом понижается диссоциация солей первичных алифатических аминов, представляющих собой соли сравнительно слабых оснований.

Собирательная способность белковых веществ (желатин, ВВДП, ВВАИ) связана с их амфотерностью [11]. Находясь в катионной форме при значениях рН, меньших их изоэлектрической точки, т. е. меньше 4,8—4,9, белки компенсируют отрицательный заряд частиц активного ила и способствуют их флотации. Будучи в анионной форме при значениях рН, больших изоэлектрической точки, белки слабо взаимодействуют с поверхностью частиц и не оказывают сколько-нибудь существенного влияния на флотацию активного ила.

Наконец, наличие оптимальной области значений рН в кислой среде для неионогенных ПАВ с оксиэтиленовой цепью (ОП-7, ПОЭ) объясняется тем, что каждое из них при определенной кислотности образует оксониевые соединения, ведущие себя как катионоактивные вещества [11]. Последние при значениях рН, больших 3,0 (для ПОЭ) и 7,0 (для ОП-7), постепенно теряют собирательные свойства, переходя в незаряженную форму, а в более щелочной среде образуя отрицательно заряженные продукты гидролиза.

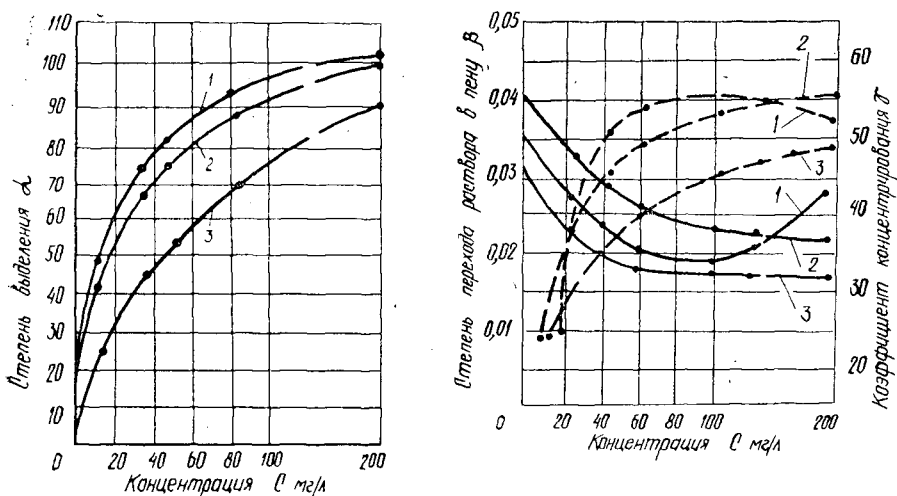


Рис. 2. Влияние концентрации веществ белковой природы  $C$  на степень выделения  $\alpha$ , на степень перехода раствора в пену (сплошные линии) и на коэффициент концентрирования  $\gamma$  (пунктирные линии).

1 — желатин; 2 — ВВДП; 3 — ВВАИ.

Учитывая полученные закономерности, сравнивали эффективность собирательных и флокулирующих свойств ПАВ в области значений рН, оптимальной для большинства из них. На рис. 2 и 3 представлена часть таких результатов, полученных при рН сточных вод, равном 3,5, и времени флотации 20 мин. Как следует из этих результатов, зависимости, связывающие величины  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  с концентрацией ПАВ, введенного в суспензии активного ила, в большинстве случаев имеют монотонный ха-

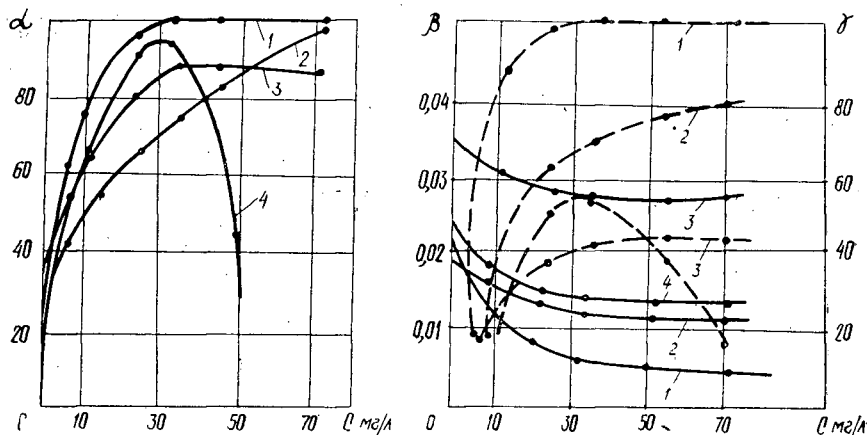


Рис. 3. Влияние природы и концентрации флотореагентов  $C$  на степень выделения  $\alpha$ , на степень перехода раствора в пену  $\beta$  (сплошные линии) и на коэффициент концентрирования  $\gamma$  (пунктирные линии).

1 — соли четвертичных оснований; 2 — ОП-7; 3 — АНП; 4 — ПОЭ.

раक्टर увеличения  $\alpha$  и  $\gamma$  и уменьшения  $\beta$ . Исключение составляют лишь экстремальные зависимости  $\alpha$  от концентрации ПОЭ, а величин  $\beta$  и  $\gamma$  — от концентрации желатина. Это связано, по-видимому, с полислойной адсорбцией, приводящей к стабилизации суспензии активного ила (при повышенных концентрациях ПОЭ), а также с образованием на границе раздела фаз жидкость — газ гелеобразных пленок, удерживающих значительное количество влаги (при повышенных концентрациях желатина).

В целом, лучшими собирательными и флокулирующими свойствами обладают соли четвертичных оснований. С их помощью удается добиться увеличения концентрирования почти в десять раз (при 20-минутной флотационной обработке суспензий активного ила с добавками реагентов коэффициент концентрирования  $\gamma = 170$ , без добавок — лишь 15—20). По своему положительному влиянию на концентрирование ила за четвертичными аммонийными солями следуют соли первичных алифатических аминов, затем вещества белковой природы, и наконец, неионогенные ПАВ.

Существование указанной последовательности, как показали дополнительные исследования, объясняется различием в адсорбции ПАВ на поверхности частиц иловой суспензии. По мере перехода от катионоактивных к неионогенным ПАВ падает прочность их закрепления на поверхности частиц, что обусловлено снижением электростатического характера взаимодействия функциональных групп ПАВ с отрицательно заряженной поверхностью частиц.

Вследствие высокой удельной адсорбции катионоактивных ПАВ на поверхности частиц иловой суспензии, их остаточные концентрации в сточных водах (после флотационной обработки), определявшиеся по методикам [5, 8], не превышают предельно допустимых концентраций [7]. Для веществ белковой природы концентрации находятся в пределах 6—8 мг/л, для солей четвертичных аммониевых оснований — 0,5—1 мг/л. В этих количествах указанные катионоактивные ПАВ не нарушают работу очистных сооружений и природного равновесия в откры-

тых водоемах и могут быть рекомендованы для практического использования.

Высокая эффективность катионоактивных ПАВ наиболее наглядно проявляется лишь при условии невысокой зольности активного ила (не выше 20 %). Сказанное относительно коэффициента концентрирования  $\gamma$  справедливо и для влажности активного ила.

Данные о влиянии природы реагента на влажность уплотненного активного ила приведены в таблице. Результаты показали, что с помощью испытанных нами катионоактивных реагентов удается сократить время флотационного уплотнения ила на целлюлозно-бумажных предприятиях, что приводит к увеличению производительности флотационных установок.

Экспериментально установлено, что область значений рН, в которой проявляется положительное действие различных по природе ПАВ; следующая: для солей четвертичных оснований — в пределах от 1,0 до 11,0, для АНП — от 1,0 до 5,0, для ОП-7 — от 1,0 до 7,0, для веществ белковой природы — от 1,0 до 4,5.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Апухтина Л. Л., Ковалева А. А., Ломова М. Я. Анализ сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности. — М.: ЦНИИ информ. техн.-экон. исслед. лесн., ЦБП, деревообраб. пром-сти и лесн. хоз-ва, 1966. — 66 с. [2]. Дмитроченко А. П., Евилевич А. З., Черепанова А. И. Производство и использование белково-витаминного ила из сточных вод гидролизной промышленности. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 160 с. [3]. Евилевич М. А. Очистка сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1970. — 148 с. [4]. Евилевич М. А., Черноусов Ю. И. Утилизация активного ила предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1977. — 47 с. [5]. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ сточных вод. — М.: Химия, 1966. — 278 с. [6]. Очистка производственных сточных вод. — М., 1973, № 5, с. 53—62. [7]. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде и воздухе: Справочник. — Л.: Химия, 1975. — 456 с. [8]. Предтечинский В. Е. Руководство по клиническим лабораторным исследованиям. — М.: Медгиз, 1960. — 355 с. [9]. Применение напорной флотации для уплотнения избыточного активного ила производства синтетических жирозаменителей/ И. Г. Шкляревский, П. И. Ушмирский, В. А. Мадаренко. — В кн.: Научн.-техн. сб. М., 1977, № 2. Нефтепереработка и нефтехимия, с. 32—34. [10]. Проскураков В. А., Шмидт Л. И. Очистка сточных вод в химической промышленности. — М.: Химия, 1977. — 276 с. [11]. Пушкарев В. В., Трофимов Д. Н. Физико-химические особенности очистки сточных вод от ПАВ. — М., Химия, 1975. — 144 с. [12]. Свиридов В. В., Шебалова Н. М., Семенов В. П. Об интенсификации процесса флотационного выделения кормовых дрожжей. — Гидролизн. и лесохим. пром-сть, 1977, № 3, с. 17—18. [13]. Turner M. T. The use of dissolved air flotation for the thickening sludge. — Appl. Chem. Eng. Treat. Sewage and Inot Liquid Influence. London, 1975, N 1—13.

Поступила 7 апреля 1980 г.

УДК 674.03:678.046

### СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВЕСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

М. М. РЕВЯКО, Т. А. БУТЬКО, Ж. М. ЗЮСКЕВИЧ

Белорусский технологический институт

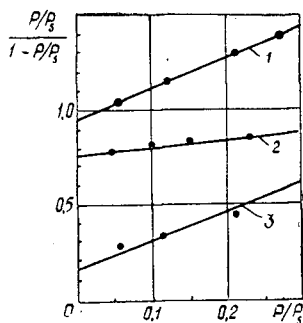
Композиционные материалы на основе синтетических полимеров и различных наполнителей древесного происхождения занимают важное место в производстве пластических масс. При рассмотрении композиционного состава необходимо знать структурные характеристики веществ, составляющих композицию.

При определении удельной поверхности измельченных древесных наполнителей в качестве адсорбируемого вещества применяли пары азота при температуре его кипения,



так как это чисто физическая адсорбция и молекулы азота неполярны и сравнительно невелики. Адсорбцию измеряли на объемной установке [3]. Азот, употребляемый для опыта очищали от влаги и примесей углекислого газа и кислорода пропусканием через хлористый кальций, натронную известь, медные стружки (нагретые до 673 К) и пятиокись фосфора.

Навеску образца откачивали в течение 4 ч при температуре 353 К до давления порядка  $133 \cdot 10^{-5}$  Па. С помощью датчика азота в системе задавали давление от 66,5 до 332,5 гПа. Ампулу с образцом при отключенном датчике от манометра погружали в сосуд Дьюара с жидким азотом. По истечении времени, необходимого для выравнивания температур, измеряли давление пара. Равновесие считали достигнутым, если давление оставалось постоянным в течение 10 мин [2]. При адсорбции паров азота на измельченных древесных наполнителях равновесие установилось быстро.



Изотермы адсорбции азота в координатах уравнения БЭТ.

1 — древесное волокно; 2 — древесные опилки (ГОСТ 12431—72); 3 — древесная мука (ГОСТ 911—62).

Удельную поверхность адсорбента вычисляли по уравнению БЭТ: полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эммета и Теллера; она оправдывается обычно в интервале относительных давлений 0,05—0,35 [1, 2]. Применимость этого уравнения для изучаемых образцов подтверждается тем, что изотермы адсорбции представляют собой прямые линии (см. рис.). По наклону прямолинейных участков изотерм адсорбции и по отрезку, полученному при экстраполяции этих прямых до  $\frac{P}{P_s} = 0$ , определяли емкость мономолекулярного слоя, т. е. количество адсорбируемого вещества, достаточное для покрытия поверхности плотным мономолекулярным слоем.

Количество азота  $n_i$ , молей, адсорбированное на древесном адсорбенте, рассчитывали следующим образом:

$$n_i = \frac{V(P_i - P_{ip})}{RT} + \frac{0,125 \cdot 10^{-6} (P_i + P_{ip})(P_i - P_{ip})}{RT} - \frac{(P_{ip} - P_{(i-1)p})(V_1 - V_2)}{RT} - \frac{(P_{ip} - P_{(i-1)p}) \left( V_2 - \frac{m}{\rho} \right)}{RT_1},$$

где  $V$  — объем рабочей части системы, м<sup>3</sup>;

$V_1$  — объем ампулы с образцом, м<sup>3</sup>;

$V_2$  — объем холодной части ампулы, м<sup>3</sup>;

$P_i$  — давление азота в рабочей части системы, Па;

$P_{ip}$  — равновесное давление азота в рабочей части системы, Па;

$T$  — температура рабочей части системы, К;

$T_1$  — температура жидкого азота, К;

$m$  — навеска адсорбента, кг;

$\rho$  — плотность адсорбента, кг/м<sup>3</sup>;

$R$  — газовая постоянная.

В приведенном уравнении учитывают количество азота, которое, уходит, во-первых, из рабочей части системы при сорбции, а во-вторых, из объема манометра при открывании на ампулу, а также количество несорбированного азота в объемах ампулы, находящихся при температуре опыта и температуре жидкого азота.

Вид образца	$a_m$ моль/кг	$S_{уд} \cdot 10^3$ м <sup>2</sup> /кг
Древесное волокно	0,43	42,6
Древесная мука (ГОСТ 911—62)	0,61	59,1
Древесные опилки (ГОСТ 12431—72)	0,84	82,4

В таблице приведены значения емкости мономолекулярного слоя  $a_m$  и удельной поверхности  $S_{уд}$  для различных образцов древесных наполнителей. Удельные поверхности изученных древесных наполнителей значительно больше удельных поверхностей волокнистых наполнителей пластмасс. Структура наполнителей вносит существенные различия в свойства наполненных композиций при использовании однотипных модификаторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Баталин Г. И. Расчеты по физической химии. — Киев: «Вища школа», 1977, с. 18. [2]. Практические работы по адсорбции и газовой хроматографии/ Под ред. А. В. Киселева. — М.: МГУ, 1968, с. 68. [3]. Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии/ Под ред. А. В. Киселева, В. П. Древинга. — М.: МГУ, 1973, с. 75.

Поступила 25 февраля 1980 г

УДК 630\*813

## СОПОСТАВЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ЩЕПЫ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ФРЕЗЕРНО-ПИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКЕ

А. Ф. ЛИЧУТИН, О. М. СОКОЛОВ, А. В. ФЕСЕНКО

Архангельский лесотехнический институт, Соломбальский ЦБК

В лесопильной промышленности широко применяют фрезерно-пильные агрегаты, которые наряду с продукцией лесопиления позволяют получать технологическую щепу, используемую в качестве сырья в целлюлозно-бумажном производстве.

В данной работе проведено сравнительное исследование процесса делигнификации при сульфатной варке древесной сосновой щепы, полученной на фрезерно-пильном агрегате и на рубительной машине. Наиболее важный показатель процесса делигнификации — скорость растворения лигнина. Определение кинетических параметров процесса делигнификации двух видов щепы и является целью данной работы.

Сульфатные варки щепы проводили в лабораторных условиях в автоклавах-ампулах емкостью 600 мл\*. Автоклавы помещали в глицериновую баню с электрообогревом. Режим варок соответствовал производственному. Температурный график представлен на рис. 1.

Гидромодуль равен 6. Проведено шесть серий сульфатных варок щепы.

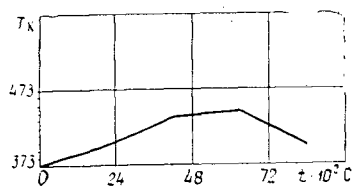


Рис. 1.

\* Лабораторные варки выполнены сотрудниками Соломбальского ЦБК Р. Н. Махиной и М. П. Никитинской.

Таблица 1

Продолжительность варки, с	Температура, К	Содержание лигнина в массе щепы, % от абс. сухой древесины	Продолжительность варки, с	Температура, К	Содержание лигнина в массе щепы, % от абс. сухой древесины
0	373	25,50	5100	445	15,10
		26,10			15,70
1740	398	23,85	6300	448	11,05
		24,30			11,30
3000	415	20,90	8400	403	7,25
		21,85			6,40
4200	439	17,65			
		18,60			

Примечание. В числителе данные варок щепы рубительных машин; в знаменателе — фрезерно-пильных агрегатов.

В табл. 1 приведены данные по содержанию лигнина в массе щепы.

Процесс растворения лигнина при щелочных варках описывали уравнениями I, II и дробных порядков [3—7]. В данной работе кинетические параметры процесса растворения лигнина в неизотермических условиях рассчитывали на основе уравнения I порядка и уравнения Аррениуса

$$\ln a_x = \ln a_0 - K_0 e^{-E/RT}, \quad (1)$$

где  $a_0$  — содержание лигнина в исходной древесине, %;

$a_x$  — содержание лигнина в массе к моменту времени  $t$ , %;

$K_0$  — предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса,  $\text{с}^{-1}$ ;

$E$  — эффективная энергия активации, Дж/моль;

$R$  — газовая постоянная, Дж/моль·град;

$T$  — температура, К.

Энергию активации и предэкспоненциальный множитель рассчитывали на ЭВМ «Минск-32». Программа расчета кинетических параметров основана на следующих принципах [1].

Уравнение (1) для варки в неизотермическом режиме можно записать следующим образом:

$$\ln \frac{a_0}{a_x} = \int_{t_1}^{t_2} K_0 e^{-E/RT_x} dt. \quad (2)$$

Здесь  $a_0$  — содержание лигнина в исходной древесине, % от абс. сухой древесины;

$a_x$  — содержание лигнина в массе после варки, % от абс. сухой древесины;

$T_x$  — температура в данный момент времени, К.

$t_1$  и  $t_2$  — время, соответствующее началу и окончанию варки, с.

Уравнение (2) не имеет аналитического решения. Кинетические параметры рассчитывали методом подбора. Значения энергии активации задавали в определенном интервале, по уравнению (2) рассчитывали  $K_0$ . Из всего интервала выбирали ту пару значений  $K_0$  и  $E$ , при которой получали наименьшие средние квадратичные и относительные

ошибки расчетных значений от полученных экспериментально. Результаты расчета в интервале температур 373—448—403 К приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер стадии	Температурный интервал, К	Энергия активации, Дж/моль	Предэкспоненциальный множитель, с <sup>-1</sup>
—	373,0—448,0—403,0	42010	0,214 · 10 <sup>3</sup>
	373,0—448,0—403,0	41760	0,211 · 10 <sup>2</sup>
1	373,0—409,6	64600	0,205 · 10 <sup>5</sup>
	373,0—417,6	45860	0,623 · 10 <sup>2</sup>
2	409,6—441,3	14560	0,850 · 10 <sup>-2</sup>
	417,6—442,1	29380	0,540
3	441,3—447,3	151460	0,136 · 10 <sup>15</sup>
	442,1—449,2	151960	0,164 · 10 <sup>15</sup>
4	447,3—403,0	22930	0,132
	449,2—403,0	19500	0,647 · 10 <sup>-1</sup>

Примечание. В числителе данные варок щепы рубительных машин; в знаменателе — фрезерно-пильных агрегатов.

При исследовании кинетики растворения лигнина при сульфатной варке неоднократно отмечалось, что процесс делигнификации можно разделить на ряд стадий от трех до пяти [2, 6, 7].

Для того, чтобы выявить разные кинетические стадии, экспериментальные данные анализировали на основе дифференциального уравнения I порядка совместно с уравнением Аррениуса

$$\frac{da_x}{dt} = -a_x K_0 e^{-E/RT_x} \quad (3)$$

Уравнение (3) можно представить в виде

$$\ln \left| -\frac{da_x}{a_x dt} \right| = \ln K_0 - \frac{E}{RT_x} \quad (4)$$

Построив график зависимости  $\ln \left| -\frac{da_x}{a_x dt} \right| = f\left(\frac{1}{T_x}\right)$ , можно судить об изменении кинетических параметров процесса делигнификации при сульфатной варке. Скорость растворения лигнина находили графически (рис. 2, а, б). В выбранных точках на кривой зависимости  $a_x - t$  строили касательные, тангенс угла наклона которых и является величиной  $da_x/dt$ . Графики зависимости  $\ln \left| -\frac{da_x}{a_x dt} \right| = f\left(\frac{1}{T_x}\right)$  (рис. 3, а, б) имеет три точки перегиба. Поэтому процесс делигнификации можно описать точнее, используя четыре кинетические стадии. Для каждой стадии на основе уравнения (2) рассчитывали кинетические параметры: энергию активации растворения лигнина и предэкспоненциальный множитель. Результаты приведены в табл. 2.

По значениям  $E$  и  $K_0$  для каждой стадии найдены константы скорости делигнификации (табл. 3). Определенный по соотношению констант скорости температурный коэффициент при варке щепы рубительных машин на 1-й стадии равен 1,65, на 2-й — 1,1, на 3-й — 2,54 и на

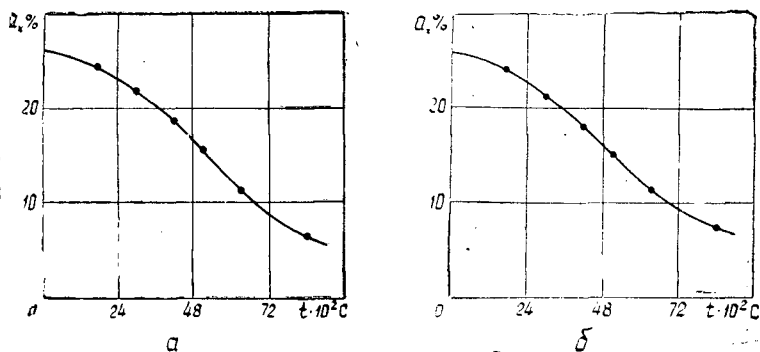


Рис. 2. Зависимость содержания лигнина в массе от длительности варки щепы.

а — рубительных машин; б — фрезерно-пильных агрегатов.

Таблица 3

Температура, К	Константа скорости делигнификации · 10 <sup>4</sup> , с <sup>-1</sup> , при разных температурных интервалах, К				
	$\frac{373,0-448,0-403,0}{373,0-448,0-403,0}$	$\frac{373,0-409,6}{373,0-417,6}$	$\frac{409,6-441,3}{417,6-442,1}$	$\frac{441,3-447,3}{444,1-449,2}$	$\frac{447,3-403,0}{449,2-403,0}$
$\frac{373,0}{373,0}$	0,279	0,184	—	—	—
$\frac{383,0}{383,0}$	0,298	0,246	—	—	—
$\frac{393,0}{393,0}$	0,398	0,316	—	—	—
$\frac{393,0}{393,0}$	0,424	0,362	—	—	—
$\frac{393,0}{393,0}$	0,557	0,530	—	—	—
$\frac{393,0}{393,0}$	0,592	0,523	—	—	—
$\frac{403,0}{403,0}$	0,766	0,866	—	—	1,410
$\frac{403,0}{403,0}$	0,812	0,741	—	—	2,010
$\frac{409,6}{417,6}$	0,939	1,180	1,180	—	1,560
$\frac{417,6}{417,6}$	1,260	1,143	1,141	—	2,370
$\frac{423,0}{423,0}$	1,390	—	1,350	—	1,950
$\frac{423,0}{423,0}$	1,470	—	1,270	—	2,640
$\frac{433,0}{433,0}$	1,830	—	1,490	—	2,260
$\frac{433,0}{433,0}$	1,930	—	1,540	—	3,000
$\frac{441,3}{442,1}$	2,280	—	1,607	1,604	2,540
$\frac{442,1}{442,1}$	2,455	—	1,824	1,802	3,210
$\frac{443,0}{443,0}$	2,380	—	—	1,880	2,610
$\frac{443,0}{443,0}$	2,510	—	—	1,980	3,400
$\frac{447,3}{449,2}$	2,660	—	—	2,790	2,770
$\frac{449,2}{449,2}$	2,938	—	—	3,497	3,494

Примечание. В числителе данные варок щепы рубительных машин; в знаменателе — фрезерно-пильных агрегатов.

4-й—1,17. При варке щепы фрезерно-пильного агрегата на 1-й стадии температурный коэффициент равен 1,43, на 2-й — 1,2, на 3-й — 2,56, на 4-й — 1,14. Значения температурного коэффициента на 2-й и 4-й стадиях в пределах 1,1—1,2 характерны для диффузионных процессов.

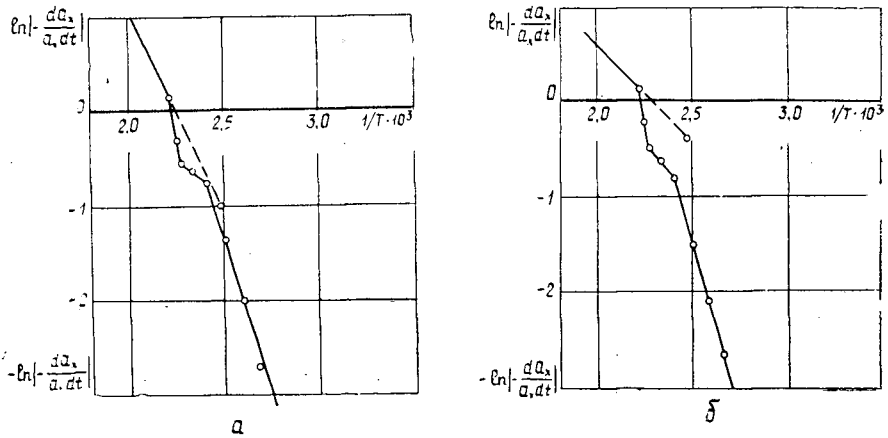


Рис. 3. Зависимость  $\ln \left| -\frac{da_x}{a_x dt} \right| = f(1/T_x)$ .

а — для щепы рубительных машин; б — для щепы фрезерно-пильных агрегатов.

Таблица 4

Температура, К	Скорость растворения лигнина · 10 <sup>2</sup> , % · с <sup>-1</sup> , при разных температурных интервалах, К				
	373,0—448,0—403,0 373,0—448,0—403,0	373,0—409,6 373,0—417,6	409,6—441,3 417,6—442,1	441,3—447,3 442,1—449,2	447,3—403,0 449,2—403,0
373,0	0,071	0,047	—	—	—
373,0	0,078	0,064	—	—	—
383,0	0,100	0,079	—	—	—
383,0	0,108	0,093	—	—	—
393,0	0,135	0,128	—	—	—
393,0	0,147	0,130	—	—	—
403,0	0,176	0,200	—	—	0,102
403,0	0,192	0,175	—	—	0,129
409,6	0,216	0,262	0,262	—	0,118
417,6	0,246	0,223	0,223	—	0,177
423,0	0,275	—	0,267	—	0,174
423,0	0,305	—	0,264	—	0,208
433,0	0,339	—	0,277	—	0,214
433,0	0,374	—	0,299	—	0,282
441,3	0,358	—	0,252	0,252	0,261
442,1	0,393	—	0,292	0,291	0,326
443,0	0,365	—	—	0,289	0,274
443,0	0,393	—	—	0,309	0,377
447,3	0,294	—	—	0,308	0,306
449,2	0,332	—	—	0,395	0,395

Примечание. В числителе данные варок щепы рубительных машин; в знаменателе — фрезерно-пильных агрегатов.

