

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

4

1986



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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. 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, проф. 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 по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов. Журнал издается с 1957 года. Выходит 6 раз в год.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Э. Н. Власова.

Сдано в набор 13.5.86. Подписано в печать 5.08.86. Ст. 03747.  
Форм. бум. 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 12,95. Уч.-изд. л. 15,35. Тираж 1690 экз. Заказ 4795. Цена 1 р. 40 к.  
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт  
им. В. В. Куйбышева.

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

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

## НАЧАЛО ПЕРЕСТРОЙКИ И УСКОРЕНИЯ

16 июня 1986 г. состоялся очередной Пленум Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза, а двумя днями позже — сессия Верховного Совета СССР. В центре их работы был пятилетний план экономического и социального развития нашей страны на 1986—1990 годы. Теперь он принял силу закона.

А тем временем уже пройдена десятая часть пути. Пленум ЦК КПСС со всей партийной прямотой и принципиальностью указал на необходимость решительного поворота к новому на всех направлениях партийной, хозяйственной, идеологической работы, всей жизни нашего общества. «...Перестройка идет пока медленно,— сказал в докладе на Пленуме Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев.— Поворот к качеству, эффективности, новым методам руководства происходит трудно и болезненно. Но сегодня должно быть предельно ясно: ЦК будет твердо вести линию на поддержку всего здорового, всего, что соответствует решениям съезда, что на деле означает перестройку, движение вперед».

Наша партия, весь советский народ активно поддерживают политическую линию XXVII съезда КПСС. «Истекшие месяцы еще раз подтвердили: перестройка касается всех — от рядового коммуниста до секретаря ЦК, от рабочего до министра, от инженера до академика»,— сказал товарищ М. С. Горбачев.

В такой обстановке, с таким настроем страна вступила в двенадцатую пятилетку. Ей отводится роль стартовой площадки для выполнения директив XXVII съезда на предстоящее 15-летие, реализации задач новой редакции Программы КПСС. М. С. Горбачев назвал двенадцатую пятилетку решающим этапом в реализации экономической стратегии партии.

В Законе СССР «О Государственном плане экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы», принятом Верховным Советом СССР 19 июня 1986 г., предусмотрены абсолютные приросты важнейших показателей, которые в полтора раза выше, чем в истекшей одиннадцатой пятилетке. Большинство количественных, а главное качественных показателей установлено по верхнему уровню Основных направлений, принятых XXVII съездом КПСС.

Основной источник экономического роста — в коренном улучшении эффективности производства на базе ускорения научно-технического прогресса.

Труженики лесного комплекса, отраслевой науки, преподаватели и студенты лесной высшей школы восприняли материалы и решения Пленума ЦК КПСС и сессии Верховного Совета как призыв и программу действий. На фоне высоких общесоюзных показателей рубежи лесного комплекса выглядят довольно скромно. Но, во-первых, они весьма напряжены, учитывая хроническое отставание лесных отраслей и то сложное положение, в котором они находятся, а, во-вторых, их необходимо во что бы то ни стало достичь и по возможности превысить, так как от этого существенно зависит выполнение планов многих отраслей и народного хозяйства в целом.

Не повторять ошибок прошлого, ускорить реконструкцию, энергично развивать машиностроение, рачительно хозяйствовать, умело управлять — таковы подзаголовки в докладе Генерального секретаря ЦК КПСС на Пленуме. И каждый из них прямо и полностью относится к лесному делу. Перестройка требует решительно преодолеть застарелые недостатки: планирование от достигнутого уровня, ориентацию на валовые показатели, просчеты в политике капитальных вложений и недооценку перевооружения действующих предприятий, отсутствие системного анализа тенденций развития техники и технологий, устаревшие стандарты, несовершенство ценообразования и других экономических методов, дефицит трудовых ресурсов, низкую эффективность науки и т. д.

Лесные отрасли имеют определенные достижения. Как и во всем народном хозяйстве, во второй половине прошедшей пятилетки наметился положительный сдвиг. Несколько возросли объемы лесозаготовки, настойчиво осуществляется механизация

ция этой отрасли, широкое распространение получили поставки леса потребителям в виде хлыстов, продолжалось техническое перевооружение лесообрабатывающих производств, почти половина продукции мебельной промышленности отмечена государственным Знаком качества, целлюлоза Котласского ЦБК конкурентоспособна на мировом рынке. Высокого качества газетная бумага выпускается Кондопожским ЦБК... Это перечисление можно продолжить. В докладе М. С. Горбачева на июньском (1986 г.) Пленуме ЦК КПСС отмечено, что предприятия лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности стали работать лучше. И все же нерешенных проблем много, а в ходе перестройки, несомненно, возникнут новые. Лесной комплекс сложен по своей структуре, многообразны его связи с потребителями лесопроизводства, велика зависимость от машиностроения и других отраслей, определяющих темпы научно-технического прогресса, остры его социальные проблемы. Поэтому он очень нуждается в четкой и ясной перспективе своего развития. Эта перспектива должна принять характер глубоко продуманных и тщательно обоснованных целевых программ, включая совершенствование организационной структуры, усиление экономических стимулов и др. Пока нет должной системности в решении многих вопросов: не до конца ясны пути интеграции лесной промышленности и лесного хозяйства, внутриотраслевые пропорции капиталовложений и структуры лесопроизводства, ряд вопросов технической политики.

На Пленуме была подчеркнута необходимость особого внимания к решению жилищной проблемы, улучшению качества и комфортности жилья. «Опережающее развитие получит строительство жилья на селе», — сказано в докладе М. С. Горбачева. Это многозначительное положение для лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства. Во-первых, они должны решать общую задачу улучшения быта, а во-вторых, не могут позволить себе отстать в этом деле, рискуя в противном случае растерять кадры.

Разнообразие и сложность задач, необходимость успешного решения их с ограниченными ресурсами потребуют от лесных отраслей компетентного руководства на всех уровнях, развития инициативы трудовых коллективов. Необходимо не откладывая развернуть широкую работу по реализации принятого июньским Пленумом Обращения Центрального Комитета КПСС к трудящимся Советского Союза о всенародном социалистическом соревновании за выполнение и перевыполнение плана двенадцатой пятилетки. Это обращение касается всех и каждого: «Страна ждет от ученых, конструкторов, инженеров новых открытий и изобретений, прогрессивных проектных решений и конструкторских разработок, позволяющих кардинально повысить производительность труда, улучшить качество продукции, экономить ресурсы. Совместными усилиями работников науки и производства ускорим внедрение в практику передовых достижений научно-технической мысли!».

---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*232

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ МИКРОПОВЫШЕНИЙ  
В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНОЙ И СЫРОЙ СУРАМЕНИ**

А. Р. РОДИН, А. И. УГАРОВ

Московский лесотехнический институт

В настоящее время все большую долю лесокультурных площадей занимают вырубки с переувлажненными почвами, на которых возобновление хозяйственно ценных пород затруднено из-за неблагоприятного водного, воздушного, питательного и температурного режимов почв. Именно поэтому ель в естественных условиях поселяется на микроповышениях, что отмечается не только в лесах Севера, но и в более южных районах Северного полушария [1, 3, 5]. Более поздние исследования доказали необходимость посадки сеянцев и саженцев в микроповышения на переувлажненных почвах [8, 2]. Ныне рекомендуют создавать микроповышения высотой от 15 до 30 см, ширину микроповышений обычно не указывают.

В связи с этим перед лесоводами стоит задача оптимизации параметров микроповышений, обеспечивающих наиболее благоприятные экологические условия для роста и развития лесных культур. Решение этого вопроса традиционными методами исследований требует больших затрат труда.

Нами был применен математический метод планирования эксперимента [4] с использованием «Центрального композиционного плана 2-го порядка», достоинство которого заключается в том, что он дает достаточно полную информацию об изучаемом объекте и надежные выводы при минимальном объеме экспериментальных работ.

Были заложены опытно-производственные участки культур на вырубках с временно переувлажненными суглинистыми почвами в условиях влажной и сырой сурамени (С<sub>3-4</sub>) в северной подзоне зоны смешанных лесов с преобладанием хвойных (по С. Ф. Курнаеву, 1973).

В наших опытах реализован двухфакторный эксперимент. Первый фактор  $X_1$  — высота микроповышений, второй  $X_2$  — ширина. Параметрами оптимизации являются: рост культуры ели в высоту —  $Y_H$ , годичный прирост по высоте —  $Y_H$ . Область эксперимента (табл. 1), т. е. нижние и верхние границы факторов  $X_1$  и  $X_2$ , установлена исходя из априорной информации и наших данных по предварительному изучению роста культур, созданных на микроповышениях разных размеров.

В общем виде параметры оптимизации выражаются для двух факторов в виде уравнения регрессии

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2,$$

Таблица 1

Фактор	Область эксперимента			
	Нулевой уровень, см	Нижний предел, см	Верхний предел, см	Интервал варьирования, см
$X_1$	40	20	60	20
$X_2$	70	40	100	30

где  $b_i$  — коэффициент регрессии,  $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ;

$X_i$  — переменные факторы в эксперименте.

Матрица для проведения эксперимента и обработки результатов исследований имеет следующий вид (табл. 2).

Таблица 2  
Матрица планирования эксперимента

Но- мер опы- та	Переменные факторы					
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$
1	+1	-1	-1	+1	+1	+1
2	+1	+1	-1	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1	-1	+1	+1
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1
5	+1	+1	0	0	+1	0
6	+1	-1	0	0	+1	0
7	+1	0	+1	0	0	+1
8	+1	0	-1	0	0	+1
9	+1	0	0	0	0	0

Результаты исследований показали, что рост культур ели с первых лет жизни зависит не только от высоты микроповышений, но и от их ширины. С увеличением ширины микроповышений высота и прирост культур по высоте, а также диаметр стволика возрастают.

Лучший рост на микроповышениях по сравнению с необработанной почвой обнаруживается с однолетнего возраста культур. Однако достоверность различий показателей роста по высоте в вариантах по

критерию Стьюдента ( $t$ ) наблюдается лишь на третий год роста культур. До трехлетнего возраста культур, как показала обработка результатов эксперимента, модель оказывалась неадекватной.

Обработка экспериментальных данных в соответствии с методикой планирования эксперимента показала, что адекватные математические модели получены только для четвертого года роста культур. При исследовании пятилетних культур модели вновь были достоверными. Матрица планирования с экспериментальными данными, характеризующая рост пятилетних культур ели по высоте и текущему приросту в высоту, представлена в табл. 3, 4.

Таблица 3

Матрица с экспериментальными данными пятилетних культур (по высоте)

Но- мер опы- та	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$Y_{q1}$	$Y_{q2}$	$Y_{q3}$	$\bar{Y}_q$
1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	104,1	97,7	101,9	101,2
2	+1	+1	-1	-1	+1	+1	83,0	108,6	116,8	102,8
3	+1	-1	+1	-1	+1	+1	117,3	122,8	112,5	117,5
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	116,3	128,6	129,1	124,7
5	+1	+1	0	0	+1	0	118,5	120,8	118,9	119,4
6	+1	-1	0	0	+1	0	112,8	101,0	115,0	109,6
7	+1	0	+1	0	0	+1	140,6	125,7	132,0	132,8
8	+1	0	-1	0	0	+1	114,8	118,1	116,7	113,2
9	+1	0	0	0	0	+1	112,5	129,1	122,8	121,4

Примечание.  $Y_{q1}$ ,  $Y_{q2}$ ,  $Y_{q3}$  — экспериментальные значения высоты культур соответственно в каждой повторности опытов, см;  $\bar{Y}_q$  — среднее арифметическое из трех повторных опытов.

Матрицы (табл. 3 и 4) представлены в кодированном виде: верхнему уровню факторов соответствует +1, нижнему — значение -1, основному — 0.

Обработка экспериментальных данных (табл. 3, табл. 4) позволила получить (в области эксперимента) уравнения регрессии для пятилетних культур:  
по высоте

Таблица 4

Матрица с экспериментальными данными по текущему приросту в высоту

Но- мер опы- та	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$V_{q1}$	$V_{q2}$	$V_{q3}$	$\bar{V}_q$
1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	20,2	21,39	17,18	19,53
2	+1	+1	-1	-1	+1	+1	16,40	17,37	20,68	18,15
3	+1	-1	+1	-1	+1	+1	20,51	24,23	25,36	23,37
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	23,17	26,07	25,71	24,98
5	+1	+1	0	0	+1	0	23,19	24,15	19,75	22,36
6	+1	-1	0	0	+1	0	17,63	19,25	23,94	20,27
7	+1	0	+1	0	0	+1	26,79	33,20	28,75	29,58
8	+1	0	-1	0	0	+1	19,18	23,55	21,73	21,49
9	+1	0	0	0	0	0	24,65	21,22	26,79	24,22

Примечание.  $Y_{q1}$ ,  $Y_{q2}$ ,  $Y_{q3}$  — экспериментальные значения прироста культур соответственно в каждой повторности опытов, см;  $Y_q$  — среднее арифметическое из трех повторностей.

$$Y_H = 118,25 + 3,10X_1 + 9,63X_2 - 13,62X_1^2 - 9,86X_2^2 - 4,47X_1X_2; \quad (1)$$

по текущему приросту в высоту

$$Y_h = 24,31 + 0,40X_1 + 3,13X_2 - 4,18X_1^2 - 2,24X_2^2 - 2,31X_1X_2. \quad (2)$$

Проверка коэффициентов регрессии по t-критерию Стьюдента на значимость, а уравнений на адекватность по F-критерию Фишера позволила получить одинаковые по своей структуре адекватные уравнения роста и прироста пятилетних культур ели:

по высоте

$$Y_H = 118,25 + 9,63X_2 - 13,62X_1^2; \quad (3)$$

по приросту в высоту

$$Y_h = 24,31 + 3,13X_2 - 4,18X_1^2. \quad (4)$$

Решение задачи оптимизации размеров микроповышений позволило установить их оптимальное соотношение для условий влажной и сырой сурамени ( $C_{3-4}$ ). Эти размеры обеспечивают наиболее благоприятный почвенный микроклимат в посадочном месте и максимальный рост культур. Оптимальными параметрами микроповышений являются высота 40 см и ширина 100 см. Текущий прирост в высоту пятилетних культур на оптимальных микроповышениях в 1,5—2 раза больше, чем на микроповышениях, рекомендуемых ОСТ 56-37-79 и другими документами.

В целях практического использования для инженерных расчетов уравнения (3) и (4) представлены в натуральных значениях:

для высоты

$$Y_H = 95,79 + 0,321X_2 - 0,034(X_1 - 40)^2; \quad (5)$$

для текущего прироста в высоту

$$Y_h = 17,03 + 0,104X_2 - 0,010(X_1 - 40)^2. \quad (6)$$

По уравнениям (5) и (6) можно прогнозировать значения высоты и текущего прироста пятилетних культур ели в зависимости от проектируемых размеров микроповышений.

Приведенную методику планирования эксперимента можно применить и для других регионов страны и условий местопроизрастания, при

минимальном объеме работ найти такие размеры микроповышений, которые обеспечивали бы оптимальный почвенный микроклимат в посадочном месте и максимальный рост культур на переувлажненных почвах. Для ели в условиях влажной и сырой сурамени в северной подзоне смешанных лесов с преобладанием хвойных они должны быть: по высоте — 40 см, по ширине — 100 см. Только в этом случае термовлажностный режим, плотность и порозность почв в посадочном месте становятся оптимальными [6, 7] для роста культур хвойных пород; суммарный текущий прирост в высоту пятилетних культур ели в 1,5—2 раза больше, чем на микроповышениях высотой 20 см, рекомендуемых ОСТ 56-37-79.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Декатов Н. Е. Влияние микрорельефа на возобновление ели.— В кн.: Опытно-исследовательские работы по общему лесоводству. М.—Л.: Сельколхозгиз, 1931. [2]. Значение микроповышений при создании лесных культур/ И. А. Маркова, З. Ф. Матюхина, Т. А. Шалыгина, А. Е. Верт.— Лесоведение, 1978, № 6. [3]. Мелехов И. С. К вопросу о возобновлении ели на гарях.— Лесное хозяйство и лесозащита, 1933, № 10. [4]. Пижурин А. А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке.— М.: Лесн. пром-сть, 1972. [5]. Ткаченко М. Е. Леса Севера.— Тр. по лесн. опытному делу в России, 1911, вып. 25. [6]. Угаров А. И. Влияние размеров микроповышений на температурный режим почвы.— Науч. тр./ МЛТИ, 1980, вып. 123. [7]. Угаров А. И. Влияние микроповышений на влажность почвы в посадочных местах.— Науч. тр./ МЛТИ, 1982, вып. 139. [8]. Шумаков В. С. Кураев В. Н. Современные способы подготовки почвы под лесные культуры.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.

Поступила 3 февраля 1986 г.

УДК 630\*228

### К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В. Ф. ЦВЕТКОВ

Мурманский стационар Архангельского института леса и лесохимии

При решении многих теоретических и практических вопросов лесоводства исследователи вполне обоснованно уделяют большое внимание оценке территориального размещения деревьев в насаждениях. С пространственной структурой древостоя тесно связаны и его качество, и общая продуктивность. Как многие другие критерии строения насаждения, показатели пространственного размещения деревьев во многом определяются еще в молодом возрасте.

В условиях боров брусничных на Кольском полуострове изучали 35—55-летние древостой разных типов формирования: образующиеся из подроста (I); при преобладании последующего лесовозобновления на вырубках с развитым напочвенным покровом, обеспеченных (II) и не обеспеченных (III) семенниками; при последующем лесовозобновлении на паловых вырубках, обеспеченных (IV) и не обеспеченных (V) семенниками. Анализировали абрисы размещения деревьев с их подробными описаниями на временных и постоянных пробных площадях (2—4 участка каждого типа формирования). В каждом случае рассматривали не менее 190 деревьев. При расчете характеристик строили ряды распределения по естественным ступеням, определяли статистические показатели ( $\sigma$ ,  $S$ ,  $P$ ,  $A$ ,  $E$ ,  $m_A$ ,  $m_E$ ).

Молодняки, формирующиеся при разных направлениях лесовосстановительных процессов, существенно различаются многими показателями строения и структуры полога [6]. Отчетливые различия выявляются также в характеристиках территориального размещения деревьев и в факторах окружающего их пространства (табл. 1).

Таблица 1  
Некоторые показатели пространственной структуры 35—45-летних древостоев разных типов формирования

Тип формирования	Состав древостоя	Число деревьев, тыс. шт./га	Среднее расстояние до деревьев окружения, м		Средняя площадь роста, м <sup>2</sup>	Класс плотности, шт.	Числовые расстояния по Кеннгу	Число Бекинга
			трех	пяти				
I	8-9С1-2Б	3,9—4,7	1,1—1,3	1,2—1,5	0,8—1,1	3,7—4,0	9,0—11,8	10,1—12,7
II	7-8С2-3Б	6,6—7,7	0,5—0,7	0,7—1,0	0,6—1,0	3,9—4,3	7,7—8,2	8,4—9,7
III	4-5С5-6Б	2,9—3,3	2,2—2,8	2,4—3,4	2,7—5,1	2,1—2,6	13,0—17,4	14,4—19,9
IV <sub>1</sub>	10С+Б	5,5—6,1	0,6—0,9	0,8—1,2	1,4—2,7	2,7—3,4	15,8—19,0	17,8—21,7
IV <sub>2</sub>	10С+Б	16,1—19,2	0,4—0,5	0,5—0,7	0,3—0,6	4,2—4,8	6,8—7,9	5,2—6,2

Примечание. IV<sub>1</sub> — умеренно густые; IV<sub>2</sub> — пореженные древостои.

Таблица 2  
Средние расстояния между деревьями в смешанных соснаках брусничных разных типов формирования

Характеристика средних расстояний	M ± m, м	σ, м	С, %	Р, %	А	m <sub>A</sub>	Е	m <sub>E</sub>
От сосны до пяти ближайших деревьев сосны	1,9 ± 0,20	0,76	40,0	4,1	0,343	0,96	0,247	0,19
От сосны до пяти ближайших деревьев окружения	1,1 ± 0,06	0,31	28,1	2,7	0,212	0,31	0,177	0,17
От сосны до пяти ближайших деревьев сосны	2,4 ± 0,24	0,98	40,8	2,4	-0,982	-0,21	-1,366	-0,37
От березы до пяти ближайших деревьев	1,1 ± 0,06	0,31	28,1	2,7	0,212	0,31	0,177	0,17
От березы до пяти ближайших деревьев	2,0 ± 0,10	0,88	44,0	2,4	0,972	0,81	0,566	0,31
От березы до пяти ближайших деревьев сосны	1,6 ± 0,12	0,81	50,9	4,3	-0,280	-0,07	-0,372	-0,11
От березы до пяти ближайших деревьев сосны	1,3 ± 0,06	0,59	45,6	4,7	1,770	0,92	0,396	0,11
От березы до пяти ближайших деревьев сосны	1,7 ± 0,08	0,98	57,2	4,6	-0,410	-0,11	-0,311	-0,08
От березы до пяти ближайших деревьев сосны	2,9 ± 0,11	1,73	59,7	7,7	-0,846	-0,17	-0,980	0,12

Примечание. В числителе 45-летний древостой II типа формирования (8С2Б; 6,6 тыс. шт./га); в знаменателе — 40-летний древостой III типа (5С5Б; 3,1 тыс. шт./га).

С увеличением общей густоты в совокупности рассматриваемых в табл. 1 древостоев снижаются средние расстояния до деревьев окружения и средняя площадь роста [7], а также числовые расстояния по Кеннгу и числа Бекинга. Соответственно возрастают средние значения классов плотности [3], т. е. число деревьев в круге с площадью, соответствующей площади роста среднего дерева в насаждении. Закономерными показателями территориального размещения деревьев характеризуется также каждый отдельный древостой. С понижением положения дерева в пологе (от I к V классу) средние расстояния до соседних особей

и площади роста их уменьшаются, а классы плотности — последовательно увеличиваются.

Но очевидную связь названных показателей с густотой нельзя признать прямой. Помимо общей густоты заселения территории по насаждению в целом, средние значения расстояний между деревьями, классов плотности, площадей роста в значительной мере зависят от характера размещения деревьев, который во многом обусловлен генезисом насаждения.

Чем неравномернее размещены деревья, тем меньше связь рассматриваемых показателей с общей густотой. Наиболее выраженной неравномерностью по данным табл. 1 отличаются молодняки III и I, наименьшей — древостой IV типа формирования. Древостои III и I типов характеризуются самыми высокими коэффициентами варьирования показателей территориального размещения как по древостою в целом, так и в совокупностях деревьев одноименных классов. Самые низкие показатели изменчивости в сосняках IV типа. Таким образом, наименьшей регулярностью пространственной структуры [1, 2, 5] отличаются древостои III и I, наибольшей — сосняки IV типа. Насаждения II типа формирования занимают промежуточное положение.

В древостоях разных типов формирования в одинаковом возрасте для деревьев одного и того же класса положения в пологе характерны разные показатели территориального размещения, что определяет различия в их таксационных показателях. Наибольшие значения средних высот, диаметров и объемов крон деревьев I, II и III классов в умеренно густых сосняках IV типа, самые низкие — в древостоях I и III типов. С другой стороны, сопоставляя деревья одного класса с одинаковыми показателями территориального размещения и окружения в древостоях разного генезиса, видим высокое сходство не только их таксационных показателей, но и некоторых лесоводственных характеристик (относительная высота, длина и ширина кроны, селекционная категория качества ствола и др.). Сказанное подтверждает важную роль пространственной структуры древостоев в определении их лесоводственных качеств.

Для смешанных по составу молодняков при оценке характеристик их пространственной структуры наиболее показательным сопоставлением средних расстояний между деревьями. Такое сопоставление на примере древостоев II и III типов формирования приведено в табл. 2. Рассматриваемые древостои существенно различаются по общей густоте, породному составу, пространственному распределению деревьев.

В первом древостое (II тип формирования) размещение как сосны, так и всей совокупности деревьев значительно регулярнее, чем во втором, о чем свидетельствуют более низкие коэффициенты варьирования рассматриваемых расстояний и наименее выраженные асимметрия и эксцесс рядов их распределения по отношению к древостою III типа.

Среднее расстояние между деревьями березы в древостое II типа формирования — одно из самых больших, в молодняке III типа — составляет самую малую величину. Если в сосняке II типа среднее расстояние между деревьями по древостою в целом определяется только расстояниями между особями главной породы, то в древостое III типа эти характеристики существенно различаются. В первом древостое средние расстояния между особями главной породы меньше расстояний между деревьями березы, во втором — имеет место обратное явление.

В сосняке II типа формирования с понижением положения сосны в пологе (от I к V классу) средние расстояния до деревьев окружения последовательно снижаются: до особей сосны — от 1,2 до 0,7 м, березы — от 2,1 до 1,5 м. Во втором древостое закономерное уменьшение таких расстояний прослеживается лишь по отношению к деревьям окружения той же породы — сосны.

Приведенные различия проявляются не только при сопоставлении средних величин перечисленных характеристик, но и их статистических показателей.

Деревья сосны в первом древостое характеризуются большим, чем во втором, средним числом «соседей» [4]: 5,9 против 3,7 шт. Из них на особи главной породы в первом случае приходится в среднем 5,3, во втором — 2,9 шт., т. е. 90 и 78 % соответственно. Среднее число «соседей» у березы в обоих древостоях близко между собой: 4,7 и 4,5 шт., однако в первом древостое среди деревьев окружения преобладает сосна (3,1 шт.), во втором — значительно больше березы (3,2 шт.) Доля березы в окружении оценивалась соответственно 34 и 71 %.

Приведенные материалы убедительно свидетельствуют о больших различиях в территориальном размещении деревьев в древостоях разного генезиса. Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Тип формирования древостоя определяет не только густоту, породный состав и показатели строения полога, но также и многие характеристики территориального размещения деревьев.

2. Наибольшей регулярностью территориального размещения деревьев характеризуются послепожарные молодняки IV типа, наибольшей беспорядочностью — древостои, формирующиеся из подроста предварительных генераций (I тип), а также при последующем растянутом во времени лесовозобновлении (III тип).

3. Различия в территориальном размещении деревьев, обусловленные генезисом древостоев, нарушают закономерные зависимости от густоты таких показателей, как средние расстояния до деревьев окружения, площадь роста, класс плотности, числовые расстояния, числа Беккинга, а также число «соседей».

4. С показателями территориального размещения связаны таксационные показатели одноранговых деревьев. Более высокие средние высоты, диаметры и объемы крон деревьев I—III классов положения в пологе наблюдаются в древостоях с наиболее регулярной структурой, самыми низкими — при выраженной беспорядочности в размещении деревьев.

5. Березово-сосновые молодняки, формирующиеся при дружном лесовозобновлении (II тип), отличаются от древостоев III типа не только большими общей густотой и участием сосны, но также и регулярностью размещения как общей совокупности деревьев, так и особей главной породы. В древостоях III типа больше, чем в молодняках II типа, выражена регулярность размещения сопутствующей породы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ипатов В. С., Тархова Т. Н. Количественный анализ эффектов размещения деревьев по территории.— Бот. журн., 1975, т. 60, № 9, с. 1237—1250. [2]. Плотников В. В. О горизонтальной структуре древесного яруса лесных сообществ.— Лесоведение, 1968, № 5, с. 3—11. [3]. Плотников В. В. О путях развития древесных растений в связи с динамикой их численности в сообществе.— Экология, 1973, № 3, с. 44—51. [4]. Тябера А. П. Вопросы территориального размещения деревьев в сосновых древостоях.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1980, № 5, с. 5—8. [5]. Фрей Т. Э. Некоторые математические и фитоценоотические аспекты характера размещения в фитоценозе.— Науч. зап./ Тартус. ун-т, 1968, вып. 211, с. 59—70. [6]. Цветков В. Ф. Формирование сосняков и рубки ухода в Мурманской области.— В кн.: Повышение продуктивности лесов Европейского Севера. Архангельск: АИЛНЛХ, 1974, с. 83—94. [7]. Stohr F. K. Die einzelstümweise Bestimmung von Kriesfläche Masse und laufenden Zuwachs. proha mit Hilfe der variablen Winkelzahlprobe.— Allgemeine Forst- und Jagdzig. München, 1968, N. 11, S. 249—261.

УДК 630\*174.754 + 630\*524

**НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА  
КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
В УСЛОВИЯХ МАРИЙСКОЙ АССР**

*В. А. БУГАЕВ, Д. Н. МАМОНОВ*

Воронежский лесотехнический институт

Постоянно растущие потребности в древесине требуют поиска эффективных технологий, позволяющих полностью использовать всю фитомассу выращиваемых лесных насаждений. Этому вопросу были посвящены наши исследования по определению надземной фитомассы культур сосны обыкновенной, произрастающих на территории Советского мехлесхоза Марийской АССР.

Был применен весовой метод. Культуры создавали ручной посадкой сеянцев в площадки, расстояние между ними в ряду 1 м, между рядами 2 м. В возрасте 25—30 лет сохранилось в площадках по 5—6 экземпляров. Береза является естественной примесью. Критерием отнесения к одному типу леса участков, на которых были заложены пробные площади, служила общность почвенных условий, растительности, напочвенного покрова, однородности строения основного полога [7, с. 218—228]. Таксационная характеристика пробных площадей представлена в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей по элементам леса

Но- мер проб- ной пло- щади	Состав по эле- ментам леса	Воз- раст, лет	Сред- няя высота, м	Сред- ний диа- метр, см	Число стволов, шт./га	Сумма площа- дей се- чений, м <sup>2</sup> /га	Пол- нота	Запас расту- щих де- ревьев, м <sup>3</sup> /га	Запас сухих деревь- ев, м <sup>3</sup> /га
1	9С	25	8,0	7,0	4170	20,32	0,80	113	3
	1Б	25	11,0	10,0	185	1,73	0,06	13	—
	Итого				4355	22,05	0,86	126	3
2	9С	28	9,5	9,0	2550	16,35	0,60	93	2
	1Б	25	9,0	8,0	460	2,41	0,10	10	—
	Итого				3010	18,76	0,70	103	2

Весовые показатели отдельных компонентов фитомассы определяли посредством отбора соответствующих образцов на модельных деревьях. Для условий Марийской АССР в литературе мы не нашли сведений о биологической продуктивности сосняков. Поэтому полученные результаты носят предварительный характер и не ставилась задача изучить изменчивость фракций фитомассы. Несомненно, показатели, определенные по модельным деревьям, оказались несколько заниженными по сравнению с теми, что могли быть получены по данным сплошных замеров или по учетным деревьям.

Массу ствольной древесины в абс. сухом состоянии находили как произведение объема ствола на условную плотность древесины, под которой понимается отношение абс. сухой массы образца к его объему в максимально увлажненном состоянии. Этот показатель находили согласно методике О. И. Полубояринова [3] по образцам, которые брали при помощи возрастного бурава. Для определения массы коры на однометровых отрезках, взятых у основания, в средней и верхней частях ствола модельных де-

Таблица 2

Основные статистические показатели для отдельных фракций дерева

Зависимость от $D_{1,3}$	Абс. сухое состояние						Свежесрубленное состояние					
	C	$m_C$	r	$m_r$	$\eta$	$m_\eta$	C	$m_C$	r	$m_r$	$\eta$	$m_\eta$
Массы ствола	56,2	$\pm 11,1$	0,96	$\pm 0,017$	0,99	$\pm 0,032$	55,8	$\pm 11,0$	0,97	$\pm 0,013$	0,98	$\pm 0,046$
» хвоя	61,5	$\pm 12,6$	0,95	$\pm 0,021$	0,95	$\pm 0,072$	60,4	$\pm 12,3$	0,95	$\pm 0,021$	0,97	$\pm 0,056$
» коры	44,2	$\pm 9,4$	0,75	$\pm 0,096$	0,82	$\pm 0,131$	41,7	$\pm 7,5$	0,78	$\pm 0,085$	0,87	$\pm 0,113$
» ветвей	78,2	$\pm 18,0$	0,96	$\pm 0,017$	0,96	$\pm 0,064$	76,8	$\pm 17,5$	0,97	$\pm 0,013$	0,97	$\pm 0,056$
» сухих ветвей	84,2	$\pm 20,2$	0,93	$\pm 0,029$	0,94	$\pm 0,078$	80,2	$\pm 18,7$	0,94	$\pm 0,025$	0,96	$\pm 0,064$

Примечание.  $D_{1,3}$  — диаметр дерева на высоте груди; C и  $m_C$  — коэффициент вариации и его ошибка; r и  $m_r$  — коэффициент корреляции и его ошибка;  $\eta$  и  $m_\eta$  — корреляционное отношение и его ошибка.

Таблица 3.

Запас фитомассы основных древостоев по отдельным фракциям

Но- мер проб- ной пло- щадки	Состояние материала	Ствол живых деревьев			Сухие ветви живых ство- лов	Ветви сухих ство- лов	Живая крона			Всего	
		Без коры	Кора	Итого			Хвоя	Вет- ви	Ито- го		
1	Абс. сухой	42	$\frac{5,1}{7}$	$\frac{47,1}{67}$	1,8	8,2	0,2	$\frac{3,3}{5}$	9,3	$\frac{12,6}{18}$	69,9
	Свежесрубленный	59,7	$\frac{13,5}{12}$	$\frac{73,2}{63}$	1,8	11,7	0,2	$\frac{9,9}{8}$	20,0	$\frac{29,9}{25}$	116,8
2	Абс. сухой	33,9	$\frac{4,1}{7}$	$\frac{38,0}{66}$	1,1	7,4	0,1	$\frac{2,7}{5}$	8,2	$\frac{10,9}{19}$	57,5
	Свежесрубленный	48,2	$\frac{10,5}{11}$	$\frac{58,7}{61}$	1,1	10,4	0,1	$\frac{8,0}{8}$	17,4	$\frac{25,4}{27}$	95,7

Примечание. В числителе — т/га; в знаменателе — %.

ревьев, снимали кору и взвешивали в сыром виде. Методом интерполяции находили массу коры на каждом однометровом отрубке по всей длине ствола. Точность опыта составила при этом  $\pm 9\%$ . Для последующего определения массы коры в абс. сухом состоянии от каждой модели брали навески коры в 3-кратной повторности. Фитомассу сучьев и хвои находили путем деления кроны модельных деревьев на три равные секции, в каждой из них ветви полностью обрубали и взвешивали. В зависимости от массы секции брали по 3—5 модельных ветвей, взвешивали их, потом ошпыльвали хвою и снова взвешивали. Разность давала массу хвои. Затем производили пересчет на всю крону модели и получали общую массу кроны, хвои и ветвей в отдельности в свежесрубленном состоянии.

Для дальнейшей работы от каждой секции кроны брали необходимое число навесок хвои и ветвей. При разработке методики работы использовали материалы и других авторов [2, 4, 6].

Все образцы взятых в полевых условиях навесок древесины, коры, ветвей и хвоя высушивали затем в сушильном шкафу при температуре  $+105^{\circ}\text{C}$  до абс. сухого состояния. По массе навесок в свежесрубленном и абс. сухом состояниях был сделан расчет следующих показателей: для стволовой древесины — условной плотности, для коры и всех фракций кроны — коэффициента содержания абс. сухого вещества в свежесрубленном материале. Все полученные данные обработаны с использованием методов вариационной статистики. Основные статистические показатели для выяснения зависимости между диаметром ствола на высоте 1,3 м и фитомассой различных фракций дерева помещены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что коэффициент варьирования для отдельных фракций дерева велик. Например, для массы сухих ветвей он равен 80,2 % в свежесрубленном и 84,2 % — в абс. сухом состоянии. Наименьшее значение этого показателя наблюдается для массы коры — соответственно 41,7 и 44,2 %. Закономерно отмечается, что варьирование массы всех фракций дерева в свежесрубленном состоянии несколько ниже, чем в абс. сухом.

В литературе имеется много сведений о наличии зависимости массы фракций дерева от различных таксационных показателей [1, 8, 9]. На основании полученных нами данных можно сделать заключение, что масса различных фракций у деревьев сосны обыкновенной в культурах находится в тесной корреляционной зависимости от диаметра на высоте груди, при этом для фракций в свежесрубленном состоянии эта взаимосвязь несколько выше. Наиболее высокие значения коэффициента корреляции и корреляционного отношения выявлены для массы стволовой древесины, наиболее низкие — для массы коры.

При вычислении общего запаса фитомассы насаждения все данные выравнивали методом наименьших квадратов и графически. Применяли уравнение типа  $y = ax^2 + bx + c$ ; где  $y$  — масса различных фракций, кг;  $x$  — диаметр на 1,3 м, см;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — коэффициенты. Значения массы стволовой древесины по всем ступеням выравнены при помощи этого уравнения. Аналогичным образом (графически и по уравнению) выравнивали значения массы коры, кроны, живых и сухих ветвей для мелких (4—6 см) и всех остальных ступеней толщины. Простота обработки и высокий показатель меры точности выравнивания (0,96—0,99) обеспечили возможность выбора уравнения параболы второй степени для выравнивания запасов фитомассы деревьев.