Анализ данных табл. 4 показывает, что до температуры 393 К процесс делигнификации идет несколько быстрее при варке щепы фрезерно-пильных агрегатов по сравнению со щепой рубительных машин. В пределах температур 403—433 К скорость растворения лигнина выше у щепы рубительных машин. В конце варки процесс делигнификации снова идет быстрее при варке щепы фрезерно-пильного агрегата. Существенных различий в скорости растворения лигнина в проведенных варках не наблюдается.

Следовательно, с точки зрения достигаемой степени провара допустима совместная варка щепы рубительных машин и фрезерно-пильных агрегатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д., Соколов О. М., Чудинова Л. С. Кинетические параметры процесса щелочной делигнификации древесины сосны. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1976, № 1, с. 109—115. [2]. Косая Г. С., Лузина Л. И. Кинетика сульфатной варки. — Бум. пром-сть, 1961, № 3, с. 23—25. [3]. Косая Г. С., Иванова Н. С., Карпова Е. В. Кинетика сульфатной варки сосновой древесины. — Науч. тр./ ВНИИБ, 1967, вып. 53, с. 86—102. [4]. Непенин Ю. Н., Шульман Н. С. Кинетические закономерности сульфатной варки. — Cellulose Chem. Technol., 1967, N 1, p. 343—367. [5]. Daleski E. J. — Tappi, 1965, vol. 48, N 6, p. 325—330. [6]. Kleinert T. N. Mechanisms of alkaline delignification. I. The overall reaction pattern. — Tappi, 1966, vol. 49, N 2, p. 53—57. [7]. Wilson G., Procter A. K. Reaction of wood components with hydrogen sulphide. Part V. The kinetic of kraft and soda delignification of western hemlock. — Pulp and Pap. Mag. Can., 1970, vol. 71, N 22, p. 67—71.

Поступила 15 сентября 1980 г.

УДК 630\*813

### О ПРЕВРАЩЕНИЯХ КСИЛОЗЫ И ФУРФУРОЛА ПОД ВЛИЯНИЕМ СОЛЕЙ ХРОМА, АЛЮМИНИЯ И ТИТАНА

В. И. КРУПЕНСКИЙ, Т. В. ДОЛГАЯ

Ухтинский индустриальный институт

В ряде работ [3, 5] показано, что в присутствии хлоридов хрома (III), алюминия (III) и титана (III) распад ксилозы происходит со скоростью в 5—20 раз большей, чем под действием соляной кислоты той же концентрации. Очевидно, эти хлориды можно использовать в качестве катализаторов при получении фурфурола из пентозансодержащего сырья.

В настоящей работе подробно исследовано взаимодействие ксилозы и фурфурола с хлоридами Al (III), Cr (III) и Ti (III) с целью выяснения причин низкого выхода фурфурола (в случае  $AlCl_3$ ) или уменьшения фурфуролообразования в ходе реакции (в случае  $TiCl_3$  и отчасти  $CrCl_3$ ). Прежде всего изучали кинетику распада ксилозы и фурфурола.

Опыты проводили по методике, описанной в работе [4], при температурах 120—150 °С. Концентрации ксилозы и фурфурола меняли в пределах 0,15—0,30 моль/л, катализаторов 0,05—0,15 моль/л. Использовали ксилозу квалификации «ч.», фурфурол «ч. д. а.» после перегонки,  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $TiCl_3$  (15 %-ный раствор) «ч. д. а.». Методики анализа растворов после нагревания описаны в работе [4].

Варьируя исходные концентрации реагентов, мы установили, что во всех случаях кинетика распада ксилозы или фурфурола подчиняется уравнению первого порядка. Данные по кинетике распада ксилозы и

фурфурола под влиянием солевых катализаторов приведены в табл. 1. Условие: 130 °С,  $C_{\text{катализатора}} = 0,1$  моль/л,  $C_{\text{ксилозы}} = C_{\text{фурфурола}} = 0,2$  моль/л.

Таблица 1

Катализатор	$K \cdot 10^2$ мин <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\rho Z_0 \cdot 10^{-11}$ мин <sup>-1</sup>	$E^*$ ккал/моль	$\Delta S^*$ э. е.
AlCl <sub>3</sub>	2,60	1,85	0,016	19,4	-26,2
	0,53	2,08	0,180	22,3	-22,2
CrCl <sub>3</sub>	5,25	2,00	0,66	21,8	-19,6
	2,65	2,10	1,33	22,6	-18,4
TiCl <sub>3</sub>	1,92	1,96	0,11	21,2	-23,2
	6,25	2,22	30,20	24,3	-12,0

Примечание. В числителе данные для ксилозы; в знаменателе — для фурфурола.  $K$  — константа скорости реакции первого порядка;  $\alpha$  — температурный коэффициент;  $\rho Z_0$  — предэкспоненциальный множитель;  $E^*$  — энергия активации;  $\Delta S^*$  — энтропия активации.

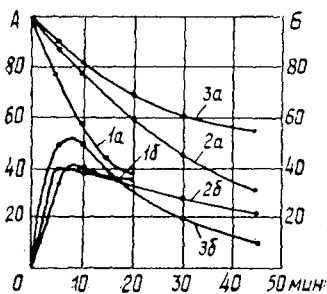


Рис. 1. Изменение во времени концентрации компонентов растворов ксилозы в присутствии CrCl<sub>3</sub> (1), AlCl<sub>3</sub> (2) и TiCl<sub>3</sub> (3).

$a$  — ксилоза;  $b$  — фурфурол;  $A$  — концентрация ксилозы, % от исходного;  $B$  — выход фурфурола, % от распавшейся ксилозы. Условия: 130 °С,  $C_{\text{ксилозы}} = 0,2$  мол/л,  $C_{\text{катализатора}} = 0,1$  моль/л.

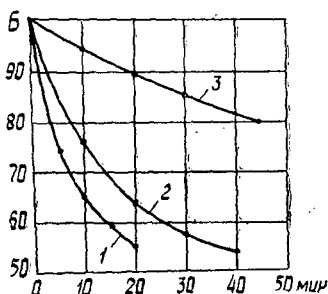


Рис. 2. Кинетические кривые распада фурфурола под влиянием TiCl<sub>3</sub> (1), CrCl<sub>3</sub> (2) и AlCl<sub>3</sub> (3).

$B$  — концентрация фурфурола, % от исходного. Условия: 130 °С,  $C_{\text{фурфурола}} = 0,2$  мол/л,  $C_{\text{катализатора}} = 0,1$  моль/л.

Как видно из рис. 1, в начале реакции выход фурфурола высок во всех случаях (40—50 %). Далее лишь в опытах с CrCl<sub>3</sub> он остается на этом уровне, в остальных же опытах уменьшается, особенно значительно в присутствии TiCl<sub>3</sub>. Причина этого понятна из рис. 2. Скорость распада фурфурола под влиянием TiCl<sub>3</sub> при 130 °С в 3 раза больше, чем скорость распада ксилозы. Естественно поэтому, что фурфурол не накапливается в продуктах распада ксилозы. Что касается AlCl<sub>3</sub>, то здесь при 130 °С скорость распада фурфурола гораздо ниже, чем ксилозы, поэтому более вероятная причина снижения фурфуролообразования — побочные реакции превращения ксилозы, не приводящие к фурфуролу. В присутствии CrCl<sub>3</sub> ксилоза распадается быстрее, чем фур-



фурул, причем температурная зависимость реакций почти одинакова, поэтому относительная концентрация фурурола поддерживается примерно на одном уровне.

Следует указать на одно обстоятельство, опущенное в работе [5]. Оказалось, что в ходе реакции  $TiCl_3$  окисляется, превращаясь в  $TiO_2$ . Полное окисление ионов  $Ti^{3+}$  достигается в опытах с ксилозой за 15 мин, с фуруролом — за 5 мин. В дальнейшем реакция протекает медленнее: константа скорости распада ксилозы  $0,0104 \text{ мин}^{-1}$ , фурурола  $0,0200 \text{ мин}^{-1}$ . Мы решили проверить, будут ли продукты окисления  $TiCl_3$  вызывать распад ксилозы и фурурола с этой же скоростью. Так как при окислении 1 экв.  $TiCl_3$  образуется 1 экв.  $TiO_2$  и 3 экв.  $HCl$ , то мы ставили опыты по изучению кинетики разложения ксилозы и фурурола в растворе 0,3 н.  $HCl$ , содержащей также 0,1 моль/л порошко-

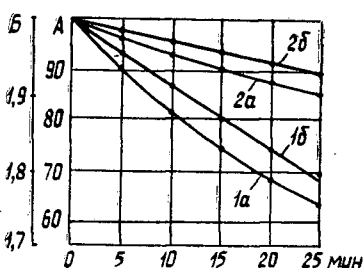


Рис. 3. Распад ксилозы и фурурола в присутствии  $TiO_2$  и  $HCl$ .

1 — фурурол; 2 — ксилоза; а — кинетические кривые; б — полулогарифмические анаморфозы; А — концентрация, % от исходного; В — логарифм концентрации. Условия:  $130^\circ C$ ;  $C_{\text{ксилозы}} = C_{\text{фурурола}} = 0,2 \text{ моль/л}$ ;  $C_{TiO_2} = 0,1 \text{ моль/л}$ ;  $C_{HCl} = 0,3 \text{ моль/л}$ .

образного  $TiO_2$ . Оказалось (рис. 3), что в этих условиях скорость распада фурурола такая же, как и на втором этапе реакции с  $TiCl_3$  ( $K = 0,0188 \text{ мин}^{-1}$ ), а скорость распада ксилозы меньше ( $K = 0,0055 \text{ мин}^{-1}$ ). По-видимому, при окислении  $TiCl_3$  в присутствии ксилозы получается более активная форма  $TiO_2$ , возможно, с более высокой степенью дисперсности.

При распаде ксилозы и фурурола образуются высокомолекулярные продукты. В присутствии  $AlCl_3$  осмоление начиналось с первых минут реакции. Выход гуминовых веществ, найденный весовым методом, достигал 22 % от распавшейся ксилозы и 38 % от распавшегося фурурола. В присутствии  $TiCl_3$  гуминообразование начиналось только после окисления  $Ti^{3+}$  в  $Ti^{4+}$  и было очень значительным: до 20 % — в опытах с ксилозой и до 35 % — с фуруролом. Под влиянием смеси  $TiO_2$  с  $HCl$  образовывалось несколько меньшее количество высокомолекулярных продуктов: соответственно 17 и 29 % от распавшегося исходного вещества. Интересно, что в присутствии хлорида хрома гуминовые вещества совершенно не образовывались в опытах с ксилозой, а в опытах с фуруролом концентрация их незначительна. О наличии их судили лишь по окраске раствора, осадка же не наблюдалось. Свойство хлоридов  $Al^{3+}$  и  $Ti^{4+}$  вызывать полимеризацию непредельных соединений, каким в нашем случае является фурурол, хорошо известно. Не случайно, что именно  $AlCl_3$  и  $TiCl_4$  широко используют для полимеризации олефинов (катализаторы Циглера — Натта [2]).

Нами изучены также кислоты, образующиеся в реакциях распада ксилозы и фурурола. Использовали метод восходящей бумажной хроматографии [6], некоторые химические методы, в частности метод Скаля [1] для определения муравьиной кислоты, а также весовой для определения  $CO_2$  в форме  $BaCO_3$ .

Состав кислот в продуктах распада ксилозы и фурфурола (130 °C) приведен в табл. 2.

Таблица 2

Катализатор	Выход кислоты, мас. % от распавшегося исходного РВ,							
	малеиновой	янтарной	фумаровой	формилпропионовой	пироглизиновой	глицериновой	муравьиной	угольной (CO <sub>2</sub> )
AlCl <sub>3</sub>	$\frac{6}{9}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{\text{Следы}}{—}$	$\frac{5}{—}$	$\frac{—}{13}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{—}{—}$
TiCl <sub>3</sub>	$\frac{—}{—}$	$\frac{\text{Следы}}{3}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{11}{13}$	$\frac{3}{5}$
CrCl <sub>3</sub>	$\frac{—}{—}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{2}{—}$

Примечание. В числителе данные для ксилозы; в знаменателе — для фурфурола.

Найденными кислотами не исчерпывается перечень низкомолекулярных продуктов превращения ксилозы и фурфурола. Например, когда в опытах с фурфуролом мы определяли его в водных отгонах по бромид-броматному методу, а также по редуцирующей способности, то всякий раз отмечалось заметное превышение содержания бромлируемых веществ над редуцирующими, чего не должно было наблюдаться, если бы единственным летучим веществом был фурфурол. Здесь же, по-видимому, присутствует также и легкобромлируемый фуриловый спирт. Возможно, он образуется одновременно с пироглизиновой кислотой по реакции Канниццаро [2].

Кроме того, в опытах с ксилозой и фурфуролом к концу реакции значительно повышается содержание редуцирующих веществ (РВ), определяемых по методу Бертрана, в то время как исходные РВ — ксилоза или фурфурол — продолжают распадаться. По-видимому, происходит накопление альдегидов с короткой углеродной цепью. Мы попытались приблизительно определить выход альдегидов, используя реакцию с гидроксиламином [1]. Для этого предварительно из реакционных растворов отгоняли фурфурол, а затем, измеряя кислотность раствора на приборе рН=340 до и после введения избытка NH<sub>2</sub>OH·HCl, рассчитывали суммарную молярную концентрацию альдегидов. Оказалось, что в опытах с ксилозой концентрация альдегидов составляет 15—25 % мольных от распавшегося сахара, а в опытах с фурфуролом — 20—40 %, причем во всех случаях выход альдегидов возрастает по мере протекания реакции.

В опытах с хлоридом алюминия с помощью бумажной хроматографии (БХ) обнаружен еще один вид превращения ксилозы — эимеризация. В данном случае БХ применяли для предварительного выделения ксилозы с тем, чтобы затем анализировать ее методом Бертрана. В противном случае была бы допущена большая ошибка в определении ксилозы из-за наличия альдегидов в продуктах ее распада. Во время этих анализов в реакционных растворах обнаружена ликсоза — эимер ксилозы, что было доказано контрольной хроматограммой с эталонной ликсозой в качестве свидетеля. Хорошее разделение этих сахаров получено при использовании растворителей: этилацетат — пиридин — вода (5 : 1 : 5) и этанол — вода (9 : 1), длительность разделения соответственно 70 и 30 ч, проявитель — анилинфталат [1]. Этот факт особен-

но интересен, поскольку эимеризация катализируется, как известно, преимущественно щелочами и органическими основаниями [2].

Оценивая полученные данные о превращениях ксилозы и фурфурола под влиянием  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{TiCl}_3$  и  $\text{CrCl}_3$ , можем сделать вывод, что наилучший катализатор для получения фурфурола —  $\text{CrCl}_3$ . В пользу этого свидетельствуют наибольшая скорость распада ксилозы, высокий выход фурфурола, отсутствие побочных процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Емельянова И. З. Химико-технический контроль гидролизных производств. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. [2]. Каррер П. Курс органической химии. — М.: Госхимиздат, 1962. [3]. Коновалов В. К. Исследование сравнительной активности катализаторов превращения ксилозы в фурфурол. — Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. — Л., 1965. [4]. Лопатина Т. Ф., Корольков И. И. К вопросу влияния некоторых солей на распад ксилозы: Материалы науч.-техн. конф. ХТФ ЛТА. — Л., 1970. [5]. Лопатина Т. Ф. Исследование природы каталитического действия солей алюминия и хрома на распад моносахаридов: Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. — Л., 1971. [6]. Denison F. W., Phares E. F. Rapid method for paper chromatography of organic acids. — *Anal. Chem.*, 1952, 24, N 10, p. 1628.

Поступила 11 марта 1980 г.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 674.09-791.8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ГРАДАЦИЙ ПРИ СОРТИРОВКЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПО ПРОЧНОСТИ

В. В. ОГУРЦОВ

Сибирский технологический институт

Сортовые градации считаем оптимальными, если они обеспечивают при прочих равных условиях максимальную степень использования природных механических свойств древесины пиломатериалов, а следовательно, максимальный коэффициент их полезного использования (КПИ<sub>N</sub>); физический смысл и математическое описание КПИ даны в нашей работе [2].

С целью определения оптимальных сортовых градаций выражение КПИ<sub>N</sub> [2] рассчитывали на ЭВМ М-4030 для значений  $\frac{L_j - M_X}{\sigma_X}$ ,  $\frac{\sigma_{изм}^X}{\sigma_X}$  и  $\frac{\sigma_X}{M_X} 100\%$ , изменяющихся соответственно от -2 до +2, от +2 до +1,0 и от 15 до 20 %. Здесь  $\frac{L_j - M_X}{\sigma_X}$  — расстояние от *j*-той сортовой границы  $L_j$  до центра рассеивания  $M_X$  показателя прочности  $X$ , выраженное в средних квадратичных отклонениях  $\sigma_X$ ,  $\sigma_{изм}^X$  — средняя квадратичная ошибка измерения  $X$ ;  $\frac{\sigma_X}{M_X} 100\% = V\%$  — его вариационный коэффициент. Расчеты производили для сортировки пиломатериалов по прочности на две, три, четыре и пять групп.

#### *Случай сортировки пиломатериалов на две группы (N=2)*

Графики зависимости КПИ<sub>2</sub> от сортовой градации при всех исходных данных (например, рис. 1) имеют ярко выраженные максимумы при  $-1,0 \leq \frac{L - M_X}{\sigma_X} \leq -0,5$ . Следовательно, оптимальной является градация, определяющаяся неравенством  $M_X - \sigma_X \leq L \leq M_X - 0,5\sigma_X$ .

Из рис. 1 видно, что отклонение градации от оптимума в любую сторону связано с резким уменьшением степени использования природных механических свойств древесины. Например, для  $M_X = 22$  МПа и  $\sigma_X = 6$  МПа оптимальная сортовая градация лежит в пределах от 16 до 19 МПа. Ее перемещение, например, на 3 МПа влево ( $\frac{L - M_X}{\sigma_X} = -1,5$  (или вправо  $\frac{L - M_X}{\sigma_X} = 0$ ) от оптимума при  $\frac{\sigma_{изм}^X}{\sigma_X} = 0,2$  приводит к снижению степени использования природных механических свойств более чем на 3 %, т. е. более 3 % пиломатериалов в готовых изделиях используется бесполезно.

#### *Случай сортировки пиломатериалов на три группы (N=3)*

Диаграммы зависимости КПИ<sub>3</sub> от сортовых градаций (например, рис. 2) имеют ярко выраженный холмообразный вид и состоят из двух

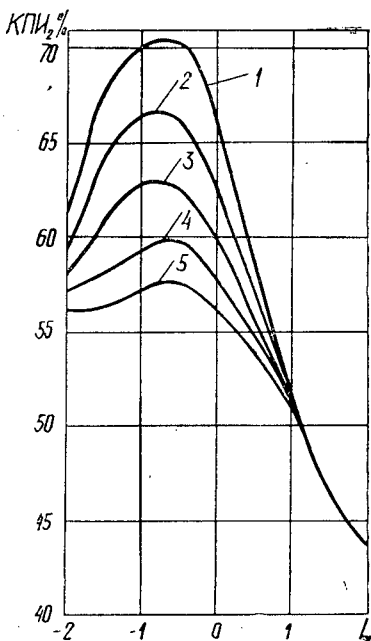


Рис. 1. Зависимость КПИ<sub>2</sub> от сортовой градации  $L$  при  $V = 20\%$  и значениях  $\frac{\sigma_X^X}{\sigma_X}$ , равных 0,2 (кривая 1); 0,4 (кривая 2); 0,6 (кривая 3); 0,8 (кривая 4); 1,0 (кривая 5).

частей, симметричных относительно плоскости  $xu$ . Это объясняется тем, что при изменении  $\frac{L_1 - M_X}{\sigma_X}$  от  $+2$  до  $-2$  и  $\frac{L_2 - M_X}{\sigma_X}$  от  $-2$  до  $+2$  любая комбинация сортовых градаций  $L_1$  и  $L_2$  образуется дважды. Поэтому пунктирные и сплошные линии пересечения поверхности КПИ<sub>3</sub> с вертикальными плоскостями  $uoz$  и  $xoz$  идентичны. Это значит, что для определения КПИ<sub>3</sub> по оси  $x$  можно откладывать любую из двух сортовых градаций, а по оси  $y$  — оставшуюся. Определим, например, КПИ<sub>3</sub> по диаграмме, представленной на рис. 2 и соответствующей  $\frac{\sigma_X^X}{\sigma_X} = 0,8$  и  $V = 20\%$  при  $\frac{L_1 - M_X}{\sigma_X} = 0$  и  $\frac{L_2 - M_X}{\sigma_X} = -1,0$ . КПИ<sub>3</sub> равен аппликате точки пересечения пунктирной линии 0 и сплошной линии  $-1$  или, наоборот, пунктирной линии  $-1$  и сплошной линии 0. Нетрудно убедиться, что в том и другом случаях КПИ<sub>3</sub> = 64,9.

Анализ диаграмм показал, что максимальный КПИ<sub>3</sub> достигается при оптимальном сочетании сортовых градаций:  $\frac{L_1 - M_X}{\sigma_X} = 0$  и  $\frac{L_2 - M_X}{\sigma_X} = -1,5$ . В таблице представлены оптимальные и близкие к.

$\frac{L_1 - M_X}{\sigma_X}$	$\frac{L_2 - M_X}{\sigma_X}$	КПИ <sub>3</sub> , %, при значениях $\frac{\sigma_X^X}{\sigma_X}$ , равных				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
-0,5	-1,0	82,5	78,7	75,2	72,5	70,3
-0,5	-1,5	83,8	79,9	76,2	73,5	71,2
-0,5	-2,0	83,0	79,5	76,3	73,9	71,8
0,0	-1,0	84,6	80,5	77,0	75,4	71,6
0,0	-1,5	84,6	80,8	77,2	75,8	72,1
0,0	-2,0	82,7	79,5	76,7	74,4	72,6
0,5	-1,0	84,0	80,5	77,1	74,1	72,1
0,5	-1,5	82,8	79,9	76,5	74,1	72,4
0,5	-2,0	79,8	77,8	75,6	73,8	72,4
1,0	-1,0	82,2	78,8	76,1	73,6	71,7
1,0	-1,5	80,1	—	75,0	73,2	71,6
1,0	-2,0	76,3	74,9	73,6	72,6	71,6

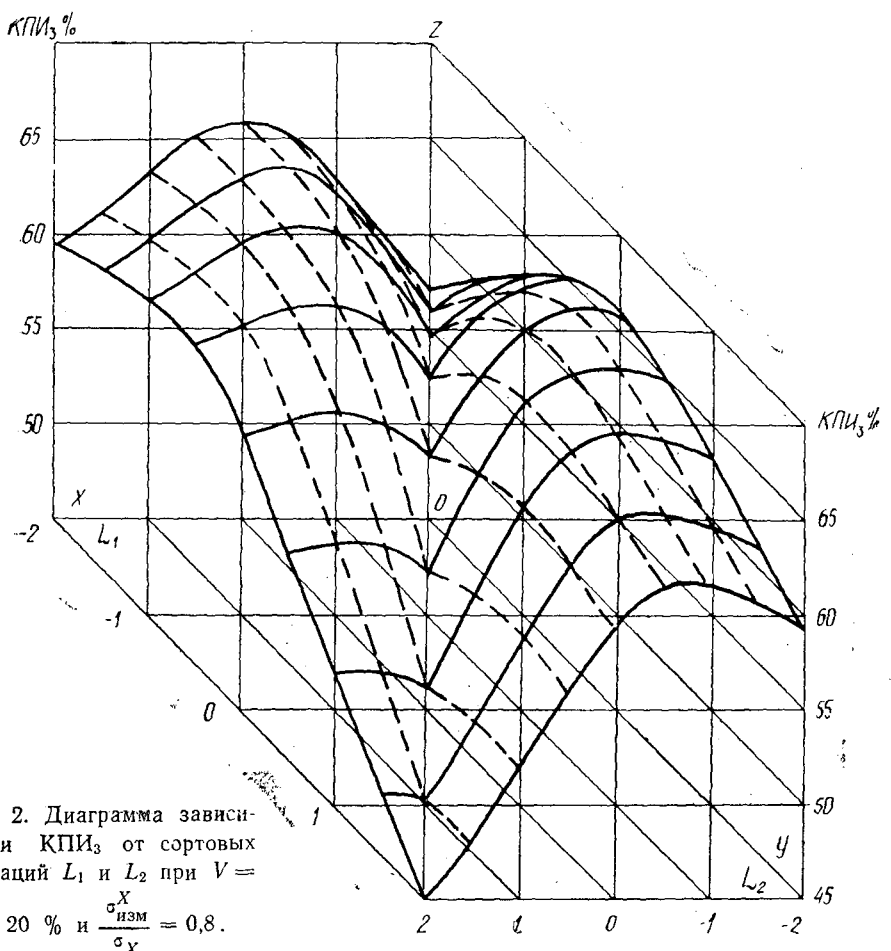


Рис. 2. Диаграмма зависимости КПИ<sub>3</sub> от сортовых градаций L<sub>1</sub> и L<sub>2</sub> при V = 20 % и  $\frac{\sigma_{изм}^X}{\sigma_X} = 0,8$ .

ним комбинации градаций и соответствующие им КПИ<sub>3</sub> при V = 15 %. Пренебрегая незначительными отклонениями КПИ<sub>3</sub> от максимумов, можно записать условия оптимальности в виде:

$$\begin{aligned} M_X &\leq L_1 \leq M_X + 0,5\sigma_X; \\ M_X - 1,5\sigma_X &\leq L_2 \leq M_X - \sigma_X; \\ \sigma_X &\leq L_1 - L_2 \leq 1,5\sigma_X. \end{aligned} \tag{1}$$

*Случай сортировки пиломатериалов на четыре группы (N = 4)*

Расчеты показали, что в зависимости от комбинации сортовых градаций (рассматривали только те градации, которые имеют практическое значение) КПИ<sub>4</sub> изменяется в значительных пределах. Так, при V = 15 % и  $\frac{\sigma_{изм}^X}{\sigma_X} = 0,4$  КПИ<sub>4</sub> меняется от 83,5 до 65,5 %; при V = 15 % и  $\frac{\sigma_{изм}^X}{\sigma_X} = 0,8$  — от 76,9 до 64,5 %; при V = 20 % и значениях  $\frac{\sigma_{изм}^X}{\sigma_X}$ , равных 0,4 и 0,8, — соответственно от 78,2 до 53,4 % и от 69,2 до 52,3 %.

Из результатов расчетов также видно, что чем больше вариационный коэффициент показателя прочности и чем меньше ошибка его измерения, тем в большей степени КПИ<sub>4</sub> зависит от комбинации сортовых градаций. При этом оптимум комбинаций не зависит от вариационного коэффициента. При  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,2 \div 0,6$  оптимальными сочетаниями являются значения:

$$\frac{L_1 - M_X}{\sigma_X} = 0,5, \quad \frac{L_2 - M_X}{\sigma_X} = -0,5 \quad \text{и} \quad \frac{L_3 - M_X}{\sigma_X} = -1,5 \quad \text{или}$$

$$\begin{aligned} L_1 &= M_X + 0,5\sigma_X; \\ L_2 &= M_X - 0,5\sigma_X; \\ L_3 &= M_X - 1,5\sigma_X. \end{aligned} \quad (2)$$

При  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,8 \div 1,0$  оптимальными сочетаниями являются:

$$\begin{aligned} L_1 &= M_X + \sigma_X; \\ L_2 &= M_X - 0,5\sigma_X; \\ L_3 &= M_X - 2\sigma_X. \end{aligned} \quad (3)$$

Учитывая состояние метрологических основ процесса сортировки, оптимальными считаем сортавые градации, соответствующие  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,6$  и определяемые выражением (2). Пренебрегая небольшими отклонениями КПИ<sub>4</sub> от максимумов, условия оптимальности записываем в виде:

$$\begin{aligned} M_X &\leq L_1 \leq M_X + \sigma_X; \\ M_X - \sigma_X &\leq L_2 \leq M_X; \\ M_X - 2\sigma_X &\leq L_3 \leq M_X - 1,5\sigma_X; \\ \sigma_X &\leq L_1 - L_2 \leq 1,5\sigma_X; \\ \sigma_X &\leq L_2 - L_3 \leq 1,5\sigma_X. \end{aligned} \quad (4)$$

Определяем в качестве примера оптимальные сортавые градации и соответствующие им оптимальные нормативы прочности при нагружении на кромку для еловых пиломатериалов 3- и 4-го сортов (по ГОСТу 8486—66) размерами сечений 50×100 мм. По данным СибНИИЛПа [3], для них  $M_X = 28,7$  МПа и  $\sigma_X = 6$  МПа (здесь  $X$  — предел прочности при кромочном изгибе). Согласно выражениям (2), оптимальными являются сортавые градации:  $L_1 = 31,7$ ;  $L_2 = 25,7$  и  $L_3 = 19,7$  МПа. Нормативы прочности получим уменьшением градаций на величину приемочных допусков (методика расчета допусков для доверительной вероятности 0,9973 приведена в нашей работе [1]). Для доверительной вероятности 0,95 и  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,6$  приемочные допуски для найденных градаций соответственно составляют  $0,25\sigma_X$ ,  $0,09\sigma_X$  и 0. Тогда оптимальные нормативы после округления равны 30, 25 и 20 МПа. Прочность древесины в значительной степени зависит от породы, района произрастания и других факторов.

Следовательно, выбрать единые оптимальные градации и нормативы, согласно условиям (2), для всех пород и районов произрастания не представляется возможным. Поэтому необходимо, используя условия (2), рассчитать градации для наиболее прочных пиломатериалов, а затем откорректировать их, согласно условиям (4), для других пород и районов произрастания.

Для сосновых и еловых пиломатериалов 4- и 5-го сортов (по ТУ 13-316—76) размерами сечений 40×100 и 50×100 мм [3] оптимальными нормативами прочности на изгиб при нагружении на кромку являются 30, 24 и 16 МПа.

Случай сортировки пиломатериалов на пять групп ( $N=5$ )

Расчеты показали, что в зависимости от комбинации сортовых градаций КПИ<sub>5</sub> может изменяться на 7,8—17,5 %. При  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,2 \div 0,4$  оптимальными сочетаниями градаций являются:

$$\begin{aligned} L_1 &= M_X + 0,5\sigma_X; \\ L_2 &= M_X; \\ L_3 &= M_X - \sigma_X; \\ L_4 &= M_X - 1,5\sigma_X. \end{aligned} \quad (5)$$

При  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,6 \div 1,0$

$$\begin{aligned} L_1 &= M_X + \sigma_X; \\ L_2 &= M_X; \\ L_3 &= M_X - \sigma_X; \\ L_4 &= M_X - 2\sigma_X. \end{aligned} \quad (6)$$

Пренебрегая небольшими отклонениями КПИ<sub>5</sub> от максимумов, записываем условия оптимальности для  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,2 \div 0,4$  и  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,6 \div 1,0$  соответственно в виде:

$$\begin{aligned} M_X + 0,5\sigma_X &\leq L_1 \leq M_X + \sigma_X; \\ M_X - 0,5\sigma_X &\leq L_2 \leq M_X + 0,5\sigma_X; \\ M_X - \sigma_X &\leq L_3 \leq M_X - 0,5\sigma_X; \\ M_X - 2\sigma_X &\leq L_4 \leq M_X - 1,5\sigma_X; \\ 0,5\sigma_X &\leq L_i - L_{i+1} \leq \sigma_X; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} M_X + 0,5\sigma_X &\leq L_1 \leq M_X + 1,5\sigma_X; \\ M_X - 0,5\sigma_X &\leq L_2 \leq M_X + 0,5\sigma_X; \\ M_X - 1,5\sigma_X &\leq L_3 \leq M_X - 0,5\sigma_X; \\ M_X - 2\sigma_X &\leq L_4 \leq M_X - 1,5\sigma_X; \\ 0,5\sigma_X &\leq L_1 - L_2 \leq \sigma_X; \\ 0,5\sigma_X &\leq L_2 - L_3 \leq 1,5\sigma_X; \\ 0,5\sigma_X &\leq L_3 - L_4 \leq 1,5\sigma_X. \end{aligned} \quad (8)$$

Ориентируясь на реально достижимую в настоящее время ошибку  $\frac{\sigma_{\text{изм}}^X}{\sigma_X} = 0,6$ , оптимальными можно считать сортовые градации, определяемые выражениями (8).

Таким образом, степень использования природных механических свойств древесины в значительной мере (от 7,8 до 27 %) зависит от



комбинации сортовых градаций. С увеличением вариационного коэффициента показателя прочности и уменьшением ошибки его измерения эта зависимость усиливается.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Огурцов В. В. Принципы определения допусков при автоматической сортировке пиломатериалов по механическим свойствам. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 1, с. 98—102. [2]. Огурцов В. В. Коэффициент полезного использования конструктивных пиломатериалов как критерий оптимизации процесса их сортировки по прочности. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 4, с. 97—102. [3]. Пиломатериалы конструкционные хвойных пород. Показатели прочности: Отчет/ СибНИИЛП; Руководитель работы Л. М. Малыгин. — Красноярск, 1979.

Поступила 21 января 1980 г.

УДК 630\*323.4

### НЕОБХОДИМАЯ МОЩНОСТЬ ПРИВОДА ПИЛ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПРИ ГРУППОВОЙ РАСКРЯЖЕВКЕ ХЛЫСТОВ

А. С. ТОРОПОВ

Марийский политехнический институт

Мощность электродвигателя  $N_{дв}$ , приводящего во вращение пилу большого диаметра, можно определить по формуле:

$$N_{дв} = A_{дв} / (t_n \eta K_M), \quad (1)$$

где  $A_{дв}$  — работа электродвигателя, Дж;  
 $t_n$  — продолжительность пиления, с;  
 $\eta$  — КПД привода;  
 $K_M$  — допустимый коэффициент перегрузки электродвигателя.  
 В свою очередь работа электродвигателя [3]

$$A_{дв} = 0,785 K b \sum_{i=1}^n d_i^2 - 1528,8 D_n^2 S v^2 S_k (2 - S_k). \quad (2)$$

Здесь  $K$  — удельная работа резания, Дж/м<sup>3</sup>;  
 $b$  — ширина пропила, м;  
 $d_i$  — средний диаметр хлыста в месте пропила, м;  
 $n$  — количество хлыстов в группе;  
 $D_n$  — диаметр пильного диска, м;  
 $S$  — толщина полотна пилы, м;  
 $v$  — скорость резания, м/с;  
 $S_k$  — скольжение электродвигателя.

Чтобы определить  $A_{дв}$ , необходимо знать удельную работу резания  $K$ .

Экспериментальными исследованиями [1] установлено, что при беззажимном пилении как индивидуальном, так и групповом (до трех хлыстов в группе) значения  $K$  почти одинаковы. Поэтому для определения удельной работы резания используем известную формулу А. Л. Бершадского

$$K = 8,5 \cdot 10^5 a_n a_w a_t a_s / (u_z^{0,15} b^{0,5}), \quad (3)$$

где  $a_n$ ,  $a_w$ ,  $a_t$ ,  $a_s$  — коэффициенты, учитывающие влияние соответственно породы, влажности, температуры древесины, затупления зубьев пилы;  
 $u_z$  — подача на зуб, м.

Так как

$$P_p = KbHu/v, \tag{4}$$

где  $P_p$  — сила резания, Н;

$H$  — высота пропила, м;

$u$  — скорость подачи пилы, м/с,

то отсюда имеем

$$K = P_p v / (bHu). \tag{5}$$

В результате экспериментов получены регрессионные зависимости, позволяющие определить силу резания при любых режимах пиления круглыми пилами большого диаметра с разной геометрией зубьев [4].

На величину удельной работы резания влияют, в основном, подача на зуб, контурный угол резания, ширина пропила и длительность пиления после заточки зубьев пилы. За эталон принимаем следующие значения: контурный угол резания  $\delta_k = 90^\circ$ ; подача на зуб  $u_z = 0,0005$  м; длительность пиления после заточки  $T = 3600$  с. Диаметр пильного диска равен 1,5 м.

Определяем отношение

$$\mathcal{E} = K_2 / K_1, \tag{6}$$

где  $\mathcal{E}$  — коэффициент изменения удельной работы резания;

$K_2$  — удельная работа резания при параметрах, которые нас интересуют, Дж/м<sup>3</sup>;

$K_1$  — удельная работа резания при параметрах, принятых за эталон, Дж/м<sup>3</sup>.

По формуле (3) находим удельную работу резания  $K$  при соответствующих параметрах и условиях пиления. При подаче пилы со значением  $u = \text{const}$  определяем  $t_n$  исходя из пути пиления  $L$  при групповой раскрывке хлыстов [3].

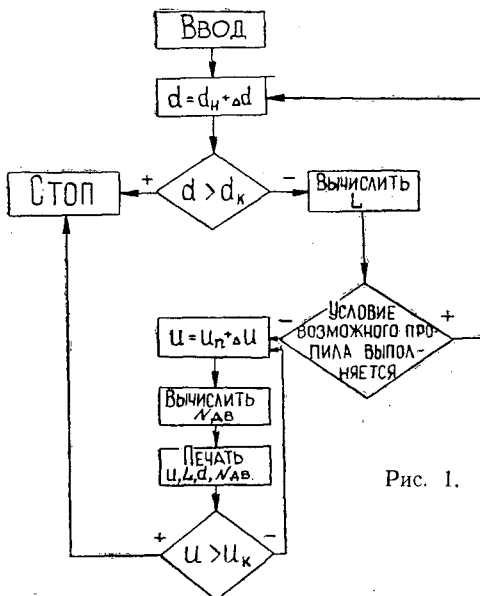


Рис. 1.

С учетом формул (1)—(6), а также при использовании математических зависимостей, определяющих возможности раскряжевочной установки [3], составлена программа для ЭЦВМ «Мир-1». Блок-схема алгоритма программы расчета мощности двигателей представлена на рис. 1. Программа позволяет варьировать интересующие нас величины в необходимых пределах методом последовательных приближений (увеличения диаметра хлыста в месте пропила), что дает возможность определять мощность двигателя, необходимую для пропила при различных вариантах раскряжевки круглыми пилами с разной геометрией зубьев.

На блок-схеме введены обозначения:

- $d_n$  — средний начальный минимальный диаметр хлыста распиливаемой группы, м;  
 $d_k$  — средний максимальный диаметр хлыста распиливаемой группы, м;  
 $\Delta d$  — интервал варьирования, м;  
 $u_n$  — начальная минимальная скорость подачи пилы, м/с;  
 $\Delta u$  — интервал варьирования, м/с;  
 $u_k$  — максимальная скорость подачи пилы, м/с.

**Мощности двигателей,  
необходимые для пропила  
при различных вариантах  
групповой раскряжевки  
круглыми пилами**

Количество хлыстов $n$ в группе	Необходимая мощность электродвигателя, кВт, на пропил при различных диаметрах пилы, м		
	1,5	2,0	2,5
	$\delta_k = 90^\circ$		
1	41,6	45,5	53,0
2	53,5	60,0	74,0
3	39,5	41,0	53,0
	$\delta_k = 80^\circ$		
1	36,0	38,5	43,5
2	46,5	51,0	61,0
3	33,0	32,5	40,0
	$\delta_k = 70^\circ$		
1	29,5	29,7	33,5
2	38,0	40,0	48,0
3	25,5	22,5	26,0
	$\delta_k = 60^\circ$		
1	23,5	22,0	24,8
2	30,5	30,0	35,0
3	18,5	14,0	13,0

Учитывая условие возможного пропила [3], находим необходимую мощность электродвигателя. Результаты расчета при  $u = 1$  м/с сведены в таблицу. В данном случае угол боковой заточки  $\beta = 40^\circ$ , задний угол резания  $\alpha = 20^\circ$ . Известно, что время на разгон пильного диска после осуществления реза до восстановления полных оборотов различно в зависимости от назначения пильного механизма. Поэтому приведенные в таблице результаты должны быть уточнены с учетом условия разгона электродвигателя.

Следует отметить, что в таблице приведены мощности электродвигателя типа АОС 2-91-8 для раскряжевочных установок применительно к условиям Сибири и Дальнего Востока, где преобладает труднообрабатываемая древесина — лиственница. По предлагаемой программе можно определить мощность электродвигателя любого типа для лю-

бых условий. Заметно увеличение мощности двигателя на пропил при  $n = 2$ , поэтому можно предположить, что при надвигании пилы по дуге возможность групповой раскряжевки хлыстов максимальна, т. е. средний диаметр распиливаемой группы хлыстов — наибольший. При дальнейшем увеличении  $n$  мощность двигателя на пропил падает, что говорит о снижении возможностей группово-раскряжевочной установки (уменьшение среднего диаметра распиливаемой группы хлыстов). Характер изменения мощности двигателя на пропил в зависимости от скорости подачи хорошо виден на графиках (рис. 2).

Как видно из данных таблицы, а также из рис. 2, уменьшение контурного угла резания  $\delta_k$  приводит к значительному снижению необходимой мощности двигателя. Данное свойство наталкивает на мысль о возможности и целесообразности использования круглых пил большого

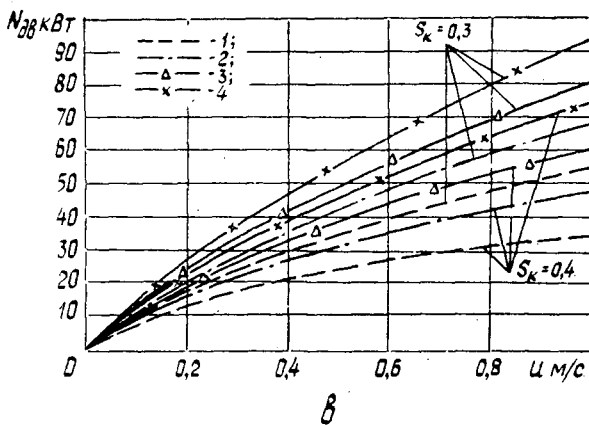
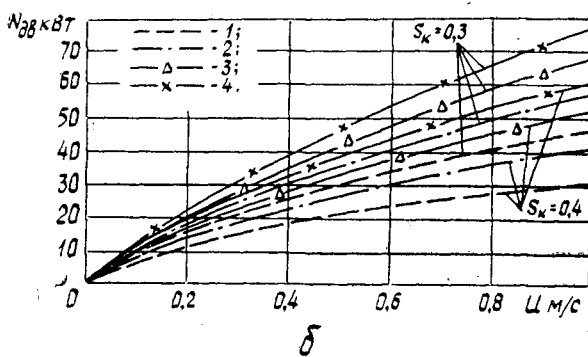
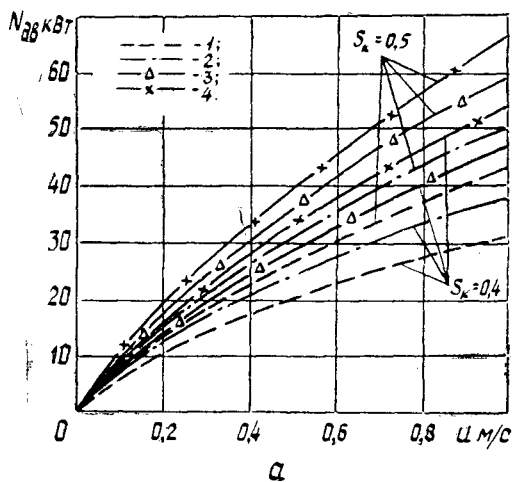


Рис. 2. Графики  $N_{дв} = f(D_{II}, u, \delta_k, S_k)$  при групповой раскрывке хлыстов ( $n = 2$ ) пилами большого диаметра.

$a - D_{II} = 1,5$  м;  $б - D_{II} = 2,0$  м;  $в - D_{II} = 2,5$  м; 1 -  $\delta_k = 60^\circ$ ; 2 -  $70^\circ$ ; 3 -  $80^\circ$ ; 4 -  $90^\circ$ .

диаметра с  $\delta_k < 90^\circ$ , что позволит применять двигатели меньшей мощности. Для обеспечения беззажимного пиления целесообразно применять следующие геометрические параметры зубьев пил: контурный угол резания  $\delta_k = 71^\circ$ ; угол боковой заточки  $\beta = 40^\circ$ ; задний угол резания  $\alpha = 20^\circ$  [3].

Для вышеизложенных геометрических параметров зубьев круглых пил (после проверки на условие их разгона) по методике, предложенной ЦНИИМЭ [2], получены следующие значения мощности двигателей группо-раскряжевочных установок:  $N_{дв} = 40$  кВт при  $D_n = 1,5$  м;  $N_{дв} = 45$  кВт при  $D_n = 2,0$  м;  $N_{дв} = 55$  кВт при  $D_n = 2,5$  м.

Определение мощности двигателя, приводящего во вращение пилу большого диаметра для разных условий и вариантов групповой раскряжевки хлыстов, позволит эффективнее использовать пилу в процессе эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Залегаллер Б. Г., Торопов А. С. Исследование удельной работы резания при раскряжевке хлыстов. — Науч. тр./ЛТА, 1978, вып. 7. Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса, с. 92—96. [2]. Исследование и создание раскряжевочного агрегата с применением круглых пил диаметром 2000—2500 мм: Отчет/ЦНИИМЭ; Н. К. Воевода. — Химки, 1976, — 90 с. [3]. Торопов А. С. Исследование технологического процесса групповой раскряжевки на установках с продольным перемещением хлыстов: Дис. на соиск. учен. степени. канд. техн. наук. — Л.: ЛТА, 1978. — 174 с. [4]. Торопов А. С. Исследование силовых и энергетических показателей процесса поперечного пиления круглыми пилами с контурным углом резания менее  $1,57$  рад. — Науч. тр./ЛТА, 1978, вып. 5. Вопросы резания, надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин, с. 8—11.

Поступила 22 апреля 1980 г.

УДК 574.815.41 : 647.047

### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОДОВ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. В. НОВОСЕЛОВ, В. Т. ШНЫРЕВ, Б. В. КОВЫЛОВ

Уральский лесотехнический институт

Емкостные датчики широко применяют для измерения влажности древесины. Среди большого разнообразия конструкций емкостных датчиков можно выделить односторонние («компланарные») датчики, используемые в том случае, когда к исследуемому материалу имеется доступ только с одной стороны, в частности, в случае измерения влажности измельченной древесины в технологическом потоке.

Система электродов таких датчиков расположена в одной плоскости, при этом напряженность электрического поля, создаваемого датчиком, является функцией расстояния от плоскости электродов и зависит от приложенного напряжения, ширины электродов и расстояния между ними.

При разработке емкостных датчиков влажности необходимо учитывать следующие требования.

1. Глубина проникновения электрического поля в материал должна быть достаточной для измерения влажности, усредненной по объему материала. Это относится к неоднородным сыпучим материалам, а также к случаям неравномерного распределения влаги по объему исследуемого материала.

2. Емкость датчика для заданных его габаритов должна быть максимально возможной с целью повышения чувствительности измерения и снижения влияния паразитных емкостей (например, между соединительными проводами, связывающими емкостный датчик с измерительной схемой).

В работах [1, 2] нашли отражение лишь вопросы, связанные с решением первой части задачи. В настоящей статье изложена методика определения оптимальных геометрических соотношений в системе электродов с целью максимализации электрической емкости датчика, имеющего ограниченные размеры, при условии выполнения требований к глубине проникновения электрического поля в исследуемый материал. При этом предполагается, что система электродов представляет собой параллельные ленточные электроды, расположенные на плоскости, ширина которой заранее задана (рис. 1).

В качестве исходных теоретических предпосылок при расчетах использованы данные, приведенные в работе [1].

### Определение глубины проникновения электрического поля

Глубину проникновения электрического поля в материал можно оценить, анализируя зависимость:

$$\frac{E}{E(0)} = f\left(\frac{\Delta}{a}, b\right),$$

где  $E$  — напряженность поля в точке  $y = \Delta$  (рис. 1);

$E(0)$  — напряженность поля на поверхности датчика в точке  $y = 0$ ;

$a$  — расстояние между осями электродов.

Глубиной проникновения поля условимся считать такое расстояние  $\Delta$  от плоскости электродов, при котором напряженность поля составит 5 % от величины  $E(0)$ , т. е.  $E = 0,05E(0)$ . Такое понятие глубины проникновения поля можно считать оправданным для проведения инженерных расчетов с удовлетворительной точностью. На рис. 1 приведены зависимости глубины проникновения электрического поля  $\Delta$  в функции отношения  $b/a$  для фиксированных значений ширины электрода  $b$ .

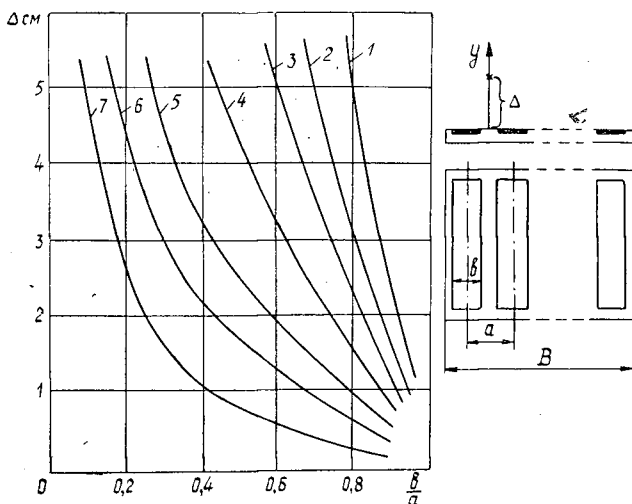


Рис. 1.

1 —  $b = 3$  см; 2 — 2; 3 — 1,5; 4 — 1; 5 — 0,6;  
6 — 0,4; 7 — 0,2 см.

*Определение оптимального соотношения  
между шириной электродов и расстоянием между ними*

Решим задачу выбора ширины электродов и расстояния между ними таким образом, чтобы при заданной глубине проникновения поля получить максимально возможную емкость датчика на единицу длины электродов при заданной ширине датчика  $B$ . С этой целью необходимо задаться величиной  $\Delta$ , после чего последовательно воспользоваться графиками  $\Delta = f(b/a, b)$  (рис. 1) и  $C_0 = f(b/a)$  (рис. 2) и определить зависимость емкости датчика на единицу длины от ширины электрода  $C = f(b)$ .

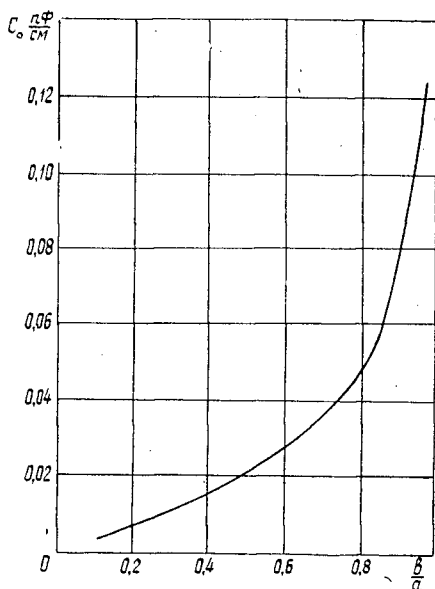


Рис. 2. Зависимость приведенной емкости  $C_0$  от  $\frac{b}{a}$ .

Величина  $C$  связана с  $C_0$  следующим соотношением:

$$C = C_0(1 + \tilde{\epsilon}) \frac{B}{b},$$

где  $\tilde{\epsilon}$  — относительная диэлектрическая проницаемость исследуемого материала;  
 $C_0$  — приведенная емкость датчика, являющаяся функцией отношения  $b/a$  и определяемая согласно работе [1].

Пользуясь зависимостью  $C = f(b)$ , легко определить значения  $b$  и  $a$ , при которых емкость датчика максимальна.

Изложенная методика применена при расчете датчика влагомера древесной стружки, используемой в производстве древесностружечных плит. В соответствии с применяемой технологией средние размеры стружечных частиц равны  $30 \times 8 \times 0,3$  мм. Проведенные исследования показали, что глубина проникновения электрического поля в стружечную массу для измерения усредненной влажности должна при этом составлять не менее 5 мм.

Диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon$  при незаполненном датчике принята равной единице, а ширина датчика  $B = 8$  см. Полученные в результате расчета зависимости  $C = f(b)$  и  $a = f(b)$  приведены на рис. 3 и 4.

При  $\Delta = 1$  см максимальное значение емкости датчика на единицу длины электродов  $C_{max}$  и соответствующие этой емкости значения  $a$  и  $b$  составляют

$$C_{max} = 1,25 \text{ пФ/см}; \quad a = 0,55 \text{ см}; \quad b = 0,3 \text{ см}.$$

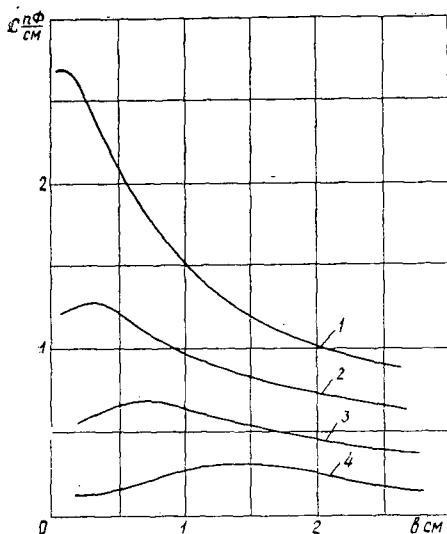


Рис. 3. Зависимость емкости  $C$  на единицу длины электрода от ширины электрода  $b$ .

1 —  $\Delta = 0,5$  см; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 5 см.

При  $\Delta = 5$  см

$$C_{max} = 0,3 \text{ пФ/см}; \quad a = 2,6 \text{ см}; \quad b = 1,5 \text{ см.}$$

Предлагаемая методика позволяет получить максимальную емкость датчика с учетом конкретных условий его применения, что способствует повышению точности измерения влажности измельченной древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников/ А. В. Нетушил, Б. Я. Жуховицкий, В. Н. Кудрин, Е. П. Парини. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1959.  
[2]. Фримштейн М. И., Хурцилава А. К. Расчет рабочего поля и выбор размеров односторонних емкостных датчиков влажности. — Приборы и системы управления, 1972, № 10.

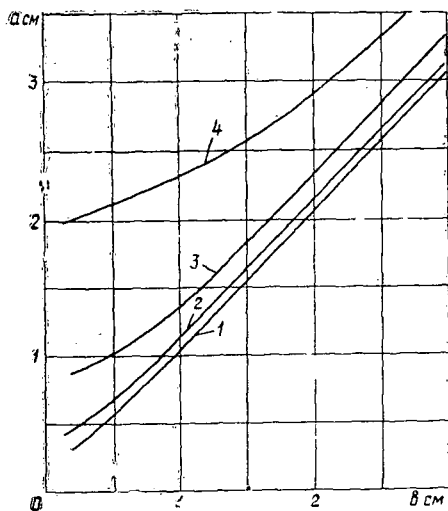


Рис. 4. Зависимость расстояния между электродами  $a$  от ширины электрода  $b$ .

1 —  $\Delta = 0,5$  см; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 5 см.

Поступила 4 января 1980 г.



## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*79.003.13

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА (НТП)

Г. П. БУТКО

Московский лесотехнический институт

В настоящее время вопросы оценки эффективности НТП приобрели особую значимость. Как указывает Л. Н. Андрухович [1], в отраслях промышленности насчитывается более 250 показателей, характеризующих НТП. Но даже такая большая совокупность показателей не способна всесторонне оценить эффективность НТП. Для этого необходима целенаправленная система.