На основании полученных данных вычислен запас фитомассы деревьев сосны для всего насаждения (табл. 3).

Было установлено, что при полноте соснового насаждения 0,8 общий запас надземной фитомассы составляет в свежесрубленном состоянии 116,8 т/га, в абс. сухом — 69,9 т/га. При полноте 0,6 эти показатели оказались несколько ниже и были равны соответственно 95,7 и 57,5 т/га, причем 66—67 % абс. сухого запаса фитомассы приходится на стволовую древесину, 18—19 % составляет крона, остальная фитомасса представлена сухостойными деревьями и сухими ветвями. Несколько другое соотношение наблюдается для деревьев в свежесрубленном состоянии. Здесь в общем запасе несколько увеличивается доля фитомассы кроны (до 25—27 %).

В кроне свежесрубленных деревьев на долю хвои приходится 8 %, ветвей — 17—19 % общего запаса надземной фитомассы. Используя методику В. В. Успенского [5], по выходу хвои и средней высоте дерева была определена доля хвойной лапки в общем запасе фитомассы. Так, на пробной площади 1 при средней высоте насаждения 8 м и доле хвои 8 % масса хвойной лапки в общем запасе фитомассы составляет около 14 %, или 16,4 т/га. Следовательно, при проведении рубок ухода в подобных насаждениях сосны можно получить около 1,6 т/га хвойной лапки. Отсюда становятся очевидными дополнительные резервы наиболее полного использования древесной продукции в интересах народного хозяйства.

Приведенные расчеты по определению надземной фитомассы сосновых насаждений, произрастающих в Марийской АССР в условиях сосняка брусничного, могут быть использованы при планировании реализации всего древесного сырья аналогичных насаждений.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ефименко В. М. Накопление фитомассы в сосновых культурах.— В кн.: Роль науки в создании лесов будущего. Л.: Лениздат, 1981, с. 76—77. [2]. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений.— М.: Наука, 1967.— 100 с. [3]. Полубояринов О. И. Плотность древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 159 с. [4]. Семечкина М. Г. Структура фитомассы сосняков.— Новосибирск: Наука, 1978.— 165 с. [5]. Успенский В. В. Способ учета хвой и хвойной лапки *Pinus sylvestris* L.— Растит. ресурсы, 1983, № 3, с. 403—406. [6]. Уткин А. И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты). В кн.: Лесоведение и лесоводство. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1975, т. 1, с. 9—189. [7]. Уткин А. И. Биологическая продуктивность лесов Поволжья.— М.: Наука, 1982.— 281 с. [8]. Димитров Е. Т. Анализ на пригодности на някои регрессионни модели за изразяване на биомасата на короната при белия бор.— Горскостопанска наука, 1982, № 3, с. 33—41. [9]. Madgwick H. A. J., Kreh R. E. Biomass estimation for Virginia pine trees.— Forest sci., 1980, N 1, p. 107—111.

Поступила 1 марта 1985 г.

УДК 630\*231.1

## ДИНАМИКА ОТПАДА И ПУТИ СОХРАНЕНИЯ САМОСЕВА ДУБА В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В. Д. БОНДАРЕНКО, Л. И. КОПИИ

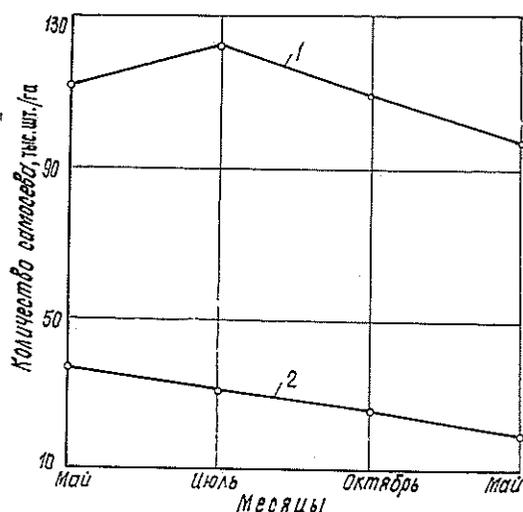
Львовский лесотехнический институт

На основании многих исследований утвердилось мнение о преимуществе естественного возобновления дубрав перед искусственным [5]. Однако в пределах юго-запада европейской части СССР работы по содействию естественному возобновлению в дубравах проводятся в незначительных объемах. Кафедра лесоводства ЛЛТИ в течение ряда лет выполняет исследования, цель которых — установить основные закономерности естественного возобновления дуба в условиях Западной лесостепи, разработать на этой основе рекомендации по сохранению и использованию подроста дуба для формирования насаждений, характеризующихся высокой продуктивностью и высокими средообразующими качествами. В настоящей работе приведены результаты наблюдений за развитием и сохранностью самосева дуба черешчатого после обильного урожая 1982 г.

На пробных площадях, заложенных во влажной грабовой дубраве и на вырубках (табл. 1), изучали структуру материнского полога, подлеска, травяного покрова, естественного возобновления [1—4]. Естественное возобновление учитывали на 35 учетных площадках размером 2 × 2 м, расположенных по диагонали пробной площади. Максимальное количество самосева, как видно из табл. 2, после урожая 1982 г. появилось в 75—110-летних насаждениях полнотой 0,6—0,7.

При создании лесных культур в зависимости от схемы смешения и густоты посадки на 1 га высаживают от 8 до 12 тыс. саженцев. На заложенных пробных площадях только в одном случае количество самосева составляет 8,6 тыс. шт. на 1 га, на других участках его намного больше. Это дает надежду на успех будущего возобновления.

Учеты, проведенные в 1984 г., показали, что количество самосева уменьшилось, на некоторых пробных площадях до 90 % появившихся всходов.



Динамика изменения количества самосева дуба черешчатого на вырубке (пробная площадь 17) и под пологом насаждения (пробная площадь 21).

1 — на вырубке; 2 — на площади под пологом полнотой 0,7.

Таблица 1

## Характеристика насаждений пробных площадей

Номер пробной площади	Лесхоззаг	Состав насаждения	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Полнота
1	Золочевский	10Д+Б+Г	75	19,5	28,5	II	0,7
2	»	Вырубка	—	—	—	—	—
3	Дрогобычский	10Д	120	26,3	52,0	II	0,6
		10Г	35	12,5	10,0	—	—
4	»	10Д	110	27,0	37,5	II	0,5
5	»	9Д1П	120	25,5	53,5	III	0,5
6	»	10Д	80	21,0	36,9	II	0,6
		10Г	26	10,0	8,0	—	—
7	Самборский	7Д2Г1Б	95	21,5	35,5	III	0,7
8	»	10Д	60	18,0	17,6	II	0,7
9	»	8Д1Г1Б	90	19,5	24,7	III	0,7
12	Стрыйский	10Д+Г	160	26,0	56,6	III	0,4
17	»	Вырубка	—	—	—	—	—
19	Нестеровский	9Д1Г	100	24,0	42,4	II	0,7
		10Г	40	13,5	12,0	—	—
21	Радеховский	8Д1Г1Б	90	20,5	21,2	III	0,7
22	»	9Д1Г	80	19,5	26,9	III	0,6

Сохранность самосева изучали на вырубке и на площади под пологом полнотой 0,7. На рисунке представлена динамика самосева на вырубке 1983 г., класс бонитета вырубленного насаждения — III (пробная площадь 17). Рубку здесь проводили в январе — феврале, рельеф площади ровный, травяной покров из осоки волосистой, иван-чая (проективное покрытие 0,4). Под пологом насаждения полнотой 0,7 (пробная площадь 21) травяной покров почти отсутствует, подлеска нет. Количество самосева в 1983—1984 гг. в 3,9 раза больше на вырубке, чем под пологом. С мая по июль 1983 г. отпад в насаждении составил 33 %. На вырубке желуди прорастали до июля, проросло 6,9 % желудей от общего количества самосева майского учета и к сентябрю сохранилось 93 % самосева. Общий отпад самосева на вырубке был 4 %, а под пологом насаждения за вегетационный период достиг 57 %. Как показал

Таблица 2

## Количество самосева дуба черешчатого по пробным площадям

Номер пробной площади	Количество самосева, тыс. шт./га, по учету в мае—июне 1983 г.	Среднее арифметическое, шт./м <sup>2</sup>	Относительная ошибка средней, %	Количество самосева с учетом ошибки	В том числе поврежденного
				тыс. шт./га	
1	80,3	17,6	18,3	63,7—96,8	66,6
2	21,7	13,7	26,3	10,1—33,2	14,1
3	47,9	19,1	25,5	23,0—72,7	37,8
4	36,3	14,5	14,1	25,9—46,7	22,9
5	25,3	10,1	23,5	13,5—37,3	7,1
6	43,1	17,3	16,4	28,8—57,5	20,3
7	70,1	28,0	16,2	47,0—93,1	25,9
8	8,6	3,5	15,1	6,0—11,5	4,4
9	30,5	16,6	23,8	21,3—61,6	30,3
12	106,8	42,7	18,1	67,5—146,0	54,5
17	113,3	45,3	13,4	83,6—144,0	39,7
19	479,8	191,9	11,5	368,8—591,5	283,1
21	29,8	11,9	26,7	13,5—46,0	19,7
22	13,5	5,4	22,2	7,5—19,5	8,1

учет, проведенный в мае 1984 г., отпад за зиму под пологом насаждения составил 64 %, на вырубке — 16 %. Таким образом, самосев на вырубке оказался более жизнестойким.

Таблица 3

## Динамика отпада самосева дуба черешчатого

Номер пробной площади	Сомкнутость подлеска и второго яруса	Количество сохранившегося самосева, тыс. шт./га, по учету последующих лет		Отпад самосева, %
		Май 1983 г.	Май 1984 г.	
1	Подлесок отсутствует	80,3	57,3	29,0
5	»	25,3	34,5	+36,4
7	»	70,1	26,0	37,1
8	»	8,6	8,9	+3,5
21	»	29,8	10,7	64,1
2	Вырубка	21,7	17,3	20,5
17	»	113,3	95,0	16,1
3	Второй ярус 10Г	47,9	4,7	90,0
6	»	43,1	8,1	81,3
19	»	479,8	130,3	72,8
9	Подлесок лещины 1,0	41,5	7,0	83,1
4	»	36,3	8,1	76,6
22	» 0,7—0,9	13,5	3,8	71,6
12	» 0,3	106,8	58,1	45,7

Массовый отпад самосева под пологом леса вследствие затенения отмечен в насаждениях с густым вторым ярусом граба и подлеском лещины (табл. 3). Самый низкий отпад наблюдался на возобновившихся вырубках: 16,1—20,5 % (пробные площади 17, 2). В насаждениях полнотой 0,7 без подлеска он составил 29,0—64,1 % (пробные площади 1, 7, 21). С возрастанием числа экземпляров подлеска лещины процент отпада увеличивается: при сомкнутости подлеска 0,3 отпад равен 45,7% (пробная площадь 22), а при сомкнутости 1,0 — 76,6—83,1 % (пробные площади 4, 9). Самый высокий отпад самосева (до 72,8—90,0 %) наблюдается в насаждениях с густым ярусом граба (пробные площади 3, 6, 19).

Фитопатологическое обследование самосева показало, что 28—83 % его количества повреждается мучнистой росой.

Приведенные материалы позволяют сделать следующие выводы.

Одним из основных факторов, определяющих сохранность самосева дуба черешчатого, можно считать освещенность.

Наиболее интенсивный отпад самосева дуба до 45,7—90,0 % наблюдается в насаждениях с густым вторым ярусом граба и подлеском лещины.

Для уменьшения процента отпада самосева в первый год его жизни следует полностью вырубать второй ярус граба и подлесок лещины.

Самосев на открытом месте вырастает более жизнестойким, отпад за зиму на вырубке в 3 раза меньше, чем под полгом материнского древостоя.

В первый год жизни самосев дуба подвергается сильному влиянию неблагоприятных факторов среды, повреждается дикими животными, мышевидными грызунами, мучнистой росой, поэтому необходимы мероприятия по его защите.

Для сохранения и защиты самосева, обильно появляющегося после семенных лет, при лесоустройстве целесообразно планировать защитные мероприятия в насаждениях, выделенных для естественного восстановления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алентьев П. Н. Восстановление дубовых лесов Северного Кавказа и повышение их продуктивности: Автореф. дис. . . . докт. с.-х. наук.—М., 1984.—38 с.  
 [2]. Горшенин Н. М. Методы изучения естественного возобновления и эрозия почв в горнолесной зоне Карпат.—Науч. тр./ЛЛТИ, 1959, т. 4, с. 157—166. [3]. Жуков А. Б. Дубравы СССР. Т. 1.—М.—Л.: Гослесбумиздат, ВНИИЛМ, 1949.—352 с.  
 [4]. Рысин Л. П., Золотова Ф. Н. К методике определения продуктивности надземной части травяного покрова.—В кн.: Сложные боры хвойно-широколиственных лесов и пути ведения лесного хозяйства в лесопарковых условиях Подмосковья. М.: Наука, 1968, с. 138—144. [5]. Руднев А. Ф., Рыбачок П. А., Васечко Г. И. Лесохозяйственные мероприятия как способ повышения устойчивости и производительности дубрав Украины.—Лесоведение, 1975, № 4, с. 44—51.

Поступила 30 апреля 1985 г.

УДК 581.9 : 638.132(571.61)

### ВЛИЯНИЕ ЭНТОМОФИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ НА ВОЗОБНОВЛЕНИЕ КЕДРА КОРЕЙСКОГО НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

В. В. ПРОГУНКОВ

Уссурийский педагогический институт

Кедрово-широколиственные леса юга Дальнего Востока представляют наибольшую ценность для пчеловодства [2, 3], выявление и изучение естественного лесовозобновления в них имеет большое теоретическое и практическое значение, поэтому закономерно повышенный интерес исследователей к этому вопросу. Несмотря на большое количество работ [1, 4—6], многие вопросы, касающиеся влияния энтомофильных растений (*Tilia Taquetii* С. К. Schneid., *T. amurensis* Rupr., *T. mandshurica* Rupr., *Acer mono* Maxim., *A. mandshuricum* Maxim., *Phellodendron amurense* Rupr., *Padus Maackii* (Rupr.) Kom. и др.) на возобновление кедра корейского (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.), ели аянской (*Picea ajanensis* Fisch.) и пихты белокорой (*Abies nephrolepis* Maxim.) под пологом леса, еще не решались.

Появление подроста под пологом леса, его выживание, рост и способность формировать новое поколение во многом определяются лесообразующей ролью материнского древостоя и взаимоотношениями между подростом и насаждением. Задача нашего исследования — выявить влияние энтомофильных медоносных растений на возобновление хвойных пород с точки зрения целесообразности размещения пчелиных семей в лесах.

Полевой материал был собран нами в 1972—1977 гг. в Большехежирском заповеднике ДВНЦ АН СССР (юг Приамурья) и Анучинском лесхозе (юг Приморья). Исследования проводили в шести кварталах (12, 26, 27, 42, 48, 64) на 10 пробных площадках, в наиболее распространенных типах леса: кленово-лещинном кедровнике с липой и дубом (К-VI), кленово-лещинном кедровнике с елью и липой (КЕ-VI), мшистом кедровнике с елью и пихтой (КЕ-V), желтоберезовом кедровнике (К-IV), папоротниковом кедровнике с елью и березой желтой (КЕ-IV), кедрово-широколиственной формации, в дубяке разнокустарниковом (Д-IV), широколиственной формации, а также пойменном березняке с кустарниковым подлеском (Бм-1) и пойменном осиннике с кустарниковым подлеском (Ос-1), мелколиственной формации. Участки подбирали в различных по возрасту, производительности и сложности древостоях. На каждой пробной площади закладывали 40 круговых площадок размером 5 м<sup>2</sup>, с интервалом 5 м. Общая протяженность маршрутных ходов на выделе 200 м. Подрост учитывали на площади 2000 м<sup>2</sup>. При перечете его разделяли по видам и группам высот.

В процессе обработки материала определяли статистические показатели численности, состава подроста в зависимости от формации, полноты и состава материнского древостоя. Характеристика естественного возобновления древесных пород в различных сообществах дана в табл. 1.

На Дальнем Востоке кедрово-широколиственные леса представлены семенными насаждениями, в которых доля участия лиственных пород составляет 20—70 % запаса основного насаждения и более.

Возобновление кедра корейского в различных типах леса происходит неодинаково. Лучшие условия для возобновления — низкополнотные энтомофильные широколиственные леса. Под их пологом семена кедра находят благоприятные условия для произрастания. Большая относительная влажность воздуха и почвы, вследствие слабого проветривания, рыхлая, быстро разлагающаяся, подстилка обеспечивают нормальную всхожесть и рост растений.

Сомкнутость полога 0,5 в кедрово-широколиственных лесах создает наиболее благоприятные условия для роста молодого кедра корейского.

Наши данные показали отрицательную роль древостоя березы маньчжурской (*Betula manshurica* Nakai) и осины Давида (*Populus Davidiana* Dode.) на возобновление кедра корейского. Однако А. М. Фишер [5] сообщал, что «...нередко площадки березняков удовлетворительно возобновлялись кедром на таком расстоянии от стен хвойного леса, которое исключало возможность полета семян (1—15 км)».

С. А. Золотарев [1] указывал, что плотная подстилка, образующаяся в березняках и осинниках, отрицательно влияет на всходы. Успешному возобновлению кедра корейского и других видов благоприятствует химический состав подстилки и физические свойства верхнего горизонта почвы. Возобновление хвойных пород в большинстве случаев приурочено к подстилке с кислотностью, близкой к нейтральной, а такую среду создает опад широколиственных пород.

Состояние кедрового молодняка различных возрастных групп под пологом сомкнутых насаждений сильно варьирует. В наиболее угнетенном состоянии оказываются молодняки древесных пород в высокополнотных елово-пихтовых, мелколиственных и кедрово-широколиственных лесах.

Рассматривая динамику возобновления кедра корейского под пологом низкополнотных энтомофильных медоносных широколиственных лесов, его возрастную структуру и изменения роста с возрастом, можно

Таблица 1

Но- мер проб- ной пло- щади	Состав древостоя	Тип леса	Пол- нота	Количество подроста, тыс. шт., по породам						
				Кедр- корей- ский	Ель ази- атская	Пих- та бело- корая	Липа	Клен	Ясень	Бере- за жел- тая
1	2К(200)3Лп(120)2К.м(100)1Д(120) 1Б.ж(110)1И.г(100), ед. Е.а	К-VI	0,5	3,0	0,5	1,0	0,3	0,8	—	0,5
2	5К(200)2Б.ж(140)1Е.а(120)1Лп(120) 1К.м(110) + Д, ед. Б.х, И.г	КЕ-VI	0,8	0,75	0,7	2,0	0,2	1,4	—	0,1
3	3К(200)2Б.ж(140)2Лп(130)1К.м(120) 1Е.а(110)1П.б(100), ед. И.г, Ор, Я	КЕ-VI	0,6	1,0	0,7	2,2	0,1	0,4	—	—
4	3К(180)3Е.а(110)2Б.ж(120)1Лп(130) 1П.б(90) + Я, ед. Б.х, И.г, Ив	КЕ-VI	0,7	1,0	3,5	5,4	—	0,7	—	—
5	3Б.ж(120)3Лп(120)2К.м(100)1К(180) 1И.г(100), ед. Д, Е.а	К-IV	0,5	4,0	1,4	2,8	0,6	2,3	—	—
6	5Б.ж(120)2К(160)2Лп(120)1К.м(100) + Е.а, Д, ед. И.г, Я, Ос	КЕ-IV	0,5	1,9	1,5	3,2	0,5	2,7	0,3	—
7	5Е.а(100)2П.б(100)2Б.ж(120)1К.м(110), ед. Ол, Я, Б.х, К	КЕ-V	0,8	0,6	4,2	4,8	—	—	0,1	1,8
8	3Д(120)3Лп(120)3К.м(110)1И.г(100), ед. Я, Ос	Д-IV	0,5	3,8	0,3	—	0,6	1,5	—	—
9	10Б.м(20), ед. Ос, К.м, Д	Б.м-I	0,8	—	—	—	—	1,5	—	—
10	9Ос(40)1Б.м(40), ед. Ив	Ос-I	0,8	—	—	—	—	—	—	0,2

отметить, что насаждения представляют одну из структурных стадий лесообразовательного процесса кедрово-широколиственной формации.

Здесь благоприятное воздействие на молодое поколение леса оказывает, с одной стороны, световой режим, а с другой, — изреженность подлеска.

Из табл. 2 видно, что общее количество подроста на пробах различается существенно и заметно изменяется его соотношение по группам высот.

В высокополнотных древостоях большая часть подроста кедра корейского приходится на экземпляры высотой до 50 см. Несмотря на их высокую теневыносливость, образование крупного подроста сдерживается большой сомкнутостью материнского полога. С увеличением возраста растений сопротивляемость их световому голоданию снижается.

Таблица 2

Но- мер проб- ной пло- щадки	Состав древостоя	Тип леса	Пол- нота	Количество подроста, тыс. шт., высотой, см				
				0,25—0,5	0,6—1,0	1,1—1,5	1,6—2,0	2,1—3,0
1	2К(200)3Лп(120)2Км(100)1Д(120) 1Б.ж(120)1И.г(100), ед. Е.а	К-VI	0,5	0,50	1,20	0,60	0,40	0,30
2	5К(200)2Б.ж(140)1Е.а(120)1Лп(120) 1Км(110) + Д, ед. Б.х, И.г	КЕ-VI	0,8	0,40	0,20	0,15	—	—
3	3К(200)2Б.ж(140)2Лп(130)1Км(120) 1Е.а(110)1П.б(100), ед. И.г, Ор, Я	КЕ-VI	0,6	0,15	0,20	0,20	0,30	0,15
4	3К(180)3Е.а(110)2Б.ж(120)1Лп(130) 1П.б(90) + Я, ед. Б.х, И.г, И.б	КЕ-VI	0,7	0,35	0,27	0,18	0,16	0,04
5	3Б.ж(120)3Лп(120)2Км(100)1К(180) 1И.г(100), ед. Д, Е.а	К-IV	0,5	1,0	1,40	0,70	0,50	0,40
6	5Б.ж(120)2К(160)2Лп(120)1Км(100) + Е.а, Д ед. И.г, Я, Ос	КЕ-IV	0,5	0,70	0,40	0,20	0,38	0,22
7	5Е.а(100)2П.б(100)2Б.ж(120) 1Км(110), ед. Ор, Я, Б.х, К	КЕ-V	0,8	0,40	0,14	0,06	—	—
8	3Д(120)3Лп(120)3Км(110)1И.г(100), ед. Я, Ос	Д-IV	0,5	1,10	0,80	0,40	0,70	0,80

Переломный момент наступает, по-видимому, в возрасте 25—30 лет, когда подрост достигает примерно полуметровой высоты.

При естественном изреживании древесного полога увеличивается прирост подроста, в результате происходит перераспределение его по группам высот: количество мелкого подроста снижается, среднего и крупного — повышается. В широколиственных лесах, сформированных из энтомофильных растений, древостой обычно низкополнотный и подрост не испытывает светового и пищевого голодания, что находит отражение в повышении его прироста и увеличении числа крупных экземпляров. Оптимальные условия для возобновления кедра корейского создаются под пологом энтомофильных растений с полнотой древостоя 0,4—0,6.

Наши данные не позволяют утверждать, что наибольшее количество подроста кедра корейского наблюдается в лесах, в составе которых большой процент занимают энтомофильные растения. Однако факт повышенной возможности не оставляет сомнения. Аналогичные мнения имеются в работах и других авторов [4—6].

Пчелы играют важную роль в перекрестном опылении лесных растений. Рост урожайности последних будет способствовать естественному возобновлению кедрово-широколиственных лесов и развитию полезной фауны. Следовательно, привлечение пчел в леса будет усиливать единство и взаимосвязь между флорой и энтомофауной. Все это очень важно для сохранности и повышения продуктивности естественных ресурсов юга Дальнего Востока.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Золотарев С. А. К вопросу о размещении лесов Дальнего Востока и их влиянии на почву и климат.— В кн.: *Вопр. географии ДВ. Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 1955, вып. 2, с. 64—81.* [2]. Прогунков В. В. Кедровники юга Приморья.— *Пчеловодство, 1978, № 10, с. 14—15.* [3]. Прогунков В. В. Медоносная ценность кедрово-широколиственного леса юга Приамурья.— *Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1982, № 5, с. 31—35.* [4]. Соловьев К. П. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока и хозяйство в них.— *Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 1958.— 359 с.* [5]. Фишер А. М. Естественное возобновление кедра корейского (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.).— В кн.: *Матер. по растительн., флоре и почвам ДВ. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1939, вып. 1, с. 59—166.* [6]. Щербakov И. П. Возобновление в основных типах леса южного Приморья.— *М.: АН СССР, 1953.— 132 с.*

Поступила 13 декабря 1984 г.

УДК 581.134

### ДИНАМИКА ЗАПАСНЫХ САХАРОВ В ПОБЕГАХ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ РАЗЛИЧНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В. П. БЕССЧЕТНОВ

Казахский сельскохозяйственный институт

Облепиха крушиновидная *Hipporhae rhamnoides* L.— одно из ценнейших растений природной флоры СССР. Она с успехом используется в защитном лесоразведении, озеленении, пищевой, витаминной, фармацевтической промышленности и в ряде других производств. Облепиховое масло, обладающее чрезвычайно высокими лечебными показателями,— один из остродефицитных препаратов, спрос на него с каждым годом растет и пока еще далеко не удовлетворен. Все это обуславливает актуальность исследований ее свойств. Работы с облепихой в нашей стране ведутся достаточно широко и разносторонне, о чем свидетельствуют многочисленные публикации ([2—4, 7—9, 12] и др.).

Рациональная эксплуатация этой породы возможна на базе специализированных предприятий с использованием сортового материала, обладающего высокими хозяйственными характеристиками и отвечающего определенным требованиям. Одно из них — приспособленность к региональным природно-климатическим условиям ([5, 6, 11] и др.). Это выдвигает в качестве одной из важнейших задачу получения местных высокопродуктивных и устойчивых сортов, выведенных на основе использования перспективных аборигенных форм. Изучение особенностей этих форм (соответствия ритмов их сезонного развития изменению погодных условий, что во многом определяет резистентность растений) проводилось нами в Заилийском Алатау.

Анализировали две группы растений различного географического происхождения. Первую составили сорта облепихи сибирского происхождения селекции НИИСС им. М. А. Лисавенко: Дар Катуня, Золотой початок, Новость Алтая; вторую — формы, отобранные в естественных зарослях на юго-востоке Казахстана. Одинаковые наборы их клонов высаживали на трех участках, лежащих на разной высоте над уровнем моря и отличающихся в экологическом отношении; их краткая характеристика приведена в таблице.

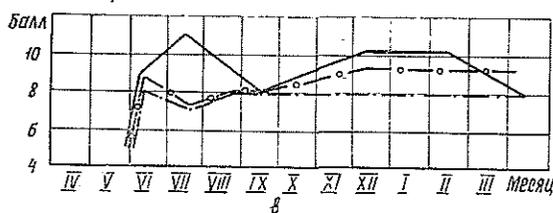
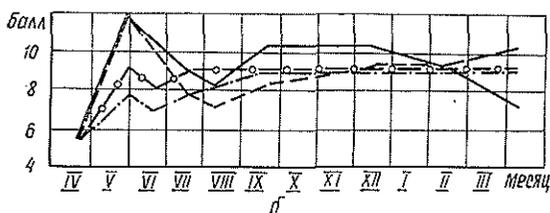
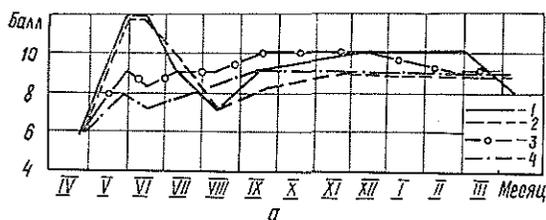
Природно-климатические условия района расположения опытных участков

Но- мер уча- стка	Высота над уровнем моря, м	Веге- таци- онный пери- од, дн	Осадки, мм		Темпера- тура, °С		Лесорастительные условия
			за год	за веге- тацион- ный пе- риод	макс- си- маль- ная	мини- маль- ная	
1	360	193	252	126	44	-37	Пустынно-степная предгорная зона Заилийского Алатау, климат резко континентальный, почвы — светлые сероземы легкосуглинистые
2	750	190	420	332	42	-43	Пустынно-степная предгорная зона Заилийского Алатау, климат резко континентальный, почвы — обыкновенные сероземы с небольшой мощностью гумусового горизонта
3	Около 2000	129	916	513	32	-33	Умеренный свежий нижнееловый подпояс горной зоны Заилийского Алатау, климат горный, почвы — горные черноземы

В пределах каждого участка условия были однородны. Из физиологических признаков, связанных с морозоустойчивостью, изучали динамику запасных веществ в побегах; в частности, сахара обнаруживали реакцией Молиша с  $\alpha$ -нафтолом [10]. Их количество по отдельным тканям и суммарное оценивали в условных баллах [1]: 0 — отсутствие сахаров в отдельной ткани (препарат не окрашивается), 5 — максимальное содержание сахаров (препарат окрашивается в интенсивный фиолетовый цвет), 1—4 — промежуточное содержание сахаров (различная интенсивность окрашивания). Учет первоначально вели по сердцевине, ксилеме и перимедуллярной зоне отдельно, затем определяли суммарное содержание в побеге на данный момент.

Общая тенденция динамики суммарного количества сахаров в побегах облепихи сводится к следующему. Весной (апрель, май) они накапливаются в побегах (см. рис.) за счет возрастания уровня в сердцевине и перимедуллярной зоне; в ксилеме в это время их количество уменьшается. Максимальное содержание сахаров наблюдается в конце мая. В этот период накопление их в сердцевине и перимедуллярной зоне заканчивается, достигнув наивысшей точки, а в ксилеме они еще в значительном количестве. В течение лета уровень сахаров понижается, и в августе у большинства форм наступает минимум. Это происходит за счет убывания данных веществ во всех тканях. В период с августа по декабрь наблюдается накопление сахаров, и в декабре достигается зимний максимум, после чего наблюдается незначительное их уменьшение.

Весной у всех интродуцированных сортов, независимо от условий обитания, сахаров в побегах меньше (8—9 баллов), чем у местных форм (10—12 баллов) — см. рис. Это можно объяснить наиболее интенсивным потреблением сахаров почками интродуцентов, раньше выходящими из состояния покоя. Инрайонные сорта достигали минимума в содержании сахаров раньше (в середине июня — июле), чем формы, отобранные в естественных зарослях на юго-востоке Казахстана. У местных форм такое состояние наступает лишь в августе. У интродуцированных сортов в июле — августе (после достижения минимума) количество са-



Динамика сахаров в побегах различных форм и сортов облепихи на нижнем (а), среднем (б) и верхнем (в) участках.

1, 2 — абoriginalные формы № 16 и 32 соответственно; 3 — сорт Дар Катуня; 4 — сорт Новость Алтая.

харов возрастает, а у местных форм уменьшается. Позже у интродуцентов уровень их почти не изменяется до декабря. У большинства же местных форм они накапливаются в этот период, а с декабря до марта их количество

незначительно уменьшается. Различия между группой сортов и местными формами контрастны, однако и сами указанные группы неоднородны в этом отношении.

Наиболее четко различия между изучаемыми формами и сортами по динамике сахаров проявляются при анализе отдельных тканей. Особенно заметны они в ксилеме.

Общность хода накопления и расходования сахаров заключается в том, что количество их в этой ткани весной уменьшается от максимального значения в начале вегетации (5 баллов) до минимума в августе (2—3 балла); затем оно начинает возрастать и достигает максимума в декабре (4—5 баллов), после чего остается неизменным у большинства форм до начала следующего вегетационного периода. Однако в изучении количества сахаров в ксилеме конкретных форм и сортов проявляется специфичность. Интродуцированные из Западной Сибири сорта достигают минимума раньше других: в июне на нижнем и среднем опытных участках и в середине июля на верхнем. Спад количества сахаров в ксилеме у них происходит резко (что соответствует интенсивному отращиванию побегов и развитию листьев в этот период). Наиболее ярко выражена разница между интродуцентами и местными формами. У последних минимум наступает значительно позже: на нижнем и среднем опытных участках в августе, а на верхнем — в сентябре. У интродуцированных сортов количество сахаров начинает возрастать в период с июня по июль (нижний и средний участки) и с июля по август на самом верхнем участке. В это время количество сахаров в ксилеме местных форм уменьшается, т. е. динамика их в данный момент имеет противоположную направленность. Причем снижение их уровня в ксилеме местных форм происходит более плавно, чем у интродуцированных сортов. Последние раньше других достигают осеннего максимума по сахарам, он у них приходится на июль на первых двух участках и на август на самом верхнем, после чего количество их в ксилеме остается не-

изменным в течение всей зимы вплоть до конца марта. Местные формы достигают такого состояния позже на всех участках. Таким образом, интродуцированные сорта опережают по динамике сахаров местные формы, что соответствует их ранней фенологии. Наибольшие различия у сортов и форм наблюдаются в весенний период.

Описанные различия проявляются при совместном произрастании разных форм и сортов. Соотношение между ними устойчиво сохраняется при перенесении клонов в иные экологические условия, что говорит о наследственной обусловленности этих различий. В соответствии с этим сравнение по динамике запасных сахаров в побегах может быть использовано как один из тестов при определении генетической неоднородности материала.

Динамика запасных веществ аборигенных форм, приспособившихся к существующим в описываемом регионе экологическим условиям, соответствует сезонным изменениям погодных условий. Интродуценты, как выявил эксперимент, характеризуются в этом отношении иначе. Описанный способ сравнения по динамике запасных сахаров в побегах может служить одним из методов определения соответствия интродуцентов существующим в конкретном регионе экологическим условиям.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бессчетнова М. В. Розы.— Алма-Ата: Наука, 1975.—80 с. [2]. В а щ е н к о И. М. Рост облепихи на песчаных землях.— Лесн. хоз-во, 1979, № 2, с. 40—42. [3]. Е л и с е е в И. П. Некоторые генетические особенности облепихи крушиновидной и значение их в селекции.— В кн.: Вопросы биохимии и физиологии сельскохозяйственных растений. Горький: Горьк. с.-х. ин-т, 1982, с. 69—83. [4]. Е р м а к о в Б. С., Ф а у с т о в В. В. Технология выращивания облепихи.— М.: Россельхозиздат, 1983.—63 с. [5]. К а л и н н а И. П., П а н т е л е е в а Е. И. Селекция облепихи на Алтае.— В кн.: Облепиха, М.: Лесн. пром-сть, 1978, с. 56—80. [6]. К а л и н н а И. П., П а н т е л е е в а Е. И., Ш и ш к и н а Е. Е. Основные направления в селекции витаминных растений.— В кн.: Некоторые результаты и проблемы научных исследований по витаминным растениям. М., 1982, с. 7—11. (Сер. «Лекарственное растениеводство». Обзор. информ./ ЦБТИ Медпром). [7]. М а л т ы з о в а С. И., М а р т ы н о в Ю. Ф. Исследование физико-механических свойств плодов облепихи.— В кн.: Вопросы механизации возделывания и уборки лекарственных культур. М.: ВНИИ лекарств, растений, 1981, с. 87—93. [8]. М а т а ф о н о в И. И. Облепиха (влияние на организм животного).— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983.—165 с. [9]. П о т а п о в Ф. Ф. Результаты селекционной работы с облепихой крушиновидной.— В кн.: Некоторые результаты и проблемы научных исследований по витаминным растениям. М., 1982, с. 32—34. (Сер. «Лекарственное растениеводство». Обзор. информ./ ЦБТИ Медпром). [10]. П р о з и н а М. Н. Ботаническая микротехника.— М.: Высш. школа, 1960.—205 с. [11]. Т р о ф и м о в Т. Т. Произрастание облепихи в естественных условиях.— В кн.: Облепиха. М.: Лесн. пром-сть, 1978, с. 16—25. [12]. Я р к и н В. П., К о й к о в Н. Т., Б а й б е к о в А. К. Проектирование орошаемых плантаций облепихи.— Лесн. хоз-во, 1980, № 2, с. 48—51.

Поступила 9 апреля 1984 г.