Оценка эффективности НТП занимает центральное место в теории эффективности общественного производства.

Проявление НТП выражается в двух понятиях: «технический уровень» (ТУ) и «технико-экономический уровень» (ТЭУ). Первое означает совершенствование и обновление технической базы производства: внедрение передовой технологии, комплексной механизации и автоматизации, прогрессивность АСУ и др. В свою очередь, ТУ средств и предметов труда определяет ТЭУ производства. Второй аспект проявления НТП более важен, так как выражает повышение эффективности производства.

По вопросу оценки основных проявлений НТП мнения расходятся. Одна группа авторов [6, 8, 9, 11, 12] предлагает систему показателей, другая [3, 4, 7, 10] — единый, синтетический показатель. Так, Б. Ф. Зайцев и В. Г. Чирков [7] считают возможным ряд показателей заменить одним, синтетическим. В качестве критерия они выдвигают удельную чистую прибыль ( $\Pi_y$ ), рассчитанную как отношение чистой прибыли ( $\Pi_c$ ) к численности работающих ( $P$ ):

$$\Pi_y = \frac{\Pi_c}{P}.$$

Чистая прибыль определяется как разница между объемом реализованной продукции в оптовых ценах предприятия и полными затратами производства. Однако чистая прибыль не может отразить все последствия ТЭУ производства. Поэтому дополнительно приводится система показателей, характеризующих вооруженность труда, уровень технологии, механизации, организации труда и т. д.

Известны [10] предложения оценивать НТП методами квалиметрии и выбор того или иного направления проводить по интегральному показателю. Однако такие разработки не нашли достаточного практического применения.

У. Б. Баймуратов [3] выдвигает энергетический критерий ТУ, который определяет по формуле

$$K = \left(1 + \frac{\mathcal{E}}{W}\right) \eta,$$

где  $\mathcal{E}$  — энерговооруженность труда;

$W$  — средние энергозатраты, или интенсивность труда;

$\eta$  — коэффициент полезного использования энергии в системе человек — орудия труда.

О. И. Волков [6] также выделяет энергетический критерий для оценки ТУ, но только в системе. Автор считает, что с помощью расхода энергии можно выразить производительность труда в натуральной форме. Безусловно, с помощью энергетического критерия можно измерять степень совершенства труда и технологических процессов. Однако энергетические показатели характеризуют не уровень производительности труда, а его вооруженность.

Существует классификация для оценки ТУ производства по системе показателей [9]. Система содержит 166 показателей, в том числе по конструкции изделия 17, по технологии — 76, по вооруженности и механизации труда — 18, по сфере управления и обслуживания — 23, по организации основного производства — 25, по экономической эффективности — 7. Однако такое нагромождение показателей и разбросанность системы затрудняют возможность дать конкретные рекомендации.

В ряде работ [8, 11] предлагается определять эффективность НТП по динамике фондовооруженности и производительности труда. Однако часто такой подход не оправдан, так как смешиваются понятия эффективности НТП и производственных фондов, несмотря на то, что понятие НТП значительно шире.

Измерение НТП на основе производственной функции [4] Кобба—Дугласа — Тинбергена, методы Солтера, Солоу и др. основаны на буржуазной теории предельной полезности, но эти математические приемы имеют практическую значимость [2, 5].

По нашему мнению, показатели НТП должны представлять собой целостную систему. Для этого необходимо, чтобы они удовлетворяли определенным требованиям: достоверно отражали объективные закономерности лесозаготовительного производства; обеспечивали единство и сопоставимость показателей состояния и взаимовлияния техники, экономики и организации производства; позволяли выделять основные показатели, наиболее полно отражающие эффективность ТУ производства; характеризовали все факторы более или менее равномерно; несли одинаковую информационную нагрузку. Основные принципы определения эффективности НТП и производства должны быть методологически едины, т. е. исходить из общей теории эффективности социалистического производства.

Характер форм проявления НТП и взаимосвязи его направлений с другими факторами многогранны. Появление отдельных направлений НТП носит вероятностный характер. Все это затрудняет достаточно точное определение влияния НТП на эффективность лесозаготовительного производства.

В этих условиях отмеченные особенности позволяют пользоваться при моделировании НТП принципами статистической теории информации, частным случаем которой является метод главных компонент.

Идея метода главных компонент заключается в выделении отдельных, относительно независимых направлений НТП  $K_1, \dots, K_n$  по совокупности зависимых переменных:

$$x_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} K_j,$$

где  $X_i$  —  $i$ -тая переменная;

$K_j$  — компонента;

$W_{ij}$  — вес  $j$ -той компоненты в  $i$ -той переменной.

НТП по объединению Свердловспром описывается совокупностью 12 переменных  $x_1, x_2, \dots, x_{12}$  по 84 наблюдениям (исследуется 21 лесозаготовительное предприятие за период с 1975 по 1978 гг.):  $x_1$  — электровооруженность труда;  $x_2$  — фондовооруженность труда;  $x_3$  — инженерная вооруженность труда;  $x_4$  — процент выхода деловой древесины;  $x_5$  — выход товарной продукции на 1 м<sup>3</sup> вывезенной древесины;  $x_6$  — выход продукции с 1 р. материальных затрат;  $x_7, x_8, x_9$  — уровень механизации труда на лесосечных, транспортных и нижнескладских работах;  $x_{10}$  — доля активной части в основных промышленно-производственных фондах (ОППФ);  $x_{11}$  — коэффициент обновления ОППФ;  $x_{12}$  — коэффициент износа ОППФ.

Метод главных компонент является методом расчленения ковариационной матрицы на совокупность ортогональных векторов. Для сокращения исходной информации выбирают взаимосвязанные факторы, которые описываются определенными главными компонентами.

В результате расчета по программе компонентного анализа на ЭВМ ЕС-1030 максимум компонент, с помощью которых удалось описать 73,1 % дисперсии, составил 6. Выявленные направления распределились в объединении Свердловспром в порядке  $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4 > \lambda_5 > \lambda_6$ , где  $\lambda_i$  — доля дисперсии каждого направления, а именно: 1-е направление — техническое перевооружение нижнескладского производства,  $\lambda_1 = 24,2$  %; 2 — механизация труда на лесосечных и транспортных работах,  $\lambda_2 = 14,2$  %; 3 — комплексное использование древесины  $\lambda_3 = 12,7$  %; 4 — совершенствование организации производства,  $\lambda_4 = 8,7$  %; 5 — внедрение передовой технологии,  $\lambda_5 = 7,4$  %; 6 — подготовка технического перевооружения производства,  $\lambda_6 = 5,9$  %.

Для оценки эффективности выявленных направлений на главных компонентах строят уравнение регрессии:

$$\Phi = f(K_1, K_2, \dots, K_n),$$

где  $K_i$  — векторы случайных величин.

В качестве оценочных приняты следующие показатели: прирост товарной продукции на одного работающего; прирост чистой продукции на одного работающего; прирост товарной продукции на 1 р. основных фондов; прирост чистой продукции на 1 р. основных фондов; прибыль к основным фондам; прирост товарной продукции к приведенным затратам; прирост чистой продукции к приведенным затратам. Приведенные затраты определяют по общепринятой формуле  $(C + E_n K)$ .

Исходя из критерия экономической эффективности общественного производства (производительности общественного труда) и особенностей лесозаготовительного производства, считаем, что система показателей может быть приведена к единой количественной оценке на основе определяющего показателя — производительности труда. В качестве корректирующего используем показатель приведенных затрат.

Заключительным этапом является определение критерия эффективности НТП:

$$\mathcal{E}_{\text{НТП}} = a_0 \pm a_1 K_1 \pm a_2 K_2 \pm \dots \pm a_n K_n,$$

где

$\mathcal{E}_{\text{НТП}}$  — критерий эффективности НТП;

$K_1, \dots, K_n$  — относительно независимые направления НТП.

Эффективность является функцией от каждого направления и от взаимосвязи между ними. Каждое направление мы интерпретировали с позиции наибольших положительных и отрицательных нагрузок. Результаты расчетов показали, что для объединения Свердловспром значимыми по  $t$ -критерию оказались направления, эффективность которых определялась по приросту чистой продукции на одного работающего, на 1 р. основных фондов и к приведенным затратам.

Ранжирование позволило определить ведущие и замыкающие предприятия объединения Свердловспром по интенсивности развития каждого направления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андрухович Л. Н. Интенсификация производства и технический прогресс в промышленности. — М.: Знание, 1974. [2]. Анчишкин А. И. Прогнозирование роста социалистической экономики. — М.: Экономика, 1973. [3]. Баймуратов У. Б. О систематизации показателей измерения технического уровня производства. — М., 1970. [4]. Браун М. Теория и измерение технического прогресса. — М.: Статистика, 1971. [5]. Вишнев С. М. Экономические параметры. — М.: Наука, 1968. [6]. Волков О. И. Плановое управление НТП. — М.: Наука, 1975. [7]. Зайцев Б. Ф., Чирков В. Г. Техничко-экономический уровень производства. — М.: Экономика, 1972. [8]. Кураков И. Г. Некоторые экономические вопросы развития науки и техники. — В кн.: Эффективность научно-технического творчества. М.: Наука, 1978. [9]. Львович А., Банников А. Комплексный анализ технического уровня производства. — М.: Наука, 1967. [10]. Салинь З. Ю., Лапкин Л. П. Комплексная оценка показателей НТП. — Лесн. пром-сть, 1975, № 4. [11]. Трапезников В. А., Афанасьев В. Г., Ефимов К. А. Управление исследованиями, разработками и внедрением новой техники. — М., 1977. [12]. Экономическая эффективность научно-технического прогресса/ Н. Г. Чумаченко, Д. П. Богиня, П. И. Верба, В. К. Врублевский. — Киев, 1977.

Поступила 4 июня 1980 г.

УДК 661.728.003.13

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ В СУЛЬФАТЦЕЛЛЮЛОЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. П. ПЕТРОВ, Д. К. ДЖИНДЖОЛАВА

Ленинградская лесотехническая академия

Для целлюлозно-бумажной промышленности характерны большие объемы потребления древесного сырья, химикатов, тепла, электроэнергии и воды, возрастающие с каждым годом в связи с ускоренным развитием производств целлюлозы, картона и бумаги.

Вопросы снижения материалоемкости, комплексного использования древесного сырья и химикатов — это, в первую очередь, вопросы построения системы показателей, призванных:

- 1) измерить эффективность, комплексность и полноту использования материальных ресурсов;
- 2) оценить отдачу материальных ресурсов через достигаемые производственные результаты;
- 3) организовать стимулирование рационального использования сырья и материалов путем разработки мер экономического воздействия на интересы предприятий (объединений) и их подразделений.

В настоящее время целлюлозно-бумажная промышленность не располагает системой показателей, удовлетворяющих указанным требованиям. В практике работы целлюлозно-бумажных предприятий эффективность использования материальных ресурсов оценивается сопоставлением их фактического расхода с плановыми нормами. При этом:

а) применяемые нормы не всегда прогрессивны, и возникает потребность в их частом пересмотре в связи с изменением регламентов технологических процессов;

б) отсутствует комплексный подход к измерению эффективности использования всей совокупности материальных ресурсов в условиях, когда имеет место взаимозаменяемость отдельных видов сырья и материалов;

в) не учитывается использование вторичных материальных ресурсов (твердых и жидких отходов) и степень очистки сточных вод.

Для построения системы показателей, измеряющих эффективность использования материальных ресурсов в целлюлозно-бумажной промышленности, применим методический подход, разработанный проблемной экономической лабораторией ЛТА и основанный на соизмерении затрат и результатов\*.

На основании этого подхода затраты материальных ресурсов определим следующими показателями:

объемы потребления древесного сырья в натуральном выражении в распределении по видам и породам;

объемы потребления химикатов в распределении по видам;

объемы потребления энергии, тепла, воды;

стоимость потребленных сырья и материалов (раздельно и в совокупности);

общая стоимость материальных затрат с учетом тепла и энергии.

В свою очередь, производственные результаты целлюлозно-бумажных предприятий оценим следующими показателями:

выпуск продукции в натуральном выражении (включая производство целлюлозы по варке);

товарная продукция;

чистая продукция;

прибыль от реализации товарной продукции;

расчетная прибыль.

При установлении показателей эффективности выпуск продукции в натуральном выражении, товарная продукция и прибыль от реализации принимаются по данным статистической отчетности; чистая продукция определяется расчетным путем как сумма заработной платы промышленно-производственного персонала с начислениями и фактически полученной прибыли.

Расчетная (чистая) прибыль получается в виде разности между прибылью от реализации, платой за производственные фонды и процентом за банковский кредит.

Формирование системы показателей эффективности использования материальных ресурсов приведено в табл. 1. Показатели эффективности определяются отношением результатов (числитель) к затратам материальных ресурсов (знаменатель): например, съем товарной продукции с 1 м<sup>3</sup> перерабатываемого сырья ( $\varepsilon_3 = \frac{R}{V}$ ). В ряде случаев целесообразно получить отношение затрат к результатам: например, расход древесины на 1 т целлюлозы по варке ( $\varepsilon_1 = \frac{V}{Q}$ ).

Система показателей ( $\varepsilon_1 - \varepsilon_{20}$ ) многосторонне отражает полноту и степень комплексности использования сырья и материалов и позво-

\* Лобовиков Т. С., Петров А. П. Экономика комплексного использования древесины. — М.: Лесн. пром-сть, 1976, с. 168.

Таблица 1

Ресурсы	Показатели по результатам				
	Объем производства целлюлозы по варке $Q$ , т	Стоимость продукции из отходов $Q_1$ , р.	Товарная продукция $R$ , р.	Чистая продукция $R_{\Pi}$ , р.	Расчетная прибыль $P_{\Pi}$ , р.
Древесное сырье $V$ , м <sup>3</sup>	$\varepsilon_1 = \frac{V}{Q}$	$\varepsilon_2 = \frac{Q_1}{V}$	$\varepsilon_3 = \frac{R}{V}$	$\varepsilon_4 = \frac{R_{\Pi}}{V}$	$\varepsilon_5 = \frac{P_{\Pi}}{V}$
Стоимость древесного сырья франко-потребитель $S_1$ , р.	$\varepsilon_6 = \frac{S_1}{Q}$	$\varepsilon_7 = \frac{Q_1}{S_1}$	$\varepsilon_8 = \frac{R}{S_1}$	$\varepsilon_9 = \frac{R_{\Pi}}{S_1}$	$\varepsilon_{10} = \frac{P_{\Pi}}{S_1}$
Стоимость древесного сырья и химикатов $S_2$ , р.	$\varepsilon_{11} = \frac{S_2}{Q}$	$\varepsilon_{12} = \frac{Q_1}{S_2}$	$\varepsilon_{13} = \frac{R}{S_2}$	$\varepsilon_{14} = \frac{R_{\Pi}}{S_2}$	$\varepsilon_{15} = \frac{P_{\Pi}}{S_2}$
Общая стоимость всех материальных затрат и энергии $S_3$ , р.	$\varepsilon_{16} = \frac{S_3}{Q}$	$\varepsilon_{17} = \frac{Q_1}{S_3}$	$\varepsilon_{18} = \frac{R}{S_3}$	$\varepsilon_{19} = \frac{R_{\Pi}}{S_3}$	$\varepsilon_{20} = \frac{P_{\Pi}}{S_3}$

ляет контролировать влияние различных факторов на эффективность потребления материальных ресурсов.

Однако множество показателей в силу разнонаправленного их «поведения» делает затруднительным принятие решений и разработку мероприятий по снижению материалоемкости и повышению материалоемкости в целлюлозно-бумажном производстве.

Анализ измерителей эффективности использования материальных ресурсов в связи с традиционными показателями эффективности производства (рентабельность, производительность труда, фондоотдача) выявил группу «ведущих» показателей, которые наиболее точно отражают комплексность переработки сырья и материалов и могут быть применены в качестве фондообразующих при совершенствовании механизма экономического стимулирования. Эти показатели следующие: расход сырья и с 1 т целлюлозы по варке; съем с 1 р. стоимости древесного сырья и с 1 р. стоимости всех материальных ресурсов: товарной продукции, чистой продукции и расчетной прибыли.

Оценим по приведенной системе показателей эффективность использования материальных ресурсов в сульфатцеллюлозном производстве. Показатели установлены по данным 1978 г. по совокупности 15 предприятий с объемом вырабатываемой целлюлозы по варке 3663 тыс. т и потреблением сырья 18,3 млн. м<sup>3</sup>, включая 3,2 млн. м<sup>3</sup> древесины лиственных пород.

Сульфатцеллюлозное производство с точки зрения получаемых результатов представлено самыми различными типами предприятий, различающихся уровнем концентрации, формами комбинирования, ассортиментом вырабатываемой товарной продукции, соотношением в ней полуфабрикатов и продукции конечного потребления. Известное влияние на формирование результатов оказывают такие факторы, как степень использования производственных мощностей, районные различия в удельных капитальных вложениях и эксплуатационных затратах, качество и структура используемого сырья и материальных ресурсов. Однозначно оценить влияние каждого из перечисленных факторов практически невозможно, поэтому из их числа детально оценено только потребление материальных ресурсов в сульфатцеллюлозном производстве.

В составе материальных ресурсов выделены: древесина; химикаты и вспомогательные материалы; тепло, энергия, вода. Соответственно, зафиксированы: расход древесного сырья всего и по видам; стоимость древесного сырья; стоимость древесного сырья с добавлением вспомо-

гательных материалов и химикатов (по варке); суммарная стоимость всех материальных ресурсов (по варке), включая тепло, энергию и воду.

На основании предложенной методики рассчитаны показатели, измеряющие эффективность использования материальных затрат в сульфатцеллюлозном производстве в целом по совокупности всех предприятий, а также по Котласскому и Сегежскому ЦБК (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Средние по совокупности всех предприятий	Котласский ЦБК	Сегежский ЦБК
Расход древесного сырья на 1 т целлюлозы $\epsilon_1$ , м <sup>3</sup>	4,97	4,30	5,25
Товарная продукция на 1 м <sup>3</sup> сырья $\epsilon_3$ , р.	82,6	116,6	51,7
Чистая продукция на 1 м <sup>3</sup> сырья $\epsilon_4$ , р.	25,6	50,13	14,2
Расчетная прибыль на 1 м <sup>3</sup> сырья $\epsilon_5$ , р.	4,13	27,3	1,68
Съем с 1 р. стоимости сырья, р.:			
товарной продукции $\epsilon_7$	4,17	6,0	2,78
чистой продукции $\epsilon_8$	1,29	2,57	0,76
расчетной прибыли $\epsilon_9$	0,21	1,40	0,09
Попутная продукция на 1 м <sup>3</sup> сырья $\epsilon_2$ , р.	1,87	2,03	2,16
Съем с 1 р. стоимости всех материальных затрат, р.:			
товарной продукции $\epsilon_{18}$	3,30	4,56	2,23
чистой продукции $\epsilon_{19}$	1,02	1,96	0,62
расчетной прибыли $\epsilon_{20}$	0,16	1,07	0,07

Такие показатели при условии их введения в плановые расчеты и статистическую отчетность будут регламентировать использование материальных ресурсов в целлюлозно-бумажной промышленности; их анализ позволит наметить систему мероприятий по реализации резервов снижения материалоемкости, разработать комплекс организационных и экономических мер по стимулированию экономного расходования сырья, материалов, энергии и воды.

Изучение приведенных показателей позволяет установить основные направления, по которым должно осуществляться снижение материалоемкости в сульфатцеллюлозном производстве:

концентрация производства на базе укрупнения единичных мощностей;

совершенствование технологических процессов;

полное использование образующихся жидких отходов с получением попутной лесохимической продукции;

очистка сточных вод с реализацией «улавливаемых» компонентов;

создание и внедрение безотходных технологий с замкнутым циклом водоснабжения.

В плане снижения материалоемкости представляют интерес исследования по установлению связи (подтвержденной аналитическими расчетами) показателей отдачи материальных ресурсов с показателями, характеризующими использование основных фондов и трудовых ресурсов; для этой цели продуктивно применение аппарата корреляционного анализа и производственных функций.

УДК 630\*24.003.13

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РУБОК УХОДА ЗА ЛЕСОМ ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ

В. А. ПОНОМАРЕНКО, В. Н. ЕГОРОВ

Воронежский лесотехнический институт

В лесном хозяйстве определение экономической эффективности затруднено как из-за длительности процесса воспроизводства в целом, так и из-за необходимости выделения положительного влияния отдельных мероприятий за более короткие промежутки времени. Поэтому экономическую эффективность рубок ухода за лесом — одного из важнейших лесохозяйственных мероприятий — мы рекомендуем определять при проведении очередных ревизий лесоустройства, когда инвентаризируется лесной фонд и можно выявить происшедшие изменения. Приводим пример такого счета для сосновых насаждений Воронежского мехлесхоза.

В табл. 1 показана динамика основных таксационных показателей сосновой хозсекции Воронежского мехлесхоза за послевоенный период. Из приведенных данных следует, что по всем лесоводственно-таксационным показателям произошли положительные изменения. Эти сдвиги являются результатом не только процессов роста и развития древостоев, но, главным образом, итогом производственно-хозяйственной деятельности человека. Следовательно, сопоставление затрат с достигнутым результатом дает возможность судить об эффективности проводимых лесохозяйственных мероприятий.

Таблица 1

Год учета (лесоустройства)	Площадь, га	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	Средний запас на 1 га покрытой лесом площади, м <sup>3</sup> /га	Общий средний прирост, тыс. м <sup>3</sup>	Средний прирост на 1 га покрытой лесом площади, м <sup>3</sup> /га	Средний возраст, лет	Средний класс бонитета	Полнота
1945	8593	1548,0	170	36,9	3,8	42	1,2	0,66
1957	10940	1774,5	162	41,4	3,8	42	1,2	0,75
1969	11676	2279,5	195	46,1	3,9	46	1,3	0,78

Основным материальным продуктом леса является выращиваемая древесина, способы учета которой разработаны наиболее полно и с достаточной для практического использования точностью. Недостаточный и неполный учет остальных материальных компонентов недревесной продукции, а также услуг лесного хозяйства обществу в виде защитных, санитарно-гигиенических, рекреационных и других функций не позволяет принимать их в расчет. Поэтому степень воздействия рубок ухода на лесные насаждения ограничена только запасом древесины, хотя такой учет дает явно заниженные результаты.

Экономическое значение рубок ухода за лесом при таком подходе сводится к определению возрастающей ценности остающегося на корню древостоя с учетом вовлечения в народнохозяйственное потребление выбираемой его части.

Основной метод оценки эффекта от рубок ухода за лесом — сравнение соответствующих таксационных показателей насаждений, охва-



ченных рубками, и древостоев, растущих без активного вмешательства человека. Рубки ухода — лесохозяйственные мероприятия длительного воздействия на лесные насаждения, поэтому наиболее полно их влияние может быть установлено лишь к возрасту спелости. Однако в лесхозах с интенсивной формой ведения хозяйства изменения в выращиваемых насаждениях могут быть достаточно точно определены при проведении очередных ревизий лесоустройства.

Непосредственное влияние рубок ухода на лесные насаждения выявляется на постоянных пробных площадях, закладываемых лесопромышленными партиями и лесхозами в наиболее типичных насаждениях. Сопоставление количественных и качественных характеристик древостоев на отдельных секциях проб является основой для определения лесоводственного эффекта рубок. Изменение состава насаждения в сторону насыщения его более ценными древесными породами, выращивание более крупных сортиментов в более короткие сроки и т. п. проявляются в увеличении средней таксовой стоимости обезличенного кубометра древесного запаса. В табл. 2 приведены данные постоянных проб в сосновых насаждениях Воронежского мехлесхоза, пересчитанные на 1 га (за 1957—1969 гг.).

Таблица 2

Показатели	Вид рубок ухода			
	Осветление	Прочистка	Прореживание	Проходная рубка
Состав древостоя	$\frac{8С2Д+Б, ед. Ос}{5С3Ос1Б1Д}$	$\frac{8С2Д+Б}{6С2Д1Ос1Б}$	$\frac{9С1Д+Ос}{7С2Д1Ос}$	$\frac{10С+Д, ед. Ос}{8С1Д1Ос+Б}$
Запас, м <sup>3</sup>	$\frac{39}{46}$	$\frac{83}{92}$	$\frac{167}{182}$	$\frac{210}{237}$
Таксовая стоимость древесины, р.	$\frac{120,1}{130,9}$	$\frac{398,0}{425,1}$	$\frac{1161,4}{1207,8}$	$\frac{1526,7}{1623,4}$
Средняя таксовая стоимость обезличенного кубометра, р.	$\frac{2,67}{2,57}$	$\frac{4,80}{4,62}$	$\frac{6,96}{6,64}$	$\frac{7,27}{6,84}$
Эффект от рубок ухода, р.	0,10	0,18	0,32	0,43

Примечание. В числителе — данные для секций пробных площадей, на которых регулярно проводили рубки ухода; в знаменателе — для секций без рубок ухода.

При расчетах экономической эффективности рубок ухода учитывали не только эффект в виде повышения таксовой стоимости выращиваемого древостоя, но и затраты на их проведение, уменьшенные на величину возмещенных средств от реализации полученной при этом древесины. В табл. 3 приведен расчет экономической эффективности рубок ухода за лесом в сосновых насаждениях Воронежского мехлесхоза.

Себестоимость рубок ухода определена восстановительным методом, суть которого состоит в том, что уровень затрат исчислен расчетным путем по сложившейся к настоящему времени технологии работ и достигнутому уровню производительности труда. В основу расчета прямых затрат положен достигнутый лесхозом средний уровень расходов за последние три года (из формы 10-ЛХ). Общепроизводственные расходы и расходы по содержанию лесхоза распределены пропорционально прямым производственным затратам, амортизация основных производственных фондов лесохозяйственного назначения дополнительно исчислена по действующим нормам амортизации. Данные о количе-

Таблица 3

Показатели	Распределение насаждений по возрастным группам, отвечающим определенному виду рубок ухода			
	до 10 лет (осветление)	11—20 лет (прочистка)	21—40 лет (прореживание)	41—100 лет (проходная рубка)
Общая площадь насаждений на конец ревизионного периода, га	1774	1775	1931	6196
Общий запас насаждений, тыс. м <sup>3</sup>	72,7	79,7	282,0	1845,1
Площадь насаждений, охваченных рубками ухода на конец ревизионного периода, га	1247	823	1142	1247
Запас этих насаждений, тыс. м <sup>3</sup>	53,5	37,3	166,9	378,0
Повышение таксовой стоимости запаса насаждений, пройденных рубками ухода, тыс. р.	5,35	6,71	53,41	162,54
Затраты на проведение рубок ухода за ревизионный период, тыс. р.	14,89	21,63	46,15	51,73
Количество древесины, заготовленной при проведении рубок ухода на протяжении ревизионного периода, тыс. м <sup>3</sup>	3,9	6,1	16,1	26,2
Реализационная стоимость ликвидной древесины, тыс. р.	2,14	12,81	57,87	75,87
Общий эффект от проведения рубок ухода, тыс. р.	-7,40	-2,11	+65,13	+186,68

стве заготовленной древесины взяты из книг технической документации, а реализационная стоимость определена по средней взвешенной цене последних лет.

Рубки ухода в молодняках оказываются убыточными, а прореживание и проходные рубки не только окупаются, но и компенсируют затраты в молодняках. При затратах на все виды рубок 134,4 тыс. р. чистый доход составит 242,3 тыс. р. Таким образом, высокая экономическая эффективность рубок ухода в сосновых насаждениях Воронежского лесхоза свидетельствует о целесообразности их проектирования.

Поступила 22 апреля 1980 г.

УДК 630\*284.003.13

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю. И. ДЕМИНЦЕВ, А. В. ПЕТЕРСОН

Уральский лесотехнический институт

В совершенствовании хозяйственного механизма важное место занимает объективная оценка результатов, достигнутых тем или иным производственным подразделением.

Многие предприятия, занимающиеся подсочкой леса, по различным причинам не имеют возможности стабильно увеличивать объемы выпуска продукции, и в результате значительная часть из них не получает

прибыли. В этих условиях для оценки работы предприятий следует применять такие показатели, как рост производительности труда и снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Специфическая особенность подсочного производства заключается в том, что масса добываемой продукции образуется не в период непосредственного воздействия рабочих на предмет труда, а в период между двумя основными операциями — нанесением подновок и сбором живицы. Результативность труда зависит не только от числа карроподновок, но и от качества выполнения этой операции, от последовательности и периодичности нанесения подновок. Уровень производительности труда во многом определяется квалификацией вздымщиков, что выражается не только в выработке, измеряемой числом нанесенных подновок, но и в различном выходе живицы на карру и карроподновку, в зависимости от применяемой технологической схемы и метода подсочки.

Это обуславливает необходимость расчета различных показателей производительности труда рабочих подсочного производства: в стоимостном выражении по товарной и чистой продукции, в натуральном выражении — по комплексной и пооперационной выработке, а также штучной, характеризующей интенсивность труда вздымщиков. Перечисленные показатели целесообразно использовать при планировании и анализе производственно-хозяйственной деятельности предприятий, занимающихся подсочкой леса.

Для характеристики эффективности подсочного производства, по нашему мнению, следует применять комплексную выработку на рабочего в килограммах и в стоимостном выражении выработку в рублях, исчисленную по нормативной чистой продукции. Эти показатели будут объективно характеризовать достигнутый уровень производительности труда.

Одним из наиболее важных показателей эффективности подсочного производства следует считать себестоимость добычи живицы. Специфическая особенность этого показателя в подсочном производстве заключается в том, что при одних и тех же затратах может быть получено различное количество продукции с учетной единицы (карры и карроподновки). Следовательно, уровень себестоимости 1 т живицы зависит не только от размера затрат, но и от удельного выхода продукции. Выход живицы, в свою очередь, зависит от применяемых технологических схем и методов подсочки и погодных условий того или иного сезона.

В химлесхозах Свердловской области себестоимость добычи 1 т живицы колеблется от 650—700 до 1000—1100 р. Наилучшие показатели себестоимости достигнуты в предприятиях, расположенных в южных и центральных районах области (в Красногвардейском, Сысертском, Ирбитском химлесхозах). При выполнении сравнительного анализа была выявлена степень влияния основных факторов на различный уровень издержек производства (см. табл.).

Группа факторов	Степень влияния, %
Различия в условиях оплаты труда	4—6
Природно-климатические и лесорастительные условия	22—28
Различный уровень прогрессивных методов и схем организации производства	62—66
Прочие факторы	6—9

Приведенные данные показывают, что наибольшее влияние на снижение уровня затрат на добычу живицы оказывают применяемые при подсочке леса методы и технологические схемы организации производства.

В Красногвардейском хмлесхозе более 90 % живицы добывают с применением сульфитно-спиртовой барды — одного из наиболее эффективных стимуляторов процессов смолообразования и смолывыделения. Применение этого стимулятора увеличивает удельную смолопродуктивность в условиях Свердловской области на 40—45 %. В этом предприятии постоянно ведут поиск новых стимуляторов. В 1979 г. продолжались производственные испытания кормовых дрожжей, обеспечивающих повышение удельной смолопродуктивности на 6—8 % по сравнению с применением сульфитно-спиртовой барды.

Система организационных мер оказывает воздействие не только на объем добываемой живицы, но и на издержки производства, что в конечном итоге и определяет уровень себестоимости единицы продукции.

При выборе технологических схем и методов подсочки необходимо руководствоваться не только показателями валового и удельного выхода живицы, но и определять по всем проектируемым вариантам показатели производительности труда и себестоимости продукции. Этим и обуславливается необходимость в качестве показателя эффективности подсочного производства применять себестоимость продукции, дифференцированную по методам подсочки. Именно от применяемого метода подсочки во многом зависит уровень издержек производства, приходящихся на единицу получаемой продукции, а поэтому размер этих затрат и должен характеризовать эффективность применяемой или проектируемой технологии. По нашим расчетам, внедрение подсочки с сульфитно-спиртовой бардой обеспечивает снижение себестоимости 1 т живицы в условиях Свердловской области на 12—18 % в зависимости от исходной смолопродуктивности лесонасаждений. Увеличение выхода живицы на карру в течение сезона приводит к сокращению расходов как на подготовительные работы, так и на выполнение основных производственных операций. Соответственно сокращается доля накладных и других косвенных расходов. Себестоимость добычи живицы, исчисленную по методам подсочки, можно использовать для расчета нормативов чистой продукции, так как в этом случае представляется возможность более точного определения всех элементов затрат.

Показатели производительности труда и себестоимости продукции в подсочном производстве, дифференцированные по применяемым технологическим схемам, следует использовать для оценки экономической эффективности различных методов подсочки.

Опыт калькулирования себестоимости по методам подсочки имеется в Борском хмлесхозе Горьковской области и в некоторых других предприятиях. Отдельные методические положения калькулирования себестоимости по методам подсочки разработаны на кафедре экономики и организации производства Уральского лесотехнического института.

Поступила 17 апреля 1980 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК. 581.524.1 : 630\*235.5

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ  
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В ДУБОВО-СОСНОВЫХ КУЛЬТУРАХ  
ЗАПАДНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В. С. ЛАНТУХ

Львовский лесотехнический институт

Взаимодействию сосны и дуба в культурах посвящены работы многих исследователей. Важные аспекты взаимовлияния корневых систем сосны и дуба в смешанных насаждениях отмечали Д. Д. Лавриненко и Я. Я. Дьяченко [2], Я. П. Одинок [3], М. Т. Гончар [1] и др.

Мы изучали эти вопросы методом монолитов в 7-летних дубово-сосновых культурах Ивано-Франковского уцлесхозага Львовской области. Почва среднедерново-среднеподзолистая, песчаная. Размещение пород кулисное: 4 ряда сосны обыкновенной и 4 ряда дуба черешчатого. Расстояние между рядами — 1,5 м, между кулисами — 3,0 м. В качестве буферной породы между кулисами введена аморфа. В культурах встречается самосев березы бородавчатой. На время исследования культуры имели следующие таксационные показатели: средний диаметр сосны на 1,3 м — 4,4 см, дуба на 0,1 м — 1,7 см; высота сосны — 2,8 м, дуба — 1,1 м.

В исследуемых культурах было взято 12 почвенных монолитов размером 50×50 см до глубины проникновения корней (по 6 для кулис сосны и дуба) по горизонтам 0—10, 10—20, 20—30, 30—45, 45—60, 60—75 см и т. д. Для того чтобы получить представление о возможном изменении корненошенности в межкулисных пространствах и в кулисах, монолиты размещали в рядах сосны и дуба и в непосредственной близости к ним — в междурядьях со стороны кулис и в межкулисном пространстве. Таким образом, монолиты образуют блоки сечением 1,5×0,5 м, пересекающие в кулисах крайние ряды сосны и дуба.

В полевых условиях почву с корнями просеивали через сита с ячейками размером 5×5 мм, а затем в лабораторных условиях отмывали проточной водой до полного отделения от почвы и распределяли по фракциям толщины.

В исследуемых почвенно-гидрологических условиях корни сосны проникают до глубины 60 см. В рядах сосны наибольшее относительное участие корней наблюдается в горизонте 11—20 см (45,1 %). Основная масса их расположена в слое почвы 0—30 см (82,2 %). Распределение корней по толщине показывает, что корни диаметром менее 0,6 мм составляют значительную часть в общей массе корней. Это свидетельствует о большой физиологической активности корневых систем сосны в культурах исследуемого возраста. Такие корни расположены в основном на глубине 11—30 см.

Масса корней травянистой растительности составляет 47,8 % массы корней сосны и расположена в основном в верхних слоях почвы, следствием чего может быть относительно небольшое количество корней сосны, расположенных у поверхности.

В монолите, взятом около ряда сосны в сторону межкулисного пространства, корни распределяются аналогично. Здесь значительно увеличилась масса корней травы в верхнем горизонте почвы. Несмотря на это, количество тонких корней сосны на глубине 0—10 см также возросло. Это объясняется тем, что на некотором расстоянии от ствола корни сосны начинают разветвляться, при этом увеличивается и масса тонких корней.

В междурядьях кулис сосны наблюдается несколько большее относительное участие корней всех фракций толщины в верхнем слое почвы (47,7 %). Одновременно в этой зоне зафиксировано значительное снижение массы корней травянистой растительности.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в данных условиях наблюдается существенное влияние корней травянистой растительности на характер населенности почвы корнями сосны. Следует отметить отсутствие корней дуба в кулисах сосны, что исключает возможность его отрицательного влияния на развитие сосны.

Анализ корненошенности почвы в кулисе дуба показал, что корни его проникают на глубину в 2 раза большую. В рядах дуба основная масса корней расположена в слое почвы 0—30 см (80,7 %). Преобладающее количество тонких корней дуба находится на глубине 11—30 см. В монолитах, взятых в кулисах дуба, зафиксировано определенное количество тонких корней сосны. Основная их масса расположена, как и

в кулисах сосны, в верхнем слое почвы на глубине 0—10 см. Однако соотношение корней сосны и дуба в различных горизонтах почвы не дает оснований считать, что корни сосны угнетающе влияют на развитие корневой системы дуба.

Масса корней травянистой растительности в 3 с лишним раза больше, чем в аналогичном монолите в рядах сосны. Это обстоятельство объясняется тем, что в рядах дуба почва меньше притенена и создаются лучшие условия для развития травянистой растительности.

Аналогично распределяются корни в монолите, взятом со стороны межкулисного пространства. Но здесь корни сосны достигают глубины 70 см и наибольшее количество их расположено в слое почвы 11—20 см. Под действием частичного притенения почвы кулисой сосны уменьшилась масса корней травянистой растительности.

Несколько иное расположение корней наблюдается в монолите, взятом со стороны междурядий. Значительная часть корней сосны и дуба размещена в верхнем горизонте почвы 0—10 см (37,9 %), увеличилось относительное участие тонких (до 0,6 мм) корней обеих пород. Зафиксировано увеличение массы корней трав по сравнению с массой корней древесных пород, что объясняется уменьшением степени затенения почвы в междурядьях дуба.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Корни сосны более интенсивно осваивают почвенное пространство, что позволяет им быстрее проникать в кулисы дуба. Проникновение корней дуба в кулисы сосны, очевидно, следует ожидать в более старшем возрасте культур.

2. Относительное участие тонких корней сосны (до 2,0 мм) значительно выше участия таких же корней дуба, что свидетельствует о большей физиологической активности сосны в данном возрасте.

3. Влияние корней травянистой растительности в кулисах дуба проявляется в гораздо большей степени, чем в кулисах сосны. Это заставляет дифференцировать уход в кулисах этих пород, обеспечивая проведение его в кулисах дуба на протяжении более длительного времени, чем в кулисах сосны.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гончар М. Т. Биологические взаимосвязи древесных пород в лесу. — Львов, 1977. [2]. Лавриненко У. Д., Дьяченко Я. Я. Использование данных корневоселенности в смешанных кулисных культурах для суждения о взаимодействии древесных пород. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1970, № 6. [3]. Одинак Я. П. Взаимодействие сосны и дуба в насаждениях равнинных лесов западных областей УССР: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. — Львов, 1969.

УДК 632.982.52

### ТОКСИЧЕСКИЕ ОСТАТКИ И БИОИНДИКАЦИЯ В ЛЕСОЗАЩИТЕ

А. М. БОРТНИК, А. В. ГОРОХОВНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия, ЛенНИИЛХ

Многие исследователи интенсивно изучают динамику остатков токсических веществ при химической защите насаждений от энтомофитов. Однако современные методы определения микроколичеств пестицидов несовершенны. В частности, даже методы ускоренного определения фосфамида колориметрированием [2] достаточно трудоемки; еще более громоздок хроматографический метод (на силуфол или силикагеле). Сравнительно удобная газовая хроматография вовсе неприемлема при частом изменении номенклатуры определяемых веществ, так как требует переналадки аппаратуры. Кроме того, в процессе определения удается выявить содержание собственно токсиканта (в данном случае фосфамида), а также и его метаболитов, однако не всегда известно, какой из метаболитов и в какой степени токсичен для насекомых, и, стало быть, не удастся определить суммарную дозу действующих веществ, получаемую насекомым в процессе питания.

Вместе с тем хорошо известны и, по нашему мнению, незаслуженно забыты биологические методы определения остатков инсектицидов [4]. В то же время применительно к гербицидам биоиндикаторы по-прежнему используются достаточно широко.

Нам представляется, что при решении прикладных задач целесообразное сочетание физико-химических и биологических методов может существенно сократить общий объем работ и вместе с тем послужить источником достоверных и перспективных данных.

В 1976—1977 гг. нами были поставлены опыты по защите хвойных пород на ПЛСУ от вредителей, отрицательно влияющих на общее физиологическое состояние плодоносящих деревьев. Не затрагивая других аспектов этой серии опытов, остановимся лишь на сопоставлении данных по динамике токсических остатков в хвое, полученных в процессе тонкослойной хроматографии и методом биоиндикации.

Обработку проводили путем лубрикации при дозировках 1, 2 и 3 мл технического препарата БИ-58 на 1 см диаметра ствола. В дальнейшем, кроме определения эффективности, выявляли также максимальную длительность сохранения токсических свойств хвоя. Токсичность (или нетоксичность) хвоя определяли по смертности тест-объекта, в качестве которого использовали личинок рыжего пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) третьего-четвертого возрастов. С этой целью через каждые 3—8 дн. с обработанных деревьев брали по 2—3 ветки, на букеты в лаборатории подсаживали личинок пилильщика и определяли их смертность. Параллельно учитывали смертность личинок, питающихся на букетах, собранных с контрольных деревьев.

Сразу после подсадки личинки начали активно питаться, однако в опыте примерно через полтора часа большинство из них питание прекратили, начали распоздаться и опадать с букетов. В контроле этого не наблюдалось. В некоторых вариантах личинки сразу же после подсадки не держались гнездами, а распоздлись по букету. Некоторые из них, однако, активно питались, другие отказались от корма после первых же попыток. Поскольку обработка проводилась путем лубрикации, а не опрыскивания, контактное воздействие инсектицида на личинки из рассмотрения приходится исключить. По-видимому, фосфамид и его метаболиты оказывали ингибирующее воздействие на трофический, ориентировочный и другие рефлексы.

Результаты опыта представлены в таблице.

День взятия веток с деревьев	Смертность личинок, %, по дням				
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
3-й	61,5	100	—	—	—
6-й	22	55	65	78,6	93
8-й	68	86,5	73	88	97
12-й	66	74	75	93	100
20-й	64	80	84	91	100
23-й	66	73,5	100	—	—

Из таблицы видно, что до окончания наблюдений, т. е. в течение 23 дн., смертность была высокой. Хотя средние значения не во всех случаях составили 100 %, тем не менее в большинстве вариантов к 5-му дню погибли практически все личинки. К сожалению, опыты пришлось прекратить, так как в контроле (и частично в опыте) личинки пилильщика к этому времени закончили питание и начали опускаться в подстилку. Тем не менее полученные данные позволили достоверно установить, что в течение по крайней мере 26 дн., т. е. периода взятия проб и наблюдений в лаборатории, хвоя оставалась токсичной для пилильщика.

Известно, что личинки старших возрастов значительно более устойчивы к инсектицидам, чем младших [1]. Это дает основание полагать, что содержание фосфамида в хвое оставалось довольно высоким. Из сказанного видно, что в процессе проведения защитных обработок имеется значительный резерв времени (более 26 дн.), позволяющий выбирать даты обработки так, чтобы по возможности обеспечить защиту от различных насекомых со смещенными фенологическими сроками.

Результаты наших опытов хорошо согласуются с аналогичными данными, полученными путем хроматографирования в тонком слое в процессе изучения динамики токсических остатков с другой группой насекомых на ели [3] после ее опрыскивания и инъекции рогора.

Мы полагаем, что разработка шкал токсичности и составление каталогов биоиндикаторов в лесозащите дали бы действенный инструмент в руки исследователей и практиков, позволяющий простыми средствами выполнять оперативный контроль за содержанием токсических остатков после химических обработок.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Коломиец Н. Г., Стадницкий Г. В., Воронцов А. И. Рыжий сосновый пилильщик. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1972, с. 122. [2]. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде/. М-во сельск. хоз-ва СССР. Гос. комиссия по средствам борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками. — М.: Колос, 1977, с. 81—88. [3]. Наумов Ф. В.

Исследование и обоснование дифференцированной технологии защиты семян хвойных пород от летнего энтомокомплекса: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Л., 1977, с. 12. [4]. Terriere L. C., Kligemagi U. Simplified bioassay for insecticide residues. — Proceedings of the 129-th National Am. Chem. Soc. Meeting. April, 1956.

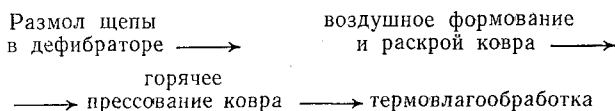
УДК 674.817-41

## О ПОЛУСУХОМ СПОСОБЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

В. И. БИРЮКОВ, Э. М. БЕГЛЯРОВ, А. А. БАГАЕВ, Г. Н. ВАХТЕРОВ

ВНИИдрев

Наиболее перспективен, на наш взгляд, способ производства ДВП по следующему технологическому плану:



Исключение стадии сушки волокна и участка для введения связующих веществ, несомненно, упрощает технологический процесс. Основные причины, препятствующие широкому освоению полусухого способа, — трудности при воздушном формовании ковра из волокон влажностью 30—50 %, пригары прессуемого ковра к сетке и плитам пресса, а также «карамелизация», ухудшающая внешний вид плит. По теоретическим данным, при гидролизе гемицеллюлоз на I-й стадии образуются фракции водорастворимых полисахаридов с различными молекулярными массами. Эти промежуточные продукты разлагаются затем до моносахаров, вызывая прилипание, пригары и загрязнение в виде темно-коричневого налета. Гидролиз идет с заметной скоростью уже при 165 °С. По данным эксперимента, выполненного во ВНИИдреве, пригары значительно снижаются, а внешний вид плиты улучшается, если условия гидролиза смягчить, например, размол в дефибраторе и горячее прессование вести соответственно при температурах 165 и 185 °С. Гидролиз в более жестких условиях увеличивает содержание водорастворимых компонентов, играющих роль связующего, т. е. способствует более полному использованию клеящих ресурсов собственно древесины. Между тем, при формовании ковра путем отлива, когда водорастворимые компоненты уносятся с водой, древесноволокнистая плита образуется с хорошими физико-механическими показателями без введения связующих извне. Надо полагать, что условия формования волокнистого ковра, способствующие максимальному сближению волокон и их компактной упаковке, компенсируют недостаток водорастворимых веществ.

В работе Шишкиной А. П. (Науч. тр./ЛТА, 1963, вып. 102), посвященной теоретическому обоснованию и изучению факторов полусухого формования, указано, что для получения прочной связи между волокнами достаточна бимолекулярная прослойка клеящих веществ, образующаяся в процессе прессования.

Цель данной работы — получить твердые ДВП в лабораторных условиях полусухим способом по указанной схеме и изучить их физико-механические показатели. В качестве сырья использовали 100 %-ное березовое волокно без парафина и осинового волокно с добавкой парафина, полученное дефибраторным размолотом на мельнице МД-13 в цехе Балабановской экспериментальной фабрики. Степень помола волокна определяли на приборе «дефибратор-секунда», для березы она равнялась 22 ДС, а для осины — 20 ДС. В качестве антиадгезива была выбрана полиэтилентерефталатная пленка (ПЭТФП) толщиной 20 мк. Древесноволокнистый ковер формовали на лабораторной формирующей машине из волокон влажностью 40—45 %. С обеих сторон ковра накладывали ПЭТФП, затем этот пакет помещали в горячий лабораторный пресс при температуре 195 °С. Лицевая ПЭТФП соприкасалась с верхней плитой пресса, а другая — с сеткой. Паропроницаемость ПЭТФП обеспечивала выход паров влаги. Лицевая сторона плиты получалась с удовлетворительным глянцем. ПЭТФП способна выдерживать 6—9 горячих запрессовок при 190—200 °С. График прессования изображен на рис. 1. Для устранения прилипания лицевой стороны прессуемых плит к плитам пресса использовали олеиновую кислоту, но последняя не давала эффекта при смазке сеток.

Нами получены также отделанные плиты с применением бумажно-смоляного покрытия. На сформованный ковер накладывали с одной стороны декоративное бу-



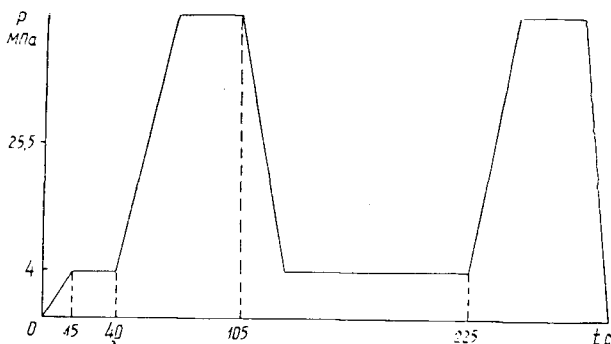


Рис. 1.

мажно-смоляное покрытие, пропитанное меламиноформальдегидной смолой, с другой — перфорированное бумажно-смоляное покрытие. Роль последнего заключалась в предотвращении пригаров прессуемого ковра к сетке и препятствии короблению плиты. Многочисленные перфорации обеспечивали выход паров при горячем прессовании.

Продолжительность прессования  $t$  составляла 9—10 мин при температуре 185—200 °С и максимальном давлении  $P$ , равном 4,8—5 МПа.

Описанный способ апробирован на волокнистом ковре, полученном из влажных волокон путем отлива и путем воздушного формования. При влажности ковра не более 30 % применяли бумажно-смоляное покрытие без перфораций, действовавшее как фильтр и задерживавшее полисахариды.

Отделка древесноволокнистых плит в процессе прессования, безусловно, экономически целесообразна.

Нами изготовлены полусухим способом плиты двусторонней гладкости. Прессуемый пакет набирали так, что древесноволокнистый ковер помещался между двумя глянцевыми листами, которые отделяли от плит пресса изоляционными слоями, замедлявшими приток тепла. График бесшоточного горячего прессования представлен на рис. 2.

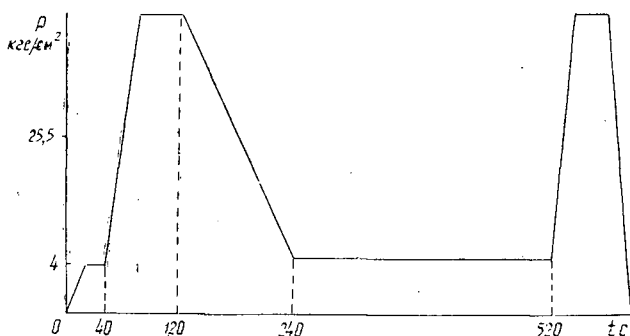


Рис. 2.

Плиты закаливали в камере при температуре 170 °С в течение 4 ч. Физико-механические показатели готовых ДВП определяли в соответствии с требованиями ГОСТа 4598—60. Габариты готовых плит — 300×300×3,5 мм, а влажность плит перед физико-механическими испытаниями — 5—6 %. Анализ экспериментальных данных (см. табл.) показал, что завершение термохимических процессов при закалке, сопровождающееся блокировкой свободных гидроксильных групп, способствует повышению водостойкости готовых плит. После закалки показатели прочности плит преимущественно снижались, что объясняется, по-видимому, изменением степени упорядоченности целлюлозной части вещества плит и локальными разрывами ее макромолекулярных цепей при термической деструкции.

Как известно, при прочих равных условиях плиты из осины, полученные мокрым способом, имеют пониженную прочность на статический изгиб по сравнению с плитами из березы и ели. В наших исследованиях для плит, изготовленных мокрым способом из осины с парафином, прочность на статический изгиб до закалки не превышала 28 МПа, после закалки — 33 МПа. При полусухом формовании плиты из осины по

Показатели	Осина с парафином		Береза без парафина	
	до закалки	после закалки	до закалки	после закалки
Прочность на статический изгиб, МПа	45	50,2	69,1	65
	67,4	62,5	75	70,4
Водопоглощение, %	30,5	20,3	46,4	30,9
	36,7	21,4	35,5	24,6
Набухание, %	22,4	10,6	32,3	15,9
	27,2	14,8	30,8	16,2

Примечание. В числителе физико-механические показатели для плит, полученных с применением ПЭТФП; в знаменателе — для плит, полученных бессеточным прессованием.

прочности заметно превосходят требования ГОСТа на твердые плиты, а плиты из березы без парафина после закалки проявляют удовлетворительную водостойкость.

Результаты проведенных исследований указывают на возможности преодоления трудностей при полусухом способе изготовления ДВП.

УДК 536.24

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ АВО

В. Б. КУНТЫШ, А. Э. ПИИР, Л. М. ФЕДОТОВА

Архангельский лесотехнический институт

В тепловых расчетах аппаратов воздушного охлаждения (АВО) необходимо учитывать термическое контактное сопротивление (ТКС) теплопередающей поверхности, представляющей биметаллические трубы с накатными алюминиевыми ребрами. Применение таких поверхностей перспективно при создании калориферов и теплорекуперативных агрегатов [3] целлюлозно-бумажной промышленности. В исследованиях [1, 2] и нормативных материалах [6] косвенно подтверждается влияние ТКС на интенсивность теплопередачи, но численных значений ТКС нет.

Цель данной работы — определить ТКС для различных контактируемых материалов биметаллических оребренных труб.

При установившемся состоянии тепловой поток  $Q$  через биметаллическую оребренную трубу (рис. 1, б) описывается системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha_1 F_1 (t_n - t_1); \\ Q &= \frac{\lambda_1}{\delta_1} F_1 (t_1 - t_{к1}); \\ Q &= \frac{1}{R_k} F_k (t_{к1} - t_{к2}); \\ Q &= \frac{\lambda_2}{\delta_2} F_k (t_{к2} - t_2); \\ Q &= \alpha_{пр} F_2 (t_2 - t'_в), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $F_1, F_2, F_k$  — соответственно внутренняя и полная наружная поверхности, а также поверхность зоны контактирования труб по диаметру  $d_k$ ;

$\alpha_1$  — коэффициент теплоотдачи внутри трубы;

$\alpha_{пр}$  — средний приведенный коэффициент теплоотдачи от оребренной поверхности к воздуху;

$\lambda_1, \lambda_2$  — коэффициенты теплопроводности несущей трубы и ребристой оболочки

(остальные обозначения понятны из рис. 1, б).