УДК 581.116:630\*221

### ИЗУЧЕНИЕ ТРАНСПИРАЦИИ ТРАВСТОЕМОГО НА ПЛОЩАДЯХ РУБОК В БУКОВЫХ ЛЕСАХ

Н. А. БИТЮКОВ, Л. К. СТАСЮК

Кавказский филиал ВНИИЛМа

Динамику состояния травяного и кустарничкового покрова и транспирации им в связи с рубками главного пользования изучали на лесогидрологическом стационаре «Аибга» в Веселовском лесничестве Адлерского мехлесхоза. Этот стационар характеризует зону буковых лесов южного макросклона Северо-Западного Кавказа и типичен для нее по

своим орографическим, геологическим, климатическим, гидрологическим и почвенным условиям. Он включает четыре водосборных бассейна площадью от 6 до 20 га, где в 1973—1974 гг. были проведены опытные рубки: на 1-м водосборе площадью 7,8 га — сплошнолесосечная рубка, на 2-м (11,7 га) — группово-постепенная (котловинная), на 3-м (5,7 га) — добровольно-выборочная с интенсивностью выборки 16—30 %; 4-й водосбор контрольный.

Для расчета транспирационных расходов влаги необходимы данные по динамике развития фитомассы травянисто-кустарничкового покрова. Фитомассу учитывали по степени проективного покрытия для основных видов растительности. Изучали ее методом срезания (укосами) на площадках  $0,5 \times 0,5$  м, расположенных статистически равномерно по вырубке (по квадратам или профилям). Число площадок — не менее 30.

Транспирацию травянисто-кустарничковым покровом изучали на водосборе № 1 ДГС «Айбга» и под пологом не тронутого рубкой леса. Методика определения транспирационных расходов влаги состояла в следующем: растение выкапывали с комом земли и корневой системой, помещали в полиэтиленовый пакет, который плотно завязывали у корневой шейки. В таком виде растение взвешивали и выставляли для экспонирования на место, откуда оно было выкопано; после 3—4-часовой экспозиции также взвешивали. В отработанных образцах растение срезали, взвешивали и отбирали средние образцы для определения влажности травостоя. Изучали транспирацию трех основных видов напочвенного покрова: ежевики, трахистемона и папоротника. Одновременно с измерениями интенсивности транспирации измеряли температуру и влажность воздуха, температуру почвы, скорость ветра и освещенность.

Как показали исследования, на всех водосборах видовой состав травянисто-кустарничкового покрова включает ежевику кавказскую, трахистемон восточный, папоротники, двулепестник и недотрогу, причем значительных изменений в процентном соотношении видового состава после рубок не прослежено. Помимо трех основных (ежевики, трахистемона и папоротника), прочие виды составляют не более 5 % по проективному покрытию. В табл. 1 приведено соотношение основных видов трав на площадях рубок по данным учета 1974—1976 гг. [1].

Таблица 1

Вид растения	Среднее проективное покрытие, % по площади			
	Сплошнолесосечная рубка	Котловинная рубка (в котловине)	Добровольно-выборочная рубка	Под пологом леса (контроль)
Ежевика кавказская	60	46	52	57
Трахистемон восточный	29	37	42	41
Папоротники	11	17	6	2

Подробный анализ флористического состава травостоя на площадях опытных рубок ЛГС «Айбга», приведен в работе Р. Д. Щинникова [2].

По данным учета фитомассы травостоя, отмечаются колебания максимального ее накопления как по сезонам (в зависимости от погодных условий), так и по видам рубок и их возрасту (табл. 2). Так, под пологом леса масса травостоя изменялась в течение 8 лет от 0,5 до 1,4 т/га (в абс. сухом состоянии), а в среднем была равна 0,91 т/га. На сплошной вырубке фитомасса травостоя в 2—7 раз больше, чем под пологом леса, и в период максимального развития составляет 2,5—4,4 т/га (в среднем 3,23 т/га). В более засушливые годы разница в массе травостоя на вырубках и в лесу больше, а во влажные годы — уменьшается

Таблица 2

Дата учета	Фитомасса в абс. сухом состоянии, г/м <sup>2</sup>			
	Сплошная рубка	Окно котловинной рубки	Добровольно-выборочная рубка	Контроль (без рубки)
24.V.74 г.	116	70	38	44
11.VII.74 г.	222	164	43	54
31.X.74 г.	252	280	50	105
21.V.75 г.	219	207	32	51
8.VII.75 г.	281	205	47	40
14.X.75 г.	247	228	58	58
13.VII.76 г.	372	362	93	54
26.VII.77 г.	300	285	110	56
10.X.77 г.	241	—	—	—
5—7.V.79 г.	158	223	170	92
22—24.V.79 г.	188	266	94	63
7.VI.79 г.	436	498	—	—
26—28.VI.79 г.	341	506	154	103
17—19.VII.79 г.	279	438	119	137
7—9.VIII.79 г.	300	543	180	98
8—10.X.79 г.	341	302	194	142
10—12.VI.80 г.	259	335	237	114
22—23.VII.80 г.	308	477	169	89
29—30.X.80 г.	310	232	177	114
19—22.V.81 г.	95	172	90	73
11—12.VIII.81 г.	329	262	145	87
20—24.X.81 г.	132	280	149	73
4—12.V.82 г.	76	124	77	23
27.VII—4.VIII.82 г.	302	205	102	59
13—15.X.82 г.	239	373	165	110
Средний максимум	323	354	132	91

до 2—3 раз. Средняя влажность фитомассы в большинстве случаев под пологом леса выше, чем на вырубках, и колеблется до 130 до 770 %.

Расчет дает следующее соотношение максимумов фитомассы в среднем за все годы наблюдений на площадях сплошно-лесосечной, котловинной и добровольно-выборочной рубок в сравнении с контролем: 3,5 : 3,9 : 1,4 : 1.

По данным табл. 2 были построены кривые сезонной динамики фитомассы травостоя на площадях рубок, которые в дальнейшем были использованы при расчете транспирационных расходов влаги. Транспирация зависит от вида растений, влагообеспеченности, а также от факторов погоды (температуры и влажности воздуха, скорости ветра, приходящей солнечной радиации и др.). Транспирационные расходы определяли для трех видов травянисто-кустарничковой растительности: ежевики, трахистемона и папоротника. Остальные виды (не более 5 %) условно отнесены к ближайшим сходным по строению. За весь период наблюдений для каждого вида травостоя были получены ряды с числом членов от 120 до 150. Каждый из членов рядов представлял собой осредненное значение интенсивности транспирации из пяти наблюдений. По этим данным были установлены уравнения множественной регрессии:

для ежевики

$$y = 0,56x_1 - 0,84x_2 + 9,5x_3 + 0,29x_4 - 4,9; \quad (1)$$

для трахистемона

$$y = 0,92x_1 - 0,61x_2 + 6,6x_3 + 0,55x_4 - 7,3; \quad (2)$$

для папоротника

$$y = 1,34x_1 - 0,66x_2 + 5,7x_3 - 12,4, \quad (3)$$

где  $x_1$  — температура воздуха на высоте 2 м, °С;

$x_2$  — дефицит влажности воздуха, гПа;

$x_3$  — скорость ветра на высоте 2 м, м/с;

$x_4$  — освещенность, тыс. лк;

$y$  — интенсивность транспирации травостоем, г/(кг · мин).

Теснота связи оценивается коэффициентами множественной корреляции: для уравнения (1) —  $0,73 \pm 0,04$ ; для уравнения (2) —  $0,67 \pm 0,05$ ; для уравнения (3) —  $0,61 \pm 0,06$ . Анализ приведенных зависимостей показывает, что для растений с большой листовой пластинкой на интенсивность транспирации наибольшее влияние оказывают освещенность и скорость ветра (так, для трахистемона частные коэффициенты корреляции равны соответственно 0,62 и 0,51). Для растений со сложной листовой поверхностью наибольшее влияние оказывает температура воздуха (так, для папоротника частный коэффициент корреляции равен 0,53). В среднем интенсивность транспирации для различных видов травянистых растений различна при примерно одинаковых условиях (табл. 3).

Таблица 3

Вид растения	Интенсивность транспирации, г/(кг·мин)	Температура воздуха, °С	Дефицит влажности воздуха, гПа	Скорость ветра, м/с	Освещенность, тыс. лк
Ежевика	12,2	19,8	6,8	0,5	24,3
Папоротник	12,8	21,2	8,3	0,4	20,8
Трахистемон	25,7	21,8	9,0	0,6	25,9

Как следует из приведенных данных, объединить по интенсивности транспирации можно лишь два вида — ежевику и папоротник. Аналогичные значения для трахистемона в среднем в 2 раза выше. Отмечено очень большое варьирование интенсивности транспирации: коэффициенты вариации для всех рядов наблюдений достигают 0,54—0,80.

Уравнения множественной корреляции (1)—(3) для практических расчетов неприменимы из-за отсутствия регулярных наблюдений за освещенностью и скоростью ветра. Графический и аналитический анализ позволил установить зависимости интенсивности транспирации  $I_t$ , осредненной за светлую часть суток, от средней температуры воздуха  $t$ , для трахистемона и ежевики с папоротником. Аналитическое выражение зависимости имеет вид:

для трахистемона

$$I_t = 36,9 \ln t - 89,6; \quad \eta = 0,45; \quad (4)$$

для ежевики и папоротника

$$I_t = 20,1 \ln t - 49; \quad \eta = 59. \quad (5)$$

Для определения суммарных за вегетационный период величин транспирации использованы кривые динамики накопления фитомассы травостоя. Учитывая различную долю участия отдельных видов в общей массе, было принято их разделение аналогично процентному покрытию по площади: на сплошной вырубке ежевики и папоротника — 71 %, трахистемона — 29 %; в окне котловинной рубки — соответственно 63 и 37 %; на площади добровольно-выборочной рубки — 58 и 42 %; под пологом не тронутого рубкой леса — 59 и 41 %. В табл. 4 приведе-

ны результаты расчета транспирации всем травостоем на площадях рубок за 1974—1982 гг.

Таблица 4

Год	Сумма транспирации на площадях, мм			
	Сплошнолесосечная рубка	Окно котловинной рубки	Добровольно-выборочная рубка	Контроль (под пологом)
1974	316	292	47	92
1975	454	378	81	102
1976	375	398	113	70
1977	267	362	140	82
1978	340	364	135	84
1979	527	722	269	186
1980	369	535	271	126
1981	328	309	185	125
1982	239	228	108	58
Среднее	357	399	150	103

По полученным данным, транспирация травостоем под пологом не тронутого рубкой леса в среднем составляет 103 мм за вегетационный период, т. е. почти одинакова с величиной испарения с поверхности почвы в лесу. При добровольно-выборочной рубке травостой испаряет влаги в 1,4 раза больше, чем под пологом леса, и в 2,4 раза меньше, чем на сплошной вырубке. Наибольшая суммарная за сезон транспирация травостоем наблюдается на площади сплошнолесосечной рубки и в окне котловинной рубки — в среднем 357 и 399 мм, что превышает транспирацию травостоем под пологом леса соответственно в 3,4 и 3,9 раза. Для сравнения отметим, что транспирация не тронутым рубкой высокополнотным буковым древостоем за указанный период наблюдений колебалась от 280 до 495 мм, а в среднем составила 410 мм, что всего на 13 % выше средней величины транспирации на площади сплошнолесосечной рубки и почти равна транспирации травостоем в окне котловинной рубки. Варьирование сезонных сумм транспирации зависит от погодных условий вегетационного периода (в особенности в первые два месяца) и достигает  $\pm 30-40$  % от среднего значения. Наибольшее влияние при этом оказывает режим температуры воздуха.

Таким образом, зарастание травостоем сплошных вырубок в условиях формации буковых лесов южного макросклона Северо-Западного Кавказа происходит весьма интенсивно, и по расходованию влаги на транспирацию травянисто-кустарничковый покров уже на третий год после рубки способен заменить материнское высокополнотное насаждение. Так же интенсивно зарастают и транспирируют окна котловинных рубок. На площадях добровольно-выборочных рубок накопление фитомассы травостоя происходит сравнительно медленно и лимитируется величиной светового довольствия под пологом оставшегося после рубки древостоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Битюков Н. А., Шинников Р. Д. Изучение травяного покрова на площадях рубок. — В кн.: Научная сессия по вопросам интродукции и акклиматизации растений, декоративного садоводства, озеленения городов и населенных пунктов. — Тезисы докладов. Совет бот. садов Закавказья. Баку: Элм, 1976, с. 172—174. [2]. Шинников Р. Д. Развитие травяного покрова на площадях рубок в буковых насаждениях. — В кн.: Природа и рациональное использование горных лесов Северного Кавказа. М.: Гослесхоз СССР; КФ ВНИИЛМ, 1978, с. 77—83. (Сб. науч. тр.; Вып. 13).

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
СИСТЕМЫ ПОДРЕССОРИВАНИЯ ПРИЦЕПА-РОСПУСКА  
ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЕГО НА ШАССИ ТЯГАЧА

А. В. ЖУКОВ, В. В. ЯНУШКО

Белорусский технологический институт

Для повышения эффективности использования лесовозных автопоездов при негрузовом пробеге применяется перевозка прицепа-ропуска на шасси тягача. При этом существенно сокращается время рейса, снижается износ шин, улучшается маневренность тягача. Однако такой способ перевозки прицепа-ропуска имеет и недостатки, к которым, прежде всего, относится повышенная динамическая нагруженность несущей системы тягача.

Кинематика системы погрузки ропуска, а также размерные показатели тягача, дышла и прицепа таковы, что в погруженном положении ропуск располагается в задней части рамы тягача. В динамическом отношении такое расположение массы ропуска нерационально, тем более, что она значительна (при массе тягача МАЗ-509А 8,76 т масса прицепа-ропуска ТМЗ-803 составляет 3,7 т, т. е. 42,2 %) и по отношению к заднему мосту тягача имеет существенный вынос в виде консоли. При движении по неровностям дороги на колебания тягача накладываются колебания прицепа-ропуска, расположенного на шасси, что, как показал опыт эксплуатации, увеличивает динамическую нагруженность ходовой части лесовозного автомобиля и повышает вероятность появления критических нагрузок и повреждений рамы. Кроме того, может ухудшаться управляемость и устойчивость движения тягача.

При существующем конструктивно-компоновочном решении лесовозного автопоезда положительного эффекта можно добиться введением специальной системы подрессоривания прицепа-ропуска, расположенного на шасси тягача.

Такая система была разработана и изготовлена в Белорусском технологическом институте\* и прошла опытную проверку в Негорельском учебно-опытном лесхозе.

Устройство (рис. 1) состоит из листа наката 1, шарнирно закрепленного на накатной плоскости 2 посредством кронштейна 3 и упруго-демпфирующего элемента 4. Устройство устанавливается на лесовозном оборудовании серийного тягача.

Для оценки влияния данной системы подрессоривания на ее динамическую нагруженность были проведены экспериментальные исследования, программа которых предусматривала запись на осциллографе К12-22 вертикальных ускорений подрессоренной массы тягача МАЗ-509А и прицепа-ропуска ТМЗ-803, расположенного на его шасси, при различных условиях движения. Ускорения записывали с помощью датчиков ДП-4, ДП-3. Предусматривалось движение тягача через единичные и чередующиеся неровности, а также по реальным дорогам с различными типами покрытий. Варьировались скорости движения, высоты неровностей, характеристики упругих элементов системы подрессоривания ропуска.

На рис. 2 приведены записи вертикальных ускорений центра тяжести подрессоренной массы тягача и рамы прицепа-ропуска при дви-

\* А. с. 1133142 (СССР). Устройство для перевозки прицепа-ропуска на шасси тягача/ А. В. Жуков, В. В. Янушко, Б. А. Папко и др.— Оpubл. в Б. И., 1985, № 1.

жении через единичную и две последовательно расположенные на расстоянии, равном половине базы тягача, неровности. Высота неровностей  $H$  10 см, длина 1,5 м. Ширина неровностей была несколько больше, чем колея колес, чтобы исключить появление поперечных колебаний системы.

Из рис. 2 видно, что момент переезда колесами соответствующих осей тягача характеризуется всплесками ускорений. При переезде единичной неровности наибольшие значения вертикальных ускорений прицепа-ропуска соответствуют моменту переезда через нее задней оси тягача ( $19,6 \text{ м/с}^2$ ). Через 0,62 с возникает еще один характерный всплеск (кривая 4), появление которого обусловлено наложением колебаний соответствующих тонов. По этой же причине заметно выделение отдельных пиков кривой 3, соответствующей вертикальным ускорениям поддрессорируемой массы тягача. Появление всплеска ускорений ропуска в указанный момент времени имеет место и при переезде через две неровности, однако его амплитуда значительно больше ( $24,5 \text{ м/с}^2$  — кривая 2;  $18,4 \text{ м/с}^2$  — кривая 4).



Рис. 1. Устройство поддрессирования перевозимого на шасси тягача ропуска.

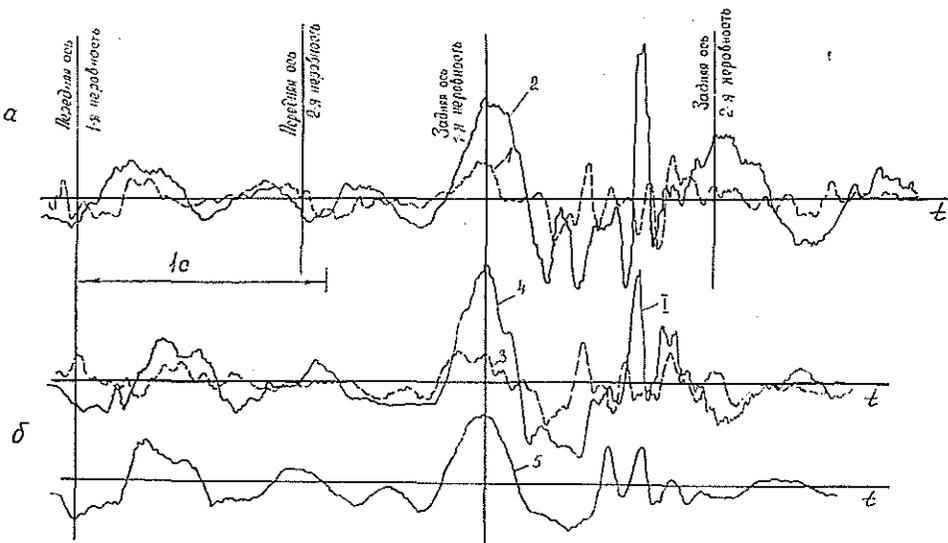


Рис. 2. Записи вертикальных ускорений в центре тяжести поддрессорируемой массы тягача (1, 3) и рамы прицепа-ропуска (2, 4, 5) при движении через две (а) и одну (б) неровности со скоростью 2,38 м/с (1—4 — система поддрессирования отсутствует, 5 — установлен резиновый упругий элемент).

При переезде двух последовательно расположенных неровностей наиболее неблагоприятное нагружение системы имеет место при переезде задней оси тягача через первую неровность, а также в последующий промежуток времени до проезда задней оси через вторую неровность. В момент проезда задней оси тягача через вторую неровность амплитуда

ды ускорений тягача и прицепа-ропуска меньше. Во всем рассматриваемом временном диапазоне ускорения центра тяжести тягача меньше, чем ропуска, однако четко просматривается связь и взаимное влияние колебаний их масс. Причем это характерно не только для скорости движения 2,38 м/с, которой соответствуют рассмотренные записи, но и для других скоростей движения.

При введении системы поддрессирования прицепа-ропуска динамические процессы протекают иначе. Из сравнения кривых 4 и 5 (рис. 2) видно, что установка упругого элемента при переезде единичной неровности привела к снижению вертикальных ускорений прицепа-ропуска. В первый период движения, соответствующий интервалу времени от момента переезда передней оси тягача через неровность и до въезда на нее задней оси различия в характере изменения и амплитудных отклонениях вертикальных ускорений ропуска незначительны. Однако при переезде через неровность задней оси тягача вертикальные ускорения рамы прицепа снизились на 44 %. Сгладился пиковый всплеск I ускорений (кривая 4), имевший место при жесткой установке прицепа на шасси тягача. Кроме того, значительно возросло затухание колебаний в системе. Опыты проводили при системах поддрессирования прицепа-ропуска со следующими вариантами упругого элемента: 1 — спиральные пружины, жесткость 300 кН/м; 2 — спиральные пружины + резиновый элемент, жесткость 600 кН/м; 3 — резиновый упругий элемент, жесткость 3060 кН/м.

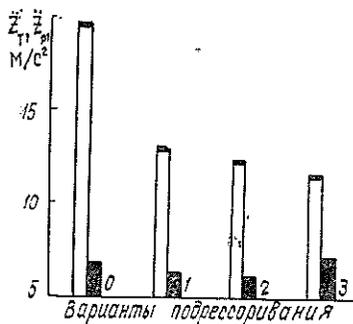


Рис. 3. Значения вертикальных ускорений тягача и прицепа-ропуска при движении через единичную неровность в момент преодоления ее задней осью тягача при различных вариантах поддрессирования: ( $v = 2,38$  м/с;  $H = 0,1$  м;  $L = 1,5$  м; ■ — тягач, □ — ропуск.

На рис. 3 приведены диаграммы ускорений, соответствующие различным вариантам поддрессирования, откуда видно, что наименьшие нагрузки при  $v = 2,38$  м/с передаются на раму тягача во втором варианте. При  $v = 3,9$  м/с наименьшее воздействие на тягач имеет место в варианте 1 (табл. 1), однако совокупный анализ данных, соответствующий другим скоростям движения, показал лучшие результаты во втором варианте упругого элемента.

Вертикальные ускорения поддрессированной массы тягача и прицепа-ропуска

Вариант опыта	Вертикальные ускорения, м/с <sup>2</sup>			
	в момент переезда неровности задней осью тягача		максимальные	
	Ропуск	Тягач	Ропуск	Тягач
0	23,30	20,40	41,65	24,12
1	20,80	14,30	30,62	14,32
2	22,05	15,08	28,79	19,59
3	22,08	21,10	25,72	21,10

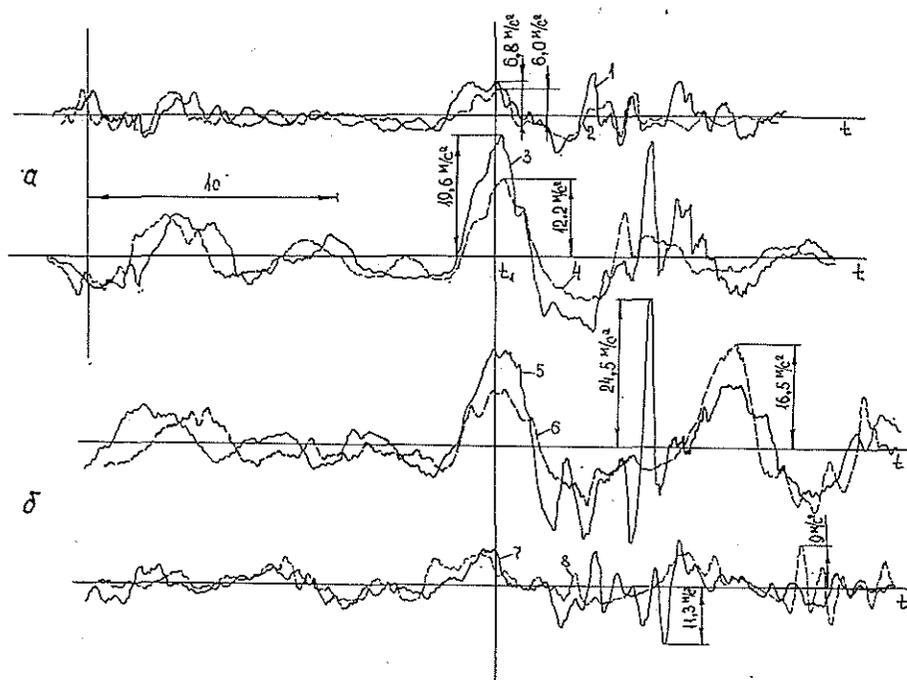


Рис. 4. Записи вертикальных ускорений в центре тяжести поддресоренной массы тягача (1, 2, 7, 8) и рамы прицепа-ропуска (3, 4, 5, 6) при жесткой установке (1, 3, 5, 7) ропуска на шасси тягача и введении системы поддресоривания (2, 4, 6, 8).

*a* — движение через единичную неровность ( $H = 0,1$  м;  $L = 1,5$  м;  $v = 2,38$  м/с); *б* — движение через две неровности ( $H = 0,1$  м;  $L = 1,5$  м;  $v = 2,38$  м/с).

Из рис. 4, *a* видно, что в момент времени  $t_1$ , который соответствует переезду через неровность задней оси тягача, вертикальные ускорения его поддресоренной массы снизились на 11,1 %, а рамы ропуска — на 37,5 %.

Существенное изменение процесса имеет место после переезда неровности задней осью тягача, особенно для прицепа-ропуска (кривые 3 и 4). Здесь произошло сглаживание пиков и снижение амплитуды ускорения в 3—4 раза.

При переезде последовательно расположенных неровностей влияние поддресоривания ропуска на динамику системы несколько иное. Из рис. 4, *б* видно, что при установке упругого элемента (запись соответствует варианту 1 упругого элемента) запись изменения вертикальных ускорений имеет более плавный вид. Видны значительные качественные и количественные различия. Если при жесткой конструкции системы вертикальные ускорения прицепа в момент переезда задней оси тягача через первую неровность больше, чем в момент переезда задней оси через вторую неровность, то при введении упругого элемента картина меняется — второй пик становится больше (см. кривые 5 и 6).

Кривая 8, соответствующая вертикальным ускорениям поддресоренной массы тягача при поддресоренном ропуске, также существенно отличается от кривой 7, записанной при отсутствии поддресоривания. Наибольшие амплитудные отклонения ускорения в данном случае снижаются на 20,9 %.

У рамы поддресоренного прицепа-ропуска вертикальные ускорения уменьшаются на 32,7 %, что указывает на значительное снижение уровня динамической нагруженности задней части рамы тягача при введении системы поддресоривания погруженного ропуска.

Анализ экспериментальных данных показал, что введение системы поддресоривания прицепа-ропуска, погруженного на шасси тягача,— эффективное средство снижения динамической нагруженности его несущей системы. Лучшие результаты дает использование упругого элемента, включающего спиральные пружины с резиновым демпфером.

Поступила 10 ноября 1984 г.

УДК 630\*383

## ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ПУТИ ЛЕСОВОЗНОЙ ДОРОГИ

Б. А. ИЛЬИН, А. Г. НИКИФОРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Как известно, при установлении направления магистрального пути новой лесовозной дороги лесной массив делят на ряд полос, перпендикулярных направлению лесного грузопотока из лесного массива. В каждой полосе находят точку, делящую запасы леса в полосе на две равные части. Соединяя эти точки, получают так называемую «экономическую» трассу магистрали, которую и принимают за основное ее направление в лесном массиве.

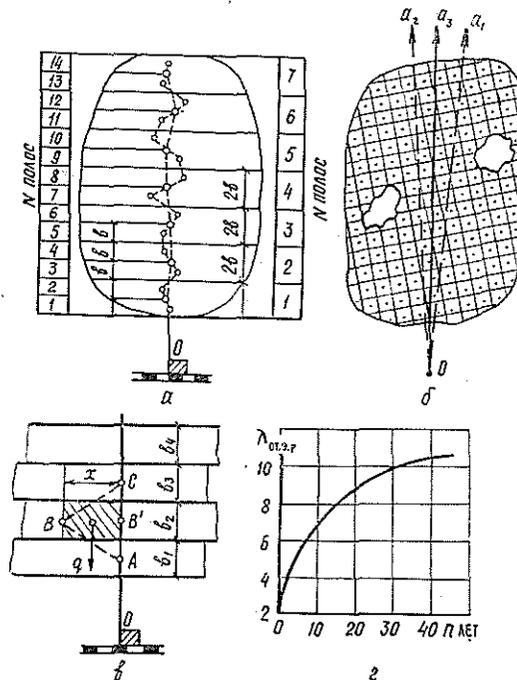


Рис. 1. Расчетные схемы и зависимости.

*a* — уменьшение извилистости «экономической» трассы магистрали при увеличении ширины полос; *b* — определение местоположения луча *Oa*, делящего запасы леса в массиве на две равные части; *c* — расчетная схема для определения координаты *x* точки *B*; *г* — зависимость коэффициента  $\lambda_{от.э.р}$  от срока действия магистрали *n*.

Такой метод обеспечивает минимальную грузовую работу по доставке леса к магистрали в пределах каждой полосы, но при неравномерном размещении запасов леса в массиве может вызвать значительную извилистость будущей магистрали.

Чтобы избежать этого, было предложено проверять целесообразность спрямления извилистых участков, исходя из того, что получаемое увеличение грузовой работы и соответствующие ему дополнительные расходы по доставке леса к магистрали будут перекрыты экономией на строительных и эксплуатационных расходах, получаемых в связи с уменьшением длины магистрали [1].

Извилистость «экономической» трассы в большой степени зависит от ширины полос, на которые делят лесной массив при решении рассматриваемой задачи. Из рис. 1, а видно, что чем шире каждая полоса и меньше их общее число, тем менее извилистой получается «экономическая» трасса. В пределе, при ширине полосы, равной длине массива, эта трасса превращается в прямую линию, делящую запасы леса в массиве на две равные части.

Рекомендуемая ширина полос за годы, истекшие после опубликования Н. М. Невеским рассматриваемого метода (позднее несколько видоизмененного инж. А. А. Ранцевым) возросла с 1—2 км [3, 4] до 8—10 км [2]. Однако вопрос об оптимальной ширине полос до настоящего времени в печати не рассматривался.

Выполненная на большом числе объектов проверка целесообразности спрямления извилистых участков магистрали показала, что для лесных массивов, не имеющих внутри границ значительных неэксплуатационных площадей, спрямление изломанных участков почти всегда выгодно, в особенности на участках, расположенных в ближайшей к нижнему складу половине лесного массива.

Из приведенного следует, что применяемый ныне метод определения направления магистрали требует внесения серьезных коррективов.

В качестве основного (исходного) направления магистрального пути (для систем лесовозных путей, имеющих одну магистраль) следует принимать прямую линию, делящую все эксплуатационные запасы леса в массиве на две равные части. Местоположение этой линии можно установить, например, методом проб, проведя от нижнего склада (рис. 1, б) луч, делящий запасы леса в массиве примерно на две равные части. После этого следует откорректировать положение луча (в один или два приема) с тем, чтобы запасы леса по обе стороны луча отличались не более чем на 5%. Полученное положение линии  $Oa$  можно принять в предварительном порядке за основное направление магистрали.

Затем следует разделить лесной массив на ряд полос, перпендикулярных линии  $Oa$ , найти в каждой полосе точку  $B$ , делящую запасы леса в полосе на равные части (рис. 1, в), подсчитать, согласно [2], в пределах каждой полосы получаемую стоимость перепробега леса по веткам и экономию от уменьшения длины магистрали при ее прокладке в полосе через точку  $B$ , т. е. по линии  $Oa$ , сравнить их между собой и на основе этого сделать вывод о целесообразности отклонения магистрали от прямой линии.

Начинать эту работу лучше с полос, ближайших к нижнему складу. В первой полосе, имеющей, как правило, небольшие запасы леса, следует принять направление магистрали по линии  $Oa$  с пересечением полосы в точке  $A$  (рис. 1, в). Согласно [2], имеем следующее условие, когда выгодно принять направление магистрали во второй и последующих полосах по прямой линии  $Oa$ :

$$L_{уд} (C_m + k_m Q_{г} \lambda_{от. в. р}) > k_b xq; \quad (1)$$

$$L_{уд} = AB + BC - AC = 2(\sqrt{x^2 + b^2} - b), \quad (2)$$

где  $L_{уд}$  — удлинение магистрали на участке  $ABC$ , км;  
 $C_m$  — стоимость постройки 1 км магистрали, р./км;  
 $k_m, k_b$  — стоимость пробега 1 м<sup>3</sup> леса на 1 км по магистрали и ветке р./(м<sup>3</sup> · км);  
 $Q_r$  — годовой объем вывозки по магистрали на участке  $AC$ , м<sup>3</sup>;  
 $\lambda_{от. э. р}$  — коэффициент учета отдаленности эксплуатационных расходов;  
 $q$  — запас товарного леса на участке полосы от точки  $B$  до точки  $B'$ , м<sup>3</sup>;  
 $b$  — ширина полосы, км;  
 $x$  — расстояние от точки  $B$  до прямой  $Oa$ , т. е. до точки  $B'$ , км.

Из рис. 1, в видно, что

$$q = 100xb\gamma, \quad (3)$$

где  $\gamma$  — запас товарного леса на 1 га общей площади участка полосы от  $B$  до  $B'$ , м<sup>3</sup>.

Подставив значение  $q$  в формулу (1), получим искомое условие целесообразности прокладки магистрали по прямой  $Oa$  в пределах данной полосы:

$$2(\sqrt{x_{пр}^2 + b^2} - b)(C_m + k_m Q_r \lambda_{от. э. р}) \geq 100k_b b\gamma x_{пр}^2, \quad (4)$$

где  $x_{пр}$  — предельное значение координаты точки  $B$  относительно оси  $Oa$ , км.

С учетом этого

$$\frac{\sqrt{x_{пр}^2 + b^2} - b}{x_{пр}^2 b} \geq A\gamma, \quad (5)$$

где

$$A = \frac{100k_b}{2(C_m + k_m Q_r \lambda_{от. э. р})}. \quad (6)$$

Решая выражение (5) относительно  $x_{пр}$ , получим:

$$x_{пр} \leq \frac{\sqrt{1 - 2Ab^2\gamma}}{Ab\gamma}. \quad (7)$$

Таким образом, если точка  $B$ , делящая запасы леса в полосе шириной  $b$  на две равные части, находится от прямой  $Oa$  на расстоянии, меньшем или равном  $x_{пр}$ , то прямая линия  $Oa$  в данной полосе является наиболее выгодным направлением магистрали.

В формуле (5) значение  $A$  — комплексный коэффициент, характеризующий влияние таких факторов, как принятый тип транспорта леса (определяемый величиной строительных и эксплуатационных расходов), размер годового грузооборота и срок действия в пределах данной полосы, влияющий на коэффициент  $\lambda_{от. э. р}$ , определяемый по формуле [2] или по графику рис. 1, г:

$$\lambda_{от. э. р} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1 + E_i)^i}, \quad (8)$$

где  $E_i$  — норматив приведения затрат к расчетному году ( $E_i = 0,1$ );  
 $i$  — порядковый номер года работы дороги;  
 $n$  — срок действия лесовозной дороги, лет.

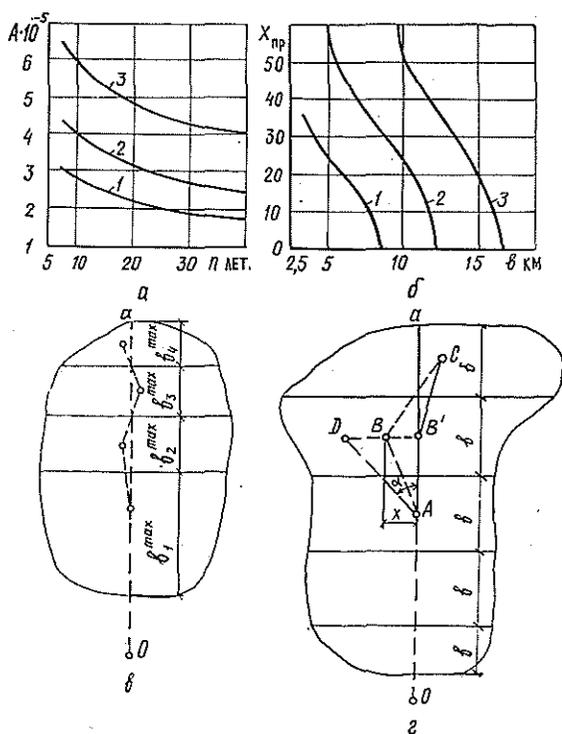


Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистрали.

*a* — зависимость комплексного коэффициента  $A$  от срока действия магистрали в данной полосе лесного массива;  $1 - Q_r = 450$  тыс.  $m^3$ ;  $2 - Q_r = 300$  тыс.  $m^3$ ;  $3 - Q_r = 150$  тыс.  $m^3$ ; *b* — зависимость предельного значения координаты  $x_{пр}$  точки  $B$  от ширины полосы;  $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$ ;  $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$ ;  $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$ ; *в* — пример назначения направления магистрали при ширине полос *в тах*, определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистрали  $OAB'C$  с ответвлением  $AD$  для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость  $A = f(n)$  для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при  $C_m = 30\,000$  р.;  $k_m = 0,05$  р./( $m^3 \cdot km$ );  $k_b = 0,09$  р./( $m^3 \cdot km$ ); а на рис. 2, *б* — зависимость  $x_{пр} = f(b)$  для трех пространственных значений  $A$ .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистрали. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{ус}}{30\gamma b_{ус}}}, \quad (9)$$

где  $C_b$  — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{ус}$  — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

$b_{ус}$  — стоимость пробега леса по усу, р./( $m^3 \cdot km$ ).