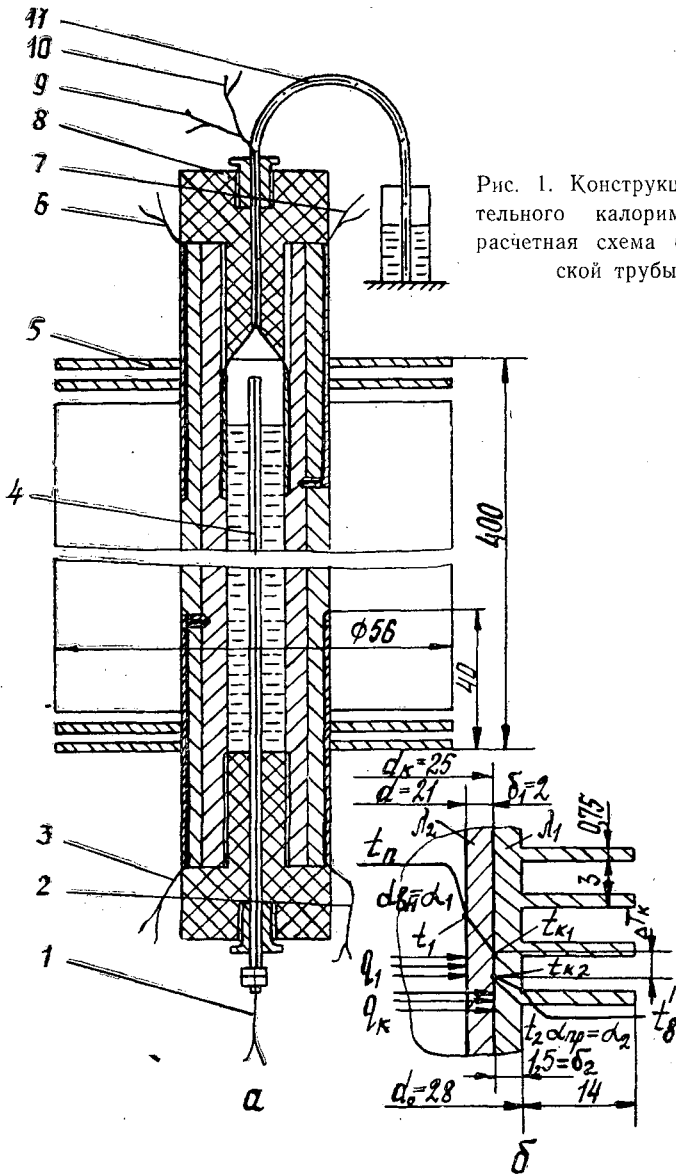


Рис. 1. Конструкция измерительного калориметра (а) и расчетная схема биметаллической трубы (б).

Вводим понятие о коэффициенте теплопередачи  $k$  оребренной трубы

$$Q = kF_2 (t_n - t'_b). \tag{2}$$

Здесь  $t_n, t'_b$  — соответственно средняя температура продукта внутри трубы и воздуха, омывающего оребрение снаружи.

Совместно решая уравнения (1) и (2), выводим формулу для коэффициента теплопередачи  $k$  биметаллической трубы, рассчитанного по полной наружной поверхности оребрения,

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} \frac{F_2}{F_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \frac{F_2}{F_1} + R_k \frac{F_2}{F_k} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \frac{F_2}{F_k} + \frac{1}{\alpha_{пр}}}. \tag{3}$$

Из уравнения системы (1) следует, что термическое контактное сопротивление

$$R_k = \frac{\Delta T_k}{q_k} \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}, \tag{4}$$

где  $\Delta T_k = t_{k1} - t_{k2}$  — температурный перепад в зоне контакта;

$$q_k = \frac{Q}{F_k} \text{ — плотность теплового потока через контактируемую зону.}$$

Следовательно, для экспериментального определения ТКС необходимо измерить  $\Delta T_k$  в контактной зоне при фиксированной плотности теплового потока  $q_k$ .

Сформулированные теоретические положения легли в основу разработанной конструкции измерительной трубки-калориметра (рис. 1, а) и методики исследования. Трубка состоит из отрезка испытываемой биметаллической трубы 5, гидравлически плотно закрытой с обоих торцов эбонитовыми пробками 8 и примерно на 2/3 высоты заполненной слабым раствором водного электролита. Пробки защищают трубку от торцовых потерь тепла, которые не превышали 3 % от передаваемого теплового потока и обеспечивали его распространение в радиальном направлении. Температурное поле стенки трубы можно считать одномерным. Вдоль оси установлен пустотелый электрод 4. Вторым электродом служит измерительная трубка. Переменный ток напряжением 220 В, проходя через слабый электролит, вызывает его кипение во всем объеме, а образующийся пар конденсируется на внутренней поверхности трубки. Полость калориметра соединена шлангом 11 небольшого диаметра через гидрозатвор с атмосферой. Датчиками температуры поверхности калориметра у основания ребер и внутренней поверхности несущей трубы являлись хромель-алюмелевые термопары 2, 6 и 9, 10, заложённые с обоих концов трубки в выфрезерованные канавки глубиной 0,8 мм, шириной 0,8 мм и длиной 45 мм. ЭДС всех термопар измеряли потенциометром ПП-63 класса 0,05. По ЭДС термопар, с учетом поправки на глубину их заделки в стенку калориметра, определяли температуры  $t_1$  и  $t_2$ . Значения  $t_{k1}$  и  $t_{k2}$  контактируемых поверхностей рассчитывали. Дополнительный контроль значений  $t_{k1}$  осуществляли по данным хромель-копелевых термопар 3, 7, горячие спай которых заведены в засверленные гнезда диаметром 0,8 мм на глубину 0,3 мм в стенке несущей трубы, а электроды термопар выводили через описанные выше канавки. Во всех случаях термопары зачеканивали заподлицо с соответствующей поверхностью калориметра. Примененный способ установки термопар исключает нарушение плотности контакта и искажения температурного поля.

Температуру насыщения  $t_n$  пара внутри калориметра измеряли хромель-копелевой термопарой 1. Количество тепла  $Q$ , переданное калориметром воздуху, подсчитывали по электрической мощности, измеряемой ваттметром класса 0,5 комплекта К-50, за вычетом торцовых потерь. Погрешность определения ТКС пропорциональна передаваемой плотности теплового потока. Для создания больших плотностей теплового потока  $q_k = (20 \div 80) \cdot 10^3$  Вт/м<sup>2</sup> калориметр устанавливают в центр 3—5-го стабилизированных рядов шахматного шестирядного пучка оребренных необогреваемых

идентичных труб. Относительные шаги разбивки труб в пучке  $\frac{S_1}{d} = \frac{S'_2}{d} = 1,035$  (где

$S_1, S'_2$  — соответственно поперечный и средний диагональный шаги). Пучок помещали в аэродинамическую трубу [6] сечением 400×400 мм. Температуру воздуха перед пучком и за ним (калориметром) измеряли лабораторными термометрами с ценой деления 0,1°.

Обработка результатов эксперимента сводилась к следующему. Измеренные температуры внутренней поверхности несущей трубы и наружной поверхности ребристой оболочки (у корня ребер) усредняли как средние арифметические и вводили поправки на глубину заделки термопар. В результате получали истинные температуры  $t_1$  и  $t_2$ . Температуры наружной поверхности несущей трубы усредняли аналогично и вводили поправку на отвод тепла электродами термопар вследствие вывода их по неизотермической поверхности. Так устанавливали истинное значение контрольной температуры  $t_{k1}$ . Температура внутренней поверхности ребристой оболочки в зоне контакта

$$t_{k2} = t_2 + \frac{Q}{F_k} \frac{\delta_2}{\lambda_2}.$$

По формуле (4) определяли  $R_{ki}$ .

ТКС среднее определяли как среднее арифметическое многократных измерений

$$R_{k\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ki}}{n}. \quad (5)$$

Термическая проводимость контакта

$$\alpha_k = \frac{1}{R_{k\text{cp}}} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}. \quad (6)$$

Приведенный коэффициент теплоотдачи к воздуху

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{Q}{F_2(t_2 - t'_2)} \quad (7)$$

Коэффициент теплоотдачи при конденсации пара на внутренней поверхности calorиметра

$$\alpha_1 = \frac{Q}{F_1(t_{\text{п}} - t_1)} \quad (8)$$

Исследовали биметаллические оребренные трубы (см. табл.) с накатными алюминиевыми ребрами стандартизированных АВО. Геометрические размеры труб приведены на рис. 1. Коэффициент оребрения  $\varphi = 15,23$ ; ребра двухзаходные алюминиевые. Механическую плотность контакта контролировали величиной усилия выпрессовки несущей трубы из ребристой оболочки на образцах длиной 100 мм.

Номер трубы	Материал		$R_{\text{к ср}} \cdot 10^4$ м <sup>2</sup> · °С/Вт	$\alpha_{\text{к}}$ Вт/(м <sup>2</sup> · °С)	Усилие выпрессовки, Н
	несущей трубы	ребра			
1	Латунь	Алюминий АД1	0,7	14300	19620
2	Ст. 10	"	1,1	9080	19620
3	Ст. Х5М	"	2,5	4000	19620
4	Ст. Х18Н10Т	"	3,7	2700	6870
5	Ст. Х18Н10Т	"	11,0	908	3090

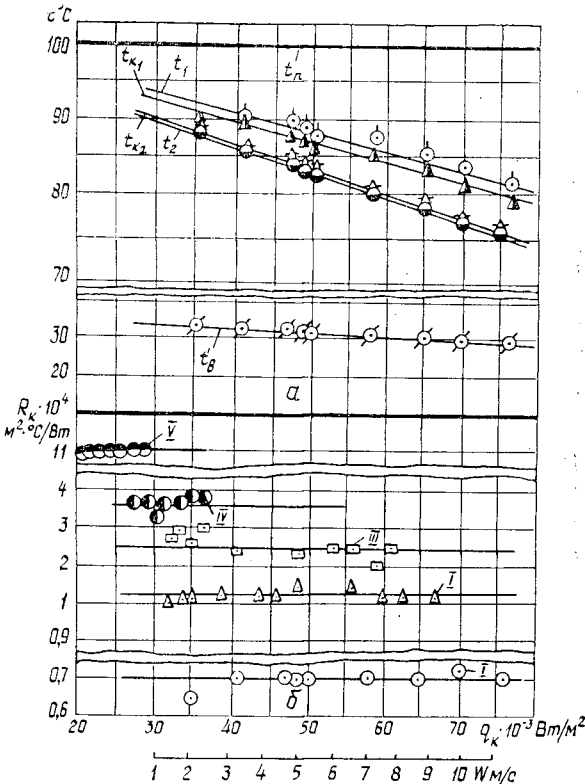


Рис. 2. Изменение температурных напоров по сечению трубы 1 (а) и контактного термического сопротивления (б) труб различных материальных исполнений.

I—V — соответственно для труб 1—5.

По экспериментальным данным построена зависимость изменения общего температурного напора и его частных составляющих для трубы 1 от плотности теплового

потока в зоне контакта (рис. 2). Увеличение плотности потока вызывает монотонный линейный рост температурного скачка  $\Delta T_k$  на контакте соприкасаемых материалов. Например, для  $q_k = 54000$  Вт/м<sup>2</sup>, возникающем при скорости воздуха в узком сечении пучка  $w = 6$  м/с, общий температурный напор  $\Delta t = t_{\text{п}} - t'_B = 79$  °С. Он состоит из частных напоров: пар — внутренняя поверхность трубы  $t_{\text{п}} - t_1 = 12$  °С; перепад температур в зоне контакта  $\Delta T_k = T_{k1} - t_{k2} = 3,5$  °С; поверхность трубы у основания ребер — воздух  $t_2 - t'_B = 61$  °С. Увеличение теплового потока до  $q_k = 79000$  Вт/м<sup>2</sup> ( $w = 11$  м/с) приводит к росту температурного перепада на контакте до  $\Delta t_k = 6,5$  °С. Подобные кривые изменения температур экспериментально получены для труб 2—5.

По формуле (4) и опытным значениям  $\Delta T_k$  и  $q_k$  рассчитаны численные значения контактного сопротивления  $R_k$  для труб 1—5 (рис. 2, б). Сплошные линии соответствуют средним значениям контактного сопротивления для каждой трубы, подсчитанным по формуле (5) и приведенным в таблице. ТКС зависит от природы соприкасаемых цилиндрических труб и механической плотности их сопряжения, о чем свидетельствуют результаты для труб 4, 5. Наименьшее значение  $R_k$  наблюдается для трубы 1. Это связано с повышенными коэффициентами теплопроводности соприкасаемых труб и небольшой шероховатостью трубы 1. Уменьшение теплопроводности труб 2—4 и рост шероховатости их поверхности приводят к увеличению термического контактного сопротивления. Например, значения  $R_k$  для трубы 3 в 3,58 раза, а для трубы 2 в 1,57 раза выше, чем для трубы 1. Вместе с тем величина  $R_k$  не зависит от плотности теплового потока.

Более наглядное представление о состоянии контакта труб 1—5 можно составить по величине термической проводимости  $\alpha_k$ , приведенной в таблице. Для труб 1—4 проводимость контакта находится на уровне интенсивности теплоотдачи при вынужденной конвекции капельных жидкостей и является достаточно высокой величиной, что свидетельствует о хорошем качестве контакта стандартизированных труб. Механическая плотность контакта для трубы 5 предварительно нарушена нами с целью выявления влияния данного фактора на  $R_k$ .

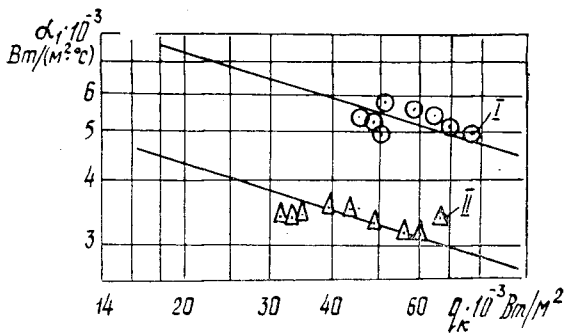


Рис. 3. Теплоотдача при конденсации пара.  
I, II — соответственно для труб 1, 2.

Разработанная методика и конструкция калориметра позволили определить теплоотдачу при конденсации пара  $\alpha_1$  на внутренней поверхности труб от теплового потока  $q_k$  (рис. 3), а также зависимость приведенной теплоотдачи  $\alpha_{\text{пр}}$  от оребрения к воз-

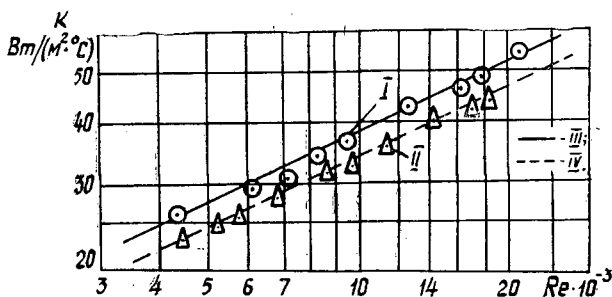


Рис. 4. Сравнение опытных и расчетных коэффициентов теплопередачи.

I, II — соответственно для труб 1, 2 по опытным данным;  
III, IV — для труб 1, 2 по расчетным данным.

духу (которая здесь не приведена, но описана критериальными уравнениями нашей работы [6]). Рост тепловой нагрузки приводит к уменьшению  $\alpha_1$  пропорционально  $q^{-0,25}$ . Теплоотдача при конденсации пара на латунной поверхности трубы 1 на 70 % больше теплоотдачи конденсируемого пара на стальной поверхности трубы 2, что объясняется различным состоянием поверхности [4]. Этот факт общеизвестен и лишь дополнительно подтверждает надежность осуществленного эксперимента.

На рис. 4 сопоставлены коэффициенты теплопередачи для труб 1, 2. Опытные коэффициенты вычислены с помощью формулы (2) и изображены точками, расчетные — по формуле (3) для принятых значений  $R_{к\text{ ср}}$  (см. табл.),  $\alpha_1$  (рис. 3 — по усредняющей линии) и  $\alpha_{пр}$  (по данным работы [6]). Опытные коэффициенты теплопередачи отличаются от расчетных не более чем на  $\pm 4$  % в исследованном диапазоне критерия:  $Re = \frac{w d_0}{\nu}$  (где  $w$  — скорость воздуха в узком сечении пучка). При расчетах и анализе опытов приняты следующие коэффициенты теплопроводности  $\lambda$  материала несущих труб, приведенных в таблице: 1 — 109 Вт/(м·°С); 2 — 51,1; 3 — 30; 4 — 16; для алюминия — 213 Вт/(м·°С).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зозуля Н. В., Хавин А. А. Влияние контактного сопротивления в биметаллических трубах на теплоотдачу. — Энергетика и электрификация, 1969, № 1, с. 17. [2]. Кузнецов Е. Ф. Влияние контактного термического сопротивления на теплоотдачу биметаллических труб. — Энергомашиностроение, 1974, № 1, с. 37—39. [3]. Кунтыш В. Б., Пиир А. Э., Зайцев В. Г. Эффективные оребренные поверхности для теплорекуперационных агрегатов бумагоделательных машин — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 1, с. 66—69. [4]. Кутателадзе С. С., Боршанский В. М. Справочник по теплопередаче. — Л.—М.: Госэнергоиздат, 1959. [5]. Методика теплового и аэродинамического расчета аппаратов воздушного охлаждения. — М.: ВНИИНефтемаш, 1971. [6]. Экспериментальное исследование теплоотдачи и сопротивления пучков АВО из биметаллических труб Кунтыш В. Б., Пиир А. Э., Егоров А. И. и др. — Изв. высш. учеб. заведений. Энергетика, 1977, № 12, с. 89—93.

УДК 621.311 : 674.008

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В. П. БАЛАКШИН, П. И. ПОТЕРЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Согласно современным представлениям процесс потребления электрической энергии промышленным предприятием является случайным или может быть представлен таковым. Поэтому его следует изучать вероятностно-статистическими методами.

Существующая практика прогнозирования режимов электропотребления на стадии проектирования электроэнергетических объектов насчитывает не менее десятка методических указаний, ориентирующихся на среднюю нагрузку электроприемников или их групп. В свою очередь, практика планирования электропотребления также ориентирована на средние величины. Однако известно, что для описания любого случайного процесса кроме математического ожидания необходимо знать меру рассеяния: дисперсию или среднее квадратичное отклонение.

Дисперсионный анализ позволяет разделить исследуемую в общем случае неоднородную статистическую совокупность (параметров или экспериментально-отчетных данных) на подгруппы однородных величин. С помощью этого анализа достаточно обоснованно можно принять или отвергнуть ту или иную гипотезу относительно структуры статистического материала.

Согласно работе [1] процесс электропотребления можно рассматривать подчиняющимся закону нормального распределения случайной величины, понимая под ней мгновенную нагрузку или энергию, потребляемую за некоторый фиксированный отрезок времени (полчаса, смена и т. д.).

Чтобы получить статистические характеристики электроприемников одного из структурных подразделений (биржа погрузки и сортировки) деревообрабатывающего предприятия, мы исследовали следующие статистические совокупности:

Таблица 1

Дата	Нагрузка, кВт												
	324	144	288	72	252	108	288	288	72	324	108	288	108
25.01.78 г.	288	144	288	72	252	108	288	288	72	324	108	288	288
27.01.78 г.	288	144	324	324	360	324	72	252	144	288	288	324	288
21.02.78 г.	252	108	324	324	324	144	252	72	324	324	108	324	288
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
28.12.78 г.	288	288	144	216	144	324	0	252	144	324	396	324	324

Таблица 2

Номер совокупности	Обозначение совокупности	Средняя нагрузка, кВт, по месяцам											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$P_L$	228	271	200	182	120	155	138	157	153	185	223	230
2	$P_C$	244	238	227	220	144	185	185	228	235	222	263	251

Таблица 3

Месяц	$\sum_{j=1}^{32} (P_L - P_{ij})^2 \cdot 1000 \text{ кВт}^2$	Месяц	$\sum_{j=1}^{32} (P_L - P_{ij})^2 \cdot 1000 \text{ кВт}^2$		
				7	8
1	347	7	48		
2	269	8	95		
3	318	9	312		
4	328	10	357		
5	256	11	526		
6	40	12	432		
Итого			3328		

1) получасовые замеры нагрузок  $P_{ij}$  питающего трансформатора в течение двух дневных смен ежемесячно; период наблюдений — один год. Предполагали, что смены, когда проводили замеры, наиболее загружены и характерны для объекта. Объем выборки составил  $12 \times 2 \times 16 = 384$  события;

2) среднемесячные нагрузки того же объекта  $P_C$ , полученные по расширенной выборке из 78 рабочих смен. Однако эта выборка оказалась несколько «испорченной» в статистическом смысле, так как некоторые замеры ( $P_{ij} < 70$  кВт) были «отброшены».

Данные нагрузок для статистической совокупности № 1 по датам приведены в табл. 1. Средние нагрузки для совокупностей по месяцам даны в табл. 2.



Среднегодовая нагрузка по выборкам статистической совокупности № 1 равна 187 кВт, № 2 — 230 кВт.

По материалам статистической совокупности № 1 получены суммы квадратов отклонений от среднего факториального значения нагрузки (табл. 3).

Предполагаем, что 12 выборок по 32 события в каждой сделаны из генеральной совокупности (случайный процесс!), подчиняющейся закону нормального распределения вероятностей. Это дает основание считать статистические параметры этих выборок представительными оценками таковых для самой генеральной совокупности.

Известно, что отношение факториальной дисперсии к остаточной может служить критерием проверки гипотезы на однородность всей статистической совокупности (критерий Фишера). Применительно к рассматриваемому случаю за влияющий фактор принята принадлежность выборки к тому или иному месяцу года. Определяем межгрупповую дисперсию [2]

$$S_{\Phi}^2 = \frac{\sum_i n_i (x_i - x_{..})^2}{k - 1}$$

и остаточную

$$S_0^2 = \frac{\sum_i \sum_j (x_{ij} - x_i)^2}{N - k}$$

где  $x_{ij}$  — случайное событие, нагрузка  $j$ -того замера  $i$ -того месяца, кВт;

$n_i$  — объем выборки по  $i$ -му фактору;

$x_i$  — среднемесячная нагрузка;

$k$  — число факторов;

$x_{..}$  — среднегодовая нагрузка;

$N$  — число случайных событий в объединенной выборке.

Получаем  $S_{\Phi}^2 = 66\,000$  кВт<sup>2</sup>,  $S_0^2 = 9000$  кВт<sup>2</sup>.

Т а б л и ц а 4

Квар-тал	Средняя нагрузка, кВт	Среднее квадратичное отклонение, кВт.	Отношение среднего квадратичного отклонения к средней нагрузке
I	234	103	0,45
II	152	85	0,56
III	146	65	0,45
IV	212	115	0,55

Поскольку критерий Фишера равен 7,4 (66 000 : 9 000) при табличном значении 2,3 (уровень значимости  $\alpha = 0,01$ ; число степеней свободы  $\Phi_1 = 11$ ;  $\Phi_2 = 372$ ), то гипотеза об однородности всей статистической совокупности (объединенная выборка из 384 событий) не подтверждается.

На следующем этапе исследования статистический материал объединяли по кварталам, т. е. конструировали объединенные выборки объемом по  $3 \times 2 \times 16 = 96$  событий и к этим статистическим комплексам по-

очередно применяли методологию дисперсионного анализа. Результаты дают основание считать каждую из четырех выборок однородной в статистическом смысле, а параметры этих выборок могут служить их оценками для генеральной совокупности.

На заключительном этапе статистический материал, относящийся к совокупностям № 1 и 2 (табл. 1), интерпретировали как случайный процесс. Материал оказался однородным с параметрами: средняя нагрузка  $P_c = 208$  кВт, среднее квадратичное отклонение  $\sigma_p = 90$  кВт. Для сортировочно-погрузочных подразделений деревообрабатывающих предприятий рекомендуем определять максимальную нагрузку по формуле

$$P_{max} \approx P_c + (2 + 3) 0,43 P_c \approx (1,9 + 2,3) P_c.$$

Таким образом, график нагрузок электропотребителей — случайный процесс. Такое представление полезно как с точки зрения проектирования объектов электроснабжения промышленных предприятий, так и с позиций получения плановых показателей: уровней потребления энергии и максимальных нагрузок в разрезе планового периода (месяц, квартал, год). При этом плановые показатели можно прогнозировать по следующим соотношениям:

$$W_{кв} = P_c T_{кв};$$

$$P_{max} = P_c + (2,5 + 3) \sigma_p,$$

где  $W_{кв}$  — прогноз квартального электропотребления;

$T_{кв}$  — баланс рабочего времени квартала;

$P_c$  — средняя нагрузка в течение квартала;

$\sigma_p$  — среднее квадратичное отклонение квартальной нагрузки от средней.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алябьев В. И., Распопин А. А. Статистические характеристики электропотребления некоторых тарных и деревообрабатывающих цехов. — В кн.: Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Л.: ЛТА, 1975, вып. 4, с. 72—75.  
[2]. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. — М.: Наука, 1973. — 831 с.

УДК 536.27 : 660.214

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСИФОНОВ В СИСТЕМАХ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Н. И. МИРМОВ, И. Г. БЕЛЯКОВА, А. А. НОГОВИЦЫН

Архангельский лесотехнический институт

Бумагоделательные машины потребляют и выделяют колоссальное количество тепловой энергии. Так, с воздушно-паровой смесью из сушильной части машины удаляется примерно 90 % тепла греющего пара, расходуемого в процессе сушки бумаги [4]. В целях экономии это тепло улавливают.

В теплорекуперационных агрегатах (ТРА) регенерируется 50—60 % тепла, отводимого из сушильной части бумаго- и картоноделательных машин [4]. Один из возможных путей улучшения массогабаритных параметров ТРА — применение в них термосифонов, обладающих рядом достоинств: простота изготовления, надежность в работе, отсутствие расхода энергии на перекачку теплоносителя, достаточно высокая теплопередающая способность [2].

Исследованию процессов теплопереноса в термосифонах посвящено значительное число работ [1, 3, 5, 7]. Несмотря на то, что известны общие схемы применения термосифонов в теплообменных устройствах [6, 8], инженерных методов расчета таких устройств нет.

Мы исследовали модели двух-, трех- и четырехрядных гладкотрубных шахматных пучков с относительным шагом  $\sigma_1 = s_1/d = 1,27$  и  $\sigma_2 = s_2/d = 1,08$ ;  $\sigma_1 = s_1/d = 3,71$   $\sigma_2 = s_2/d = 1,08$ . Бесфитильные тепловые трубы диаметром  $25 \times 2,5$  мм выполнены из нержавеющей стали с отношением испарительного участка ко всей длине трубы 1 : 3. Общая длина трубы — 300 мм, длина изотермического участка — 30 мм. В качестве теплоносителей использовали ацетон и этиловый спирт.

Опыты производили в аэродинамической трубе (разомкнутого типа размером  $200 \times 200$  мм), позволяющей регулировать расход нагреваемого воздуха в пределах  $0,1—0,31$  м<sup>3</sup>/с. Расход воздуха рассчитывали по динамическому напору, замеренному в сопле с помощью микроманометра ММН-240. Температуру стенок термосифона измеряли хромель-копелевыми термомпарами, установленными в пяти сечениях по высоте трубы. Температуру кипения определяли термопарой, помещенной в термосифон, и дублировали по образцовому манометру. Температуру воздуха перед подогревателем и после него измеряли лабораторными термометрами с ценой деления  $0,1$  °С.

Нагрев испарительного участка термосифона осуществлялся с помощью электроспирали мощностью 400 Вт. Потери тепла через изоляцию участка теплоподвода и торцы трубы определяли тарировочными опытами.

В процессе опытов измеряли тепловую мощность, рассеиваемую конденсаторным участком, т. е. тепловая труба работала как деконцентратор теплового потока. Коэффициент трансформации тепла  $k = \frac{q_k}{q_n} = 0,537$  (где  $q_k$  и  $q_n$  — удельный тепловой поток, соответственно снимаемый с поверхности конденсаторного участка и подводимый к испарительному участку).

В зависимости от применяемого теплоносителя передаваемая тепловая мощность составляла 30—200 Вт. При работе на ацетоне в пучках труб с относительным шагом  $\sigma_1 = 3,71$  и  $\sigma_2 = 1,08$  передаваемая тепловая мощность, отнесенная к площади сечения парового канала  $q_{п,к}$ , зависит от количества нагреваемого воздуха и его параметров; в этом случае давление во внутренней полости трубы практически не изменялось. Кризисные явления работы тепловой трубы определяются критической скоростью пара в ней в осевом направлении и зависят от количества нагреваемого воздуха и скорости прохождения его через пучок труб, а также от начальной температуры воздуха.