Из формулы (7) и рис. 2, *б* видно, что координата  $x_{пр} = 0$  при

$$1 - 2Ab^2\gamma = 0,$$

откуда можно получить такую ширину полосы  $b_{max}$ , при которой наиболее выгодное положение магистрали в каждой полосе определяется точками  $B$ , делящими запасы леса в каждой полосе на две равные части:

$$b_{max} = \sqrt{\frac{1}{2A\gamma}} = \frac{0,71}{\sqrt{A\gamma}}. \quad (10)$$

Из формулы (7) и рис. 2, б видно, что чем выше стоимость постройки 1 км магистрали и ее грузооборот в данной полосе, тем выгоднее вариант прямолинейного направления по линии  $Oa$ . Большое влияние имеет срок действия данного участка магистрали. Чем он выше, тем больше значение коэффициента  $\lambda_{от.э.р}$  и, следовательно, величина  $x_{пр}$ , характеризующая предельную асимметрию расположения запасов леса в данной полосе, при которой еще целесообразно принять направление магистрали по линии  $Oa$ .

Например, при  $b = 8$  км;  $C_m = 30\,000$  р.;  $k_m = 0,05$  р./( $m^3 \cdot км$ );  $k_b = 0,09$  р./( $m^3 \cdot км$ );  $Q_r = 300$  тыс.  $m^3$ ;  $n = 40$  лет, при котором  $\lambda_{от.э.р} = 10,78$ ;  $\gamma = 120$   $m^3/га$  по формуле (6) получим, что  $A = 2,34 \cdot 10^{-5}$  и по формуле (7)  $x_{пр} = 37,4$  км. Таким образом, лишь при расстоянии от точки  $B$  (рис. 1, в) до  $B'$  на прямой  $Oa$ , большем или равном 37,4 км, целесообразно отказаться в данной полосе от направления магистрали через точку  $B'$  в пользу точки  $B$ , т. е. случай в практике маловероятный.

Однако при очень неправильной конфигурации границ лесного массива и весьма неравномерном размещении запасов леса в некоторых полосах значение координаты  $x_{пр}$  точки  $B$  может быть значительным и, в частности, превосходить ширину полосы  $b$ . В таком случае целесообразен вариант постройки ответвления  $AD$  от магистрали (рис. 2, г) под оптимальным углом  $\alpha$  [2] для освоения запасов леса в левой (по рисунку) части полосы, без захода основной магистрали в точку  $B$ . Лучшим будет вариант с минимальными приведенными затратами.

Если в приведенном примере принять  $Q_r = 150$  тыс.  $m^3$  и  $n = 8$  лет, при котором  $\lambda_{от.э.р} = 6,43$ , то  $A = 5,75 \cdot 10^{-5}$  и  $x_{пр} = 6,2$  км. В этом случае, если точка  $B$  расположена от линии  $Oa$  на расстоянии, равном или более 6,2 км, выгоднее пересечь данную полосу магистралью не в точке  $B'$ , а в точке  $B$ .

Для систем размещения путей в лесу на базе одной магистрали (т. е. в елочку), как правило, более целесообразно использовать комбинированную схему размещения путей с заменой одного магистрального пути в последней полосе двумя диагонально расположенными ответвлениями [2].

В этом случае участок магистрали в полосе, проложенный указанным способом, будет совместной границей зон тяготения запасов леса к обоим диагональным веткам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ильин Б. А. Проектирование и организация лесозаготовительных предприятий.— М.: Гослесбумиздат, 1955. [2]. Ильин Б. А., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог.— М.: Лесн. пром-сть, 1982. [3]. Невеский Н. М. Новые методы составления планов эксплуатации лесных массивов. М.: Гослестехиздат, 1930. [4]. Невеский Н. М. Лесовозные железные дороги.— М.: Гослестехиздат, 1934.

УДК 621.431.36

## ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ТЕПЛОВЗОВ ПРИ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЕ НА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГАХ

А. В. ДУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Маневровая работа — неизбежная составная часть процесса перевозок. Она, как правило, характеризуется низкой загрузкой двигателя (ДВС) и неустановившимися режимами движения, где существенную долю времени занимают процессы разгона и особенно холостого хода ДВС при стоянках, торможении и выбеге тепловоза.

В связи с различными условиями выполнения маневровой работы, переменными режимами и другими факторами, теоретический расчет расхода топлива для маневров очень затруднен, поэтому обычно используют экспериментальный метод. Так, для дорог широкой колеи МПС и промтранспорта (исключая лесовозный) для разных серий тепловозов опытным путем установлена прямолинейная зависимость часового расхода топлива от числа переработанных вагонов в 1 ч [4]. Для тепловозов лесовозных УЖД в работе [3] рассмотрен расчетно-экспериментальный метод, в котором используются масса состава, скорость движения, доля времени работы тепловоза и расход топлива на отдельных операциях при обработке состава (движение с грузом, без груза, пробег резервом, холостой ход ДВС); сопротивление движению, коэффициент трудности профиля пути.

Для тепловозов широкой колеи промтранспорта с гидropередачей (ГП), используемых на металлургических предприятиях, расход топлива при маневрах [5] рекомендуется определять, как сумму расходов на разгон состава и на холостой ход ДВС при стоянках, выбеге и торможении. Для использования этого метода необходимо опытным путем определить большое количество исходных данных: средний расход топлива на один разгон, количество разгонов, конечную скорость разгона, а также знать средний КПД тепловоза при разгоне, профиль пути и сопротивление движению. Рассмотренные методики позволяют определить расход топлива при наличии опытных данных лишь для тех условий и объемов маневровой работы, в которых они проводились.

Большой экспериментальный материал, накопленный к настоящему времени, позволяет сделать заключение, что режим работы маневровых тепловозов характеризуется случайными величинами, а математической моделью этого режима является система массового обслуживания [1]. Работу маневрового тепловоза можно отнести к стационарному, без последствия, ординарному процессу, для характеристики которого может быть использован закон Пуассона [1, 2]:

$$P_{n_i} = \frac{\lambda^{n_i} e^{-\lambda}}{n_i!},$$

где  $\lambda$  — параметр распределения Пуассона;  
 $n_i$  — номер интервала.

Для оценки объемов работы и интенсивности использования тепловозов принимаются следующие показатели: средняя масса состава брутто (только вагонов), обрабатываемого за 1 ч  $Q_1$  (т), взятая в сред-

нем за годовой период работы тепловоза с учетом холостого пробега; максимальная масса состава  $Q_{max}$  (т), рассчитанная по условию трогания состава с места на площадке; техническая скорость движения  $v$  (км/ч). Позиции контроллера, номинальная мощность ДВС  $N_e$  (кВт) и величина  $Q_{max}$  разбиваются на восемь равных интервалов. Отношение  $\frac{Q_1}{8}$  является масштабом грузопотока  $m$  (т/ч) и служит для определения использования тепловоза по времени. Отношение  $\frac{Q_1}{m}$ , являясь параметром закона распределения Пуассона  $\lambda$ , однозначно определяет характер распределения, т. е. вероятности переработки груза для каждого интервала или отсутствия работы (простой тепловоза). Для расчетов предварительно определяют коэффициент использования мощности ДВС  $\eta$  на тягу, т. е. на создание средней касательной мощности  $N_{к. ср}$  (кВт):

$$\eta = \frac{N_{к. ср}}{N_e} = \eta_m \eta_r (1 - \beta),$$

где  $\eta_m$ ,  $\eta_r$  — кпд механической части передачи от ДВС до колес и ГП;  $\beta$  — коэффициент относительной мощности привода вспомогательных агрегатов  $N_{в. а}$ , которая не учитывается регламентом испытания ДВС (вентилятор, компрессор, насосы ГП, генератор и др.),  $\beta = \frac{N_{в. а}}{N_e}$ .

Установлено, что для тепловозов с ГП степень загрузки ДВС, соответствующая данной позиции контроллера (или положению рейки топливного насоса), в рабочем диапазоне скоростей на величину коэффициента  $\eta$  оказывает незначительное влияние, т. е. для тепловоза данной серии  $\eta \approx \text{const}$  [5].

Для определения часового  $G_T$  (кг/ч) или удельного  $g_e$  (г/(кВт·ч)) расходов топлива, соответствующих каждой условной позиции контроллера  $n_k$ , на которой реализуется условная мощность  $N_{eу}$  (кВт), используют характеристики топливной экономичности ДВС. Для установления связи  $G_T$  ( $N_e$ ) мы обработали нагрузочные характеристики ДВС и получили с использованием стандартной программы на ЭВМ «Наири-2» уравнение

$$G_T = A + BN_e + CN_e^2,$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — коэффициенты аппроксимации (табл. 1).

Располагая исходными данными, средний расход топлива при маневрах  $G_m$  (кг/ч) для различных  $Q_1$  (т/ч) и  $v$  (км/ч) определяют в такой последовательности.

Максимальная масса состава  $Q_{max}$  (т) по условию трогания тепловоза с места и масштаб грузопотока  $m$  (т/ч)

$$Q_{max} = \frac{F_{к. max}}{\omega g} - P_{сц}; \quad m = \frac{Q_{max}}{n_k},$$

где  $F_{к. max}$  — максимальная касательная сила тяги при трогании тепловоза с места, Н;

$\omega$  — удельное сопротивление движению, Н/кН;

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

$P_{сц}$  — сцепная масса тепловоза, т;

$n_k$  — число условных позиций контроллера,  $n_k = 8$ .

Параметр закона распределения Пуассона  $\lambda$ , вероятности простоя  $P_0$  и работы  $P_p$  тепловоза

Таблица 1

Серия тепловоза	Модель ДВС	$N_e$ , кВт	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_{ср}$ , т	$F_{к max}$ , кН	$\eta_r$	$\eta_m$	$\beta$	$\eta$	$\frac{w}{H/\text{кН}}$	$G_T$ , кг/ч	$\rho_x$ , мин <sup>-1</sup>	Значение коэффициентов в формуле (1)		
													A	B	C
ТУ6А	УАЗ-М204А	88,3	2000	14	42	—	0,81	0,1	0,73	5	2,9	1000	6,08	0,115	$9,94 \cdot 10^{-4}$
ТУ4	У1Д6-250ТК	184,0	1500	18	54	0,75	0,86	0,1	0,58	5	4,5	800	6,03	0,204	0
ТТК2	У1Д6-250ТК	184,0	1500	28	63*	0,75	0,86	0,1	0,58	4	4,5	800	6,03	0,204	0
ТТМ23Б	1Д12-400	294,4	1600	44	76,5*	0,73	0,88	0,06	0,60	4	7,4	1000	7,76	0,131	$25 \cdot 10^{-5}$

\* Значение  $F_{к max}$  приведено для поездного режима движения.

Таблица 2

Серия тепловоза	Расход топлива $G_m$ , кг/ч, при средней массе состава $Q_1$ , т/ч			Утвержденная норма $G_m$ при маневрах на нижнем склоне, кг/ч	Использование номинальной мощности ДВС $N_e$ %, при средней массе состава $Q_1$ , т/ч			Простой тепловоза, %, при средней массе состава $Q_1$ , т/ч					
	50	100	150		200	50	100	150	200	50	100	150	200
ТУ6А	5,0	6,8	8,5	—	6,0	21,7	28,4	31,5	—	61,6	37,9	23,2	—
ТУ4	6,8	8,8	10,9	12,9	8,5	16,2	18,9	21,8	25,1	68,7	47,1	32,3	22,2
ТТК2	6,0	8,0	9,7	11,3	6,5	18,0	20,1	22,3	24,6	72,2	59,6	46,0	35,5
ТТМ23Б	8,6	9,7	10,8	11,9	*	13,4	14,6	15,9	17,3	80,7	65,2	52,7	42,5

\* Нормы расхода топлива утверждены в зависимости от массы состава  $Q_1$ , т/ч.

$$\lambda = \frac{Q_1}{m}; \quad P_0 = e^{-\lambda}; \quad P_p = 1 - P_0 = 1 - e^{-\lambda}.$$

Переработка груза за 1 ч работы тепловоза  $Q_2$  (т) и средняя касательная сила тяги  $F_{к.ср}$  (Н)

$$Q_2 = \frac{Q_1}{P_p}; \quad F_{к.ср} = (Q_2 + P_{сц}) \omega g.$$

Средняя эффективная мощность ДВС  $N_{e\text{ср}}$  (кВт) и параметр Пуассона закона распределения мощности  $\lambda_1$

$$N_{e\text{ср}} = \frac{F_{к.ср} v}{3600 \eta}; \quad \lambda_1 = \frac{N_{e\text{ср}} n_k}{N_e}.$$

Вероятность реализации условной мощности ДВС  $N_{ey}$  по позициям контроллера

$$P_k = \frac{\lambda_1^k e^{-\lambda_1}}{k!}.$$

Расходы топлива (кг) на холостом ходу ДВС  $G_x$  и при нагрузке  $G_n$  за 1 ч работы

$$G_x = G_{т.х} P_0; \quad G_n = P_p \Sigma G'_T = P_p \Sigma P_k G_T,$$

где  $G_{т.х}$  — расход топлива на холостом ходу при расчетной частоте вращения вала ДВС  $n_x$ , кг/ч;

$\Sigma G'_T$  — суммарный расход топлива при работе ДВС с нагрузкой на всех условных позициях контроллера, кг/ч;

$G_T$  — расход топлива на каждой условной позиции контроллера, кг/ч.

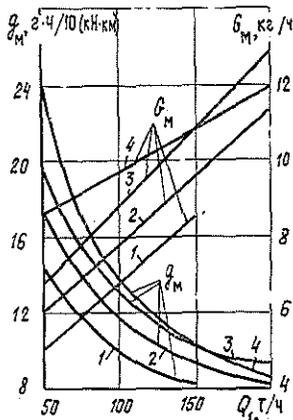


Рис. 1. Расходы топлива в 1 ч и на 10 км при маневровой работе в зависимости от средней массы состава брутто (только вагонов) при скорости 7 км/ч.  
1 — ТУ6А; 2 — ТК2; 3 — ТУ4;  
4 — ТГМ23Б.

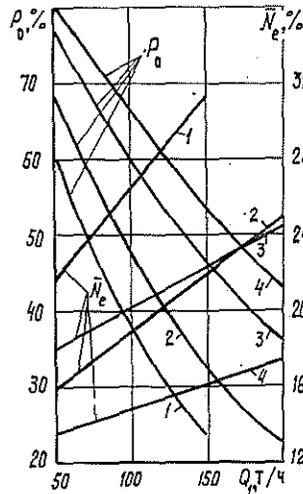


Рис. 2. Использование номинальной эффективной мощности ДВС и средней мощности тепловоза при маневровой работе в зависимости от средней массы состава брутто (только вагонов) при скорости 7 км/ч.  
1 — ТУ6А; 2 — ТУ4; 3 — ТК2;  
4 — ТГМ23Б.

Расходы топлива в 1 ч  $G_m$  (кг) и на измеритель часовой транспортной работы  $g_m$  ( $\text{г} \cdot \text{ч}/10$  ( $\text{кН} \cdot \text{км}$ ))

$$G_m = G_x + G_n; \quad g_m = \frac{10^4 G_m}{Q_1 g v}.$$

По этой методике рассчитаны при  $Q_1 = 50 \dots 200$  т/ч и наиболее характерной скорости  $v = 7$  км/ч расходы топлива  $G_m$  и  $g_m$  для тепловозов лесовозных УЖД с механической передачей (ТУ6А) и ГП (ТУ4) при маневровой работе на нижнем складе, а также для тепловозов широкой колеи с ГП: ТГК2 (0-2-0) и ТГМ23Б (0-3-0), используемых в лесной промышленности на подъездных путях, примыкающих к путям МПС.

Исходные данные для расчета, результаты их обработки и графики функции  $G_m$ ,  $g_m$  ( $Q_1$ ) и  $N_e$ ,  $P_0$  ( $Q_1$ ) представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2. Из рис. 1 видно, что расход топлива  $G_m$  возрастает примерно прямо пропорционально массе состава  $Q_1$ , перерабатываемого в 1 ч. Для тепловозов ТУ6А, ТУ4 и ТГК2 в табл. 2 также приведены среднечасовые нормы расхода топлива  $G_m$ , рассчитанные по методике, изложенной в работе [3]. Эти нормы проверены экспериментально на предприятиях и утверждены Минлесбумпромом. Сопоставление этих норм с расчетными данными показало, что изложенная методика позволяет получить вполне приемлемые результаты и рассчитать расход топлива в зависимости от интенсивности использования маневрового тепловоза, характеризующей величиной  $Q_1$  (или его производительностью  $Q_1 g v$ ), а также определить долю времени движения (или простоя) тепловоза. Кроме этого, анализ расчетных данных позволяет оценить соответствие мощностных качеств тепловоза заданному объему маневровых работ, т. е. целесообразность его применения в данных условиях эксплуатации. Из графика (рис. 2) видно, что при маневровой работе используется лишь 13 ... 32 % номинальной мощности ДВС. Для тепловозов большой мощности (ТГМ23Б, ТУ4) время движения, особенно при небольших массах состава  $Q_1 = 50 \dots 100$  т/ч, может составлять лишь 20 ... 40 % продолжительности смены. Остальное время тепловоз простаивает, расходуя топливо на холостой ход ДВС. При небольших объемах маневровых работ, когда время простоя тепловоза увеличивается, использование номинальной эффективной мощности ДВС  $N_e$ , а следовательно, и топливная экономичность, будут выше у тепловозов ТУ6А, чем у ТУ4, и соответственно — у ТГК2, чем у ТГМ23Б. Так, при  $Q_1 = 50$  т/ч тепловоз ТУ4 будет расходовать топлива на 36 % больше, чем ТУ6А, а ТГМ23Б — на 43 % больше, чем ТГК2.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белан А. П. Сравнительная эффективность промышленных тепловозов на маневровой работе.— Промышленный транспорт, 1983, № 10, с. 14—15. [2]. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей.— М.: Наука, 1969.— 400 с. [3]. Дуров А. В. О расходе топлива узкоколейными тепловозами при маневровой работе.— Тр./ АЛТИ, 1972, вып. 35, с. 19—25. [4]. Залит Н. Н. Тепловозы промышленного транспорта: Справочник.— М.: Транспорт, 1980.— 368 с. [5]. Шелест П. А. Тяговые расчеты тепловозов промышленного транспорта.— М.: Транспорт, 1972.— 168 с.

Поступила 2 января 1985 г.

УДК 629.1-44

**ОБОБЩЕННЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
МИКРОПРОФИЛЕЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ***Н. И. БИБЛЮК, О. А. СТЫРАНИВСКИЙ, Б. Т. ПЕРЕТЯТКО,  
А. А. БОЙКО*

Львовский лесотехнический институт

Диапазон практического применения результатов аналитического исследования случайных колебательных процессов транспортных машин значительно расширяется, если в качестве возмущающих воздействий задаются типовые характеристики, полученные при статистически обоснованном обобщении параметров неровностей микропрофилей существующих дорог.

В данной работе изложены основные положения методики и результаты измерения, обработки и обобщения характеристик продольных микропрофилей трелевочных волоков и наиболее распространенных типов лесовозных автодорог.

В качестве исходных данных использованы характеристики микропрофилей лесовозных дорог, приведенные в работах [1—5, 7—9, 11] и других, а также замеренные нами в различное время параметры микропрофилей грунтовых, грунтогравийных, щебеночных автомобильных лесовозных дорог и трелевочных волоков (табл. 1).

Неровности по следу движения транспортного средства измеряли двумя методами: геодезическим нивелированием и специальной одноосной тележкой. Скорость буксирования тележки автомобилем составляла 3—10 км/ч. Установленные на тележке гироскопический авиационный прибор ЦГВ-4, дополнительное копирующее колесо и потенциометрические датчики позволяли регистрировать на ленте шлейфового осциллографа электрические сигналы, отображающие изменение углов между продольной осью тележки и горизонтом, а также между образующей неровности продольного микропрофиля и профильной осью тележки в зависимости от пройденного пути.

Высотные отметки поверхности дороги с принятым шагом дискретизации микропрофиля (0,2 м) определяли геодезическими методами, используемыми при нивелировании, и численным интегрированием кривых углов наклона образующей неровности микропрофиля к горизонту, полученных в результате обработки осциллограмм методом пересечений.

Построение продольного профиля поверхности дороги по рассчитанным высотным отметкам, его спрямление на участках заданной длины и расчет статистических характеристик рядов распределения высот неровностей микропрофиля проводили на ЭВМ ЕС-1022, по разработанной авторами программе.

При аппроксимации корреляционных функций микропрофиля дорожной поверхности применяли алгоритм, изложенный в работе [6], в котором в качестве критерия аппроксимации использована сумма квадратов отклонений между экспериментальной и аппроксимирующей функциями. Однако, как показали многочисленные результаты аппроксимации, лучшие приближения достигаются при использовании в качестве критерия аппроксимации суммы отклонений, т. е. функционала:

Таблица 1

Характеристика неровностей продольных микропрофилей лесовозных дорог

$$(R(l) = D [A_1 e^{-\alpha_1 |l|} \cos \beta_1 l + A_2 e^{-\alpha_2 |l|} \cos \beta_2 l])$$

Тип дороги	$\sigma$ , см	$A_1$	$A_2$	$\alpha_1$ , с <sup>-1</sup>	$\alpha_2$ , с <sup>-1</sup>	$\beta_1$ , с <sup>-1</sup>	$\beta_2$ , с <sup>-1</sup>	
Волок	7,82	0,922	0,078	0,054	—	0,382	0,650	
	17,49	0,950	0,050	0,047	—	0,235	0,530	
	17,86	1,000	—	0,057	—	0,242	—	
	9,42	0,727	0,273	0,015	0,003	0,230	0,469	
	20,66	0,919	0,081	0,041	0,001	0,164	0,500	
	28,85	1,000	—	0,010	—	0,190	—	
	8,35	0,938	0,063	0,020	0,003	0,180	0,990	
	15,30	1,000	—	0,015	—	0,183	—	
	9,79	1,000	—	1,920	—	0,870	—	
	9,12	0,580	0,420	2,060	0,390	1,840	—	
	10,81	0,380	0,620	0,610	0,230	0,720	0,160	
	8,91	0,670	0,330	2,110	0,140	1,510	0,210	
	Грунтовая	3,72	0,885	0,115	0,253	1,700	0,744	—
		8,72	1,000	—	0,020	—	0,265	—
5,91		0,850	0,150	0,033	0,001	0,195	0,474	
5,01		0,942	0,058	0,020	0,001	0,140	0,507	
4,39		0,911	0,089	0,029	0,003	0,315	0,637	
3,30		1,000	—	0,090	—	0,494	—	
2,44		1,000	—	0,447	—	0,462	—	
7,77		1,000	—	1,190	—	1,310	—	
9,94		0,670	0,330	0,930	0,310	1,120	0,130	
4,87	1,000	—	0,310	—	0,560	—		
Грунтогравийная	3,83	1,000	—	2,280	—	1,570	—	
	2,53	1,000	—	3,100	—	1,060	—	
Щебеночная	3,21	0,999	0,001	0,030	0,003	0,424	0,622	
	2,26	1,000	—	0,136	—	0,274	—	
	1,32	1,000	—	0,610	—	1,330	—	
	1,64	1,000	—	0,530	—	1,020	—	
	1,69	1,000	—	1,140	—	1,380	—	
	2,23	1,000	—	1,080	—	1,270	—	
	3,98	1,000	—	0,860	—	0,960	—	
	2,50	1,000	—	0,780	—	0,960	—	
	3,46	0,710	0,290	0,110	0,370	0,360	0,170	
	3,54	0,180	0,820	0,093	0,340	0,480	—	

$$W = \int_0^{\Delta l} |R_s(l) - R_a(l)| dl,$$

где  $R_s(l)$ ,  $R_a(l)$  — экспериментальная и аппроксимирующая корреляционные функции,

который и был положен в основу алгоритма определения постоянных коэффициентов аппроксимирующего выражения корреляционной функции микропрофиля.

Для получения сравнительной информации по результатам работ различных исследователей за характеристику корреляционной функции был принят интервал пути корреляции  $\Delta l$  [5], который независимо от ее вида во всех случаях вычисляли по формуле:

$$\Delta l = \int_0^{\infty} |R(l)| dl,$$

где  $R(l)$  — корреляционная функция микропрофиля.

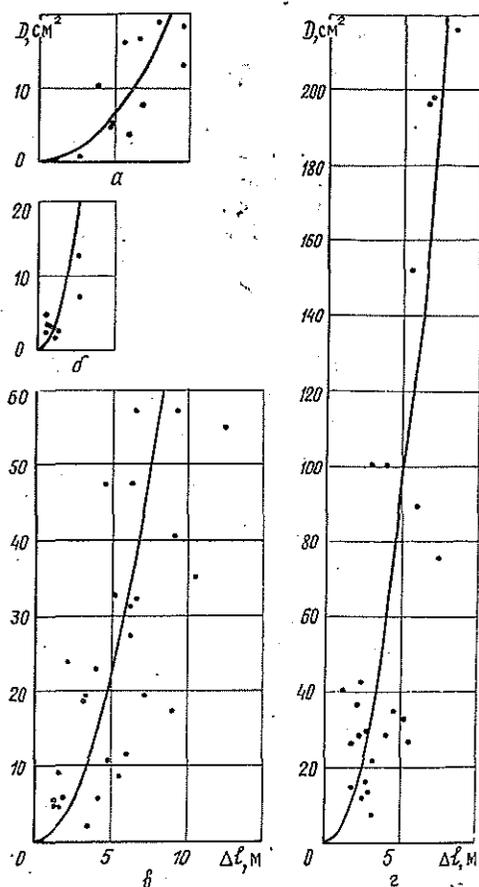


Рис. 1. Зависимость дисперсии микропрофиля лесных дорог от интервала пути корреляции. а — щебеночные дороги; б — грунтогравийные; а — грунтовые; з — трелевочные волоки.

На рис. 1 представлены зависимости дисперсии от интервала пути корреляции для различных типов лесных дорог. Несмотря на то, что измерения проводили разные исследователи на дорогах с разной степенью износа и в различных районах страны, зависимость дисперсии от интервала пути корреляции во всех случаях описывается одним выражением:

$$D = K^2 \Delta l^2,$$

где  $K$  — постоянный безразмерный коэффициент, характеризующий тип дороги.

Коэффициенты  $K$  для различных типов лесовозных дорог составляют: для трелевочного волока —  $18,794 \cdot 10^{-3}$ , грунтовой дороги —  $9,247 \times 10^{-3}$ , грунтогравийной —  $15,145 \cdot 10^{-3}$ , щебеночной —  $5,07 \cdot 10^{-3}$ .

По известному коэффициенту  $K$  при помощи критерия Стьюдента [10] определяли доверительный интервал дисперсии, отвечающий вероятности  $p = 0,95$ .

Корреляционная функция микропрофиля лесной дороги чаще всего представляется в виде [1, 4, 9, 11]

$$R(l) = D e^{-\alpha(l)} \cos \beta l,$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты корреляционной связи.

Если обобщенные вероятностные характеристики микропрофиля лесной дороги также представить в виде упрощенной функции, то достаточно задать дисперсию и безразмерный постоянный коэффициент  $K$ , чтобы полностью определить функцию корреляции. Неизвестный коэффициент корреляционной связи  $\alpha$ , характеризующий затухание:

$$\alpha = \frac{K}{\sigma},$$

где  $\sigma$  — средняя квадратичная высот неровностей микропрофиля.

Для определения коэффициента  $\beta$ , характеризующего периодичность, можно воспользоваться приближенной аналитической зависимостью между коэффициентами корреляционной связи  $\beta/\alpha \approx 1,6$ .

По известной корреляционной функции, при помощи обратного преобразования Фурье, может быть получена спектральная плотность воздействия микропрофиля. На рис. 2 в логарифмических координатах представлены обобщенные спектральные плотности для различных ти-

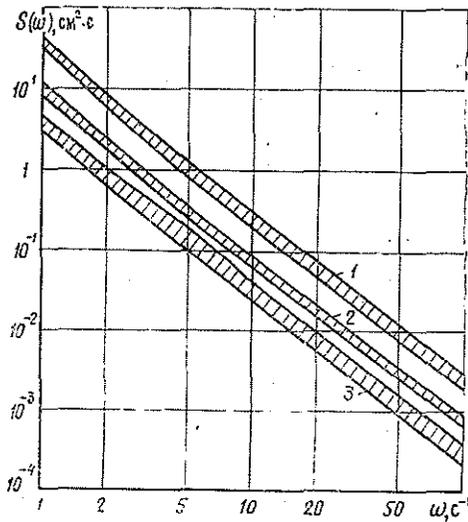


Рис. 2. Обобщенные спектральные плотности микропрофиля лесных дорог.

1 — трелевочный волок; 2 — грунтовая дорога;  
3 — щебеночная дорога.

нов лесных дорог, которые с достаточной точностью аппроксимируются зависимостью:

$$S(\omega) = A\omega^{-N},$$

где  $A$  — постоянный коэффициент, соответствующий значению спектральной плотности данного типа дороги при  $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$ ;

$\omega$  — круговая частота;

$N$  — показатель степени, характеризующий волнистость дороги.

В табл. 2 приведены установленные на основании изложенной методики коэффициенты обобщенных вероятностных характеристик микропрофилей основных типов лесных дорог.

Таблица 2

Обобщенные характеристики микропрофилей лесовозных дорог

Тип дороги	Корреляционная функция $R(l) = De^{-\alpha l } \cos \beta l$			Спектральная плотность $S(\omega) = A\omega^{-N}$	
	$D, \text{ см}^2$	$\alpha, \text{ с}^{-1}$	$\beta, \text{ с}^{-1}$	$A, \text{ см}^2 \cdot \text{с}$	$N$
Волок	69,14—27,76	0,23—0,36	0,36—0,57	40,7—28,8	2,13—2,18
Грунтовая	23,78—12,55	0,19—0,26	0,30—0,42	10,67—9,06	2,10—2,16
Щебеночная	14,14 5,50	0,14—0,22	0,22—0,35	4,60—2,89	2,0—2,14

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Данчук В. Г. Исследование нагрузочных режимов подвески лесовозных автопоездов на базе трехосных автомобилей повышенной проходимости: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук.— Львов, 1973.— 24 с. [2]. Добрынин Ю. А. Исследование вертикальной динамики колесного трактора на трелевке леса в условиях рубок промежуточного пользования: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук.— Л., 1973.— 25 с. [3]. Жуков А. В., Майко И. П., Калуба С. М. Статистические характеристики и моделирование непрерывно действующих возмущений от неровностей дорог и лесных волоков.— В кн.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяй-

ства. Л.: ЛТА, 1980, вып. 9, с. 24—29. [4]. Малиновский Е. Ю., Гайцгорн М. М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой.— М.: Машиностроение, 1974.— 176 с. [5]. Пархиловский И. Г. Автомобильные листовые рессоры.— М.: Машиностроение, 1978.— 132 с. [6]. Перетятко Б. Т., Билык Б. В. Оценка точности аппроксимации корреляционных функций микропрофиля дорожной поверхности.— Тр./ ЦНИИМЭ, 1982, с. 78—81. [7]. Рыскин Ю. Е. Исследование вопросов плавности хода лесного колесного тягача: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— Химки, 1973.— 23 с. [8]. Семенов М. Ф., Солдатенков В. И. Статистические характеристики микропрофилей волоков и нагруженность силовой передачи трактора ТБ-1.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 6, с. 35—39. [9]. Силуков Ю. Д., Плужников Н. Н. Статистические характеристики воздействия микропрофиля лесовозных дорог.— Автомоб. пром-сть, 1973, № 5, с. 20—22. [10]. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики.— М.: Наука, 1969.— 511 с. [11]. Хлуд В. Я. Установление статистических характеристик микропрофилей горных лесовозных дорог Краснодарского края.— Тр./ ЦНИИМЭ, 1974, с. 128—134.

Поступила 15 июля 1985 г.

УДК 630\*378.5

## ДВИЖЕНИЕ СПЛОТНОЙ ЕДИНИЦЫ В СОРТИРОВОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ

Г. Я. СУРОВ, В. А. БАРАБАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

В Северодвинском бассейне изменение траектории движения пучка в сортировочном устройстве осуществляется при помощи плавающего рычага, снабженного потокообразователем [1]\*. После прекращения воздействия рычага пучок движется по инерции и попадает в окно сортировочного коридора. Для того чтобы установить момент прекращения воздействия рычага и обеспечить необходимое положение пучка в сортировочном дворике, следует знать параметры траектории движения пучка.

Вопросами сортировки пучков на лесосплавных рейдах занимались К. А. Чекалкин, Е. В. Хазов и другие исследователи. Так, в работах [4, 6] рассмотрена сортировка пучков гидравлической струей, а в работе [5] приводятся два параметрических уравнения для построения траектории перемещения пучка с одной фигурной плитки на другую.

Ниже рассматривается движение пучка в сортировочном устройстве под воздействием плавающего рычага с учетом сил влечения от уклона водной поверхности и ветра.

В системе неподвижных координат, изображенной на рисунке, движение пучка по оси  $Y$  описывается следующим уравнением (разгон пучка потоком):

$$m_y \ddot{y} = k_y (v_p - \dot{y}) + R_i \pm R_{vy}, \quad (1)$$

где  $m_y$  — действующая масса пучка с учетом масс воды в пустотах пучка и присоединенной массы в направлении оси  $Y$ ;

$\ddot{y}$  — ускорение пучка вдоль оси  $Y$ ;

$k_y$  — коэффициент пропорциональности составляющей силы сопротивления воды вдоль оси  $Y$ ;

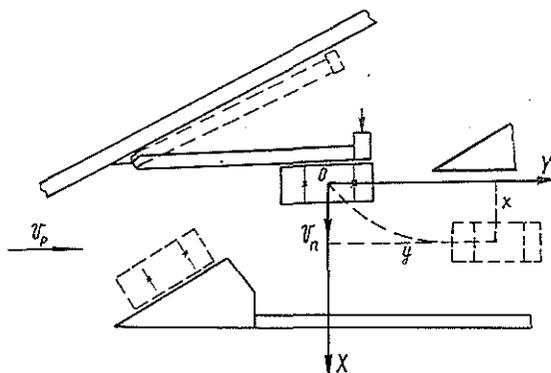
$v_p$  — скорость течения реки;

$\dot{y}$  — скорость пучка по оси  $Y$ ;

$R_i$  — сила влечения пучка от уклона поверхности реки;

\* Устройство применяется с 1978 г. на лесосплавных рейдах производственного объединения Двиносплав.

Расчетная схема движения пучка в сортировочном устройстве.



$$R_l = mgi,$$

Здесь  $m$  — масса пучка;  
 $g$  — ускорение свободного падения;  
 $i$  — уклон поверхности реки.

Движение пучка по оси  $X$  (торможение в потоке)

$$m_x \ddot{x} = -k_x \dot{x} \pm R_{vx}, \quad (2)$$

где  $m_x$  — действующая масса пучка с учетом масс воды в пустотах пучка и присоединенной массы в направлении оси  $X$ ;

$\ddot{x}$  — ускорение пучка по оси  $X$ ;

$k_x$  — коэффициент пропорциональности составляющей силы сопротивления воды по оси  $X$ ;

$\dot{x}$  — скорость пучка по оси  $X$ .

В уравнениях (1) и (2)  $\pm R_{vy}$  и  $\pm R_{vx}$  — соответственно составляющие силы ветра по осям  $Y$  и  $X$ . Знак плюс ставится при совпадении направления силы ветра с направлением движения пучка, знак минус — при несовпадении. При этом считаем, что  $v_{vx} - \dot{x} \approx v_{vx}$  и  $v_{vy} - \dot{y} \approx v_{vy}$ , так как максимальные значения  $\dot{x}$  и  $\dot{y}$  примерно на два порядка меньше соответственно  $v_{vx}$  и  $v_{vy}$ .

После преобразований уравнения (1) и (2) имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \ddot{y} &= \frac{k_y}{m_y} v_p - \frac{k_y}{m_y} \dot{y} + \frac{R_l \pm R_{vy}}{m_y}; \\ \ddot{x} &= -\frac{k_x}{m_x} \dot{x} \pm \frac{R_{vx}}{m_x}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Представим уравнения [3] в параметрической форме

$$\left. \begin{aligned} \ddot{y} + a_1 \dot{y} - a_2 &= 0; \\ \ddot{x} + a_3 \dot{x} - a_4 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $a_1 = \frac{k_y}{m_y}$ ;

$$a_2 = \frac{k_y}{m_y} v_p + \frac{R_l \pm R_{vy}}{m_y};$$

$$a_3 = \frac{k_x}{m_x};$$

$$a_4 = \pm \frac{R_{vx}}{m_x}.$$

Решим первое уравнение системы (4) при начальных условиях  $t = 0$ ,  $y = 0$ ,  $\dot{y} = 0$ . Подставив  $\dot{y} = v_y$  и разделив переменные [2], получим дифференциальное уравнение:

$$\frac{dv_y}{a_2 - a_1 v_y} = dt, \quad (5)$$

общее решение которого:

$$-\frac{1}{a_1} \ln C_1 (a_2 - a_1 v_y) = t. \quad (6)$$

Так как при  $t = 0$   $v_y = 0$ , то

$$C_1 = \frac{1}{a_2}.$$

Таким образом, уравнение (6) принимает вид:

$$-\frac{1}{a_1} \ln \frac{1}{a_2} (a_2 - a_1 v_y) = t. \quad (7)$$

отсюда

$$1 - \frac{a_1}{a_2} v_y = e^{-a_1 t}. \quad (8)$$

Выразим из уравнения (8)  $v_y$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{a_2}{a_1} (1 - e^{-a_1 t}). \quad (9)$$

Разделим переменные и проинтегрируем

$$y = \frac{a_2}{a_1} \left( t + \frac{1}{a_1} e^{-a_1 t} + C_2 \right). \quad (10)$$

При начальных условиях  $t = 0$ ,  $y = 0$

$$C_2 = -\frac{1}{a_1}.$$

Таким образом, решение уравнения (10) имеет вид

$$y = \frac{a_2}{a_1} \left( t + \frac{1}{a_1} e^{-a_1 t} - \frac{1}{a_1} \right)$$

или

$$y = \frac{a_2}{a_1} \left[ t - \frac{1}{a_1} (1 - e^{-a_1 t}) \right]. \quad (11)$$

Решим второе уравнение системы (4) при начальных условиях  $t = 0$ ,  $x = 0$ ,  $\dot{x} = v_n$ , где  $v_n$  — скорость движения пучка в момент прекращения воздействия рычага, метод определения которой изложен в работе [3].

Воспользуемся подстановкой  $\dot{x} = v_x$

$$\frac{dv_x}{dt} + a_3 v_x - a_4 = 0.$$

Разделим переменные

$$\frac{dv_x}{a_4 - a_3 v_x} = dt.$$

Проинтегрируем

$$-\frac{1}{a_3} \ln C_3 (a_4 - a_3 v_x) = t.$$

Используя начальные условия, найдем постоянную интегрирования:

$$C_3 = \frac{1}{a_4 - a_3 v_{п}}.$$

Тогда

$$-\frac{1}{a_3} \ln \left( \frac{a_4 - a_3 v_x}{a_4 - a_3 v_{п}} \right) = t, \quad (12)$$

отсюда

$$\frac{a_4 - a_3 v_x}{a_4 - a_3 v_{п}} = e^{-a_3 t}. \quad (13)$$

Выразим из уравнения (13)  $v_x$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_{п} e^{-a_3 t} + \frac{a_4}{a_3} (1 - e^{-a_3 t}). \quad (14)$$

Разделим переменные в уравнении (14) и проинтегрируем

$$x = -v_{п} \frac{1}{a_3} e^{-a_3 t} + \frac{a_4}{a_3} t + \frac{a_4}{a_3^2} e^{-a_3 t} + C_4. \quad (15)$$

Постоянная  $C_4$  при заданных начальных условиях

$$C_4 = \frac{a_3 v_{п} - a_4}{a_3^2}.$$

Значит, решение уравнения (15)

$$x = \frac{v_{п}}{a_3} (1 - e^{-a_3 t}) + \frac{a_4}{a_3} t + \frac{a_4}{a_3^2} (e^{-a_3 t} - 1). \quad (16)$$

Подставим в уравнения (11) и (16) значения  $a_1, a_2, a_3, a_4$ .

$$\left. \begin{aligned} y &= \left( v_{п} + \frac{R_l}{k_y} + \frac{\pm R_{вy}}{k_y} \right) \left[ t + \frac{m_y}{k_y} \left( e^{-\frac{k_y}{m_y} t} - 1 \right) \right]; \\ x &= \frac{m_x}{k_x} v_{п} \left( 1 - e^{-\frac{k_x}{m_x} t} \right) + \frac{\pm R_{вx}}{k_x} t + \frac{\pm R_{вx} m_x}{k_x^2} \left( e^{-\frac{k_x}{m_x} t} - 1 \right). \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Полученные решения позволяют определить координаты пучка в любой момент времени при движении его в сортировочном дворике. Это, в свою очередь, дает возможность установить момент прекращения воздействия на пучок рычага, место его установки в наклонном коридоре, а используя метод расчета устройства [3], — продолжительность работы потокообразователя.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 624850 (СССР). Устройство для сортировки пучков бревен на воде/ К. А. Чекалкин, Е. В. Хазов, В. А. Барабанов, Г. Я. Суров. — Оpubл. в Б. И., 1978, № 35. [2]. Пономарев К. К. Специальный курс высшей математики. — М.: Высш. школа, 1974. — 374 с. [3]. Суров Г. Я. Метод расчета устройства для сортировки пучков бревен на воде. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 6, с. 64—69. [4]. Хазов Е. В., Чекалкин К. А. О процессе сортировки бревенных пучков боковым воздействием гидравлической струи на рейдах с нулевыми скоростями течения. — В кн.: Исследования по механизации лесоразработок и транспорту леса, Архангельск, 1971, с. 74—77. (Тр./ АЛТИ; Вып. 28). [5]. Чекалкин К. А. Уравнения траектории движения бревенного пучка в сортировочном устройстве с наклонным сортировочным коридором. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1972, № 5, с. 72—76.

[6]. Чекалкин К. А., Хазов Е. В. К теории процесса сортировки бревенных пучков боковым воздействием гидравлической струи.— Изв. высш. учеб. заведений, Лесн. журн., 1970, № 5, с. 47—52.

Поступила 21 февраля 1985 г.

УДК 621.86.063.2.001.2

## ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ РОТАТОРА В ПРОЦЕССЕ ТОРМОЖЕНИЯ ГРЕЙФЕРА С ЛЕСОМАТЕРИАЛОМ МЕТОДОМ ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ

В. В. КРЫЛОВ, А. И. ПАНЧЕНКО

Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства

В лесной промышленности для механизации погрузочно-разгрузочных работ все шире применяют гидроманипуляторы с грейфером на жестком подвесе. Наиболее эффективным средством для ориентации грейфера является неполноповоротный ротатор (моментный гидроцилиндр) [2]. Он дает возможность безредукторно соединить выходной вал привода с грейфером. Однако применение ротаторов ограничивается отсутствием надежного уплотнения стыка цилиндрической и торцевой поверхностей корпуса цилиндра. Доказано, что в моментных гидроцилиндрах с пластинами прямоугольной формы практически невозможно надежно уплотнить углы рабочей камеры и неровности монтажных стыков, поэтому нельзя добиться высоких значений рабочего давления и объемного коэффициента полезного действия гидропривода. В моментных гидроцилиндрах рекомендуется применять пластины полукруглой формы, которые обеспечат надежное уплотнение рабочей камеры и не будут иметь монтажных стыков [1].

При эксплуатации неполноповоротных ротаторов с прямоугольной пластиной основным недостатком является большой угол поворота при торможении. Это происходит вследствие низкого объемного КПД гидродвигателя.

Для значительного уменьшения угла торможения при развороте грейфера с круглыми лесоматериалами рекомендуется использовать метод «противодавления». Этот метод заключается в следующем: для четкого фиксирования грейфера с лесоматериалом рабочая жидкость подается под давлением в полость вытеснения ротатора. Необходимость применения метода противодавления зависит от момента инерции разворачиваемых масс относительно оси вращения и угловой скорости разворота.

Для опробования метода были проведены экспериментальные исследования на специальном стенде, созданном на кафедре деталей машин и ТММ Московского лесотехнического института. Стенд представляет собой двухэлементный шарнирно сочлененный гидроманипулятор, установленный на жесткое основание. Грейфер с перекрывающимися челюстями имеет двухшарнирный подвес к неполноповоротному ротатору.

Экспериментальные исследования проводили следующим образом. Грейфером гидроманипулятора стенда зачерпывают круглые лесоматериалы; при помощи гидроцилиндров стрелы и рукояти гидроманипулятора поднимают грейфер с лесоматериалами на высоту 2—3 м; с использованием неполноповоротного ротатора разворачивают грейфер относительно вертикальной оси и в нужный момент производят остановку методом противодавления.

При исследованиях использовали сортаменты длиной 6 м. Общая масса грейфера с круглыми лесоматериалами до 1000 кг. Скорость разворота грейфера неполноповоротным ротатором изменяли от 0,75 до 3 рад/с.

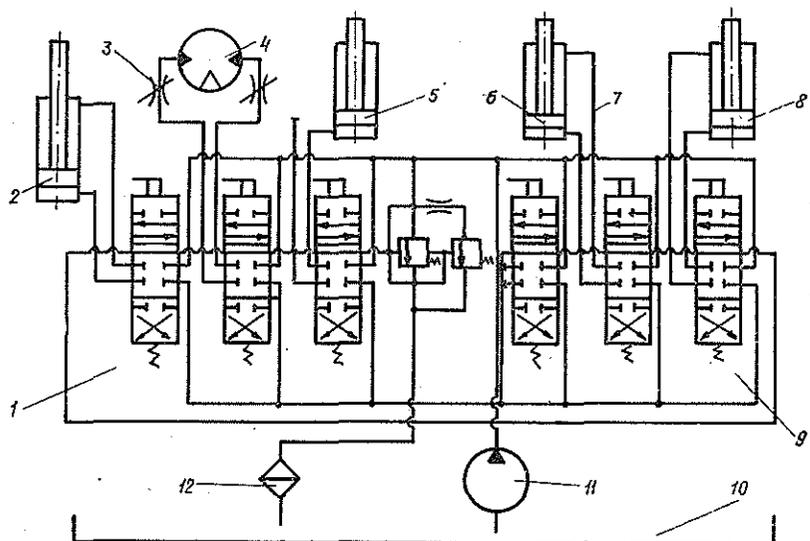


Рис. 1. Схема гидропривода станда-манипулятора.

1 — гидрораспределитель Р-75-43ПГ-1А; 2 — гидроцилиндр грейфера; 3 — дроссель-расходомер ДР-70; 4 — неполноповоротный ротатор; 5 — гидроцилиндр механизма поворота стрелы; 6 — гидроцилиндр рукояти; 7 — соединительные магистрали (гибкие шланги); 8 — гидроцилиндр стрелы; 9 — гидрораспределитель Р-75-43ПГ-2Б; 10 — маслобак; 11 — гидронасос НШ-46У; 12 — фильтр.

В гидросистему манипулятора станда входят: гидронасос НШ-46, гидрораспределитель золотникового типа Р-75-43, неполноповоротный ротатор КЛ-4, гидроцилиндры стрелы, рукояти и грейфера. Все гидродвигатели и гидрораспределитель соединены гибкими шлангами (рис. 1).

Для изменения угловой скорости вала неполноповоротного ротатора применяли дроссели-расходомеры ДР-70, которые устанавливали в нагнетательной и сливной полости.

Регистрация параметров разворота и торможения грейфера с лесоматериалом осуществлялась с использованием тензометрического метода.

Давление рабочей жидкости в нагнетательной и сливной полостях ротатора определяли с применением тензодатчиков давления ТДД-100. Датчики тарировали на специальных стендах ЦНИИМЭ. Крутящий момент на валу ротатора регистрировали с помощью тензодатчиков сопротивления, установленных по полумостовой схеме. Электрические сигналы от тензодатчиков усиливали тензоусилителем ТУП-101 «Топаз-1» и фиксировали светолучевым осциллографом Н-700.

Характерная осциллограмма процесса торможения грейфера с лесоматериалом методом противодействия представлена на рис. 2.

При изучении динамического крутящего момента на валу ротатора мы выделяем:  $M_1$  — пусковой крутящий момент;  $M_y$  — установившийся крутящий момент при разгоне;  $M_2$  — динамический тормозной момент в процессе торможения методом противодействия;  $M_3$  — избыточный тормозной момент.

Соотношение между этими моментами при различных угловых скоростях разворота неполноповоротным ротатором грейфера с круглыми лесоматериалами показывает, что при  $\omega > 2,25$  рад/с динамический тормозной момент существенно возрастает и в 4—5 раз превышает установившийся (рис. 3).

Как видно из характерной осциллограммы, давление рабочей жидкости в нагнетательной и сливной полостях ротатора и динамический крутящий момент изменяются по экспоненциальному закону. Эти явления объясняются значительными внутренними перетечками рабочей

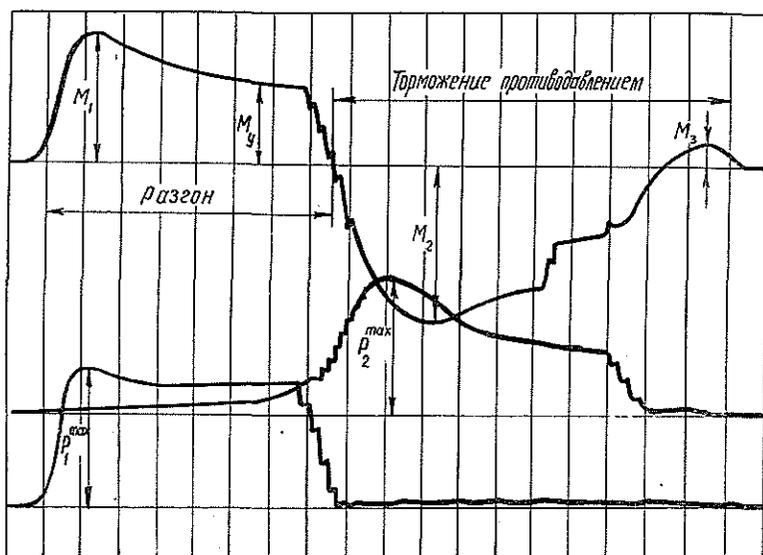


Рис. 2. Характерная осциллограмма процесса разгона и торможения методом противодавления (масса грейфера с лесоматериалом 500 кг, длина круглых сортиментов 6 м, угловая скорость разворота 1 рад/с).

$P_1^{max}$  — максимальное давление нагнетания рабочей жидкости в роторе при пуске;  $P_2^{max}$  — максимальное противодавление рабочей жидкости в роторе при торможении.

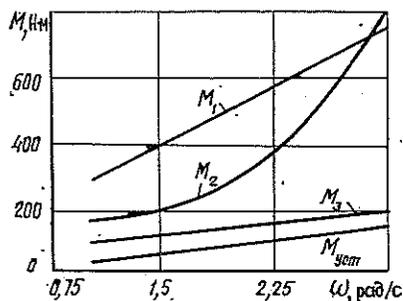


Рис. 3. Зависимость динамических крутящих моментов на валу ротора от угловой скорости разворота грейфера с лесоматериалом (масса грейфера с лесоматериалом 500 кг, длина круглых сортиментов 6 м).

жидкости из полости нагнетания в полость слива ротора, которые демпфируют колебания давления рабочей жидкости.

Обработка экспериментальных данных позволила составить уравнение регрессии, связывающее коэффициент динамичности при торможении  $K_2$  с угловой скоростью разворота  $\omega$ , массой грейфера с лесоматериалом  $m$ :

$$K_2 = 6,82 - 0,06m + 0,37\omega.$$

Зная коэффициент динамичности, можно определить динамический тормозной момент на валу неполноповоротного ротора.

Полученное уравнение регрессии позволяет обоснованно выбирать параметры ротора при торможении грейфера с лесоматериалом методом противодавления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Перекрестов А. В. Определение расходов жидкости и крутящего момента на валу моментного гидроповоротника с рабочими пластинами любой формы.— Вестн. машиностроения, 1971, № 12. [2]. Таубер Б. А. Грейферные механизмы.— М.: Машиностроение, 1967.— 421 с.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

### РЕГУЛИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ПРОДОЛЬНОГО ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

В. Р. ФЕРГИН

Московский лесотехнический институт

Регулирование процессов продольного пиления древесины на лесопильных рамах, кругло-и ленточнопильных станках обеспечивает их интенсификацию благодаря повышению производительности распиловки сырья и уменьшению упущенной выгоды из-за снижения припусков размеров пиломатериалов и улучшения качества их обработки. При регулировании своевременно компенсируется действие возмущающих факторов и полнее используются резервы, созданные благоприятными условиями пиления (например, при пилении острыми пилами в начале периода, качественной подготовке и установке пил, хорошем техническом состоянии оборудования и т. д.). Управляющие факторы при регулировании: скорость подачи и уровни настройки пил для каждой доски в поставе.

Известные методы статистического регулирования качества обработки при пилении [3, 7] являются периодическими. Они позволяют компенсировать возмущающие воздействия, связанные с техническим состоянием оборудования, подготовкой, установкой и натяжением пил, свойствами древесины и затуплением пил. Однако в течение межконтрольного промежутка процесс пиления, по существу, управляется неформализованно, лишь по опыту и интуиции оператора, что приводит к потерям. Методы непрерывного регулирования в течение межконтрольного промежутка можно реализовать в системах с разомкнутой цепью воздействия как программное управление скоростью подачи  $x_1$  во времени  $t$  и в функции текущего расчетного диаметра бревна, а также в комбинации программного управления скоростью подачи во времени с регулированием по возмущению, связанному с измеряемым изменением диаметра бревна [1, 6]. Программы регулирования  $x_1(t)$  рассчитывают для усредненных свойств древесины, характеристик износа зубьев пил, сбега бревен.

Более совершенны методы регулирования процессов пиления с замкнутой цепью воздействия (по отклонению). Учитывая трудности, связанные с непрерывным измерением показателей качества обработки при пилении, может оказаться эффективным метод регулирования по отклонению косвенных показателей, коррелированных с показателями качества обработки, например, усилий и мощности резания [2]. Тогда установку регулирования, например мощность резания, задают на уровне, который обеспечивает требуемое качество обработки. Стабилизируемую мощность резания  $[N_p]$  в каждом межконтрольном промежутке рассчитывают из соотношения (при условии, что основным является ограничение по точности обработки)

$$\int_{t_1}^{t_2} x_1(t, [\sigma]) dt = \int_{t_1}^{t_2} x_1(t, [N_p]) dt, \quad (1)$$

где  $[\sigma]$  — допустимое среднее квадратичное отклонение размеров пиломатериалов.

При регулировании мощности резания необходимо вводить ограничение на регулирующий фактор  $x_1$  из-за межторцевых разрывов при распиловке сырья и по причине постепенного ввода пил в пропилы ввиду сбега бревен и брусьев. Это ограничение может быть программным по длине бревна и бруса с учетом затупления пил.

Регулирование процессов пиления по мощности резания позволит компенсировать влияние таких возмущающих факторов, как свойства древесины, затупление пил, высота пропила.

Рассмотренные методы непрерывного регулирования процессов пиления не имеют обратных связей по качеству обработки и не позволяют учитывать техническое состояние оборудования, подготовку, натяжение и настройку пил. Поэтому целесообразно комбинировать методы непрерывного и периодического регулирования. Тогда по результатам измерения показателей качества обработки следует корректировать уровни настройки пил, а также параметры программ управления скоростью подачи или уставку регулирования мощности резания, например последнюю, по формуле:

$$[N_p^{(d+1)}] = [N_p^{(d)}] \left( A_{d+1} + \frac{[\sigma] - \sigma_d}{[\delta]} \right). \quad (2)$$

Здесь  $[N_p^{(d+1)}]$  — уставка регулирования мощности резания в  $(d+1)$ -м межконтрольном промежутке;

$[N_p^{(d)}]$  — уставка регулирования в  $d$ -том межконтрольном промежутке;

$\sigma_d$  — фактическое среднее квадратичное отклонение размеров пиломатериалов в конце  $d$ -того межконтрольного промежутка;

$A_{d+1}$  — коэффициент для  $(d+1)$ -го межконтрольного промежутка (рассчитывают по модели заранее для каждого межконтрольного промежутка).

Практическая реализация методов регулирования процессов пиления невозможна без организации операционного контроля качества обработки пиломатериалов (точности размеров и формы пиломатериалов, шероховатости поверхности распила). В настоящее время он является выборочным и производится контролерами при остановленном лесопильном оборудовании.

Важнейшими являются задачи планирования операций систематического выборочного контроля качества обработки и обоснования параметров измерительных средств. Контроль необходимо обосновать с позиций некоторого критерия эффективности, числа операций  $k_j$  за период  $G$  и числа измерений  $\omega_j$   $j$ -того показателя качества в каждой операции контроля. Их можно определить в результате минимизации суммарных затрат.

В общем случае для процессов пиления древесины имеем

$$G = \sum_{j=1}^n [s_1 + s_{2j} k_j \tau_{kj}(\omega_j) + \gamma_j s_{3j} \tau_{pj}(k_j) + s_{4j} k_j \alpha_j(\omega_j) + \gamma_j s_{3j} \beta_j(\omega_j)(T - k_j \tau_{kj})], \quad (3)$$

где  $s_1$  — затраты на проведение измерений показателей качества обработки за период пиления  $T$ ;

$s_{2j}$  — затраты в единицу времени, связанные с простоями оборудования с целью контроля  $j$ -того показателя качества;

$\tau_{kj}$  — время контроля  $j$ -того показателя качества обработки;

$s_{3j}$  — затраты в единицу времени, связанные с выпилкой дефектных пиломатериалов по  $j$ -тому показателю;

- $\gamma_j$  — доля пиломатериалов, дефектных по  $j$ -тому показателю при разладке оборудования;
- $\tau_{pj}$  — среднее время работы оборудования при незамеченной разладке по  $j$ -тому показателю;
- $s_{4j}$  — затраты на подналадки оборудования по  $j$ -тому показателю качества обработки;
- $\alpha_j$  — вероятность ошибки первого рода при контроле  $j$ -того показателя;
- $\beta_j$  — вероятность ошибки второго рода при контроле  $j$ -того показателя.

В частном случае для планирования процедур контроля точности размеров пиломатериалов (считая, что контроль точности формы пиломатериалов и шероховатости поверхности распила производится визуально без остановок оборудования как в настоящее время) критерий  $G$  примет вид

$$G = s_1 + s_2 k c \omega + \gamma s_3 \frac{d}{k} + s_4 k [0,5 \exp(-a\omega)] + \gamma s_3 [0,5 \exp(-b\omega)](T - k c \omega). \quad (4)$$

Здесь  $a, b, c, d$  — константы.

При обоснованных для рамного пиления исходных данных получены, независимо от диаметров сырья, параметры процедур контроля точности размеров пиломатериалов (табл. 1). Контрольные границы для статистического регулирования точности распиловки аналоговыми измерительными приборами рассчитаны по известным формулам [5] и приведены в табл. 2.

Таблица 1

Период пиления, мм	Число			
	операций контроля за период	измерений	измерений на доске (брусе)	контролируемых последовательно выпиленных досок (брусев)
160	3	6	3	2
240	3	9	3	3
480	4	12	3	4

Примечание. Рекомендуется производить измерения в трех местах доски (бруса): посередине и отступив от краев на 50—100 см.

Таблица 2

Период пиления, мм	Статистическая оценка			
	Среднее арифметическое, мм	Медиана, мм	Среднее квадратичное отклонение, мм	
			Верхняя граница	Нижняя граница
160	$\pm 0,41$	$\pm 0,51$	0,880	0,370
240	$\pm 0,34$	$\pm 0,43$	0,806	0,368
480	$\pm 0,33$	$\pm 0,42$	0,802	0,366

Примечание. Контрольные границы даны относительно распиловочных размеров пиломатериалов (с учетом припусков на усушку и на точность размеров [8]).

Для контроля точности размеров широко используют предельные приборы (например, измерительные вилки). Пусть величина интервала

между проходным и непроходным размерами  $2f = 2,0$  мм ( $f = \pm 1,0$  мм).

По данным контроля предельным прибором средняя погрешность размеров  $\bar{e}$  и среднее квадратичное отклонение  $\bar{\sigma}$  вычисляют по формулам [4]

$$\bar{e} = \frac{f}{\Phi(f/\bar{\sigma})} (\omega_{\text{пр}} - \omega_{\text{непр}}); \quad (5)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{f}{\Phi(f/\bar{\sigma})} \sqrt{\omega(\omega_{\text{пр}} + \omega_{\text{непр}}) - (\omega_{\text{пр}}^2 + \omega_{\text{непр}}^2) + 2\omega_{\text{пр}}\omega_{\text{непр}}}, \quad (6)$$

где  $\omega_{\text{пр}}$  — число выходов измерений за проходной размер измерительной вилки;

$\omega_{\text{непр}}$  — число выходов измерений за непроходной размер;

$\Phi$  — функция Лапласа при усредненной величине  $\bar{\sigma}$ .

Расчеты показали, что при контрольных границах, указанных в табл. 2, погрешностях размеров измерительной вилки в пределах  $\pm 0,1$  мм и величине интервала 2,0 мм должны быть рекомендованы следующие формализованные правила статистического регулирования процессов рамного пиления древесины:

1) при выходе только одного измерения в выборке за пределы измерительной вилки не следует вмешиваться в процесс пиления;

2) при выходе двух и более измерений за пределы вилки необходимо всегда уменьшать скорость подачи (или параметры ее регулирования) и производить поднастройку пил, если  $|\omega_{\text{пр}} - \omega_{\text{непр}}| > 1$ ;

3) при отсутствии выходов измерений за пределы вилки можно увеличить скорость подачи или параметры ее регулирования в соответствии с алгоритмом регулирования, приняв  $\bar{\sigma} = \frac{f}{3}$ .

По этим правилам производят статистическое регулирование процессов пиления и при случайном сбое настройки пил, например, из-за засор и т. п.

Автоматизация контроля и регулирования процессов пиления наиболее эффективно может быть обеспечена во фрезернопильных линиях со сдвоенными агрегатами в условиях применения микропроцессорной техники и датчиков качества обработки пиломатериалов проходного типа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 237471 (СССР). Способ программного регулирования скорости подачи дереворежущих станков/ А. А. Пижурин, В. Р. Фергин.— Оpubл. в Б. И., 1969, № 8.  
 [2]. А. с. 1174259 (СССР). Способ регулирования скорости подачи пильного станка/ В. Р. Фергин, В. Г. Берзиньш.— Оpubл. в Б. И., 1985, № 31. [3]. Головинский В. В. Статистические методы регулирования и контроля качества. Расчет оптимальных вариантов.— М.: Машиностроение, 1974.— 264 с. [4]. Роткоп Л. Л. Автоматическое управление процессами массового производства.— М.: Машиностроение, 1972.— 240 с. [5]. Статистические методы в инженерных исследованиях/ В. П. Бородюк, А. П. Воцнин, А. З. Иванов и др. Под ред. Г. К. Круга: Учеб. пособие для вузов.— М.: Высш. школа, 1983.— 216 с. [6]. Фергин В. Р. Методы оптимизации в лесопильно-деревообрабатывающем производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 216 с. [7]. Фергин В. Р., Курицын А. К. Алгоритмы сбора и обработки информации при управлении точностью рамной распиловки.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 6, с. 136—140. [8]. Фергин В. Р. Методика расчета технологических параметров процессов пиления древесины.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1984, № 3, с. 55—58.

Поступила 18 февраля 1986 г.

УДК 674.05:534.1

**ВЛИЯНИЕ ДВОЯКОГО ИЗМЕНЕНИЯ РЕАКЦИИ БРЕВНА НА УГЛОВЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ТОРЦОВОЙ ПЛОСКОСТИ ФРЕЗЫ**

Т. П. СТУКОВА, И. А. ПОПОВА

Архангельский лесотехнический институт

Внешней силой, вызывающей отклонения торцовой плоскости фрезы, является реакция бревна, равная по модулю осевой силе:

$$\bar{Q}_{бр}(t) = -\bar{Q}_{ос}(t).$$

По отношению к неподвижной системе отсчета  $C_{x,y,z_1}$  реакция бревна  $Q_{бр}(t)$  при вращении фрезы перемещается в пространстве по дуге  $AKB$  (рис. 1), принимая различные значения, соответствующие толщине срезаемого в данный момент слоя. Чтобы учесть двоякое изменение реакции  $Q_{бр}(t)$  при вычислении угловых отклонений торцовой плоскости фрезы [3], реакцию  $Q_{бр}(t)$  привели к точке  $K$ , соответствующей максимальному значению силы  $Q_{бр}(t)$  [2]. При этом получено, что реакция бревна в пространстве не перемещается, приложена в точке  $K$ , имеет постоянное направление, но изменяется по модулю. Одновременно добавляется пара сил с моментом, равным моменту силы  $Q_{бр}(t)$  относительно центра приведения (точки  $K$ ).

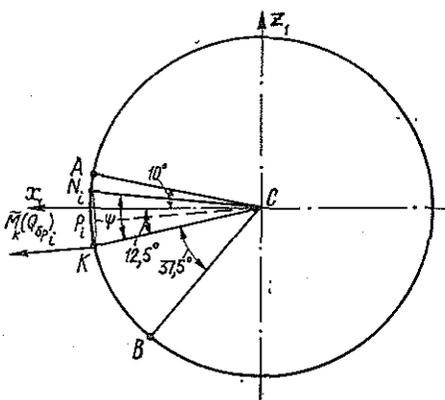


Рис. 1. Сечение фрезы плоскостью среднего радиуса.  
 АКВ — зона резания, соответствующая центральному углу 60°.

Влияние реакции бревна  $Q_{бр}(t)$  на угловые повороты фрезы рассмотрено нами в работе [3].

Исследуем влияние на угловые повороты фрезы момента силы  $Q_{бр}(t)$  относительно точки  $K$ , вычисляемого по формуле:

$$M_K(Q_{брi}) = Q_{бр}(t)_i p_i,$$

где  $Q_{бр}(t)_i$  — величина реакции бревна в точке  $N_i$  зоны резания  $AKB$ ;

$p_i$  — плечо силы, т. е. перпендикуляр, опущенный из точки  $K$  на линию действия реакции бревна в точке  $N_i$ ;

$N_i$  — точка зоны резания, соответствующая углу  $ACN_i$  (рис. 1);  $i$  изменяется от 1 до 25.

В таблице приведены значения угла  $ACN_i$ , сил  $Q_{бр}(t)_i$ , соответствующих точкам  $N_i$  на дуге  $AKB$  (рис. 1), взятых с интервалом в 2,5°.

Плечо  $p_i$  вычисляли по формуле

$$p_i = 2R \sin \frac{\psi_i}{2}.$$

Угол $\angle ACN_P$ град	$Q_{бр} (t)_P$ Н	$\frac{\psi_i}{2}$ , град	$p_i$ , м	$M_K (Q_{бр_i})$ , Нм	$\varphi_i$ , град	$M_{x_1}$ , Нм	$M_{z_1}$ , Нм
0	0	11,25	0,12954	0	1,25	0	0
2,5	1227,0	10,00	0,11530	141,410	2,50	141,345	-6,1710
5,0	2886,5	8,00	0,10100	291,560	3,25	290,936	-19,0640
7,5	4015,8	7,50	0,08670	349,050	5,00	346,726	-30,3340
10,0	5317,3	6,25	0,07229	384,370	6,25	382,085	-41,8450
12,5	6246,9	5,00	0,05900	361,520	7,50	358,427	-47,1880
15,0	7053,0	3,75	0,04343	306,295	8,75	302,730	-46,5940
17,5	7474,0	2,50	0,02896	216,470	10,00	213,181	-37,5896
20,0	7704,0	1,25	0,01449	111,590	11,25	109,446	-21,7700
22,5	7942,0	0	0	0	12,50	0	0
25,0	7921,0	1,25	0,01449	-114,740	13,75	-111,450	27,2720
27,5	7808,0	2,50	0,02896	-226,140	15,00	-218,434	58,2930
30,0	7487,0	3,75	0,04343	-325,140	16,25	-312,151	90,9840
32,5	7027,0	5,00	0,05900	-406,660	17,50	-387,839	122,2850
35,0	6511,0	6,25	0,07229	-470,660	18,75	-445,682	151,2880
37,5	5800,0	7,50	0,08670	-520,680	20,00	-489,279	178,0830
40,0	5425,0	8,75	0,10100	-547,980	21,25	-510,722	198,6090
42,5	4573,0	10,00	0,11530	-527,280	22,50	-487,143	201,1810
45,0	3798,0	11,25	0,12953	-491,990	23,25	-450,324	198,1470
47,5	3123,0	12,50	0,14372	-448,825	25,00	-406,774	189,6860
50,0	2550,0	13,75	0,15782	-402,450	26,25	-360,166	200,2650
52,5	1673,0	15,00	0,17855	-287,520	27,50	-255,028	132,7590
55,0	1247,0	16,25	0,18580	-231,700	28,75	-203,138	111,4450
57,5	334,0	17,50	0,19967	-66,690	30,00	-55,755	33,3450
60,0	0	18,75	0,21344	0	31,25	0	0

Здесь  $\psi_i$  — центральный угол, соответствующий плечу (хорде)  
 $p_i$  (рис. 1);

$R$  — средний радиус фрезы (0,322 м).

В таблице представлены также значения  $\psi_i/2$ ,  $p_i$ ,  $M_K (Q_{бр_i})$ ,  $\varphi_i$ , проекций момента  $\bar{M}_K (Q_{бр_i})$  на оси  $x_1$  и  $z_1$ .

Момент реакции бревна относительно точки  $K$  расположен в плоскости  $x_1Cz_1$  и имеет направление перпендикуляра из точки  $C$  на плечо  $p_i$ . На участке  $AK$  момент  $M_K (Q_{бр_i})$  направлен от центра  $C$ , на участке  $KB$  — к центру  $C$ .

Проекции  $\bar{M}_K Q_{бр_i}$  на неподвижные координатные оси  $x_1$  и  $z_1$  вычислены по следующим формулам:  
на участке  $AK$

$$M_{x_1} = M_K (Q_{бр_i}) \cos \varphi_i;$$

$$M_{z_1} = -M_K (Q_{бр_i}) \sin \varphi_i;$$

на участке  $KB$

$$M_{x_1} = -M_K (Q_{бр_i}) \cos \varphi_i;$$

$$M_{z_1} = M_K (Q_{бр_i}) \sin \varphi_i,$$

где  $\varphi_i$  — угол наклона  $M_K (Q_{бр_i})$  к оси  $x_1$ ;

на участке  $AK$

$$\varphi_i = 12,5 - \frac{\psi_i}{2};$$

на участке  $KB$

$$\varphi_i = 12,5 + \frac{\psi_i}{2}.$$

Разложим  $M_{x_1}$  и  $M_{z_1}$  в ряд Фурье по синусам [1]

$$M_{x_1} = \sum_{k=1}^{25} b_k \sin kpt;$$

$$M_{z_1} = \sum_{k=1}^{25} b'_k \sin kpt.$$

(Число членов ряда равно числу точек  $N_i$  зоны резания;  $k = i$ ).

Дифференциальные уравнения движения ротора (фрезы) с упругим валом примут вид [3]

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\beta} - \frac{H}{A} \dot{\alpha} + \frac{c}{A} \beta &= \frac{1}{A} \sum_{k=1}^{25} b_k \sin kpt; \\ \ddot{\alpha} + \frac{H}{A} \dot{\beta} + \frac{c}{A} \alpha &= \frac{1}{A} \sum_{k=1}^{25} b'_k \sin kpt. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Условные обозначения те же, что и в работе [3].

Частные решения системы неоднородных уравнений (1)

$$\beta = \sum_{k=1}^{25} \beta_k; \quad \alpha = \sum_{k=1}^{25} \alpha_k,$$

где  $\beta_k, \alpha_k$  — частные решения, соответствующие членам ряда, стоящим под знаком суммы в выражениях (1):

$$\left. \begin{aligned} \beta_k &= B_k \sin kpt + D_k \cos kpt; \\ \alpha_k &= N_k \sin kpt + F_k \cos kpt. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Здесь  $B_k, D_k, N_k, F_k$  — постоянные, для определения которых получена система четырех уравнений, аналогичных выражениям (17) работы [3].

Решение этих уравнений приводит к следующим выражениям для постоянных:

$$\begin{aligned} B_k &= -\frac{-b_k + HkpF_k}{A\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)}; \\ D_k &= \frac{b'_k Hkp}{A^2\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)^2 - H^2k^2p^2}; \\ N_k &= -\frac{-b'_k + HkpD_k}{A\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)}; \\ F_k &= -\frac{b_k Hkp}{A^2\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)^2 - H^2k^2p^2}. \end{aligned}$$

Амплитуды  $A$  и сдвиги фаз  $\varepsilon$  вычисляются по формулам [2]

$$\begin{aligned} A_{\beta_k} &= \sqrt{B_k^2 + D_k^2}; \quad \operatorname{tg} \varepsilon_{\beta_k} = -\frac{D_k}{B_k}; \\ A_{\alpha_k} &= \sqrt{N_k^2 + F_k^2}; \quad \operatorname{tg} \varepsilon_{\alpha_k} = -\frac{F_k}{N_k}. \end{aligned}$$

Значения  $B_k, D_k, N_k, F_k, A_{\beta_k}, A_{\alpha_k}, \varepsilon_{\beta_k}, \varepsilon_{\alpha_k}$  вычислены на ЭВМ для индексов  $k$ , меняющихся от 1 до 25.