Для пучков труб с относительным шагом  $\sigma_1 = 1,27$  и  $\sigma_2 = 1,08$  опытные данные обрабатывали в функциях зависимости плотности теплового потока  $q_{п.к}$  парового канала от разности температур  $\Delta t' = t_{ср} - t_1$  (где  $t_{ср}$  — средняя по высоте конденсаторного участка температура стенки трубы;  $t_1$  — температура воздуха перед пучком). В результате получена эмпирическая зависимость  $q_{п.к} = C_1 (\Delta t')^{1,15}$  (здесь коэффициент  $C_1 = 3,6 \cdot 10^3$  — для режима запуска в работу термосифона;  $C_1 = 4,19 \cdot 10^3$  — для стационарного режима).

На рис. 1 представлена зависимость плотности теплового потока парового канала от разности температур воздух — стенка трубы для применяемых теплоносителей:

$$q_{п.к} = C_1 (\Delta t')^{\alpha_1}.$$

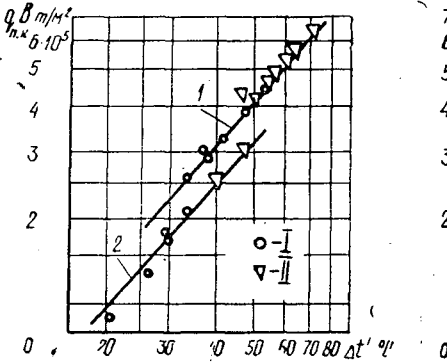


Рис. 1.

- 1 —  $q_{п.к} = 4,19 \cdot 10^3 (\Delta t')^{1,15}$ ;  
 2 —  $q_{п.к} = 3,6 \cdot 10^3 (\Delta t')^{1,15}$ ;  
 I — ацетон; II — спирт.

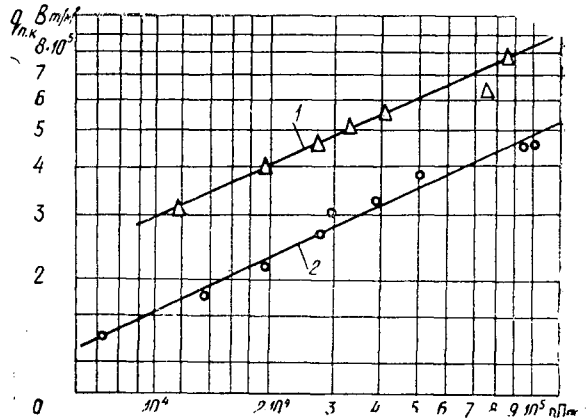


Рис. 2.

- 1 —  $q_{п.к} = 3,15 \cdot 10^3 p^{0,42}$  (спирт);  
 2 —  $q_{п.к} = 1,89 \cdot 10^3 p^{0,43}$  (ацетон).

Передаваемая тепловая мощность при постоянном расходе воздуха для данного пучка изменяется с ростом давления в полости тепловой трубы. Обработка экспериментальных значений в функции  $q_{п.к} = Cp^{\alpha}$  позволила получить эмпирическую формулу для расчета термосифонов с различными теплоносителями

$$q_{п.к} = Cp^{0,48},$$

где  $C = 1,89 \cdot 10^3$  — для ацетона;  
 $C = 3,15 \cdot 10^3$  — для этилового спирта;  
 $p$  — давление в трубе, Па.

На рис. 2 приведена зависимость плотности теплового потока  $q_{п.к}$  от давления в полости трубы  $p$ .

Изменение температуры стенки трубы по высоте конденсаторного участка при применении разных теплоносителей и их смеси представлено на рис. 3, из которого видно, что наиболее целесообразно в качестве теплоносителя брать бинарную смесь. Так, при содержании 10 % этилового спирта и 90 % ацетона температура стенки трубы достигает 70 °С при давлении 2,94 · 10<sup>4</sup> Па, а для чистого ацетона эту температуру можно получить при давлении порядка 8 · 10<sup>4</sup> Па.

Следовательно, применение бинарной смеси позволяет повысить температуру стенки трубы при одновременном снижении давления внутри нее и дает возможность автоматического саморегулирования тепловой нагрузки. Отклонение кривых в сторону уменьшения температуры стенки в верхней части трубы характеризует наличие неконденсирующихся газов и границу расслоения ацетона и спирта.

Работа термосифона характеризуется малым температурным напором вдоль оси (в наших опытах 0,4—4 °С). Вследствие этого разность температур стенка — нагреваемый воздух ( $\Delta t'$ ) для ацетона равна 30—35 °С, для этилового спирта 55—60 °С. При такой разности температур рассчитанный коэффициент теплоотдачи на участке тепловода ( $\alpha_k = \frac{q_k}{\Delta t'}$ ) составлял 100—180 Вт/м<sup>2</sup> · град, т. е. в 2—2,5 раза выше, чем для обычных теплообменников.

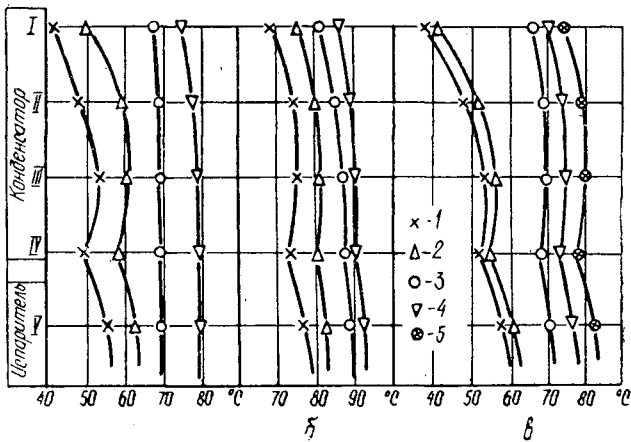


Рис. 3.

а — ацетон (1 —  $1,4 \cdot 10^4$ ; 2 —  $3 \cdot 10^4$ ; 3 —  $6 \cdot 10^4$ ; 4 —  $12 \cdot 10^4$  Па); б — спирт этиловый (1 —  $1,0 \cdot 10^4$ ; 2 —  $2 \cdot 10^4$ ; 3 —  $3,1 \cdot 10^4$ ; 4 —  $5 \cdot 10^4$  Па); в — ацетон 90% + спирт 10% (1 —  $1,0 \cdot 10^4$ ; 2 —  $2 \cdot 10^4$ ; 3 —  $3 \cdot 10^4$ ; 4 —  $5 \cdot 10^4$ ; 5 —  $8 \cdot 10^4$  Па); I, II, III, IV — сечения установки терморпар на конденсаторном участке; V — сечение установки терморпар на испарительном участке.

Как показали предварительные расчеты, теплорекуператор на термосифонах имеет лучшие (на 60 %) массогабаритные параметры по сравнению с обычными аппаратами

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Безродный М. К., Белоиван А. И. Исследование максимальной теплопередающей способности замкнутых двухфазных термосифонов. — Инж.-физ. журн., 1976, т. 30, № 4, с. 590—597. [2]. Васильев Л. Л. Тепловые трубы и их применение в технике. — Инж.-физ. журн., 1976, т. 31, № 5, с. 905—930. [3]. Иванов В. Л. Исследование теплообмена в замкнутом канале в условиях естественной конвекции при изменении агрегатного состояния теплоносителя. — Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение, 1963, № 1, с. 117—129. [4]. Левитан Б. М. Вентиляция на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности. — М.: Лесн. пром-сть, 1972. [5]. Сасин В. Я., Федоров В. Н., Сорокин А. Я. Экспериментальное исследование тепловой трубки на легкокипящих теплоносителях. — Докл. научно-техн. конф. МЭИ. М., 1969, с. 79—84. [6]. Brisbane T. W. C. Are heat pipes under control?—Process Eng., 1976, Nov, p. 70—71. [7]. Larkin B. S. On experimental study of the twophase thermosiphon tube. — Trans Can. Soc. Mech. Eng., 1971, 14, N 13, 6. [8]. Meet the new heat pipe products and systems. — Fuel Oil news, 1972, N 11, p. 329—331.

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 06.091.5

**ВОРОНЕЖСКОМУ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ —  
50 ЛЕТ***В. К. КУРЬЯНОВ, А. Д. ЛОЗОВОЙ*

23 июля 1980 г. исполнилось 50 лет одному из старейших лесных вузов страны — Воронежскому лесотехническому институту.

Решение партии и правительства об организации лесного института в Центральном Черноземье было вполне закономерным. В этой зоне к моменту образования института сложился богатый опыт лесоразведения на сыпучих песках, в засушливых степных условиях. Природой и руками человека были созданы такие известные и ценные лесные массивы, как Шипов лес, Теллермановская роща, Хреновской и Усманский боры.

Развитию лесного образования на юге черноземного края способствовал богатый практический и научный опыт борьбы с засухой. Примером победы человека над стихией природы была «Каменная степь», где под руководством проф. В. В. Докучаева в бесплодной местности был создан базис культурного земледелия и полезащитного лесоразведения.

Всероссийский съезд лесоводов, проходивший в Москве в июне 1918 г., ходатайствовал перед Наркомземом РСФСР об организации при Воронежском сельскохозяйственном институте лесного отделения для подготовки кадров высшей квалификации, что и было сделано в октябре 1918 г.

В 1922 г. отделение было преобразовано в самостоятельный лесной факультет СХИ, на базе которого в соответствии с Постановлением ЦИК и СНК СССР от 23 июля 1930 г. был образован Воронежский лесотехнический институт. Своим рождением институт обязан решениям ноябрьского пленума ЦК ВКП(б) 1929 г.

В период существования лесного факультета подготовка кадров проводилась по одной специальности — лесное хозяйство, с выпуском ученых лесоводов.

В 1949 г. был организован лесомеханический факультет, который в настоящее время является одним из крупнейших в институте и готовит инженеров-механиков для лесного хозяйства и лесной промышленности, а также инженеров по эксплуатации автомобильного транспорта.

В 1954 г. в вузе начинается подготовка специалистов для лесной промышленности на лесоинженерном факультете, а в 1958 г. на этом факультете начато обучение по новой специальности — строительство автомобильных дорог. В 1968 г. подготовка по этой специальности была передана в Воронежский инженерно-строительный институт.

В 1960 г. в институте был образован еще один факультет — механической технологии древесины (сейчас — факультет технологии деревообработки).

В 1966 г. на лесохозяйственном факультете была введена специальность — экономика лесной промышленности и лесного хозяйства.

В 1973 г. был открыт самостоятельный инженерно-экономический факультет.

Почти до начала Великой Отечественной войны институт работал на базе сельскохозяйственного института.

В 1938 г. было начато строительство главного учебного корпуса института и в том же году введены в эксплуатацию два студенческих общежития.

В 1942 г. институт был эвакуирован в п. Лубяны Татарской АССР, откуда возвратился в Воронеж только в мае 1943 г.

В 1953 г. заканчивается строительство главного учебного корпуса, и коллектив института направляет все усилия на оснащение учебных и научных лабораторий современным оборудованием.

Общий объем учебно-научного оборудования в настоящее время составляет более 2 млн. р. Библиотека насчитывает около 395 тыс. книг и периодических изданий на русском и иностранных языках. Студенческий городок включает четыре общежития на 1670 мест и столовую.

Начиная с 1919 г. подготовку студентов осуществляли пять кафедр, во главе которых стояли такие известные ученые, как В. И. Иванов, А. В. Тюрин, И. А. Яхонтов, Н. П. Кобранов, О. Г. Каппер,

С образованием лесного факультета, а в 1930 г. — самостоятельного лесного вуза профессорско-преподавательский состав резко пополнился. Так, уже в 1938 г. в институте работали 58 преподавателей, в том числе 9 профессоров, 24 доцента, 19 ассистентов, 6 старших и младших преподавателей.

В 1953 г. на 26 кафедрах трудились более 250 научно-педагогических работников, из них 7 докторов наук и профессоров, 83 кандидата наук, доцента. В настоящее время на 31 кафедре работают 360 преподавателей, в их числе 16 докторов наук и профессоров, 189 кандидатов наук и доцентов. В составе педагогов — 126 питомцев института.

Институт выполняет большую работу по подготовке научно-педагогических кадров. С 1934 г. по 1978 г. на заседаниях ученого совета вуза было рассмотрено около 240 кандидатских и докторских диссертаций. Сотрудниками института в различных ученых советах защищено более 300 диссертаций, из них 7 докторских за последние 12 лет.

Первый прием на лесное отделение был мал, но уже к 1922 г. достиг 50 человек. После организации института (к 1938 г.) он возрос до 200 человек, а за последние 10 лет составил 750—800 человек на дневное и 350—400 человек на заочное отделение. Сейчас в институте учится около 6 тыс. студентов, из них 2,3 тыс. — без отрыва от производства. Ежегодный выпуск специалистов около 700 человек. В вузе обучается большая группа иностранных студентов из 23 социалистических и развивающихся стран.

Непрерывно совершенствуется учебный процесс. Созданы четыре вычислительные лаборатории центрального обслуживания, имеется три лингафонных кабинета. На ряде кафедр оборудованы просмотровые аудитории, где воспроизводятся видеозаписи лекций с помощью магнитофонов и телевизоров.

Важное место в учебно-воспитательном, научно-исследовательском и опытно-производственном процессах занимает учебно-опытный лесхоз, где студенты проходят практику по многим дисциплинам лесного профиля.

Много внимания уделяется проблемам нравственного, идейно-политического и трудового воспитания студенчества. Студенты вуза активно участвуют в третьем трудовом семестре, в работе факультета

общественных профессий, школы молодого лектора, в общественно-политической практике. Институтские коллективы ФОР неоднократно являлись лауреатами многих конкурсов, в том числе зарубежных. Результаты многоплановой работы вуза обобщены в книге «Из опыта коммунистического воспитания студентов» (Воронеж, изд. ВГУ, 1975). В подготовке студентов важное место занимает научно-исследовательская и спортивно-массовая работа.

Учеными института выполнен ряд фундаментальных исследований по проблемам лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности, автоматизации и механизации производственных процессов.

Большую научную и практическую ценность представляют монографии «Хвойные породы» (проф. О. Г. Каппер), «Теллермановский лес» (доц. Е. И. Енькова), серия монографий и книг по прессованной древесине (проф. П. Н. Хухрянский), селекции, семеноводству и лесным культурам (проф. Р. И. Дерюжкин, проф. В. И. Рубцов, доц. М. М. Вересин, доц. В. Б. Лукьянец, доц. В. К. Попов), защитному лесоразведению в поймах рек и борьбе с эрозией почв (проф. Г. А. Харитонов, проф. И. В. Трещевский, доц. В. Г. Шаталов и др.), механизации лесохозяйственных работ (проф. П. С. Нартов), экономике и организации лесного хозяйства (проф. И. В. Воронин и др.), таксации и лесоустройству (проф. И. М. Науменко, проф. В. А. Бугаев и др.).

Только за годы девятой и десятой пятилеток издано 70 монографий, 33 межвузовских сборника, 39 учебников и учебных пособий, много методических указаний и статей. Объем публикаций за последние 8 лет вырос с 90 до 400 печ. л. Результаты научных исследований ученых института используются проектными организациями и лесными предприятиями в практической работе.

По учебникам профессоров А. В. Тюрина, П. Н. Хухрянского, С. И. Костина, П. Б. Раскатова, И. В. Воронина, доцентов М. Д. Бывших, А. И. Баранова и др. обучаются студенты многих вузов страны.

Из года в год увеличиваются научные исследования по заказам отраслевых министерств и ведомств. Объем хозяйственной тематики превышает 1 млн. р.

Ряд кафедр поддерживает тесную связь с институтами АН СССР и союзных республик. Важные исследования проводятся проблемной лабораторией прессованной древесины и лесной рекультивации земель, нарушенных горнорудными предприятиями, а также отраслевой лабораторией по совершенствованию технологии производства и ремонта деталей лесных машин, специальными кафедрами института.

За последние 10 лет учеными и студентами института получено более 130 авторских свидетельств на изобретения.

На международной выставке «Лесдревмаш-79» институту выдан «Почетный золотой диплом торгово-промышленной палаты СССР».

За широкий показ научных достижений на ВДНХ СССР в 1976—1978 г. нашими учеными получено 5 серебряных и 7 бронзовых медалей. Институт награжден двумя дипломами ВДНХ.

Коллектив Воронежского лесотехнического института встретил свой юбилей большими трудовыми успехами и сделает все возможное по дальнейшему улучшению подготовки высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства нашей страны.

УДК 06.091.5

**БРЯНСКОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ —  
50 ЛЕТ***Е. С. МУРАХТАНОВ*

2 июня 1930 г. СНК РСФСР поручил Наркомпросу и Наркомфину РСФСР обеспечить создание лесотехнического института на западе РСФСР. Решением Президиума ВСНХ РСФСР от 3 июля 1930 г. был открыт Брянский лесотехнический институт (ныне технологический).

Первый прием 120 студентов состоялся в декабре 1930 г., с января 1931 г. в институте начались учебные занятия по лесохозяйственной и лесоэксплуатационной специальностям, а также на рабфаке и курсах повышения квалификации ИТР лесного профиля.

Созданный в период борьбы советского народа за выполнение плана первой пятилетки, институт стал играть важную роль в подготовке специалистов для лесных и строительных отраслей народного хозяйства страны, превратился в крупный многопрофильный вуз.

Первый выпуск 58 ученых лесоводов состоялся в 1936 г. К этому времени рабфак института закончили 562 человека.

За полтора года до начала Великой Отечественной войны институт стал называться лесохозяйственным. За предвоенное десятилетие он подготовил только 479 специалистов лесного хозяйства, а курсы повышения квалификации лесных ИТР окончили 2113 человек. Перед войной в институте обучалось лесохозяйственной специальности 464 и лесоэксплуатационной 231 студент, аспирантскую подготовку проходил 21 человек.

В августе 1941 г. институт был эвакуирован в г. Советск Кировской области, где продолжал подготовку и выпуск специалистов (до возвращения в Брянск весной 1944 г.), одновременно оказывая большую научно-техническую помощь предприятиям Урала.

В первые послевоенные годы коллектив института заново создавал разрушенную войной учебно-техническую базу. К своему 25-летию институт выпустил около 2,5 тыс. специалистов.

В 1960 г. институт был реорганизован в технологический, и выпуск специалистов стал ежегодно увеличиваться. Только за девятую и десятую пятилетки технологический институт выпустил более 8 тыс. инженеров для лесных и строительных отраслей народного хозяйства.

За 50 лет в лесные и строительные отрасли народного хозяйства институт направил 15 тыс. инженеров и научных работников, в том числе 20% обучавшихся без отрыва от производства. Кроме того, общетехнический факультет окончили 2472 человека, а курсы повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности при институте — более 4 тыс. человек. Почти половину выпускников составляют инженеры лесного хозяйства; для лесной и деревообрабатывающей промышленности подготовлено 4,5 тыс. специалистов; более 3 тыс. инженеров-строителей направлено в строительные отрасли народного хозяйства страны.

Питомцы института хорошо зарекомендовали себя на работе в различных производственных предприятиях, научно-исследовательских учреждениях, вузах и техникумах, а также в партийных и советских



органах многих регионов страны. Так, в лесном хозяйстве успешно работают Б. А. Флоров и Н. М. Прилепо — заместители министра лесного хозяйства РСФСР, В. А. Николаюк и А. И. Писаренко — руководители Всесоюзного института «Союзгипролесхоз». В разных вузах и НИИ трудятся выпускники института, ныне доктора наук, профессора А. И. Воронцов, М. И. Гальперин, Н. З. Харитонов, В. В. Памфилов, В. П. Корнев, Ю. П. Азиев, А. М. Кожевников, Н. Г. Харин, И. И. Лигачев, Е. П. Сысоев, В. Н. Смирнов, Е. Д. Солодухин, В. Т. Николаенко и др. Около 500 выпускников стали кандидатами наук. Начальниками и главными специалистами областных управлений лесного хозяйства и территориальных лесоустроительных предприятий стали Г. М. Бибиков, А. А. Певнев, А. С. Туркин, А. М. Калинин, Л. И. Богданов, Б. Малеев, В. Д. Голованов, А. Я. Вдовенок, В. В. Людоговский, Ф. П. Дедовский, А. Н. Галицкий, Е. И. Беззаботнов, В. Д. Гурторов, М. И. Пищелин, М. Д. Данилов и др.; многие выпускники работают руководителями предприятий лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности, строительной индустрии.

Научную и педагогическую работу в институте вели: академики В. Н. Сукачев, И. В. Тюрин, Ф. И. Переход, чл.-кор. ВАСХНИЛ А. В. Альбенский, заслуженные деятели науки и техники РСФСР, профессора В. В. Гроздов, Н. В. Лобанов, В. П. Тимофеев, Г. П. Мотовилов, доктора наук, профессора А. В. Тюрин, А. С. Бондарцев, Н. К. Старк, П. П. Земятчинский, П. Я. Виноградов-Никитин, А. Н. Роде, Б. Д. Жилкин, А. Н. Снесарев, П. Н. Степанов, Н. Н. Чикилевский, Б. А. Шустов, А. В. Яцентковский, В. М. Обновленский, П. Г. Трошанин, П. П. Ремезов, П. Н. Хухрянский, Н. А. Обозов, В. П. Разумов и др. Около половины преподавателей института, имеющих ученые степени и звания, — выпускники института. Среди них заслуженный лесовод РСФСР, проф. Н. З. Харитонов, профессора В. П. Корнев и В. В. Памфилов, деканы факультетов Е. Н. Самошкин, А. С. Симонов, Н. И. Ушев и В. С. Жаденов, а также многие заведующие кафедрами и ведущие доценты.

На пяти факультетах института обучается почти 6 тыс. студентов, из них около 2 тыс. без отрыва от производства. Лесохозяйственный факультет готовит инженеров лесного хозяйства по трем специальностям: лесному хозяйству, лесным мелиорациям и озеленению населенных мест; технологический — по технологии деревообработки; механический — по машинам и механизмам лесной и деревообрабатывающей промышленности и лесного хозяйства; строительный факультет — по промышленному и гражданскому строительству, производству строительных изделий и конструкций, сельскохозяйственному строительству; общетехнический факультет ведет трехгодичное обучение студентов без отрыва от производства по машиностроительному, строительному, технологическому и радиотехническому потокам, выпускники которых направляются для специальной подготовки в другие вузы страны.

Для повышения уровня общеобразовательной подготовки рабочей и сельской молодежи в институте создано подготовительное отделение, где ежегодно обучается до 150 человек, а также различные подготовительные курсы, на которых ежегодно обучается более 2 тыс. желающих поступить в институт.

На 30 кафедрах, при которых функционируют 72 современные лаборатории и специализированных кабинета, работает высококвалифицированный профессорско-преподавательский состав из 400 человек, в который входят 9 профессоров и докторов наук и 190 доцентов и кан-

дидатов наук. Научный уровень педагогических кадров постоянно возрастает. Только за годы девятой и десятой пятилеток число преподавателей с учеными степенями и званиями почти удвоилось. В институте работает аспирантура и специализированный совет по присуждению ученой степени кандидата наук.

Постоянно совершенствуется учебный процесс и самостоятельная работа студентов. Половина дипломных проектов рекомендуется к внедрению в производство. Формирование коммунистического мировоззрения у студентов, творческого подлинно коммунистического отношения к труду, высокой сознательности и ответственности перед обществом ведется по единому комплексному плану.

В подготовке инженерных и научных кадров широко используются и природные объекты: учебно-опытный лесхоз, дендрарии, питомники, метеостанции, ботанический сад. Опытное лесничество учебно-опытного лесхоза, организованное в 1906 г. классиком отечественного лесоводства проф. Г. Ф. Морозовым, до сих пор плодотворно служит науке. Здесь в разные годы успешно работали крупнейшие ученые лесоводы.

Ежегодный объем хоздоговорных научно-исследовательских работ достигает 1 млн. р. Ученые института ведут исследования по следующим основным направлениям науки: социально-экономические проблемы научно-технического прогресса; разработка системы лесохозяйственных мероприятий по повышению комплексной продуктивности лесов Нечерноземной зоны РСФСР; совершенствование технологии, механизация и автоматизация производственных процессов на предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности; получение строительных материалов на базе местного сырья, совершенствование технологии, разработка современных строительных конструкций и способов производства строительных работ и др.

Институт поддерживает деловые творческие связи с 70 предприятиями и научно-исследовательскими учреждениями лесных, строительных и других отраслей народного хозяйства, а также со многими зарубежными странами.

Из года в год увеличивается число публикаций по результатам научной и методической работы профессорско-преподавательского состава и студентов института. Только за девятую и десятую пятилетки опубликовано 120 монографий, учебников, справочников, учебных пособий и сборников научных трудов, а также около 2 тыс. научных статей. Учебники, подготовленные профессорами института, пользуются широкой известностью в нашей стране и за рубежом. Некоторые труды переведены на иностранные языки. За последнее десятилетие профессорско-преподавательским составом было получено 170 авторских свидетельств на изобретения.

Студенты активно занимаются научно-исследовательской и конструкторско-проектной работой. По результатам всесоюзных, республиканских и зональных конкурсов только за десятую пятилетку студенты получили 480 медалей, дипломов и грамот. Широкой известностью пользуются лесопосадочные, рассадопосадочные и другие машины, созданные в студенческом конструкторском бюро института. Некоторые научно-конструкторские разработки ученых и студентов БТИ экспонировались на выставках в Болгарии, Франции, Афганистане.

В институте создан ряд специализированных межкафедральных научно-исследовательских лабораторий по актуальным научным проблемам: «Экологического мониторинга» — научный руководитель заслуженный лесовод РСФСР, проф. Н. З. Харитонова, «Организации комп-

лексного хозяйства в лесах бассейна Десны» — научный руководитель заслуженный лесовод РСФСР, проф. Е. С. Мурахтанов, «Организации строительного производства» — руководитель доц. М. А. Усыскин, «Тренинги и износы» — руководитель доц. Е. А. Памфилов и др.

Коллектив института ведет большую работу по пропаганде политических и научно-технических знаний. Ежегодно проводятся «месячники науки» и «дни науки» на различных предприятиях лесных и строительных отраслей народного хозяйства, а также научно-технические конференции и семинары.

Институт имеет три учебных корпуса, фундаментальную библиотеку на 380 тыс. томов книг, два читальных зала, четыре благоустроенных студенческих общежития, две столовые, дом спорта, стадион, вычислительный центр, поликлинику, спортклуб, два спортивно-оздоровительных лагеря и др. Ведется большая работа по дальнейшему расширению материально-технической базы института.