Просуммируем соответственно ординаты  $\alpha_k$  и  $\beta_k$  в точках, отстоящих по оси абсцисс на расстояниях, равных одной двадцатой периода. По полученным значениям  $\alpha = \Sigma \alpha_k$  и  $\beta = \Sigma \beta_k$  строим графики изменения углов  $\alpha$  и  $\beta$  во времени (рис. 2).

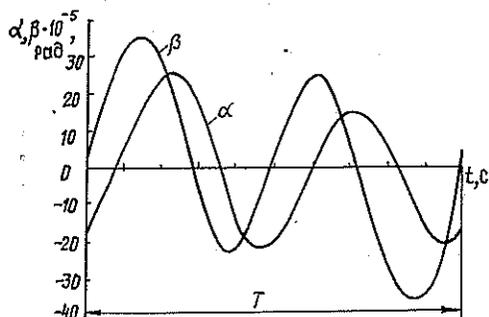


Рис. 2. Графики изменения углов  $\mu$  и  $\beta$  во времени за время действия силы  $Q_{6p}$

Горизонтальные отклонения сечения ножа плоскостью среднего радиуса фрезы:

$$h_{y(\alpha)}^{max} = \alpha_{max} R = 23,9 \cdot 10^{-5} \cdot 0,322 \cdot 10^6 = 76,958 \text{ мкм};$$

$$h_{y(\beta)}^{max} = \beta_{max} R = 36,9 \cdot 10^{-5} \cdot 0,322 \cdot 10^6 = 118,818 \text{ мкм}.$$

Отклонения, вызванные реакцией  $Q_{6p}(t)$ , вычислены в работе [3]. Суммарные отклонения, вызванные реакцией бревна  $Q_{6p}(t)$  и моментом реакции относительно точки К, имеют следующие значения:

$$\Sigma h_{y(\alpha)} = 550,00 + 76,96 = 626,96 \text{ мкм};$$

$$\Sigma h_{y(\beta)} = 309,40 + 118,82 = 428,22 \text{ мкм}.$$

Следовательно, и реакция бревна  $Q_{6p}(t)$ , и момент реакции относительно центра приведения значительно влияют на величину суммарного отклонения плоскости среднего радиуса фрезы.

Методика исследования угловых отклонений ротора (диска, фрезы), приведенная нами в работе [3] и данной статье, учитывает влияние упругих и инерционных свойств механических систем, подвижный характер внешней возмущающей силы, несбалансированность ротора и гироскопический эффект при различных режимах эксплуатации.

Применение предлагаемой методики позволит сравнивать между собой различные конструктивные варианты при определенных эксплуатационных режимах и выбирать лучшие решения с точки зрения технологической точности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалов Э. З. Численные методы анализа.— М.: Физматгиз, 1963. [2]. Добролюбов В. В., Никитин Н. Н., Дворников А. Л. Курс теоретической механики.— М.: Высш. школа, 1974. [3]. Стукова Т. П., Попова И. А., Душкин В. П. Движение неуравновешенного ротора под действием внешней возмущающей силы.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1984, № 5, с. 57—65.

Поступила 28 февраля 1985 г.

УДК 621.933.6

## ДИНАМИКА МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ С ПЕРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИЕЙ

Р. В. ДЕРЯГИН, В. Н. ДЕРЯГИН

Вологодский политехнический институт  
Архангельский лесотехнический институт

Механизмы подачи двухэтажных лесопильных рам, обеспечивающие постоянство передаточной функции в системе двигатель — вальцы, не позволяют реализовать такое управление перемещением бревна (бруса), которое отвечало бы основным технологическим и динамическим требованиям [2, 4]. Предложения, связанные с модификацией толчковой подачи за счет снижения частоты изменения скорости вращения вальцов (непрерывно-переменная подача [4]), также не позволяют реализовать заданное управление в полном объеме, так как при крайнем нижнем положении пил скорость вальцов, хотя и равна нулю, но теряет непрерывность. Это приводит к мгновенному изменению ускорений по величине и направлению, что вызывает дополнительные динамические эффекты (возбуждение упругих колебаний, раскрытие стыков и т. д.) и искажает заданный закон движения бревна (бруса). Условие реализации заданного управления, связанное с необходимостью получения нулевой скорости вальцов при крайнем нижнем положении пил, обязательно, но недостаточно.

Для согласования в первом приближении законов движения пил и бревна при частоте изменения скорости подачи, совпадающей с частотой вращения кривошипа механизма резания, эффективно использовать простой закон изменения скорости вальцов:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{d\varphi_{\text{в}}}{dt} = \omega_{\text{в0}} \left( 1 + \cos \omega_0 t + \frac{1}{2} \sin \omega_0 t \right), \quad (1)$$

где  $\varphi_{\text{в}}$  — угловое перемещение вальца;  
 $\omega_{\text{в0}}$  — средняя скорость вращения вальца;  
 $\omega_0$  — номинальная (средняя) скорость вращения кривошипа;  
 $t$  — время.

С учетом принципа суперпозиции соотношение (1) можно исследовать поэлементно, суммируя полученные решения. Рассмотрим сначала лишь одно слагаемое этого соотношения, которое, в принципе, можно использовать и самостоятельно, если не стремиться к лучшему согласованию движений пил и бревна:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{d\varphi_{\text{в}}}{dt} = \omega_{\text{в0}} (1 + \cos \omega_0 t). \quad (2)$$

После интегрирования уравнения (2) получим

$$\varphi_{\text{в}} = \omega_{\text{в0}} t + \frac{\omega_{\text{в0}}}{\omega_0} \sin \omega_0 t + C, \quad (3)$$

где  $C$  — постоянная интегрирования, которая при  $t = 0$  и  $\varphi_{\text{в}} = 0$  (начало отсчета соответствует верхнему крайнему положению пил) равна нулю.

Значит

$$\varphi_{\text{в}} = \omega_{\text{в0}} t + \frac{\omega_{\text{в0}}}{\omega_0} \sin \omega_0 t. \quad (4)$$

Продифференцировав выражение (2), получим функцию углового ускорения:

$$\epsilon_B = \frac{d^2\varphi_B}{dt^2} = -\omega_{B0}\omega \sin \omega_0 t. \quad (5)$$

При использовании уравнения (1) получим

$$\varphi_B = \omega_{B0}t + \frac{1}{2} \frac{\omega_{B0}}{\omega_0} + \frac{\omega_{B0}}{\omega_0} \sin \omega_0 t - \frac{1}{2} \frac{\omega_{B0}}{\omega_0} \cos \omega_0 t; \quad (6)$$

$$\epsilon_B = -\omega_{B0}\omega_0 \sin \omega_0 t + \frac{1}{2} \omega_{B0}\omega_0 \cos \omega_0 t. \quad (7)$$

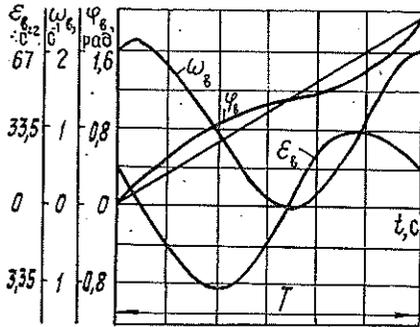


Рис. 2.

На рис. 1 показаны зависимости угловых перемещения  $\varphi_B$ , скорости  $\omega_B$  и ускорения  $\epsilon_B$  вальцов, вычисленные по уравнениям (1), (6) и (7) для случая, когда  $\omega_{B0} = 1 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $\omega_0 = 33,5 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Для определения кинематических характеристик поступательного движения бревна (бруса) необходимо соответствующие угловые параметры умножить на приведенный [4] радиус вальца.

Задавшись законом движения вальцов, можно сформулировать требование

к динамической модели механизма подачи и математически описать ее, т. е. составить математическую модель. В данном случае для упрощения рассуждений остановимся на модели с одной степенью свободы, совершающей движение по закону (2). Упругость связей не учитываем, так как для реализации заданного закона движения необходимо обеспечить максимально возможную жесткость системы двигатель — вальцы — бревно. В качестве вала привода принимаем вал ведущего (нижнего) вальца.

Для установившегося (квазистационарного) движения системы (при сохранении среднего заданного значения скорости подачи), используя уравнение (5), имеем

$$I \frac{d\omega_B}{dt} = -M_0 \sin \omega_0 t, \quad (8)$$

где  $I$  — приведенный момент инерции механизма подачи с включением массы бревна и автономного подающего устройства;

$M_0$  — амплитуда переменной составляющей момента.

Интегрируя (8), получим:

$$\omega_B = \frac{M_0}{I\omega_0} \cos \omega_0 t + C. \quad (9)$$

Здесь  $C$  — постоянная интегрирования, которую можно определить из начальных условий.

Так как при  $t = T/2$   $\omega_B = 0$ , то:

$$C = \frac{M_0}{I\omega_0},$$

значит

$$\omega_B = \frac{M}{I\omega_0} (1 + \cos \omega_0 t). \quad (10)$$

Это выражение идентично (2), если иметь в виду, что

$$\frac{M_0}{I} = \omega_{в0} \omega_0. \quad (11)$$

Зависимость (11) отражает необходимые условия реализации заданного закона движения (2) механизма в установившемся режиме при равенстве средних значений моментов сил движущих и сопротивления.

Отсюда можно сформулировать требования к двигателю, которым он должен удовлетворять для реализации соотношения (2):

$$[M] \geq I \omega_{в0} \omega_0, \quad (12)$$

где  $[M]$  — допустимое (максимальное) значение момента двигателя.

Заметим, что при использовании механизма подачи, у которого  $I = \text{const}$ , в условие (12) необходимо подставлять максимальное за цикл значение приведенного момента инерции.

Условие (12) наиболее просто выполнить при использовании тихоходных двигателей с малым приведенным моментом инерции. В частности, такие возможности достаточно просто реализуются с помощью высокомоментного гидромотора.

Рассмотрим результаты, полученные в реальных условиях эксплуатации лесопильной рамы с приводом подачи на базе высокомоментного гидромотора и использовании диафрагменного вибровозбудителя пульсаторного типа [1], который позволяет реализовать закон движения механизма (1).

Схема устройства показана на рис. 2.

Устройство включает гидромотор 3, который подключен к напорному трубопроводу 8 и 10. Параллельно с гидромотором установлен диафрагменный вибровозбудитель 6 с упругой диафрагмой 7, масляной камерой 4 и газовой камерой 5. Через распределитель 9 масло от гидромотора по сливному трубопроводу 2 поступает в напорный золотник 1 прямого действия, шток которого с одной стороны подпружинен, а с другой стороны через рычаги 11 и 12 и роликовый толкатель 13 связан кинематически с кулачком 14, установленным на коленчатом валу лесопильной рамы.

Устройство работает следующим образом. В средней части рабочего хода пил с помощью толкателя и рычагов шток золотника перемещается влево, пропуская масло с заданным сопротивлением на слив. Это создает тормозной момент на валу гидромотора, который используется для остановки валцов и бревна в конце рабочего хода пил. Режим торможения длится до средней части холостого хода пил, т. е. до момента, когда под действием пружины золотника его толкатель переместится в крайнее правое положение, обеспечивая работу системы в режиме разгрузки с минимальным сопротивлением на слив. Гидромотор начинает работать в режиме разгона.

Вращение гидромотора с переменной скоростью обеспечивается диафрагменным вибровозбудителем. При повышении давления в гидросистеме масло из трубопровода 8 начинает поступать в вибровозбудитель 6, заполняя камеру 4 при одновременном сжатии газа в полости 5; т. е. в период остановки гидромотора масло из трубопровода 10 поступает только в вибровозбудитель.

При переходе на режим разгона в гидромотор поступает масло как от насосной станции, так и из камеры 4 вибровозбудителя, работающего в режиме насоса, обеспечивая максимальную скорость подачи в первой половине рабочего хода пил. После этого начинается цикл торможения.

Без учета механических и гидравлических потерь для суммарного момента, приложенного к подающим вальцам в установившемся движении, с учетом (8) можно записать [3]:

$$(p_n - p_{сл}) \frac{K}{2\pi} \cdot \frac{\omega_d}{\omega_{в}} - M_c = -M_0 \sin \omega_0 t, \quad (13)$$

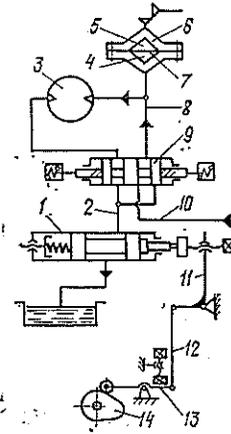


Рис. 2.

где  $p_n$  — давление в напорном трубопроводе;  
 $p_{сл}$  — давление в сливном трубопроводе;  
 $K$  — рабочий объем гидромотора;  
 $M_c$  — приведенный момент сил сопротивления (резания);  
 $\omega_d$  — скорость вращения гидромотора.

Следовательно, создание момента, функция которого близка к гармонической составляющей, в значительной степени обеспечивается разностью давлений.

При  $M_c \rightarrow 0$  (т. е. работа механизма без пиления) после перекрытия сливной магистрали уравнение движения имеет вид:

$$I' \frac{d\omega_B}{dt} = - (M^{(0)} - M_0 \sin \omega_0 t). \tag{14}$$

Здесь  $M^{(0)}$  — постоянная составляющая приведенного момента;

$I'$  — приведенный момент инерции системы без учета массы бревна.

После интегрирования уравнения (14) и определения постоянной интегрирования скорость движения подающих валцов выражается так:

$$\omega_B = \omega_{Bmax} - \frac{M^{(0)}}{I'} t - \frac{M_0}{I' \omega_0} (1 - \cos \omega_0 t), \tag{15}$$

где  $\omega_{Bmax}$  — максимальное значение скорости в цикле.

Для сравнения расчетных данных с результатами экспериментов на рис. 3 показана копия осциллограммы, на которой записаны скорости движения валцов  $v_B$  (окружная) и бруса  $v_б$ , а также давлений в сливном  $p_{сл}$  и напорном  $p_n$  трубопроводах системы при работе ее в установившемся режиме (рисковая посылка  $\Delta = 47$  мм,  $\omega_0 = 33,5$  рад  $\cdot$  с $^{-1}$ ).

На рис. 4 приведены зависимости от времени  $t$  перемещения  $s$  и ускорения бруса  $a$ , полученные соответственно путем графического интегрирования и дифференцирования записанной в опытах кривой скорости  $v_{бр}$ .

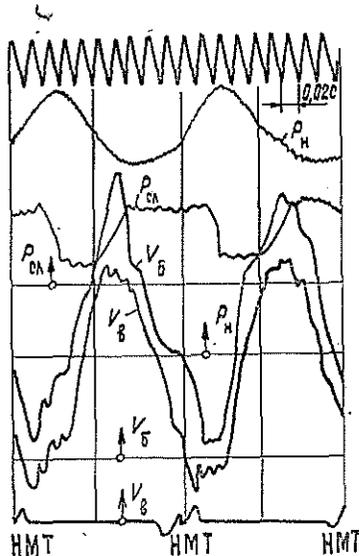


Рис. 3.

Анализ полученных данных показывает, что реализация зависимости (1) с помощью диафрагменного вибровозбудителя не вызывает принципиальных затруднений. Зависимости, полученные расчетным и опытным путем, отличаются лишь

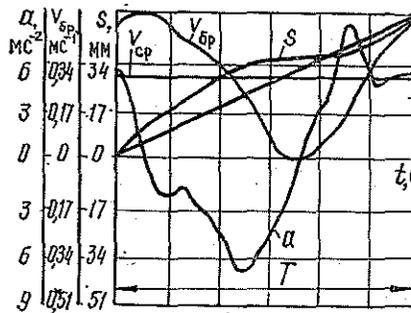


Рис. 4.

тем, что на опытные кривые наложилась модуляция от упругих колебаний системы. Однако эти колебания невелики и не оказывают существенного влияния на закон движения бревна (бруса).

Результаты опытов подтверждают возможность увеличения скорости бруса (бревна) при приближении пил к середине хода, что позволяет рассчитывать на повышение производительности при одновременном увеличении однородности опилок по длине волокон. При использовании системы переменной подачи значительно уменьшается требуемая величина уклона пил (в данном случае уклон пил необходим лишь для исключения взаимодействия пил с бревном в их верхнем крайнем положении).

Итак, технологические и динамические требования к системе привода подачи лесопильной рамы можно сравнительно просто реализовать за счет использования гидравлического пульсатора на базе высококомментного гидромотора.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1042994 (СССР). Устройство управления гидродвигателем подачи лесопильной рамы/ В. Н. Дерягин, Р. В. Дерягин, Л. Л. Лебедев.— Огубл. в Б. И., 1983, № 35. [2]. Дерягин Р. В., Дерягин В. Н. О движении бревна при постоянной передаточной функции механизма подачи лесопильной рамы.— В кн.: Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. Вопросы надежности и долговечности.— Л.: ЛТА, 1983, с. 35—39. [3]. Ермаков В. В. Гидравлический привод металлорежущих станков.— М.: Машгиз, 1963.— 324 с. [4]. Филькевич В. Л. Динамика лесопильных рам.— М.: Лесн. пром-сть, 1968.— 244 с.

Поступила 13 апреля 1984 г.

УДК 674.093 : 658

## УПОРЯДОЧЕНИЕ ПОТОКОВ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЛЕСОПИЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Л. Л. ЛУРЬЕ

ЦНИИМОД

Оперативная информация представляет собой совокупность сведений о лесопильном предприятии как объекте управления в некоторый момент времени. Состояние объекта управления можно охарактеризовать множеством значений контролируемых параметров

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}. \quad (1)$$

Совокупность контролируемых параметров  $\{X_i\}$  — информационный образ управляемой системы в управляющей. При этом управляющая система контролирует конечное число параметров, что предопределяет приблизительность отображения объекта управления и конечность построения системы.

В сложной иерархической системе, которой является система управления лесопильным предприятием, каждый элемент использует часть информационного образа объекта управления. Для однозначной оценки функционирования объекта управления необходимо, чтобы все сведения, поступающие к различным элементам системы управления, формировались из одного и того же фиксированного набора контролируемых параметров. В системе управления можно выделить относительно самостоятельную подсистему обработки данных, предназначенную для снабжения всех элементов управляющей системы необходимыми для их функционирования сведениями о состоянии объекта управления. Формализованное описание и анализ этой подсистемы вызывают особый интерес

с точки зрения передачи функций обработки данных средствам вычислительной техники.

Число параметров, характеризующих состояние такой сложной системы как лесопильное предприятие, может быть очень большим. В то же время нет достаточных оснований отрицать тот факт, что и в том виде, в каком система существует, она получает необходимые ей сведения об объекте управления. Поэтому представляется возможным на основе анализа реальных информационных потоков лесопильного предприятия получить номенклатуру сведений исходных и используемых различными элементами системы управления.

Все уровни системы управления получают интересующие их сведения в виде сообщений. Сообщения обычно имеют как устную (при личном общении, по телефону), так и письменную (документы) формы. Сообщение о материальном объекте или событии состоит из конечного набора свойств данного объекта и набора значений этих свойств

$$x_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ini}). \quad (2)$$

Под информационным потоком понимаем направленное движение сообщений от источников их возникновения к приемникам, их использующим. Сообщения в потоке подвергаются обработке, которая заключается в образовании новых сообщений из некоторых исходных.

Основа регламентированных потоков сведений в системе управления лесопильным предприятием — документопотоки. В сложившихся потоках информации документы являются средствами регистрации, пере-

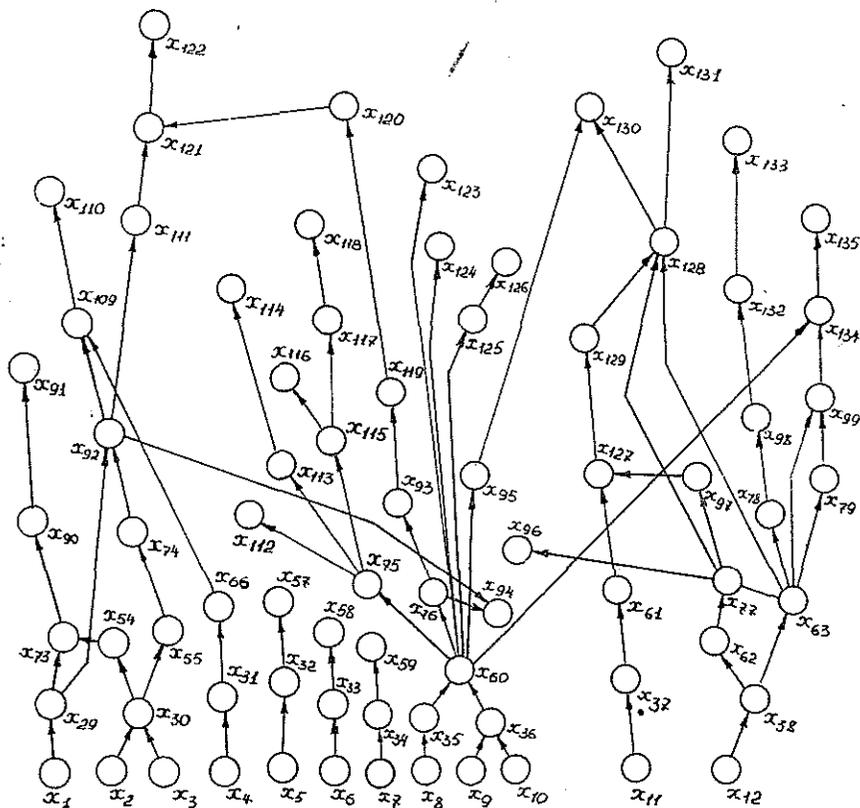


Рис. 1.

дачи, хранения сведений. Приняв за основу документопоток, необходимо также учитывать сообщения, передаваемые регулярно при личном общении или по телефону и используемые для заполнения различного рода документов. Документы, как правило, представляют собой конечный набор сообщений вида (2).

Сообщения  $x_1, x_2, \dots, x_k$  сопоставим с вершинами  $x_1, x_2, \dots, x_k$  ориентированного графа  $G(X, U)$  и каждую пару вершин  $x_i$  и  $x_j$  соединим дугой  $u_{ij}$ , идущей от  $x_i$  к  $x_j$ , только в том случае, когда  $x_i$  используется для образования сообщения  $x_j$ . Тогда получим схему, называемую информационным графом [3].

На рис. 1 приведен фрагмент информационного графа, соответствующий потоку информации о сырье, пиломатериалах и работе головного лесопильного оборудования на Соломбальском лесопильно-деревообрабатывающем комбинате (СЛДК). Для СЛДК — крупнейшего лесопильного предприятия страны — информационный граф потока оперативной информации содержит порядка 600 вершин и визуально не воспринимается. Поэтому приводить его целиком нецелесообразно. Решения, справедливые для СЛДК, применимы к другим предприятиям, так как их информационные потоки не сложнее.

Методы анализа информационных графов достаточно полно изложены в литературе [1, 3]. Так, если  $G$  — информационный граф, а  $A = \{a_{ij}\}$  — его матрица смежности, то элемент  $a_{ij}^{(\lambda)}$  матрицы  $A^\lambda$ , полученной возведением матрицы  $A$  в степень  $\lambda$ , равен числу различных путей длиной  $\lambda$ , идущих от  $x_i$  к  $x_j$ .

Последовательность матриц  $A, A^2, \dots, A^N$  и матрица  $\delta = \sum_{\lambda=1}^N A^\lambda$  позволяют выявить следующие свойства схемы потока информации:

равенство нулю суммы элементов  $j$ -того столбца матрицы смежности  $A$  служит признаком для формального выделения исходных сообщений;

равенство нулю суммы элементов  $i$ -той строки матрицы смежности  $A$  служит признаком для выделения выходных сообщений;

число путей длины  $\lambda$ , от  $x_i$  к  $x_j$  определяется элементом  $a_{ij}^{(\lambda)}$  матрицы  $A^\lambda$ ;

число всевозможных путей от  $x_i$  к  $x_j$  определяется элементом  $\sigma_{ij}$  матрицы  $\delta$ .

Анализ информационного графа размерности порядка сотен вершин возможен только с применением современных ЭВМ. Выполнение программы анализа потока информации о сырье, пиломатериалах и простоях оборудования СЛДК заняло 47 мин машинного времени ЕС-1022.

Анализ показал, что некоторые исходные сведения попадают в выходные сообщения, документы двумя и более (до четырех) путями. Дублирующие составляют 19,6 % от общего числа путей формирования выходных сообщений из исходных. В то же время 24,3 % выходных сообщений имеют сведения, уже содержащиеся в других сообщениях, документах (дублирующие записи).

Упорядоченный информационный поток соответствует графу, оптимальному по критерию минимума дублирующих путей и дублирующих записей. Очевидно, информационный граф, состоящий из компонент связности, имеющих единственные выходные вершины, не содержит дублирующих путей и дублирующих записей. Однако при синтезе оптимального графа необходимо исключить утрату промежуточных вершин, соответствующих сведениям, используемым на нижних уровнях управления. Кроме того, некоторые формы учета и отчетности не могут быть изменены.

Чтобы учесть эти ограничения, строится расширенный информационный граф  $G (\{X, B\}, U)$  [1, 2]. Для этого вводятся множества вершин, соответствующих функциям управления:

$B_1$  — отчетность перед вышестоящими организациями;

$B_2$  — управление предприятием;

$B_3$  — оперативно-диспетчерское управление основным производством;

$B_4$  — оперативное управление цехом, участком, бригадой.

Вершины  $x_i \in X$  и  $b_j \in B$  считаются смежными, если сообщение  $x_i$  непосредственно используется для выполнения функции  $b_j$ .

Имеются следующие исходные для упорядочения информационного потока:

расширенный информационный граф  $G (\{X, B\}, U)$ ;

информационный граф  $G (X, U)$ ;

матрица смежности информационного графа  $A = \{a_{ij}\}$ ;

матрица  $\delta = \{\sigma_{ij}\} = \sum_{\lambda=1}^N A^\lambda$ ;

множество исходных сообщений информационного графа

$$X_1 = \{x | \Gamma_x^{-1} = \emptyset\};$$

множество выходных сообщений информационного графа

$$X_2 = \{x | \Gamma x = \emptyset\}.$$

Множество  $D(x_i)$  вершин, достижимых из  $x_i$ , определяется как множество индексов ненулевых элементов  $i$ -той строки матрицы  $\delta$ .

Множество  $D^*(x_j)$  вершин, из которых достижима вершина  $x_j$ , определяется как множество индексов ненулевых элементов  $j$ -того столбца матрицы  $\delta$ .

Процесс упорядочения информационного потока представляется как набор следующих операций.

1. Для каждого входного сообщения  $x_p \in X_1$  в множестве достижимости  $D(x_p)$  ищем такие выходные сообщения  $x_i \in X_2$ , которые используются для отчетности перед вышестоящими организациями:

$$x_i \in X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1} B_1\}. \quad (3)$$

2. Если  $X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1} B_1\}$  — непустое множество, то в множестве вершин, достижимых из  $x_p$  и из которых достижима  $x_i$ , ищется ближайшая к  $x_p$  вершина  $x_s$  из множества сообщений, используемых на уровне управления предприятием:

$$x_s \in D(x_p) \cap D^*(x_i) \cap \{x/x = \Gamma^{-1} B_2\} \quad (4)$$

и

$$s = \min \{s\}.$$

Если

$$X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1} B_1\} = \emptyset, \quad (5)$$

то

$$x_s \in X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1} B_2\} \quad (6)$$

и

$$s = \min \{s\}.$$

3. В множестве вершин, достижимых из  $x_p$  и из которых достижима  $x_s$ , находим ближайшую к  $x_p$  вершину  $x_r$  из множества сообще-

ний, используемых на уровне оперативно-диспетчерского управления производством:

$$x_r \in D(x_p) \cap D^*(x_s) \cap \{x/x\Gamma^{-1}B_3\} \quad (7)$$

и

$$r = \min \{r\}.$$

Если выполняется условие (5) и

$$X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1}B_2\} = \emptyset, \quad (8)$$

то

$$x_r \in X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1}B_3\} \quad (9)$$

и

$$r = \min \{r\}.$$

4. В множестве вершин, достижимых из  $x_p$  и из которых достижима  $x_r$ , находим ближайшую к  $x_p$  вершину  $x_q$  из множества сообщений, используемых на уровне управления соответствующим цехом, участком, бригадой:

$$x_q \in D(x_p) \cap D^*(x_r) \cap \{x/x = \Gamma^{-1}B_4\} \quad (10)$$

и

$$q = \min \{q\}.$$

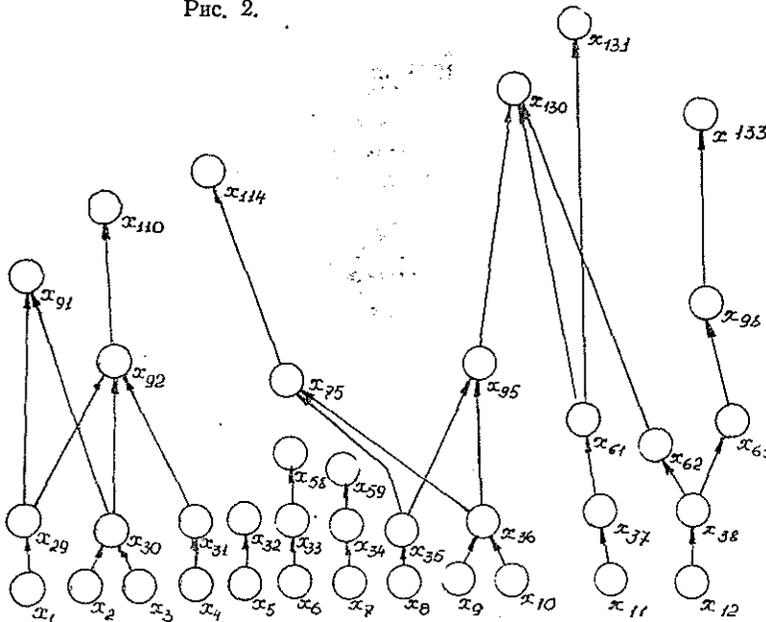
Если выполняются условия (5) и (8) и

$$X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1}B_3\} = \emptyset, \quad (11)$$

то

$$x_q \in X_2 \cap D(x_p) \cap \{x/x = \Gamma^{-1}B_4\} \quad (12)$$

Рис. 2.



и

$$q = \min \{q\}.$$

Оптимальный информационный граф содержит только вершины  $x_p, x_q, x_r, x_s, x_t$ , соединенные дугами  $u_{pq}, u_{qr}, u_{rs}, u_{st}$ .

Применение предлагаемого алгоритма для решения задачи упорядочения потоков большой размерности реально только на современных ЭВМ. На рис. 2 приведен фрагмент информационного графа, полученного в результате решения на ЭВМ ЕС-1022 задачи упорядочения потоков информации о сырье, пиломатериалах и простоях оборудования СЛДК.

Сопоставление схемы потока до и после упорядочения показало, что общее количество сообщений, документов сократилось на 41 % при полном сохранении полезной информации на всех уровнях управления. Так, например, отсутствующие на рис. 2 вершины  $x_{124}, x_{125}, x_{126}$  соответствуют документам «Журнал распила сырья в лесоцехе», «Журнал для разноса бревен по диаметрам», «Спецификация распиленных бревен», которые содержат ту же информацию, что и документ «Справка о распиле сырья в лесоцехе» ( $x_{95}$ ).

Организация информационных потоков в соответствии с оптимальным информационным графом возможна лишь при условии концентрации функций формирования всех выходных сообщений в специализированной системе обработки данных.

Упорядочение потоков информации оказывает большое влияние на повышение качества функционирования системы управления при любом уровне ее оснащения техническими средствами. При традиционных, неавтоматизированных формах обеспечивается значительное снижение загрузки управленческого персонала заполнением различных дублирующих документов. Применение ЭВМ предполагает строгую формализацию входной информации и процедур ее обработки, поэтому упорядочение потоков информации является предпосылкой создания АСУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зингер И. С., Садовников В. И., Семенов А. И. Производство, информация, управление.— М.: Наука, 1976. [2]. Оре О. Теория графов: Пер. с англ./ Под ред. Н. Н. Воробьева.— М.: Наука, 1980. [3]. Садовников В. И., Эпштейн В. Л. Потоки информации в системах управления.— М.: Энергия, 1974.

Поступила 6 марта 1984 г.

УДК 624.011.1 : 674.028.9 : 002.273

### УТОЧНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ДОЩАТОКЛЕЕННЫХ РАМ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ УЧАСТКАМИ

Е. Н. СЕРОВ, С. Ю. ТАБУНОВ

Ленинградский инженерно-строительный институт  
Вологодский политехнический институт

Один из наиболее удачных типов клееных деревянных конструкций (КДК) для каркасных зданий — дощатоклееные рамы. Результаты натурных обследований и испытаний этих конструкций показали, что у различных типов клееных рам разные коэффициенты безопасности. Видимо, создавшееся положение требует более достоверных методов проверки их прочности.

По существующей методике, геометрическая нелинейность рам (т. е. влияние дополнительного момента от нормальной силы, действующей на деформированный элемент) учитывается коэффициентом  $\xi$ . Вывод этого коэффициента основан на решении дифференциального уравнения при синусоидальной форме изгиба прямолинейного шарнира опертого сжато-изогнутого стержня.

Ранее [1, 2] доказана некорректность подобного учета геометрической нелинейности. Современные клееные рамы состоят из Г-образных блоков с жестким сопряжением ригеля и стоек в карнизном узле. Форма изгиба их не может быть описана одним уравнением, тем более синусоидальной кривой.

Исследование влияния геометрической нелинейности в дощатоклееных рамах с прямолинейными участками [2, 5, 6] убедительно показали, что при высоте сечения карнизного узла не менее  $1/30$  от пролета увеличение максимального изгибающего момента  $M_{max}$ , по сравнению с расчетом по недеформированной схеме, не превышало 2—5%. При расчетах же по существующей методике, значения  $M_{max}$  возрастали на 10—20%. Учитывая это, можно рекомендовать рассчитывать клееные рамы при  $h_{max} \geq 1/30 L$ , не принимая во внимание деформированное состояние. Лишь в большепролетных и уникальных рамных конструкциях целесообразно учитывать геометрическую нелинейность с помощью расчетов на ЭВМ [2, 6].

В существующей методике [7] проверку прочности криволинейных участков рам при  $r/h \leq 7$  производят по формуле для сжато-изгибаемых элементов, основанной на линейном распределении напряжений по высоте сечения, с введением поправочных коэффициентов  $K_{rн}$  и  $K_{rв}$  к моментам сопротивления, которые косвенным образом учитывают влияние кривизны на краевые напряжения.

Целесообразность такой методики оценки вызывает сомнение, так как в этом случае расчетные формулы не отражают в явном виде характера распределения напряжений по высоте сечения. Для определения нормальных тангенциальных напряжений гораздо удобнее использовать формулу, основанную на теории кривых брусьев:

$$\sigma_{\theta i} = -\frac{N}{F} + \frac{M(r_i - r_0)}{F z_{\theta i} r_i}, \quad (1)$$

где  $N, M$  — нормальная сила и изгибающий момент;

$r_i$  — радиус кривизны слоя, в котором определяют напряжения;

$r_0 = r - z_0$  — радиус кривизны нейтрального слоя;

$z_0 = I/Fr$  — смещение нейтральной оси поперечного сечения от центральной оси криволинейного участка;

$F$  — площадь нетто сечения.

В работе [3] впервые указано на необходимость расчета цельноклееных карнизных узлов по универсальной формуле (1). Формулы СНиП П-25-80 представляют собой частный случай формулы (1). Например, для растянутой кромки криволинейного элемента прямоугольной формы из выражения (1) получим:

$$\sigma_{\theta н} = -\frac{N}{F} + \frac{M(r_n - r_0)}{F z_{\theta н} r_n} = -\frac{N}{F} + \frac{M}{F} \cdot \frac{r + 0,5h - r + h^2/12r}{(r + 0,5h) h^2/12r},$$

где  $r_n = r + 0,5h$ ;  $z_0 = h^2/12r$ ;  $r_0 = r - h^2/12r$ ;

тогда

$$\sigma_{\theta н} = -\frac{N}{F} + \frac{M}{F} \cdot \frac{6(1 + h/6r)}{h(1 + 0,5h/r)} = -\frac{N}{F} + \frac{M}{WK_{rн}}.$$

Известно, что клееной древесине свойственна резко выраженная анизотропия упругих и прочностных свойств. Как показали экспериментально-теоретические исследования [6, 8], в криволинейных участках рам степень влияния анизотропии зависит от показателя кривизны  $\beta = r/h$  при постоянных показателях анизотропии ( $K = E_0/E_{90}$ ,  $m = E_0/G_0 - 2 \mu_{90}$ ) и может быть учтена коэффициентами анизотропии, позволяющими корректировать тангенциальные  $\sigma_{\theta}$  и радиальные  $\sigma_r$  напряжения. Эти напряжения определяют по сравнительно простым формулам для кривых изотропных брусков, отражающих качественную картину распределения напряжений по высоте сечений.

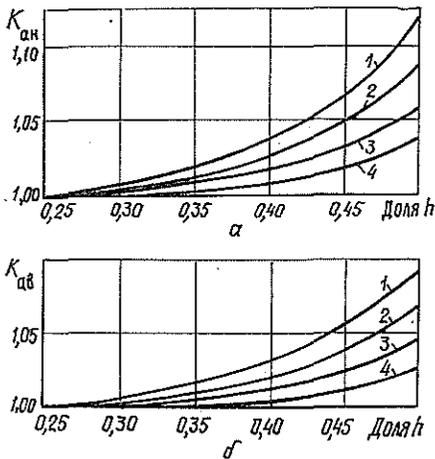


Рис. 1. Графики коэффициентов анизотропии для корректировки тангенциальных напряжений при различных показателях кривизны  $\beta$  на разных расстояниях от центра тяжести сечения.

$a$  — в растянутой зоне: 1 —  $\beta = 4$ ; 2 — 5; 3 — 6; 4 — 7;  $b$  — в сжатой зоне: 1 —  $\beta = 4$ ; 2 — 5; 3 — 6; 4 — 4.

На рис. 1 приведены графики для определения коэффициентов анизотропии  $K_{ан}$  и  $K_{ав}$  при корректировке тангенциальных напряжений на произвольных уровнях по высоте поперечных сечений, где наблюдается расхождение в напряжениях по изотропному и анизотропному решениям. Следовательно, проверку прочности по тангенциальным напряжениям в криволинейных участках рам при  $\beta \leq 7$  рекомендуется производить в зоне биссектрисного сечения по следующим формулам:

в растянутой зоне на уровне  $r_i$

$$\sigma_{\theta i} = -\frac{N}{F} + \frac{M(r_i - r_0)}{Fz_0 r_i} K_{ан i} \leq R_p m_{rni} m_{сл} m_{в}; \quad (3)$$

в сжатой зоне на уровне  $r_i$

$$\sigma_{\theta i} = -\frac{N}{F} - \frac{M(r_i - r_0)}{Fz_0 r_i} K_{ав i} \leq R_c m_{rni} m_{сл} m_{в}. \quad (4)$$

При  $r_i = r_n$  и  $r_i = r_b$  формулы (3) и (4) дают максимальные крайние напряжения.

Несмотря на то, что в рамках радиальные напряжения сжимающие и не имеют, как правило, решающего значения, знать их необходимо для оценки плоского напряженного состояния. В работе [3] впервые предложены формулы для приближенного определения  $\sigma_r$ , полученные на основе зависимости

$$\sigma_r = \int_0^y \sigma_{\theta} / r_i dy;$$

в сжатой зоне от  $r_b$  до  $r_0$  на уровне  $r_i$

$$\sigma_{r_i} = \frac{N}{F} \ln \frac{r_i}{r_B} + \frac{M}{Fz_0} \left[ \ln \frac{r_B}{r_i} + \frac{r_0(r_i - r_B)}{r_B r_i} \right]; \quad (5)$$

максимальные на нейтральном слое

$$\sigma_r^{max} = \frac{N}{F} \ln \frac{r_0}{r_B} + \frac{M}{Fz_0} \left[ \ln \frac{r_B}{r_0} - \frac{r_0 - r_B}{r_B} \right]. \quad (6)$$

Из рис. 2 видно, что влияние анизотропии целесообразно учитывать лишь при  $\beta \leq 5$ . Выявлены также некоторые особенности, связанные с изменением радиальных напряжений, вследствие возникновения напряжений поперек волокон от воздействия сжимающего вдоль волокон усилия. Окончательно формула для проверки максимальных радиальных напряжений примет вид

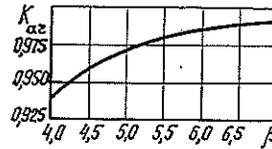


Рис. 2. График коэффициентов анизотропии для корректировки радиальных напряжений при различных показателях кривизны  $\beta$ .

$$\sigma_r^{max} = -\frac{N}{F} \left( \ln \frac{r_B}{r_0} - \frac{E_{90}}{E_0} \mu_{90} \right) - K_{ar} \frac{M}{Fz_0} \times \left( \ln \frac{r_B}{r_0} + \frac{r_0 - r_B}{r_B} \right) \leq R_{c,90} m_{r_{90}} m_{c_{90}} m_B. \quad (7)$$

Установлен и характер изменения напряжений  $\tau_r$ , которые действуют не только в переходных зонах, но и в сопряженных прямолинейных участках, распространяясь на расстояние до  $1h$ . В связи с этим, радиальные напряжения в растянутых зонах криволинейных участков в любой точке по высоте сечения и длине определяют по формуле

$$\sigma_{r_i} = \left\{ -\frac{N}{F} \left( \ln \frac{r_n}{r_i} - \frac{E_{90}}{E_0} \mu_{90} \right) - K_{ar} \frac{M}{Fz_0} \left[ \ln \frac{r_n}{r_i} + \frac{r_0(r_n - r_i)}{r_0 r_i} \right] \right\} \cos \varphi, \quad (8)$$

где  $\varphi$  — внутренний угол, измеряемый от биссектрисы до радиуса, проходящего через проверяемую точку.

При исследовании рам с криволинейными участками учитывали, что непосредственное приложение нагрузок осуществляется в верхней части стоечно-карнизного блока в виде увеличенной сосредоточенной силы (рис. 3). Как показали расчеты и характер разрушения рам, при определенных условиях зона биссектрисного сечения и область вблизи действия увеличенной сосредоточенной силы могут оказаться равноопасными. Поэтому необходима проверка прочности по главным напряжениям в растянутой зоне переходных участков на расстоянии  $x$  от приложения сосредоточенной силы  $p$ :

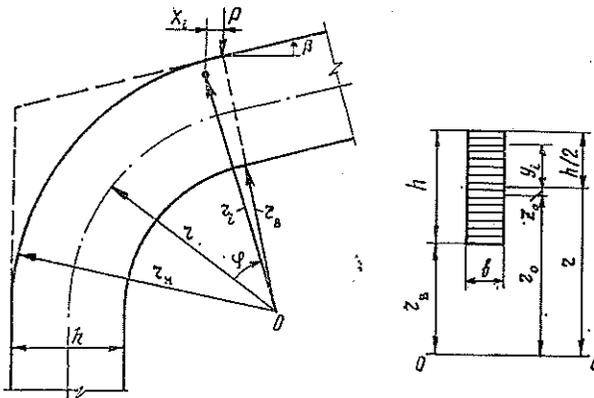


Рис. 3. Расчетная схема карнизного узла дощатоклееной рамы.

$$\sigma_a = 0,5 (\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}) \leq R_{p, \alpha} m_{гм} m_{сд} m_{в}. \quad (9)$$

Здесь  $\sigma_x = \sigma_{\theta i} + \sigma_x^p$ ;  $\sigma_y = \sigma_{ri} + \sigma_y^p$ ;  $\tau_{xy} = \tau_{r\theta} + \tau_{xy}^p$  — суммарные напряжения, определенные с учетом локальных изменений от сосредоточенной силы;  
 $R_{p, \alpha}$  — расчетное сопротивление к растяжению под углом  $\alpha$  к волокнам [4]:

$$\alpha = 0,5 \operatorname{arctg} (2\tau_{xy}/\sigma_x - \sigma_y).$$

Местные напряжения  $\sigma_x^p$ ,  $\sigma_y^p$  и  $\tau_{xy}^p$  определяют по формулам

$$\sigma_x^p = - \frac{2p \sin^2 \theta \cos^2 \theta}{\pi b (0,5h - y)}; \quad (10)$$

$$\sigma_y^p = - \frac{2p \cos^4 \theta}{\pi b (0,5h - y)}; \quad (11)$$

$$\tau_{xy}^p = - \frac{2p \sin \theta \cos^3 \theta}{\pi b (0,5h - y)}; \quad (12)$$

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{x}{0,5h - y} + \beta. \quad (13)$$

В формулах (10) — (13) обозначено:

$y$  — расстояние от центра тяжести сечения до  $i$ -того уровня по высоте ( $y = 0,35h$ );

$x$  — расстояние от точки приложения сосредоточенной силы до проверяемого сечения ( $x = 0,35h$ );

$\beta$  — угол наклона верхней грани ригеля к горизонтали;

$b$  — ширина сечения.

Касательные и главные напряжения в стойке предлагают определять на расстоянии  $x = 1h$  от пяты опоры и на уровне  $y_i = Nh^2/12M$  от центра тяжести проверяемого сечения, где практически отсутствует  $\sigma_y$ :

$$\sigma_1 = \tau_{xy} = \frac{6Q(0,25h^2 - y_i^2)}{bh^3} \leq R_{p, 45} m_6 m_{сд} m_{в}, \quad (14)$$

где  $Q$  — поперечная сила в рассматриваемом сечении;

$R_{p, 45}$  — расчетное сопротивление клееной древесины растяжению под углом  $\alpha = 45^\circ$  к направлению волокон.

Анализ результатов испытаний рам с криволинейными участками позволит нам скорректировать величины коэффициента слойности  $m_{сд}$  для тонких досок и при количестве слоев не менее 15 определять этот коэффициент по таблице.

Толщина слоя, мм	19	16	12	6 и менее
Коэффициент слойности	1,1	1,15	1,2	1,3

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Светозарова Е. И., Душечкин С. А., Серов Е. Н. Конструкции из клееной древесины и водостойкой фанеры. Примеры проектирования.— Л.: ЛИСИ, 1974.— 132 с. [2]. Серов Е. Н. Конструкции из дерева и пластмасс: Методические указания по расчету трехшарнирных деревянных рам по деформированной схеме на ЭВМ «Наири-2».— Л.: ЛИСИ, 1977.— 51 с. [3]. Серов Е. Н. Расчет цельноклееного карнизного узла рамы.— В кн.: Крат. содерж. докл. XXVIII науч. конф. ЛИСИ. Л.: ЛИСИ, 1970, с. 161—164. [4]. Серов Е. Н. Учет трансверсальной изотропии клееной древесины при расчете изгибаемых элементов.— В кн.: Облегченные конструкции из древесины, фанеры и пластмасс: Межвуз. темат. сб. тр. Л., 1984, с. 19—30. [5]. Серов Е. Н., Табунов С. Ю. Новое в конструкции и методе расчета клееных рам для сельскохозяйственного строительства.— В кн.: Экспериментальные и теоретические исследования клееных деревянных конструкций для сельского строительства. М.: ЦНИИЭПсельстрой, 1983, с. 86—90. [6]. Серов Е. Н., Табунов С. Ю. Расчет клеедощатых рам с учетом геометрической нелинейности.— Л., 1984.— 20 с.— Рукопись представлена Ленингр. инж.-строит. ин-том. Деп. во ВНИИИСе Госстроя СССР 6 янв. 1984, № 4732. [7]. СНиП П-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.— М.: Стройиздат, 1982.— 65 с. [8]. Табунов С. Ю. Расчет и выбор оптимальных параметров рам с прямолинейным ригелем и гнутоклееными стойками для сельскохозяйственных производственных зданий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1984.— 21 с.

---

Поступила 2 августа 1985 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.164.085.2.06 : 547.29

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВОГО МАСЛА

Г. А. ЗАХАРОВА, А. И. КИПРИАНОВ, А. И. ГОЛОВИН,  
А. М. КАНЫШЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Физико-химические свойства рыбьих и животных жиров, их влияние на качественные характеристики натуральных кож дают основание заключить, что применение талловых жирных кислот в виде эфиров (например, этиленгликолевых) позволит повысить потребительские свойства лесохимических жирующих материалов [3, 4]. В настоящей работе приведены результаты лабораторных исследований по синтезу данных материалов.

Энергетические характеристики реакции взаимодействия талловых жирных кислот марки ПЛ (ТУ 81—05—83—80) с этиленгликолем (ГОСТ 19710—74) определяли статистическим методом в интервале температур 150—240 °С. Реагенты в стехиометрическом соотношении, из предположения полной этерификации, загружали в стеклянные ампулы, которые запаивали и далее помещали в жидкостный термостат, нагретый до температуры опыта. Через контрольное время ампулы (не менее двух) вынимали, быстро охлаждали и содержимое анализировали. В ходе эксперимента контролировали изменение кислотного числа и числа омыления, которые определяли методом потенциометрического титрования. Результаты наблюдений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика реакционной смеси

Продолжительность реакции, мин	Температура, °С									
	150		170		190		220		240	
	Кислотное число	Концентрация кислот, моль/л								
0	162	2,386	162	2,352	162	2,326	162	2,284	162	2,253
2	159	2,344	157	2,295	155	2,200	145	2,086	132	1,847
5	156	2,300	153	2,227	143	2,052	122	1,731	105	1,469
8	153	2,261	148	2,164	136	1,956	108	1,532	90	1,259
12	150	2,217	143	2,083	130	1,879	94	1,334	82	1,148
15	148	2,186	139	2,027	120	1,734	86	1,220	75	1,050
30	138	2,045	122	1,782	101	1,460	77	1,092	—	—
45	131	1,952	111	1,628	90	1,322	73	1,036	70	0,980
60	126	1,868	103	1,505	84	1,214	71	1,007	69	0,966
120	—	—	85	1,242	75	1,083	—	—	—	—
180	98	1,453	80	1,169	72	1,041	70	0,993	70	0,980
300	87	1,289	75	1,096	71	1,026	—	—	—	—
420	82	1,215	72	1,052	—	—	—	—	—	—
480	82	1,215	73	1,067	—	—	—	—	—	—

Число омыления в ходе реакции изменяется незначительно. В расчетах молекулярная масса кислот принята как среднее значение с учетом доли индивидуальных кислот в смеси по данным хроматографиче-

ского анализа. Плотность кислот определяли ареометром и пикнометром.

Воспроизводимость результатов по данной методике оценена специальными опытами. Расхождение между единичными определениями кислотного числа составило 3 единицы, гарантированная точность 1,8.

При этерификации жирных кислот этиленгликолем возможно образование моно- и диэфиров. В целом, это обратимая реакция, кинетическую модель которой в общем случае можно описать уравнением:

$$\frac{dC_k}{d\tau} = -K(C_k - X_{k,p})^\alpha, \quad (1)$$

где  $C_k$  — концентрация кислоты, моль/л;  
 $\tau$  — продолжительность реакции, с;  
 $X_{k,p}$  — концентрация кислоты в равновесном состоянии, моль/л;  
 $K$  — константа скорости реакции,  $\text{с}^{-1}$ ;  
 $\alpha$  — порядок реакции.

После ряда преобразований и интегрирования имеем

$$C_k - X_{k,p} = \frac{1}{[(\alpha - 1)K\tau - (1 - \alpha)b]^{-\frac{1}{1-\alpha}}}. \quad (2)$$

Здесь  $b$  — константа интегрирования.

Параметры уравнения рассчитывали методом оценки с удвоенной точностью параметров нелинейного уравнения регрессии.

Обработка результатов эксперимента по уравнению (2) на ЭВМ ЕС-1022 показала, что в среднем порядок реакции  $\bar{\alpha} = 1,74$ , т. е. близок к 2 (см. табл. 2). Это позволяет предположить, что в продуктах реакции преобладают моноэфиры.

Таблица 2

Параметр уравнения	Числовое значение параметра уравнения при температуре, °С				
	150	170	190	220	240
$K$	0,00826	0,00437	0,01862	0,02396	0,04899
$\alpha$	1,81	1,68	1,70	1,75	1,75
$b$	-0,7712	-0,9311	-0,8640	-0,8246	-0,8469

По найденным значениям констант скорости реакции методом наименьших квадратов рассчитаны коэффициенты уравнения Аррениуса, которое в явном виде имеет вид:

$$K = 8,79 \cdot 10^4 e^{-\frac{14616}{RT}}. \quad (3)$$

Для этого уравнения в виде  $\ln K = f\left(\frac{1}{T}\right)$  коэффициент корреляции  $r_{\ln K, \frac{1}{T}} = 0,971$ . Определена средняя квадратичная ошибка расчета  $\ln K$  по уравнению (3)  $S_{\ln K_{\text{расч}}} = 0,35$  (см. табл. 1).

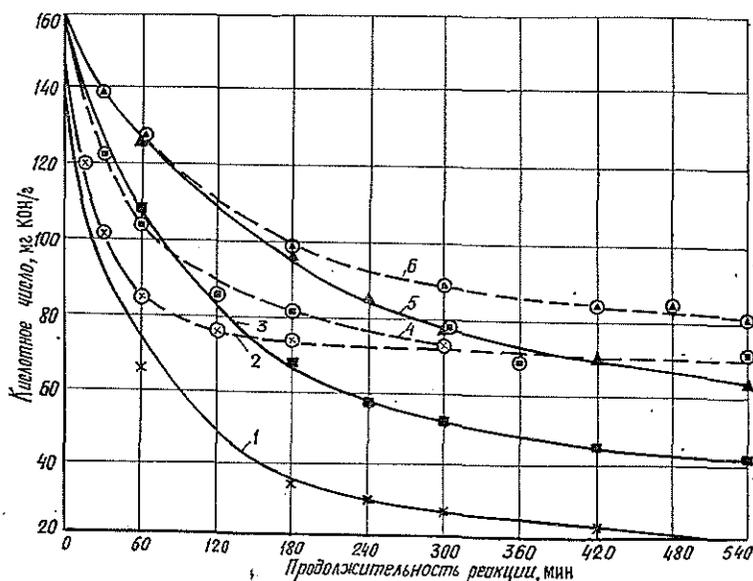
Результаты экспериментов показали, что в случае замкнутой системы невозможно реализовать требование к продукту, удовлетворяющее запросам потребителя (кислотное число не более 25).

Один из способов смещения равновесия в реакции этерификации — удаление воды, например ее испарение. При оценке эффективности этого приема для конкретной системы была выбрана температура реакции 150—190 °С. При более высоких температурах возможны значительные потери этиленгликоля (температура кипения 197,8 °С), особенно в начальный период реакции.

Реакцию проводили в реакторе, помещенном в жидкостный термостат UR-10. Реакционную массу перемешивали пропеллерной мешалкой. Рабочая частота вращения принята равной 900—960 об/мин. При этой интенсивности перемешивания скорость процесса не зависит от числа оборотов перемешивающего устройства, и можно считать, что процесс протекает в кинетической области. (Значение критерия Рейнольдса превышает  $10^4$ ).

Летучие продукты реакции конденсировались в холодильнике. Навеску жирных кислот загружали в реактор и нагревали до температуры опыта. Этиленгликоль, который отвечали в стехиометрическом отношении к кислоте, нагревали до температуры опыта и вносили в реактор. С момента загрузки гликоля отсчитывали продолжительность реакции.

Зависимость изменения кислотного числа от температуры и продолжительности процесса показана на рисунке.



1 и 2 — температура 190 °С в замкнутой и открытой системах; 3 и 4 — 170 °С; 5 и 6 — 150 °С.

Константа скорости реакции  $K$  от температуры изменяется по уравнению

$$K = 6,16 \cdot 10^6 e^{-\frac{14641}{RT}}, \quad (4)$$

для которого  $r_{\ln K, \frac{1}{T}} = 0,978$ ;  $S_{\ln K_{\text{расч}}} = 0,22$ .

Опыты этой серии показали, что требуемую полноту реакции можно обеспечить при температуре 190 °С и выше. Скорость реакции в открытой системе выше по сравнению с замкнутой. Энергия активации имеет практически одну и ту же величину.

Общую продолжительность процесса можно сократить повышением температуры ступенчато, после того как некоторая часть этиленгликоля вступит в реакцию. Этот технологический прием часто встречается в практике получения эфиров. Результаты опытов по выбору продолжительности обработки по сериям приведены в табл. 3.

Выход соответственно продуктов реакции и воды по отдельным сериям опытов составил: 1 серия — 95,4 и 3,6 %; 2 серия — 93,8 и 3,5 %; 3 серия — 93,0 и 3,6 %. Анализ [5] группового состава жирных кислот и эфиров на их основе (табл. 4) показал, что массовая доля свободных кислот снизилась в 5 раз.

Таблица 3  
Продолжительность процесса получения эфиров  
в зависимости от температуры

Продолжи- тельность, мин	Серия 1		Серия 2		Серия 3	
	Тем- пера- тура, °С	Кис- лот- ное число	Тем- пера- тура, °С	Кис- лот- ное число	Тем- пера- тура, °С	Кис- лот- ное число
Исходная смесь	190	159	190	159	190	159
60	190	75	190	73	190	76
120	190	52	190	54	190	54
180	240	32	190	44	190	44
240	240	28	190	39	190	39
300	240	24	240	28	190	36
360	240	24	240	24	190	34
420	—	—	240	24	240	24
480	—	—	—	—	240	22

Таблица 4  
Групповой состав сырья и этиленгликолевых эфиров

Компоненты	Массовая доля, %	
	Талловые жирные кислоты марки ПЛ	Этилен- гликоле- вые эфиры
Нейтральные вещества	10,1	81,2
В том числе:		
неомыляемые вещества	5,8	4,5
жирные кислоты	3,4	61,8
смоляные »	0,5	1,1
окисленные вещества	0,4	6,7
Свободные кислоты	88,2	17,7
В том числе:		
жирные	87,6	17,0
смоляные	0,6	0,7

Кислоты жирные, а также выделенные из нейтральных веществ, т. е. те, что вступили в реакцию, анализировали методом ГЖХ [2].

Данные показали, что качественный и количественный составы индивидуальных кислот в смесях заметных изменений не претерпевают. По-видимому, в реакцию вступают все кислоты. Аналогичные выводы отмечаются при анализе состава жирных кислот и кислот, выделенных из нейтральных веществ таллового масла [6].

Зависимость плотности эфиров  $d$ , г/см<sup>3</sup>, от температуры  $t$ , °С, описывается уравнением прямой линии

$$d = 1,0080 - 0,000673t. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции  $r_{d,t} = 0,9993$ , а  $S_{d_{расч}} = 0,0007$ .

Вязкость продукта находили с помощью Реотеста-2. Прибор рекомендован для определения динамической вязкости. Проводили по 4—6 замеров каждой точки и для математической оценки принимали их среднее арифметическое значение.

Экспериментальные данные аппроксимируются уравнением

$$\ln \eta = 3,5488 - 1,3906 \ln t \quad (6)$$

или в явном виде

$$\eta = 34,772 e^{-1,3906t}, \quad (7)$$

где  $\eta$  — динамическая вязкость, Па·с.

Коэффициент корреляции  $r_{\ln \eta, \ln t} = 0,9922$ .

По уравнению (7) средняя квадратичная ошибка расчета вязкости  $S_{\eta \text{ расч}} = 0,014$  [1].

Эксплуатационные свойства эфиров испытаны в составах жирующих смесей в производстве натуральных кож в Горьковкожобъединении.

Таким образом, в лабораторных условиях изучена кинетика этерификации талловых жирных кислот марки ПЛ этиленгликолем при температуре 150—240 °С. Для промышленных условий рекомендуется вести процесс при 180—190 °С в течение 2—3 ч при перемешивании с последующим повышением температуры реакционной массы до 230—240 °С. Общая продолжительность операции 5—6 ч. Выход товарного продукта 94—95 %. Эфир можно применять в качестве нейтрального жира в составах для обработки натуральных кож и для получения сульфоземулгатора.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.— М.: Высш. школа, 1978.— 319 с. [2]. Лапшина Л. А., Косюкова Л. В. Определение смоляных и жирных кислот при совместном присутствии.— Журн. аналит. химии, 1978, т. 33, вып. 3, с. 353—357. [3]. Левенко П. И., Кочетыгов Б. С., Бабич Н. П. Новое в жировании кож.— М.: Легкая пром-сть, 1982.— 136 с. [4]. Новые жирующие и эмульгирующие продукты на основе таллового масла/ В. В. Байядин, З. К. Живова, М. Ф. Купченко, А. И. Головин.— Кожев.-обув. пром-сть, 1983, № 9, с. 37—38. [5]. Смолистые вещества древесины и целлюлозы/ М. А. Иванов, Н. Л. Коссович, С. С. Малевская и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1968.— 352 с. [6]. Состав связанных кислот сырого таллового масла/ Е. В. Ищериков, Н. П. Скворцов, А. Н. Трофимов и др.— Гидролизн. и лесохим. пром-сть, 1984, № 7, с. 16—18.

Поступила 1 июля 1985 г.

УДК 630\*839 : 493,004.4

### ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ ЩЕПЫ К САМОРАЗОГРЕВАНИЮ

О. Н. МАЛЫШЕВА, В. А. СОЛОВЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Саморазогревание технологической щепы в кучах на открытых площадках целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК) приводит к потере экстрактивных веществ и древесного вещества. Известно, что решающие факторы в разогревании — температура щепы во время формирования кучи и плотность тепловых источников (интенсивность выделения тепла в определенном объеме кучи) [2, 4, 5, 7, 8]. Процесс саморазогревания автокаталитический, его трудно прекратить, но можно предотвратить и установить сроки хранения того или иного вида щепы без потерь, определив способность ее к теплообразованию.

С этой целью нами разработана экспресс-методика определения способности щепы к теплообразованию. Мы исходили из того, что методика должна быть простой, легко выполнимой в условиях производства одновременно с определением фракционного состава щепы во время ее отсыпки на хранение.

Саморазогревание технологической щепы при кучевом хранении обусловлено, в первую очередь, дыханием паренхимных клеток древесины [1, 4]. Гистохимическая оценка активности окислительных ферментов, участвующих в дыхательном процессе, может характеризовать интенсивность дыхания и сопровождающее его теплообразование.

Изучали, в основном, щепу древесины ели и березы. Из свежесрубленных деревьев выпиливали диски толщиной 2,6 см. Диски завертывали в полиэтиленовую пленку и помещали в термостаты и холодильники, где их хранили в течение месяца при разной температуре. Через определенные промежутки времени диски извлекали из пленки и из наружной части заболони выкалывали образцы, содержание не менее 15 последних годовичных слоев, для гистохимического определения ферментативной активности. Для этого на тщательно зачищенный поперечный срез древесины наносили кисточкой соответствующий реактив и по интенсивности и скорости появления окраски судили об активности окислительных ферментов в исследуемой древесине. Интенсивность окраски древесины определяли визуально с оценками: «сильная», «слабая», «отсутствует». Использовали следующие реактивы, рекомендуемые для определения спелой и заболонной древесины [6].

Хлорное железо, 10 %-ный раствор. Окрашивает заболонь ели в желтовато-зеленый цвет, спелую древесину — в темно-зеленый. Окраска проявляется медленно, в течение 2 ч, прочная; она не появляется, если влажность древесины ниже 20 %. Не окрашивает древесину пихты и сосны.

Раствор бензидина в 96 %-ном этиловом спирте (1 г бензидина и 99 мл спирта). Окрашивает заболонь в темно-серый цвет, спелую древесину — в красновато-бурый. Окраска появляется через 2—3 ч после нанесения реактива.

Смесь бензидина с нитритом натрия. Готовили отдельно два раствора. Первый раствор: 1 г бензидина, 4,5 мл 25 %-ной соляной кислоты и 195 мл дистиллированной воды. Второй раствор: 1 г нитрита натрия и 10 мл дистиллированной воды. Перед употреблением оба раствора смешивали в равных частях. Полученную смесь применяли для древесины сосны, ели и пихты. Под действием реактива заболонь окрашивалась в светло-коричневый цвет, спелая древесина — в темно-красный. Окраска появлялась быстро и долго сохранялась. Для ели влажность древесины должна быть не менее 34 %.

Гваяколовая настойка (10 %-ный свежеприготовленный спиртовой раствор гваяколовой смолы — гваякола) окрашивает заболонь в интенсивный синий цвет после обработки раствором перекиси водорода. Окраска появляется сразу после нанесения реактива.

Из перечисленных реактивов для древесины ели наиболее подходят хлорное железо, бензидин в спирте и гваякол, а для древесины березы — бензидин в спирте, бензидин с нитритом натрия и гваякол. Одной из самых быстрых и четких была реакция с гваяколом.

Для определения интенсивности дыхания выкалывали образцы такие же, как для гистохимического анализа. Интенсивность дыхания измеряли аппаратом Варбурга [3]. Количество выделяющегося тепла из образца рассчитывали по его газообмену методом непрямой калориметрии

$$H = 1,163 \cdot 10^{-3} Q_{O_2} K,$$

где  $H$  — интенсивность выделения тепла, Вт/кг;  
 $Q_{O_2}$  — интенсивность поглощения кислорода, мкл/г · ч;  
 $K$  — калорический коэффициент, кал/мкл.

Полученные результаты представлены в табл. 1, из данных которой видно, что в течение первых 15 сут древесина ели под действием реактивов окрашивалась так же, как и свежесрубленная, несмотря на разные температурные режимы. Затем интенсивность реакции начинала ослабевать, и на 20-е сут способной к интенсивной окраске оставалась только древесина, которая хранилась при 0 °С. У древесины, находившейся при 37 °С, наиболее интенсивно окрашивались гваяколом лишь последние 8—10 слоев заболони, а другие не окрашивались совсем. На 25-е сут образцы древесины ели, находившиеся в условиях высокой температуры, полностью перестали окрашиваться, а у остальных появлялась очень слабая реакция при действии хлорным железом и бензидином. И, наконец, на 30-е сут очень слабая реакция наблюдалась только у древесины, хранившейся при 0 и 13 °С.

В первую очередь отмирала древесина как березы, так и ели, хранившаяся при высокой температуре. Это отмирание было выражено четко. Так, уже на 10-е сут способность окрашиваться теряла древесина, хранившаяся при 37 °С; спустя 15 сут ослабевала реакция у древесины, находившейся при 27 °С, и только у образцов, находившихся при 0 и 13 °С, сохранялась высокая реакционная способность до конца опыта.

Влажность древесины  $W$  за время опыта практически не изменилась по сравнению с начальной.

Таблица 1

Изменение активности окислительных ферментов и теплообразования древесины, хранившейся при разной температуре

Время хранения, сут	0 °С			13 °С			27 °С			37 °С		
	W, %	Ак- тив- ность окси- даз	H, Вт/кг									
1	$\frac{106}{83}$	++	$\frac{0,14}{0,19}$	$\frac{102}{81}$	++	$\frac{0,14}{0,18}$	$\frac{102}{48}$	++	$\frac{0,15}{0,26}$	$\frac{90}{76}$	++	$\frac{0,15}{0,24}$
	$\frac{98}{85}$	++	$\frac{0,14}{0,16}$	$\frac{96}{75}$	++	$\frac{0,20}{0,22}$	$\frac{96}{53}$	++	$\frac{0,19}{0,30}$	$\frac{90}{75}$	++	$\frac{0,21}{0,22}$
2	$\frac{96}{85}$	++	$\frac{0,19}{0,23}$	$\frac{99}{82}$	++	$\frac{0,26}{0,31}$	$\frac{91}{56}$	++	$\frac{0,22}{0,31}$	$\frac{99}{70}$	++	$\frac{0,19}{0,23}$
	$\frac{102}{82}$	++	$\frac{0,19}{0,33}$	$\frac{110}{80}$	++	$\frac{0,22}{0,46}$	$\frac{108}{57}$	++	$\frac{0,18}{0,32}$	$\frac{101}{78}$	++	$\frac{0,19}{0,11}$
10	$\frac{106}{81}$	++	$\frac{0,21}{0,29}$	$\frac{99}{78}$	++	$\frac{0,18}{0,28}$	$\frac{92}{37}$	0	$\frac{0,10}{0,21}$	$\frac{98}{69}$	+	$\frac{0,07}{0,08}$
	$\frac{107}{74}$	++	$\frac{0,24}{0,38}$	$\frac{110}{72}$	+	$\frac{0,19}{0,23}$	$\frac{104}{22}$	0	$\frac{0,10}{0,12}$	$\frac{98}{63}$	+	$\frac{0,08}{0,06}$
15	$\frac{124}{74}$	++	$\frac{0,26}{0,41}$	$\frac{116}{72}$	+	$\frac{0,16}{0,22}$	$\frac{97}{14}$	0	$\frac{0,07}{0,08}$	$\frac{105}{64}$	0	$\frac{0,08}{0,04}$
	$\frac{107}{74}$	+	$\frac{0,22}{0,22}$	$\frac{106}{72}$	+	$\frac{0,14}{0,22}$	$\frac{98}{14}$	0	$\frac{0,05}{0,08}$	$\frac{102}{64}$	0	$\frac{0,08}{0,04}$
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Данные приведены для свежесрубленной древесины: в числителе для ели ( $W = 105\%$ ,  $H = 0,13$  Вт/кг); в знаменателе — для березы ( $W = 81\%$ ,  $H = 0,17$  Вт/кг). Активность оксидаз оценивали по интенсивности окраски древесины: ++ — сильная; + — слабая; 0 — отсутствует.

Из табл. 1 видно, что интенсивность теплообразования свежесрубленной древесины увеличивается, независимо от температуры, при которой она хранится. Однако время достижения максимума интенсивности выделения тепла сдвигается с 25 сут при 0 °С на начало опыта при 37 °С.

Таблица 2

Зависимость между оксидазной активностью древесины и теплообразованием

Активность оксидаз	Теплообразование H, Вт/кг		
	мини- мальное	среднее	макси- мальное
Сильная	$\frac{0,15}{0,16}$	$\frac{0,19}{0,27}$	$\frac{0,26}{0,46}$
	$\frac{0,14}{0,12}$	$\frac{0,15}{0,17}$	$\frac{0,22}{0,21}$
Слабая	$\frac{0,05}{0,04}$	$\frac{0,08}{0,07}$	$\frac{0,10}{0,11}$

Примечание. В числителе — данные для ели; в знаменателе — для березы.

Существует зависимость между активностью окислительных ферментов, определяемой гистохимически, и теплообразованием. Реактивность живых клеток как у древесины ели, так и березы характеризуется

величинами теплообразования примерно одного порядка (табл. 2). Отсутствие гистохимической реакции, указывающее на прекращение жизнедеятельности клеток, характеризуется величиной теплообразования, не превышающей в среднем 0,08 Вт/кг.

Сравнительное исследование теплообразующей способности древесины и активности окислительных ферментов позволяет считать, что древесина, окрашивающаяся под действием определенных реактивов, способна к саморазогреванию. Чем интенсивнее окрашивание, тем интенсивнее будет развиваться очаг саморазогревания при кучевом складировании щепы. Процедура обработки поперечного среза древесины каким-либо реактивом, например гваяколовой настойкой, у определенного количества щепок из каждой доставляемой на склад партии щепы достаточно проста в исполнении, не займет много времени и позволит целесообразно подойти к складированию щепы: направить ее в варку, если это обосновано анализом; хранить определенное время без опасности саморазогревания; зная, что разогревание неизбежно, учесть потери экстрактивных веществ или принять меры для его предотвращения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Брюханов В. А., Малышева О. Н., Соловьев В. А. Хранение щепы на бирже Красноярского комбината.—Бум. пром-сть, 1975, № 9, с. 11—12. [2]. Молотков Л. К. Природа разогревания технологической щепы.—В кн.: Материалы науч.-техн. конф. ЛТА, Л., 1971, с. 47—49. [3]. Семухатова О. А., Чулановская М. В. Манометрические методы изучения дыхания и фотосинтеза растений.—М.—Л.: Наука 1965.—168 с. [4]. Соловьев В. А. Дыхательный газообмен древесины.—Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983.—300 с. [5]. Bergman O. Thermal degradation and spontaneous ignition in outdoor chip storage.—Sven. paperst. och Sven. papersforadlingstidskr., 1974, 77, 18, 681—684. [6]. Jacquiot M. C., Trenard Y. Méthodes chimiques de détection du bois parfait et de l'aubier chez quelques essences, résineuses ou feuillues.—Bull. Soc. bot. France, 1966, 113, N 5—6, p. 278—282. [7]. Springer E. L., Hajny G. J. Spontaneous heating in piled wood chips. I. Initial mechanism.—Tappi, 1970, 53, 1, p. 85—86. [8]. Springer E. L., Hajny G. J., Feist W. C. Spontaneous heating in piled wood chips. 2. Effect of temperature.—Tappi, 1971, 54, 4, p. 589—591.

Поступила 15 октября 1985 г.

УДК 630\*813.14

### ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА МОНОСУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА МЕТОДАМИ ГЕЛЬ-ФИЛЬТРАЦИИ И ЭЛЕКТРОФЕРЕЗА

Е. В. НОВОЖИЛОВ, И. Г. ТУШИНА, Б. Д. БОГОМОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

При моносультитной варке растворяется до 20—25 % вещества исходной древесины. В отработанном щелоке в конце варки содержатся лигносульфонаты, гемицеллюлозы и продукты их разрушения. В отличие от сульфитного и сульфатного щелоков состав органической части этого щелока изучен недостаточно.