При институте работает факультет общественных профессий, который имеет 15 отделений.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 5 августа 1980 г. за заслуги в подготовке квалифицированных специалистов для народного хозяйства и развитие науки институт награжден орденом Трудового Красного Знамени. В настоящее время коллектив вуза вдохновенно трудится над выполнением задач, поставленных XXV съездом КПСС и постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии высшей школы и повышении качества подготовки специалистов», готовится достойно встретить XXVI съезд КПСС.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

- Е. Д. Федотова.* Навстречу XXVI съезду КПСС . . . . . 3

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- А. П. Тябера.* Вопросы территориального размещения деревьев в сосновых дровостоях . . . . . 5
- С. В. Соколов.* Корреляция таксационных показателей деревьев в насаждениях Урала . . . . . 8
- Л. Ф. Ипатов.* Рост опытных культур С. В. Алексеева, созданных методом посадки сосны . . . . . 10
- А. Х. Ошкеев, Г. В. Стадницкий, В. В. Феоктистов, С. Г. Феоктистова.* Применение биологически активных веществ хвойных деревьев для защиты леса от насекомых . . . . . 15
- Т. С. Гутман, Г. А. Ширяева, А. А. Яценко-Хмелевский.* О возможности сохранения фитоценологических связей при совместной культуре ткани . . . . . 18
- С. В. Вавилов, И. Д. Дмитриев, А. В. Любимов.* Взаимосвязи и соотношения таксационных и дешифровочных показателей в березняках . . . . . 22
- А. П. Максименко.* Рост и долговечность древесных пород на ракушечниках восточного Приазовья . . . . . 27

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- А. В. Жуков.* Сравнительная оценка плавности хода трелевочных тракторов . . . 30
- В. И. Варва.* Синтез тяговых характеристик лесного тягача . . . . . 35
- А. В. Дуров.* О повышении топливной экономичности тепловозов лесовозных УЖД . . 39
- А. И. Табулин.* Весовой метод учета лесоматериалов . . . . . 44

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- А. И. Яцюк, С. И. Грицишин.* Влияние термической обработки зерна на его капиллярность и на свойства абразивного инструмента . . . . . 47
- А. Н. Обливин, А. К. Воскресенский, П. П. Щеглов.* Исследование тепломассопереноса в древесностружечных и древесноволокнистых плитах . . . . . 50
- П. М. Мазуркин, В. И. Возжegov, А. Н. Кунов.* Изучение точения древесины круглыми резцами . . . . . 57
- Л. А. Шабалин, В. Ф. Виноградов, Е. Г. Кучумов, Л. Л. Лебедев.* Напряжения в пильной рамке от статических сил . . . . . 61
- Л. А. Губенко, С. В. Лукачев, В. Е. Поляков.* Исследование модулей упругости древесины сучков . . . . . 65
- И. Я. Казанцев, И. В. Якимов.* Физико-механические свойства древесины сортовых тополей . . . . . 68

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Т. А. Туманова, Е. И. Малькова, Л. Н. Пахомова.* Сравнительная характеристика хлора и его кислородных соединений как отбельных реагентов . . . . . 71
- В. В. Свиридов, Н. М. Шебалова.* Интенсификация процесса флотационного уплотнения активного ила с помощью поверхностно-активных веществ . . . . . 75
- М. М. Ревяко, Т. А. Бутько, Ж. М. Зюськевич.* Структурные характеристики древесных наполнителей . . . . . 79
- А. Ф. Личутин, О. М. Соколов, А. В. Фесенко.* Сопоставление кинетических параметров процесса делигнификации щелы рубительных машин и фрезерно-пильных агрегатов при сульфатной варке . . . . . 81
- В. И. Крупенский, Т. В. Долгая.* О превращениях ксилозы и фурфурола под влиянием солей хрома, алюминия и титана . . . . . 86

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- В. В. Огурцов.* Определение оптимальных величин градаций при сортировке конструкционных пиломатериалов по прочности . . . . . 91
- А. С. Торопов.* Необходимая мощность привода пил большого диаметра при групповой раскряжке хлыстов . . . . . 96
- Ю. В. Новоселов, В. Т. Шнырев, Б. В. Ковылов.* Выбор оптимальных геометрических соотношений в системе электродов емкостного датчика влажности измельченной древесины . . . . . 100

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Г. П. Бутко. Оценка эффективности научно-технического прогресса (НТП)	104
А. П. Петров, Д. К. Джинджолава. Эффективность материальных затрат в сульфатцеллюлозном производстве	107
В. А. Пономаренко, В. Н. Егоров. Определение экономической эффективности рубок ухода за лесом при лесоустройстве	111
Ю. И. Деминцев, А. В. Петерсон. Особенности определения эффективности подсочного производства	113

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

В. С. Лантух. Особенности взаимовлияния корневых систем древесных пород в дубово-сосновых культурах западной лесостепи	116
А. М. Бортник, А. В. Гороховников. Токсические остатки и биоиндикация в лесозащите	117
В. И. Бирюков, Э. М. Бегляров, А. А. Багаев, Г. Н. Вахтеров. О полусухом способе изготовления древесноволокнистых плит	119
В. Б. Кунтыш, А. Э. Пиир, Л. М. Федотова. Исследование контактного термического сопротивления биметаллических оребренных труб АВО	121
В. П. Балакишин, П. И. Потеряев. Исследование статистических свойств электропотребителей деревообрабатывающего предприятия	126
Н. И. Мирмов, Г. И. Белякэва, А. А. Ноговицын. Исследование термосифонов в системах рекуперации тепла бумагоделательных машин	129

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

В. К. Курьянов, А. Д. Лозовой. Воронежскому лесотехническому институту — 50 лет	130
Е. С. Мурахтанов. Брянскому технологическому институту — 50 лет	133
Рефераты	141

## CONTENTS

E. D. Fedotova. Towards to XXVI Party Congress	3
--	---

## FORESTRY

A. P. Tyabera. Questions of territorial placing the trees in pine stands	5
S. V. Sokolov. Correlation of tree valuation characteristics in Ural plantation	8
L. F. Ipatov. The growth of S. V. Alexeev's experimental cultures created by the method of planting a pine	10
A. H. Oshkaev, G. V. Stadnitsky, V. V. Feoktistov, S. G. Feoktistova. Applying biologically active components of conifer trees against the insects for forest protection	15
T. S. Gutman, G. A. Shiryayeva, A. A. Yatsenko-Khmelevsky. On possibility of conversation of phytocenotic relations at a joint tissae culture	18
S. V. Vavilov, I. D. Dmitriev, A. V. Lyubimov. Interconnections and correlations of estimated and deciphering indices in birch stands	22
A. P. Maksimenko. Grothw and longevity of wood species on shell roaks in the eastern part of Priazovye	27

## FOREST EXPLOITATION

A. V. Zhukov. Comparative estimation of skidding tractors run smoothness	30
V. I. Varava. Synthesis of forest tractor draught characteristics	35
A. V. Durov. On raising fuel economy of forest diesel locomotive narrow-gauge tracks	39
A. I. Tabulin. Weigth method of timber stocktaking	44

## MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

A. I. Yatsuk, S. I. Gritsishin. Influence of grain heat treatment on its capillarity and abrasive tools characteristics	47
---	----

<i>A. N. Oblivin, A. K. Voskresensky, P. P. Shcheglov.</i> Investigation of heat mass transfer in particle boards and fibre boards . . . . .	50
<i>P. M. Mazurkin, V. I. Vozhegov, A. N. Kunov.</i> Studying cutting of wood with round cutters . . . . .	57
<i>L. A. Shabaln, V. F. Vinogradov, E. G. Kuchumov, L. L. Lebedev.</i> Stresses in saw-frame from static forces . . . . .	61
<i>L. A. Gubenko, S. V. Lukachev, V. E. Polyakov.</i> Investigating moduli of elasticity of knots wood . . . . .	65
<i>I. Ya. Kazantsev, I. V. Yakimov.</i> Physical and mechanical properties of grade poplars wood . . . . .	68

#### CHEMICAL WOODWORKING

<i>T. A. Tumanova, E. I. Malkova, L. N. Pakhomova.</i> The comparative characteristic of chlor and its oxygen compounds as bleaching reagents . . . . .	71
<i>V. V. Sviridov, N. M. Shebalova.</i> Intensification of active silt flotation condensation process with the help of surface active substances . . . . .	75
<i>M. M. Revyako, T. A. Butko, Zh. M. Zyuskevich.</i> Structural characteristics of wood fillings . . . . .	79
<i>A. F. Lichutin, O. M. Sokolov, A. V. Fesenko.</i> Kinematics parameters collation of delignification process of chips chop-machines and milling-sawing at sulphat cooking . . . . .	81
<i>V. I. Krupensky, T. V. Dolgaya.</i> On the transformation of xylose and furfural under the action of chromium, aluminium and titanium chlorides . . . . .	86

#### COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

<i>V. V. Ogurtsov.</i> Determination of optimum grade values when grading constructional lumber by strength . . . . .	91
<i>A. S. Toropov.</i> Necessary capacity of big diameter saws drive when bucking groups of tree-lengths . . . . .	96
<i>Ya. V. Novoselov, V. T. Shnyrev, B. V. Kovlyov.</i> The choice of optimum geometric correlations in the electrodes system of capacious data unit of ground-up wood moisture content . . . . .	100

#### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

<i>G. P. Butko.</i> Appreciating of effectiveness of scientific and technical progress (STP) . . . . .	104
<i>A. P. Petrov, D. K. Dzhindzholava.</i> Economic efficiency of material expenses in sulphate pulp production . . . . .	107
<i>V. A. Ponomarenko, V. N. Egorov.</i> Estimation of economic efficiency of cleaning cutting in forest organisation . . . . .	111
<i>Yu. I. Demintsev, A. V. Peterson.</i> Peculiarities of determination of tapping production effectiveness . . . . .	113

#### SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>V. S. Lantukh.</i> Interinfluence peculiarities of arboreous species root systems in oak-pine cultures of western forest-steppe . . . . .	116
<i>A. M. Bortnik, A. V. Gorokhovnikov.</i> Toxic residues and bioindication in forest protection . . . . .	117
<i>V. I. Biryukov, E. M. Beglyarov, A. A. Bagaev, G. N. Vakhterov.</i> On semidry process of fiberboard production . . . . .	119
<i>V. B. Kuntiysh, A. E. Puir, L. M. Fedotova.</i> Investigation of contact thermal resistance of bimetallic rifled pipes in air cooled apparatus . . . . .	121
<i>V. P. Balakshin, P. I. Poteryaev.</i> Investigation of statistic characteristics of electroconsumers of wood working enterprises . . . . .	126
<i>N. I. Mirmov, I. G. Belyakova, A. A. Nogovitsyn.</i> Investigation of thermosiphones in heat recuperation systems of papermaking machines . . . . .	129

#### FROM THE VUS'S LIFE

<i>V. K. Kuriyanov, A. D. Lozovoy.</i> The Voronezh forest engineering institute in 50 . . . . .	130
<i>E. S. Murakhtanov.</i> The Bryans technological institute is 50 . . . . .	133
Referates . . . . .	141

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*5

**Вопросы территориального размещения деревьев в сосновых древостоях.** ТЯБЕРА А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 5.

Приводятся результаты исследований закономерностей изменения показателей соседства деревьев. Исследуется влияние территориального размещения деревьев на их производительность. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630\*524.37

**Корреляция таксационных показателей деревьев в насаждениях Урала.** СОКОЛОВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 8.

На материалах 23 пробных площадей и 854 учетных и модельных деревьев исследовано строение по высоте и коэффициенту формы модальных сосняков Урала. Дана оценка изменчивости и тесноты связи показателей. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*232.4:630\*174.754

**Рост опытных культур С. В. Алексеева, созданных методом посадки сосны.** ИПАТОВ Л. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 10.

Изучены опытные культуры С. В. Алексеева, созданные посадкой сосны в Обозерском лесхозе Архангельской области (15 вариантов). Дан анализ таксационных показателей культур 30-летнего возраста в зависимости от числа семян в площадке и числа площадок на 1 га. Установлено, что в условиях северной подзоны тайги решающее значение в формировании высокопродуктивных древостоев имеет число площадок на 1 га. Показано различие в формировании древостоев искусственного и естественного происхождения в однородных лесорастительных условиях. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*4

**Применение биологически активных веществ хвойных деревьев для защиты леса от насекомых.** ОШКАЕВ А. Х., СТАДНИЦКИЙ Г. В., ФЕОКТИСТОВ В. В., ФЕОКТИСТОВА С. I Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 4, с. 15.

Рассматриваются результаты работ по испытанию живицы и скипидара без лигнана в качестве инсектицидов против комплекса вредителей леса. Табл. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 581.143.6

**О возможности сохранения фитоценологических связей при совместной культуре ткани.** ГУТМАН Т. С., ШИРЯЕВА Г. А., ЯЦЕНКО-ХМЕЛЕВСКИЙ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 18.

Проведена работа по изучению взаимовлияния видов высших растений (женшенья и ели) методом культуры тканей. Показано стимулирующее влияние света на рост культуры женшенья. Обнаружено, что при совместном культивировании этих тканей наблюдается увеличение ростового индекса.

Сделана попытка исследовать явление «последствия» ткани ели на рост женшенья японского. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 528.77:630\*587.5

**Взаимосвязи и соотношения таксационных и дешифровочных показателей в березняках.** ВАВИЛОВ С. В., ДМИТРИЕВ И. Д., ЛЮБИМОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 22.

На 68 пробных площадях, заложенных в типичных участках березняков-черничников и кисличников произведен перемер деревьев и обмер учетных деревьев, выделена часть древостоев, образующая верхний полог насаждения (ВП), получающий изображение на аэрофотоснимке. Произведен анализ изменения таксационных показателей насаждений и ВП с возрастом и полнотой. Установлено, что связь диаметра деревьев с высотой и поперечником крон очень тесная как у древостоев березы в целом, так и для ВП. Приведены уравнения связи. Выявлено, что характер взаимосвязей не меняется, возможно построение серии типовых кривых. Предпочтительно разделять всю совокупность древостоев на две части, используя разряды по соотношению  $h$  и  $D_k$ . Даны линейные уравнения множественной корреляции  $a_m = f(h_m, \bar{D}_k)$  для указанных групп. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*237

**Рост и долговечность древесных пород на ракушечниках восточного Приазовья.** МАКСИМЕНКО А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 27.

Показаны особенности роста и долговечности древесно-кустарниковых пород, произрастающих на гумусированном маломощном ракушечнике. Лучшим ростом и долговечностью обладают породы, использующие влагу и минеральные вещества грунтовых вод, расположенных на корнедоступной глибине. Развитие и рост древесных растений протекает по степному скороспелому типу, с максимальным ростом в 10–20 лет и последующим снижением.

Приводятся прогнозируемые данные долговечности ряда древесно-кустарниковых пород, из которых наибольшей долговечностью отличается тополь белый. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*375.4

**Сравнительная оценка плавности хода трелевочных тракторов.** А. В. ЖУКОВ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 30.

Дана сравнительная оценка плавности хода трелевочных тракторов на базе тягачей Т-157, МТЗ-80Л, Т-142Л, ТТ-4. Моделирование процесса движения тракторов производили по реальному типичному волоку на основе разработанной автором модели, учитывающей наличие упруго-демпфирующих связей в системе, их нелинейность, колебания пачки хлыстов и др. С использованием метода локальной статистической оптимизации было произведено уточнение рациональных значений параметров тракторов. Приведены результаты этого уточнения. Ил. 2. Табл. 5. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*37

**Синтез тяговых характеристик лесного тягача.** ВАРАВА В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 35.

С помощью принципа максимума устанавливаются оптимальные тяговая характеристика лесотранспортной машины и упругая характеристика сцепки.

УДК 621.43

О повышении топливной экономичности тепловозов лесовозных УЖД. ДУРОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 39.

Рассматривается влияние на топливную экономичность тепловозов массы прицепного состава, скорости движения, использования на маневровой работе тепловозов различной мощности, применения на вагонах-снапках роликовых подшипников, режима холостого хода дизеля и других факторов. Намечаются пути снижения расхода топлива при производственной эксплуатации тепловозов лесовозных УЖД. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*526.1

Весовой метод учета лесоматериалов. ТАБУЛИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 44.

Рассмотрен весовой метод учета лесоматериалов с помощью электрокрановых весов. Для определения плотности древесины предлагается влагомерный метод. Он заключается в измерении влажности бревен с помощью электрических влагомеров и определении плотности древесины. Приведен перевод массы древесины в объем с учетом ее влажности, плотности заболонной и ядровой древесины, а также соответствующие формулы и уравнения.

Весовой метод учета лесоматериалов применяется при погрузке бревен в суда. В качестве обмерного устройства ЦНИИЛесосплава были разработаны крановые весы типа ВЭК-10 с суммирующим устройством.

Весовой метод учета лесоматериалов проверен на производстве в Шарымской сплавной конторе объединения Томлес. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.922.2:674.815

Влияние термической обработки зерна на его капиллярность и на свойства абразивного инструмента. ЯЦЮК А. И., ГРИЦИНИН С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 47.

Определена капиллярность абразивного зерна в зависимости от температуры и длительности термической обработки, а также найдены оптимальные режимы прокалывания зерна и сроки его хранения после термической обработки. Установлено, что стойкость абразивных инструментов находится в прямой зависимости от капиллярности зерна и для инструментов из прокаленного зерна на 20—25 % выше, чем из непрокаленного. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 536.2 : [674.817-41 + 674.815-41]

Исследование теплопереноса в древесностружечных и древесноволокнистых плитах. ОБЛИВИН А. Н., ВОСКРЕСЕНСКИЙ А. К., ШЕГЛОВ П. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 50.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования термодинамических параметров и коэффициентов теплопереноса в древесных плитах. По разработанной программе на ЭЦВМ «БЭСМ-6» рассчитаны поля температуры и влагосодержания в процессе акклиматизации ДСП, удовлетворительно совпадающие с экспериментальными. Ил. 3. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.023

Изучение точения древесины круглыми резцами. МАЗУРКИН П. М., ВОЖЕГОВ В. И., КУНОВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 57.

Приведены результаты лабораторных многофакторных экспериментов по торцово-поперечному резанию древесины березы свеже-срубленного состояния чашечными самовращающимися резцами. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 621.933.6

Напряжения в пильной рамке от статических сил. ШАБАЛИН Л. А., ВИНОГРАДОВ В. Ф., КИЧУМОВ Е. Г., ЛЕБЕДЕВ Л. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 61.

Приведены результаты экспериментальных исследований напряжений в деталях пильной рамки двухэтажной лесопильной рамы 2Р 63-1 от натяжения пил и распора струбцин. Намечены пути уменьшения массы пильной рамки без снижения ее прочности и надежности. Ил. 3.

УДК 630\*812

Исследование модулей упругости древесины сучков. ГУБЕНКО Л. А., ЛУКАЧЕВ С. В., ПОЛЯКОВ В. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 65.

Приведены данные исследований модулей упругости древесины сучков в разных направлениях, полученные различными способами в том числе ультразвуковым импульсным. Получены зависимости между статическими и динамическими модулями упругости. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*812:674.031.32

Физико-механические свойства древесины сортовых тополей. КАЗАНЦЕВ И. Я., ЯКИМОВ И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 68.

Анализ данных физико-механических свойств древесины 15 испытанных видов, клонов, сортов и гибридов тополей показал, что качество древесины определяется наследственными особенностями и устойчивостью в данных условиях местопроизрастания. Представители ботанических секций тополей, наиболее приспособленные к факторам внешней среды на Нижней Волге и наиболее высокопродуктивные, имеют древесину более плотную и прочную. К ним относятся клоны и сорта евроамериканских тополей: Брабантика № 175, Каролинский № 162, Бахелье. Мощный № 236, Сакрау № 59, Весенне-красный. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 676.1.023.1

Сравнительная характеристика хлора и его кислородных соединений как отбельных реагентов. ТУМАНОВА Т. А., МАЛЬКОВА Е. И., ПАХОМОВА Л. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 71.

Приведены результаты изменения состава отбельных растворов гипохлорита, двуокиси хлора, хлорита при окислении хлопковой целлюлозы и небеленой сульфатной целлюлозы. Установлено, что соотношение скоростей процессов окисления и образования хлорпроизводных (связывание хлора) определяется природой окислительной системы и в пределах каждой системы окислителя количественная мера этих процессов зависит от pH раствора, концентрации окислителя, температуры, а также от вида целлюлозного материала. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 628.543.36:622.765

Интенсификация процесса флотационного уплотнения активного ила с помощью поверхностно-активных веществ. СВИРИДОВ В. В., ШЕБАЛОВА Н. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 75.

Показана возможность интенсификации процесса флотационного уплотнения активного ила с помощью катионоактивных, амфотерных и неионогенных ПАВ. Экспериментально показано, что область значений pH, в которой проявляются собирательные свойства различных по природе ПАВ, соответствует нахождению их в сточных водах в катионоактивной форме. Лучшими собирательными и флокулирующими свойствами обладают



соли четвертичных оснований. Установлено, что с их помощью удается сократить время флотационного уплотнения активного ила и уменьшить его влажность. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 674.03:678.046

**Структурные характеристики древесных наполнителей.** РЕВЯКО М. М., БУТЬКО Т. А., ЗЮСЬКЕВИЧ Ж. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 79.

По методу БЭТ путем низкотемпературной сорбции паров азота определены удельные поверхности древесных наполнителей для полимеров: древесного волокна, древесной муки (ГОСТ 911-62) и древесных опилок (ГОСТ 12431-72). Значения удельных поверхностей изученных древесных образцов составляют  $42.6 \cdot 10^3$ — $82.4 \cdot 10^3$  м<sup>2</sup>/кг. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*813

**Сопоставление кинетических параметров процесса делигнификации щепы рубительных машин и фрезерно-пыльных агрегатов при сульфатной варке.** ЛИЦУТИН А. Ф., СОКОЛОВ О. М., ФЕСЕНКО А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 81.

Проведено сравнительное исследование процесса делигнификации при сульфатной варке сосновой щепы, полученной на рубительной машине и фрезерно-пыльном агрегате. На основе уравнения I порядка с помощью ЭВМ определены кинетические параметры процесса делигнификации, константы скорости и скорости растворения лигнина. Установлено, что существенных различий в скорости растворения лигнина не наблюдается. Допустима совместная варка щепы от рубительных машин и фрезерно-пыльных агрегатов. Ил. 3. Табл. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*813

**О превращениях ксилозы и фурфурола под влиянием солей хрома, алюминия и титана.** КРУПЕНСКИЙ В. И., ДОЛГАЯ Т. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 86.

Изучен состав продуктов реакций и выявлены процессы, приводящие к снижению выхода фурфурола при его получении из пентоз в присутствии солевых катализаторов. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.09-791.8

**Определение оптимальных величин градаций при сортировке конструкционных пиломатериалов по прочности.** ОГУРЦОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 91.

Сформулированы условия выбора оптимальных сортовых градаций, обеспечивающих максимальную степень использования природных механических свойств конструктивных пиломатериалов. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*323.4

**Необходимая мощность привода пил большого диаметра при групповой раскряжке хлыстов.** ТОРОПОВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 96.

Приведена методика определения необходимой мощности привода круглых пил большого диаметра при групповой раскряжке хлыстов. Представлены результаты, полученные по этой методике. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 574.815.41:647.047

**Выбор оптимальных геометрических соотношений в системе электродов емкостного датчика влажности измельченной древесины.** НОВОСЕЛОВ Ю. В., ШНЫРЕВ В. Т., КОВЫЛОВ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 100.

Рассмотрена методика расчета емкостного одностороннего датчика влажности измельченной древесины, позволяющая получить максимально возможную емкость датчика при ограниченных его габаритах и заданной глубине проникновения электрического поля в исследуемый материал. Ил. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*79.003.13

**Оценка эффективности научно-технического прогресса (НТП).** БУТКО Г. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 104.

Раскрыта сущность основных аспектов проявления научно-технического прогресса (НТП). Анализируются различные подходы определения эффективности НТП: по системе показателей и по единому интегральному показателю. Выявлены положительные и отрицательные стороны каждого из них. Сформулированы требования, которым должна удовлетворять система показателей для оценки НТП в лесозаготовительном производстве. Для моделирования НТП и его основных направлений предложен метод главных компонент, частный случай теории статистической информации. Оценка эффективности НТП и его основных направлений производится по системе оценочных показателей с приоритетом одного из них. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 661.728.003.13

**Эффективность материальных затрат в сульфатцеллюлозном производстве.** ПЕТРОВ А. П., ДЖИНДЖОЛАВА Д. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 107.

На примере совокупности сульфатцеллюлозных предприятий предложена и экспериментально проверена система показателей, отражающих отдачу различного вида материальных ресурсов; ряд показателей рекомендован для применения в практике анализа и планирования. Табл. 2.

УДК 630\*24.003.13

**Определение экономической эффективности рубок ухода за лесом при лесоустройстве.** ПОНОМАРЕНКО В. А., ЕГОРОВ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 111.

Даны методические разработки определения экономической эффективности рубок ухода за лесом при лесоустройстве. Практическая пригодность методики проиллюстрирована на цифровых материалах Воронежского мехлесхоза. Табл. 3.

УДК 630\*284.003.13

**Особенности определения эффективности подсобного производства.** ДЕМИНЦЕВ Ю. И., ПЕТЕРСОН А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 113.

Дано обоснование показателям, которые целесообразно применять для определения эффективности в подсобном производстве. В качестве одного из основных показателей предложен показатель себестоимости добычи живицы, рассчитанный по методам подсочки. Именно применяемые методы и технологические схемы подсобного производства во многом определяют затраты на добычу живицы. Табл. 1.

УДК 581.524.1:630\*235.5

**Особенности взаимовлияния корневых систем древесных пород в дубово-сосновых культурах Западной лесостепи.** ЛАНТУХ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 116.

Изложены результаты исследований корневых систем почвы в 7-летних дубово-сосновых культурах методом взятия почвенных монолитов на глубину проникновения корней. Установлено, что в данных условиях корни

сосны проникают на глубину до 60 см, корни дуба — до 135 см. В горизонтальном направлении корни сосны достигают кудис дуба, корни дуба в кулисах сосны не обнаружены. Основная масса корней обеих пород расположена в слое почвы до 30 см. По толщине у сосны преобладают корни до 0,6 мм, у дуба — больше 4,0 мм. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 632.982.52

**Токсические остатки и биоиндикация в лесозащите.** БОРТНИК А. М., ГОРОХОВНИКОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 117.

Приводятся методика и результаты опытов по определению токсических остатков БИ-58 в хвое сосны методом биоиндикации. В качестве тест-объекта использован рыжий сосновый пилильщик. Отмечается перспективность разработки шкал для количественной оценки остатков пестицидов в растениях по биоиндикаторам. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.817-41

**О полусухом способе изготовления древесноволокнистых плит.** БИРЮКОВ В. И., БЕГЛЯРОВ Э. М., БАГАЕВ А. А., ВАХТЕРОВ Г. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 119.

Полусухим способом с применением различных антиадгезивов, а также бессеточным прессованием получены древесноволокнистые плиты; изучены их физико-механические показатели. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 536.24

**Исследование контактного термического сопротивления биметаллических оребренных труб АВО.** КУНТЫШ В. Б., ПИИР А. Э., ФЕДОТОВА Л. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 121.

Описаны конструкция измерительного калориметра и методика экспериментального определения контактного термического сопротивления стандартизованных биметаллических оребренных труб с коэффициентом оребрения

15, 23. Алюминиевые спиральные ребра изготовлены методом винтовой накатки. Исследовали следующие материалы несущей трубы: латуни, ст. 10, ст. Х5М, ст. Х18Н9Т, которые контактировали с алюминиевой ребристой оболочкой. Получены значения контактного сопротивления  $R_k \cdot 10^4$ , соответственно равные 0,7; 1,1; 2,5; 3,7 ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )/Вт в диапазоне плотности теплового потока  $(30 \div 8) \times 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>. Существующая технология изготовления труб обеспечивает надежный тепловой и механический контакты. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 621.311:674.008

**Исследование статистических свойств электропотребителей деревообрабатывающего предприятия.** БАЛАКШИН В. П., ПОТЕРЯЕВ П. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 126.

Процесс потребления электрической энергии промышленным предприятием рассматривали как случайный процесс. По статистическим материалам, относящимся к бирже погрузки деревообрабатывающего предприятия, получены числовые характеристики описанных параметров. Табл. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 536.27 : 669.214

**Исследование термосифонов в системах рекуперации тепла бумагоделательных машин.** МИРМОВ Н. И., БЕЛЯКОВА И. Г., НОГОВИЦЫН А. А. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 129.

Один из возможных путей улучшения конструкций теплорекуперационных агрегатов — применение в них термосифонов. В данной работе исследовали термосифоны с целью установить режим работы. В качестве теплоносителей использовали ацетон, этиловый спирт и их смесь. Как показали предварительные расчеты, теплорекуператор на термосифонах имеет лучшие (на 60%) массогабаритные параметры по сравнению с обычными аппаратами. Ил. 3. Библиогр. список: 8 назв.