Ряд авторов [3, 4, 8, 9, 10, 12] исследовали состав и свойства гемицеллюлоз, выделенных из моносультитного щелока различными способами. Меньше внимания было уделено лигносульфонатам моносультитного щелока. Высокомолекулярные соединения, к которым относятся углеводы и лигнин, имеют макромолекулы различной длины. В настоящее время можно считать установленным, что при варке лиственной древесины растворенные в моносультитном щелоке гемицеллюлозы на 80—90 % состоят из глюкоуроноксилана, имеют среднюю степень полимеризации около 100 и среднюю молекулярную массу около 13 000 [3, 4].

Лигносulfонаты моносulfитного щелока обладают более низкой молекулярной массой — около 800 [7].

Цель настоящей работы — изучить углеводы и лигнин моносulfитного щелока методами гель-фильтрации и электрофореза.

При гель-фильтрации в качестве геля использовали сефадекс G-75, а в качестве растворителя и элюента — раствор кадоксен — вода в соотношении 1:3 и 0,25 %-ный раствор NaOH. Фракционирование проводили в аналитических колонках диаметром 18 мм и высотой слоя набухшего геля 420—450 мм. Для определения внешнего объема геля  $V_0$  использовали декстран синий, внутренний объем геля  $V_i$  определяли по 1 %-ному раствору ксилозы. Отбор фракций производили при помощи автоматического коллектора. Скорость элюирования составляла 20—30 мл/ч. Во фракциях определяли содержание углеводов антроновым методом [5] и концентрацию лигнина на спектрофотометре СФ-16 при 280 нм. При определении углеводов в щелоках вводили поправку на лигнин. На гель-фильтрацию брали разбавленный моносulfитный щелок с содержанием сухих веществ 0,8—1,0 % и 0,5—1,0 %-ные растворы гемицеллюлоз. На кривых гель-фильтрации объем элюирования пересчитывали на коэффициент  $K_d$ , который определяли по формуле:

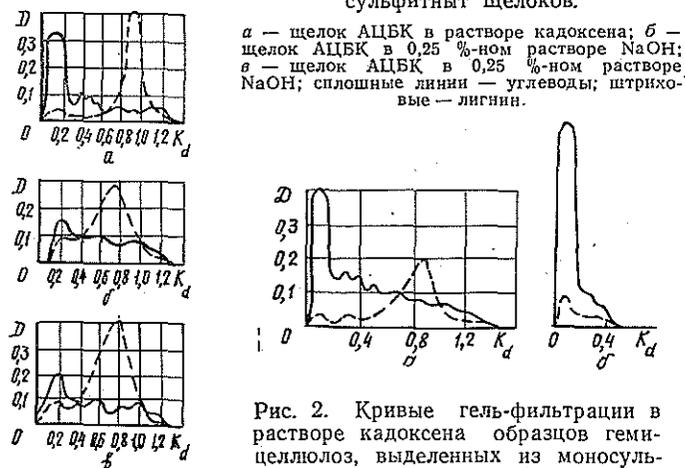
$$K_d = \frac{V_e - V_0}{V_i},$$

где  $V_e$  — объем элюирования, мл;  
 $V_0$  — внешний объем геля, мл;  
 $V_i$  — внутренний объем геля, мл.

Электрофорез моносulfитного щелока проводили на приборе ЭФПБ-1 по методике [6]. В полученных фракциях определяли углеводы и лигнин, как описано выше.

Кривые гель-фильтрации моносulfитных щелоков Архангельского и Котласского ЦБК имеют общие характерные особенности (рис. 1).

Рис. 1. Кривые гель-фильтрации моносulfитных щелоков.



а — щелок АЦБК в растворе кадоксена; б — щелок АЦБК в 0,25 %-ном растворе NaOH; в — щелок АЦБК в 0,25 %-ном растворе NaOH; сплошные линии — углеводы; штриховые — лигнин.

Рис. 2. Кривые гель-фильтрации в растворе кадоксена образцов гемицеллюлоз, выделенных из моносulfитного щелока АЦБК.

а — по методу А; б — по методу Б; сплошные линии — углеводы; штриховые — лигнин.

Углеводы в щелоке определяются во всем объеме элюирования, что свидетельствует об их значительной полидисперсности. На кривой углеводов имеется пик в высокомолекулярной области при  $0-0,2 K_d$ . Далее эта кривая идет более полого и почти параллельно горизонтальной оси без явно выраженных максимумов и минимумов. Лигнин моносulfитного щелока на кривой гель-фильтрации имеет два пика: первый небольшой в области высоких молекулярных масс, второй основной, находящийся в низкомолекулярной области, при  $0,7-0,9 K_d$ . Упоминание о подобном бимодальном распределении выделенных из моносulfитного щелока препаратов лигносulfоновых кислот уже встречалось в литературе [2, 13]. Следовательно, по данным гель-фильтрации, основ-

ная часть углеводов моносульфитного щелока имеет высокую молекулярную массу, в то время как лигносульфонаты практически полностью относительно низкомолекулярны. Эти результаты хорошо согласуются с известными данными [2—4, 13].

Кривые гель-фильтрации в растворе кадоксена двух образцов гемицеллюлоз, выделенных из щелока различными методами, приведены на рис. 2. Методы выделения подробно описаны нами ранее [4]. Гемицеллюлозы, выделенные по методу А с предварительным отделением части лигносульфонатов в виде солей бария (рис. 2, а), имеют такую же кривую углеводов, как и моносульфитный щелок, в то время как гемицеллюлозы, полученные по методу Б (рис. 2, б) путем осаждения спиртом, полностью элюируются в области 0—0,4  $K_d$ . Интересно, что в этой области на кривой углеводов моносульфитного щелока имеется максимум, который можно отнести, таким образом, к высокомолекулярным гемицеллюлозам, осаждаемым этанолом.

В моносульфитном щелоке обнаружены углеводсульфоновые кислоты, содержание которых примерно соответствует количеству лигносульфоновых кислот [11]. По-видимому, сульфогруппы присутствуют не только в низко-, но и в высокомолекулярных полисахаридах моносульфитного щелока. Как установлено рядом авторов [1], углеводсульфоновые кислоты, растворенные в процессе бисульфитной варки древесины ели, имели молекулярную массу от 500 до 10 000. Различие в количестве гемицеллюлоз, осаждаемых по методам А и Б, полностью объясняют те углеводы, которые выходят из колонки после 0,3  $K_d$ . Скорее всего, это низкомолекулярные углеводсульфоновые кислоты. Гель-хроматограмма лигнина образца гемицеллюлоз, выделенного по методу А, аналогична кривой лигнина моносульфитного щелока, однако максимум в низкомолекулярной области стал меньше из-за отделения части лигносульфонатов в виде солей бария.

На гель-хроматограммах моносульфитного щелока и выделенных из него гемицеллюлоз наблюдается соответствие пика лигнина в высокомолекулярной области пику углеводов. Это может свидетельствовать о наличии в моносульфитном щелоке лигноуглеводных комплексов (ЛУК), основной компонент которых — ксилан. Однако данных только гель-фильтрации еще недостаточно для того, чтобы установить существование такого рода соединений, так как возможно совместное элюирование углеводов и высокомолекулярной части лигносульфонатов. Для доказательства присутствия в моносульфитном щелоке ЛУК использовали метод электрофореза. Как видно из рис. 3, пики углеводов и лигнина находятся в разных фракциях. Это говорит о том, что основная часть лигносульфонатов не связана с углеводами. В то же время наблюдается совпадение пика углеводов с небольшим пиком лигнина. Таким образом, данные электрофореза, как и результаты гель-фильтрации, подтверждают наличие в моносульфитном щелоке ЛУК.

Следует отметить, что лигносульфонаты, выделенные из моносульфитного щелока в виде солей бария, также связаны с небольшим количеством углеводов. Различные фракции лигносульфонатов содержали 0,12—0,73 % сахаров [13]. Так как в методе А осаждение лигносульфонатов проводится аналогично, несомненно, что такие соединения также должны присутствовать в осадке лигнина при центрифугировании.

Обобщая данные, полученные нами и опубликованные в литературе, можно заключить, что в моносульфитном щелоке присутствуют ЛУК



Рис. 3. Кривые электрофореза моносульфитного щелока АЦБК.

Сплошные линии — углеводы; штриховые — лигнин.

двух видов: в одном из них основной компонент — ксилан, связанный с лигнином ковалентными связями, в другом главным полимером служит лигнин, к которому химически присоединены остатки углеводов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боярская Р. К., Писаревская Е. А., Непенин Ю. Н. Влияние продолжительности бисульфитной варки на процесс сульфонирования углеводов.— Химия древесины, 1977, № 2, с. 52—58. [2]. Лапицкая С. А., Алексеев А. Д., Резников В. М. Молекулярно-весовое распределение лигносульфоновых кислот при сульфитной варке лигнина.— Химия древесины, 1975, № 5, с. 75—80. [3]. Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д., Хабаров Ю. Г. О деградации гемицеллюлоз, перешедших в щелок при моносльфитной варке полуцеллюлозы.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 2, с. 88—91. [4]. Новожилов Е. В., Миловилова Л. А., Прокшин Г. Ф. Изучение состава и свойств гемицеллюлоз, выделенных из моносльфитного щелока различными методами.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 5, с. 100—103. [5]. Пивоварова В. А., Богомолов Б. Д. Количественное определение углеводов в лигноуглеводных комплексах антроновым методом.— Химия древесины, 1977, № 2, с. 45—47. [6]. Пивоварова В. А., Богомолов Б. Д. Исследование лигноуглеводных комплексов древесины сосны методом электрофореза.— Химия древесины, 1977, № 2, с. 48—51. [7]. Benko J. The measurement of molecular weight of lignosulfonic acids and related materials by diffusion. IV.— Tappi, 1964, vol. 47, N 8, p. 508—514. [8]. Lea D. An orienting study of the effect of the neutral sulphite semichemical cook on the hemicelluloses of aspenwood.— Tappi, 1954, vol. 37, N 9, p. 393—399. [9]. Nelson P. An examination of hemicellulose precipitated from eucalypt neutral sulphite liquor.— Appita, 1969, vol. 22, N 4, p. 97—102. [10]. Quick R. A study of the hemicellulose removed during a neutral sulphite semichemical cook of aspenwood.— Tappi, 1956, vol. 39, N 6, p. 357—366. [11]. Schmidt U. Kohlenhydrat-sulfonsäuren aus neutral-sulfitablauge.— Holzforchung, 1961, Bd. 15, N. 3, S. 79—90. [12]. Shimizu K., Samuelson O. An examination of hemicellulose precipitated from spruce neutral sulphite liquor.— Svensk papperstidn., 1973, a. 76, N 4, p. 156—161. [13]. Teubner H., Krause Th., Schüre I. Isolierung und Bestimmung von Ligninsulfonaten und Kohlenhydraten aus des Na—NSSC—Aufschlusses von Potbuchenholz.— Cellul. Chem. and Technol., 1974, vol. 8, N 6, p. 615—626.

Поступила 24 июня 1985 г.

УДК 630\*813.13

## ЖИДКОФАЗНОЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ДИПСЕВДОКУМИЛМЕТАНА

О. К. СОКОЛОВА, Т. А. СОКОЛОВА, И. А. МАРТЫНОВА,  
Н. М. РИШЕС

Ленинградская лесотехническая академия

Ранее [4] была показана возможность синтеза бензилбензойных кислот (ББК) — заменителей канифоли для проклейки бумаги и для других целей путем окисления дипсевдокумилметана (ДПКМ) 33—36 %-ной азотной кислотой.

Углеводород	Загрузка смеси*, моль/л			Соотношение		Расход O <sub>2</sub> , моль
	Карбоновая кислота	CoAc <sub>2</sub> × 10 <sup>-2</sup>	NaBr × 10 <sup>-2</sup>	CoAc <sub>2</sub> : углеводород	CoAc <sub>2</sub> : NaBr	
0,15	Ледяная уксусная, 16,6	7,5	3,75	0,500	2,0	1,76
0,15	Пропионовая, 12,8	3,2	1,0	0,200	3,2	2,64
0,50	» 12,3	2,8	0,8	0,056	3,5	2,64
0,50	Ледяная уксусная, 16,8	2,8	0,8	0,056	3,5	2,20
0,50	» » 16,8	2,8	0,8	0,056	3,5	1,76
0,50	» » 16,3	2,8	0,8	0,056	3,5	1,32
0,50	» » 16,8	2,8	0,8	0,056	3,5	0,88

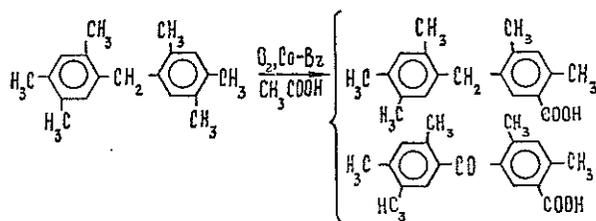
Примечание. Общий объем реакционной смеси в первых двух опытах 105 мл,

Недостаток этого метода в том, что в результате окисления, наряду с ББК, получаются нитробензилбензойные кислоты, обладающие более темным цветом, что снижало белизну проклеенной бумаги. Кроме того, использование азотной кислоты увеличивает объем сточных вод, отходов и газовых выбросов.

В литературных источниках мы не обнаружили сведений по получению бензилбензойных кислот более прогрессивным методом — жидкофазным каталитическим окислением дипсевдокумилметана молекулярным кислородом. Поэтому целесообразно было исследовать возможность окисления ДПКМ этим методом.

Известно, что окисление диарилметанов идет по двум конкурирующим направлениям: с первоначальным окислением метиленовой группы и окислением одной из метильных групп исходного соединения.

Схему окисления ДПКМ с образованием смеси кислот можно представить следующим образом:



Окисление ДПКМ проводили в четырехгорлой круглодонной колбе с мешалкой, обогревом и обратным холодильником, соединенным с реакционной колбой через ловушку Дина-Старка для отбора уксусной (или пропионовой) кислоты, разбавленной выделяющейся при реакции водой. Для компенсации кислоты, удаленной из зоны реакции, через делительную волоконку капали свежую кислоту.

В реакционную колбу загружали последовательно углеводород, ледяную уксусную (или пропионовую) кислоту, инициатор — бромид натрия и катализатор — ацетат кобальта. Для обогрева использовали сплав Вуда. Температуру реакции поддерживали 120 °С.

В нагретую смесь из баллона через барботер подавали кислород, и момент подачи кислорода принимали за начало реакции. Барботером служила стеклянная трубка с пористой пластинкой (фильтр Шотта № 1), доходящая до дна реакционной колбы. Скорость подачи кислорода измеряли реометром.

Контроль процесса вели по изменению концентрации ДПКМ во времени путем ГЖ анализа проб оксидата без предварительного удаления уксусной кислоты.

ГЖХ проводили на приборе Хром-42 с линейным программированием в интервале температур 200—300 °С. Газ-носитель — гелий. Детектор — пламенно-ионизационный. Колонка из стекла — 2,5 м. Инертный носитель — хромсорб G (60—80 меш), неподвижная фаза — SE-30 — 5 %.

Продолжительность окисления, ч	Выход кислот, %	Кислотное число, мгКОН/100 г	Температура плавления, °С	Элементный состав, %			Степень проклейки по методу	
				С	Н	О	штриховому, мм	Кобба, г/м <sup>2</sup>
4	70	300	90	67,10	5,60	27,30	1,0	28,2
6	96	380	90	—	—	—	2,0	20,8
6	96	268	80	72,00	6,50	21,50	2,0	21,1
5	92	170	90	72,15	6,24	21,61	2,0	22,0
4	78	190	85	75,36	6,81	17,80	2,0	19,0
3	27	200	90	—	—	—	—	—
2	24	230	90	—	—	—	—	—

в остальных — 110 мл.

По окончании реакции смесь охлаждали и отгоняли уксусную кислоту (или пропионовую) под вакуумом. Затем в воде при нагревании и перемешивании растворяли катализатор. Раствор катализатора отделяли от органической части, отгоняли воду, катализатор сушили и вновь использовали в процессе окисления. Далее разделяли органическую часть на бензилбензойные кислоты и нейтральные. Для этого продукт реакции растворяли в избытке 2 н. раствора едкого натра при нагревании. После охлаждения из щелочного раствора экстрагировали эфиром нейтральные вещества. Щелочной раствор подкисляли до pH1, выпавшие кислоты снова экстрагировали эфиром. Эфирный раствор промывали водой до нейтральной реакции промывных вод, отгоняли эфир, кислоты сушили под вакуумом до постоянной массы и анализировали.

Условия окисления ДПКМ молекулярным кислородом, выходы и характеристика ББК приведены в таблице.

Как видно из таблицы, окислению предшествует довольно продолжительный период индукции.

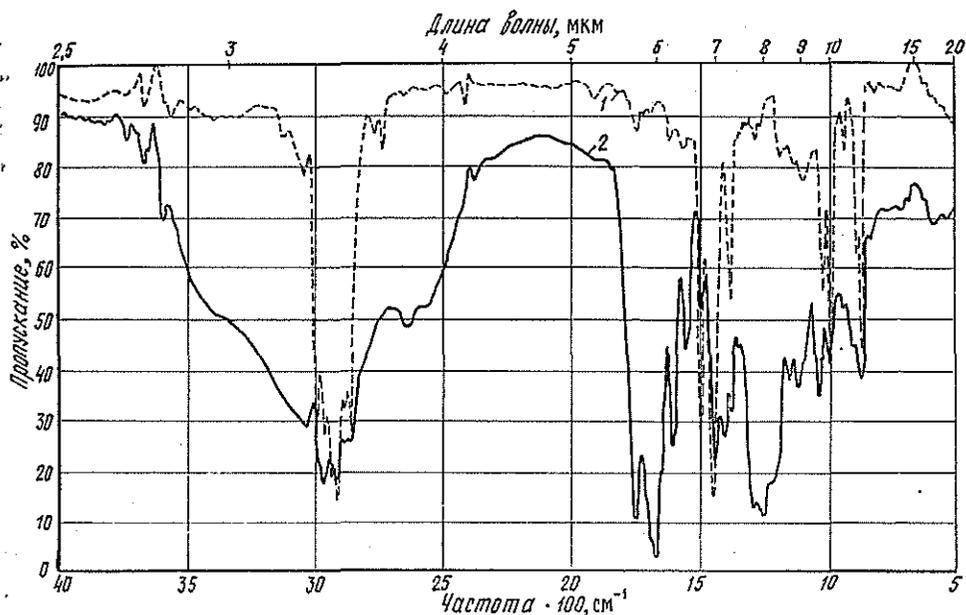
Максимальная концентрация ББК получена через 5—6 ч окисления. При увеличении концентрации катализатора увеличилась глубина окисления, что отрицательно сказывалось на проклеивающих свойствах конечного продукта. Повышение температуры выше 130 °С вызывало осмоление оксидата.

Катализатор, извлекаемый нами из реакционной смеси, не терял своей активной формы. Повторно на катализаторе осуществлено 5 циклов с выходом ББК не ниже 90 %.

Растворитель после регенерации методом дробного вымораживания (ледяная уксусная кислота) или методом дистилляции под вакуумом (пропионовая кислота) может быть возвращен на повторное использование в количестве 60—70 об. % [1].

В результате окисления ДПКМ мы получили смесь изомерных ББК, изучение химического состава которых будет предметом нашего следующего сообщения.

На рисунке приведены ИК-спектры исходного ДПКМ (кривая 1) и ББК (кривая 2) на его основе [2]. Для ИК-спектров всех образцов после окисления характерно наличие полос поглощения 1250, 1690—1760  $\text{см}^{-1}$  и широкой полосы 2500—3000  $\text{см}^{-1}$ , соответствующих карбоновым кислота  $\text{Ag} = \text{COOH}$ . В ИК-спектре ДПКМ эти полосы отсут-



ствуют. Полосы поглощения 1000, 1375, 1450, 1500  $\text{см}^{-1}$ , характерные для метильных групп, после окисления, совершенно очевидно, становятся менее интенсивными.

Бензилбензойные кислоты были испытаны в качестве проклеивающего агента для придания гидрофобности бумаге, при этом были получены положительные результаты.

Для проклейки бумаги ББК применяли в виде полностью нейтрализованного клея по технологии проклейки канифольным клеем [3].

Композиция бумажной массы — 100 % сульфитной беленой целлюлозы. Расход клея составлял 2,0 %, сернокислого алюминия — 4,0 % к массе абсолютно сухого волокна. Образцы бумаги массой 100  $\text{г}/\text{м}^2$  отливали на аппарате Репид-Кётен. Степень проклейки определяли двумя методами: штриховым и по Коббу. Результаты опытов приведены в таблице.

Нами показано, что вместо индивидуальных углеводов (например, псевдокумол, ксилолы и др.) можно использовать закислительную фракцию (смесь углеводов С-9), в которой псевдокумол составляет 44 %, и проводить конденсацию и окисление в тех же условиях. При этом получается не менее 90 % ББК, обладающих столь же высокими проклеивающими свойствами.

На основании экспериментальных данных и результатов проклейки бумаги можно предложить следующие условия окисления дипсевдокумилметана: концентрация ДПКМ — 0,5 моль/л; концентрация ледяной уксусной кислоты — 16,8 моль/л; концентрация ацетата кобальта —  $2,8 \cdot 10^{-2}$  моль/л; концентрация бромиды натрия —  $0,8 \cdot 10^{-2}$  моль/л; продолжительность окисления — 5 ч; температура — 120 °С; скорость подачи кислорода — 0,44 моль/ч.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Карякин Ю. В. Чистые химические реактивы.— М.: Госхимиздат, 1947, с. 283. [2]. Накониси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений.— М.: Мир, 1965, с. 51. [3]. Петров А. П. Проклейка бумаги и картона.— М.: Лесн. пром-сть, 1964, с. 165. [4]. Синтез замещенных бензилбензойных кислот на основе нефтехимического сырья/ О. К. Завьялова, А. И. Конокотина, Т. А. Соколова и др.— ЖПХ, 1978, № 8, с. 1843—1847.

Поступила 25 июня 1985 г.

УДК 533.6.011 : 536.244.45

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТУРБУЛЕНТНОГО ОБМЕНА В ЦИКЛОННЫХ КОЛЬЦЕВЫХ КАМЕРАХ

Э. Н. САБУРОВ, С. И. ОСТАШЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Методика расчета тангенциальной составляющей скорости потока  $w_\varphi$  в кольцевых циклонных устройствах, применяемых на предприятиях Минлесбумпрома и в других отраслях промышленности, изложена в работе [3]. Для нахождения распределений радиальной и аксиальной составляющих необходимо предварительно определить касательное напряжение трения в потоке  $\tau_{r\varphi} = -\rho \overline{w'_r w'_\varphi}$  ( $\rho$  — плотность потока;  $w'_r$ ,  $w'_\varphi$  — пульсационные компоненты радиальной и тангенциальной составляющих скорости) — наибольшую из составляющих тензора турбулентных напряжений. При феноменологическом подходе, основанном на понятии пути перемешивания, для плоских закрученных потоков наибо-

лее часто используют два допущения о связи турбулентных напряжений с характеристиками стратифицированного по скорости осредненного течения. При первом — турбулентные напряжения связывают с градиентом момента (циркуляции) тангенциальной скорости  $M = w_\varphi r$  ( $r$  — текущий радиус) [2]; во втором, в соответствии с обобщенной гипотезой Кармана [1, 2, 5], с градиентом угловой скорости  $\omega = w_\varphi / r$ . Напряжение  $\tau_{r\varphi}$  (далее индекс  $r\varphi$  в целях упрощения записи опускаем) в обоих случаях определяем по формуле

$$\begin{aligned} \tau_{r(\omega)} &= (\rho l_{r(\omega)}^2 / r^{\pm 2}) \left| \frac{\partial}{\partial r} (w_\varphi r^{\pm 1}) \right| \left| \frac{\partial}{\partial r} (w_\varphi r^{\pm 1}) \right| = \\ &= \rho l_{r(\omega)}^2 \left| \frac{\partial w_\varphi}{\partial r} \pm \frac{w_\varphi}{r} \right| \left( \left| \frac{\partial w_\varphi}{\partial r} \pm \frac{w_\varphi}{r} \right| \right), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $l$  — путь перемешивания;  
индекс  $r$  и знак « $\pm$ » соответствуют связи  $\tau$  с градиентом циркуляции тангенциальной скорости;  
индекс  $\omega$  и знак « $\rightarrow$ » — с градиентом угловой скорости.

Для описания безразмерной тангенциальной скорости используем аппроксимацию [3]

$$\bar{w} = \frac{w_\varphi}{w_{\varphi m}} = \left( \frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^n. \quad (2)$$

Здесь  $w_{\varphi m}$  — максимальное значение  $w_\varphi$  в ядре потока;  
 $\eta = (r - r_b) / (r_{\varphi m} - r_b)$  — безразмерный текущий радиус;  
 $r_b$  и  $r_{\varphi m}$  — радиусы внутренней теплообменной поверхности и положения  $w_{\varphi m}$ ;  
 $n$  — постоянная для данной камеры величина.

Тогда распределение безразмерной угловой скорости

$$\bar{\omega} = \left( \frac{w_\varphi}{r} \right) / \left( \frac{w_{\varphi m}}{r_{\varphi m}} \right) = \left( \frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^n \frac{1 + b}{\eta + b}, \quad (3)$$

где  $b = r_b / (r_{\varphi m} - r_b)$  — безразмерный радиус внутренней цилиндрической стенки камеры.

Распределение безразмерной циркуляции тангенциальной скорости

$$\bar{\Gamma} = \frac{w_\varphi r}{w_{\varphi m} r_{\varphi m}} = \left( \frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^n \frac{\eta + b}{1 + b}. \quad (4)$$

Градиенты  $\bar{\Gamma}$  и  $\bar{\omega}$

$$\frac{\partial \bar{\Gamma}}{\partial \eta} = \left( \frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^{n-1} \frac{2(\eta + b)}{(1 + b)(1 + \eta^2)} \left( n \frac{1 - \eta^2}{1 + \eta^2} + \frac{\eta}{\eta + b} \right); \quad (5)$$

$$\frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \eta} = \left( \frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^{n-1} \frac{2(1 + b)}{(1 + \eta^2)(\eta + b)} \left( n \frac{1 - \eta^2}{1 + \eta^2} - \frac{\eta}{\eta + b} \right). \quad (6)$$

Безразмерное касательное напряжение (1)

$$\bar{\tau}_{r(\omega)} = \frac{\tau_{r\varphi}}{\rho w_{\varphi m}^2} = \frac{l_{r(\omega)}^2}{(\eta + b)^2} \left| (\eta + b) \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \eta} \pm \bar{\omega} \right| \left| (\eta + b) \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \eta} \pm \bar{\omega} \right|. \quad (7)$$

Здесь  $\bar{l}_{r(\omega)} = l_{r(\omega)} / (r_{\varphi m} - r_b)$  — безразмерный путь перемешивания.

На рис. 1 показаны распределения (2) — (7) для кольцевой камеры с  $b = 2,0$  и  $n = 0,5$ , а в таблице для сравнения приведены распределения тех же характеристик для обычной циклонной камеры с  $b = 0$  и  $n = 2,0$ .

В обычных циклонных камерах максимум  $\bar{\tau}_r$  (при условии  $\alpha_r = \text{const}$  и  $l_r = \alpha_r r$ ) располагается во внутренней зоне ядра потока, в кольцевых смещается к поверхности внутренней стенки канала. Распределение  $\bar{\tau}_\omega$  (при условии  $\alpha_\omega = \text{const}$  и  $l_\omega = \alpha_\omega r$ ) имеет более сложный характер. В обычных камерах один из максимумов  $\bar{\tau}_\omega$  (меньший по величине) располагается во внутренней зоне ядра потока, а другой — во внешней; в кольцевых камерах первый максимум смещается к поверхности цилиндра. При  $\partial\bar{\Gamma}/\partial\eta = 0$  и  $\partial\bar{\omega}/\partial\eta = 0$  (при  $\alpha_{r(\omega)} = \text{const}$ )  $\bar{\tau}_r = 0$  и  $\bar{\tau}_\omega = 0$ .

Анализ данных, представленных на рис. 1 и в таблице, а также других данных в широком диапазоне изменения  $n$  и  $b$  позволил сделать вывод о том, что в методиках определения  $\bar{\tau}_r$  и  $\bar{\tau}_\omega$  по приведенным формулам нет большого различия. К важному достоинству уравнения для определения  $\bar{\tau}_\omega$  следует отнести знакопеременный характер изменения трения, свидетельствующий о различном (стабилизирующем и дестабилизирующем) влиянии центробежных сил на уровень турбулентности потока. В области  $\partial/\partial r (\omega_\varphi/r) > 0$  независимо от знака  $\omega'_r$  корреляция  $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi}$  отрицательна ( $\tau_\omega > 0$ ), что соответствует условию стабилизирующего (консервативного) влияния центробежных сил. В области  $\partial/\partial r (\omega_\varphi/r) < 0$   $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi} > 0$  ( $\tau_\omega < 0$ ) воздействие центробежных сил дестабилизирующее (активное).

Из анализа динамического уравнения для компонент тензора турбулентной энергии [5] сделан вывод о том, что при  $\partial/\partial r (\omega_\varphi/r) < 0$  и  $\partial/\partial r (\omega_\varphi/r) > 0$  во внешней части ядра потока должно наблюдаться относительное уменьшение корреляции  $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi}$ , а при  $\partial/\partial r (\omega_\varphi/r) < 0$  и

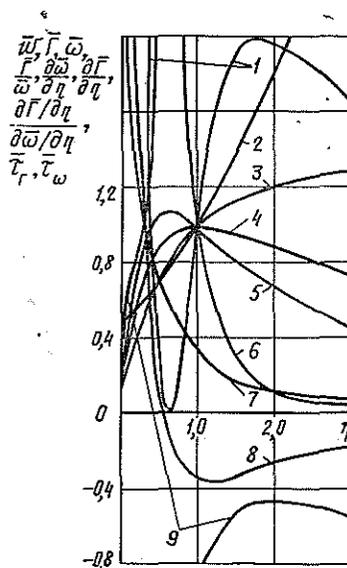


Рис. 1. Безразмерные распределения характеристик потока в циклонной кольцевой камере при  $b = 2,0$  и  $n = 0,5$ .

- 1 —  $\bar{\tau}_\omega$ ; 2 —  $\Gamma/\bar{\omega}$ ; 3 —  $\bar{\Gamma}$ ; 4 —  $\bar{\omega}$ ;
- 5 —  $\omega$ ; 6 —  $\tau_r$ ; 7 —  $\partial\bar{\Gamma}/\partial\eta$ ; 8 —  $\partial\bar{\omega}/\partial\eta$ ;
- 9 —  $(\partial\bar{\Gamma}/\partial\eta)/(\partial\bar{\omega}/\partial\eta)$ .

Распределения основных характеристик потока в циклонной камере при  $b = 0$  и  $n = 2$

Характеристика	Численное значение характеристики при $\eta$						
	0,1	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	3,0
$\bar{\omega}$	0,039	0,475	0,951	0,967	0,807	0,639	0,359
$\bar{\Gamma}$	0,003	0,190	0,761	1,160	1,292	1,279	1,077
$\bar{\Gamma}/\bar{\omega}$	0,392	1,189	1,189	0,806	0,504	0,319	0,119
$\partial\bar{\Gamma}/\partial\eta$	0,010	0,160	0,640	1,440	2,560	4,000	9,000
$\partial\bar{\omega}/\partial\eta$	0,116	1,164	1,369	0,618	0,099	-0,128	-0,216
$(\partial\bar{\Gamma}/\partial\eta)/(\partial\bar{\omega}/\partial\eta)$	3,765	1,332	-0,834	-0,914	-0,592	-0,351	-0,104
$\tau_r$	0,030	0,873	-1,641	-0,676	-0,168	0,363	2,067
$\tau_\omega$	0,013	1,356	1,875	0,382	0,009	0,016	0,046
$\tau_\omega$	0,001	0,045	0,285	1,733	2,298	1,982	0,876

$\partial/\partial r (\omega_\varphi r) < 0$  (за пределами ядра потока в периферийной области течения) компоненты корреляционного тензора в том числе и  $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi}$  возрастают, что также соответствует имеющимся опытным данным. В то же время при  $\partial/\partial r (\omega_\varphi/r) = 0$   $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi} = 0$ , т. е. при вращении газа по закону твердого тела  $\omega_\varphi = r \text{ const}$  пульсационное движение должно полностью затухать, в действительности в небольшой области течения, близкой по своим свойствам к этим условиям (так называемой «квазитвердой» зоне), наблюдаются наибольшие значения  $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi}$ . В соответствии с формулой для определения  $\bar{\tau}_r$  в пределах ядра потока влияние центробежных сил носит только стабилизирующий характер и лишь за его пределами становится активным. Сделанные выводы справедливы лишь при  $\alpha = \text{const}$ . Как показано в дальнейшем, коэффициент  $\alpha$ , характеризующий турбулентную структуру закрученного потока, в действительности является сложной функцией  $r$  и распределения  $\omega^\circ$ .

Несомненно, важный фактор, определяющий имеющееся несоответствие опытных [5] и расчетных распределений  $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi}$  и касательного напряжения трения, — существенное влияние вторичных течений. Особо важная роль в этом принадлежит выходному вихрю. При рациональной системе ввода (имеющего общее смещение к выходному торцу) газов основная их часть, питающих приторцевой радиальный поток (который в приосевой области у внутреннего цилиндра разворачивается и переходит в выходной вихрь), поступает из периферийного обратного вихря [3]. Последний проходит по зоне активного влияния центробежных сил на турбулентность потока. Поэтому с радиальным приторцевым потоком в выходной вихрь, несмотря на потери на трение, поступают газы, имеющие достаточно высокий уровень энергии. Осевые скорости у поверхности внутреннего цилиндра соизмеримы с тангенциальными.

Перемещение газа с повышенным уровнем энергии и пониженным (вследствие влияния центробежных сил), а также высокие градиенты осевой скорости в некоторых случаях, из-за смещения закрученных потоков с противоположным осевым направлением, сильно влияют на условия турбулентного обмена и приводят к появлению несоответствий действительной картины распределения статистически средних значений корреляций  $\overline{\omega'_r \omega'_\varphi}$  и полученной из общезначимых соображений для плоского течения. В зависимости от характера распределений  $\omega_x$  ( $\omega_x$  — осевая компонента скорости),  $\omega$  и их градиентов в приосевой зоне может наблюдаться область, в которой энергия пульсационного движения передается в осредненное вращательное движение. В этом случае энергия способствует поддержанию разности скоростей при ее увеличении.

Выходной вихрь и его взаимодействие с осевым и периферийным обратными вихрями имеют важное значение не только с точки зрения распределений турбулентных характеристик потока, но и осредненных. В частности, взаимодействием этих вихрей следует объяснить существование иногда в центре рабочего объема небольшой области потенциального вращения ( $\omega_\varphi r = \text{const}$ ).

Кроме рассмотренных, существуют и другие методы определения  $\tau$ , учитывающие пространственность течения [6]. Однако для технических расчетов сложного циклонного турбулентного потока вряд ли целесообразно стремиться к уточнению и соответственно усложнению связей турбулентных и осредненных характеристик, так как, во-первых, пока нет достаточно надежных количественных рекомендаций для определения осевых и пульсационных характеристик, а, во-вторых, это значительно усложнит расчетные соотношения.

В этих условиях целесообразно попытаться уточнить связь длины пути перемешивания с радиальной координатой, поэтому нами были проанализированы зависимости, рекомендованные в работе [2]. Выполненный анализ показал, что предложенные формулы [2], с точки зрения рассматриваемого вопроса, не имеют преимуществ перед ранее применявшейся  $l = ar$ . Поэтому в дальнейшем последняя формула была принята за основу, а сложность зависимости  $l$  от  $r$  перенесена на коэффициент  $\alpha$ . Для определения  $\alpha$  использованы система уравнений, описывающих движение жидкости в ядре потока циклонной камеры [3], и уравнения, являющиеся математической формулировкой гипотезы Прандтля о возможном обобщении теории (основанной на понятии длины пути перемешивания) на трехмерные поля как осредненных, так и пульсационных скоростей [4]. Решение этих уравнений позволило получить следующую формулу для нахождения коэффициента:

$$\alpha^2 = \pm \left\{ \exp \left( -2 \int \Phi_1(\eta) d\eta \right) \left[ \Phi_2(\eta) \exp \left( 2 \int \Phi_1(\eta) d\eta \right) + C \right] \right\}^{0,5}, \quad (8)$$

где 
$$\Phi_1(\eta) = \frac{2}{\eta + b} \left\{ \frac{n(n+b)^2 [(n-1)(1-\eta^2)^2 + 2\eta^2(\eta-3)]}{\eta(1+\eta^2)[n(\eta+b)(1-\eta^2) - \eta(1+\eta^2)]} + 1 \right\};$$

$$\Phi_2(\eta) = \frac{[(2\eta)^{2n} - 0,5(\eta+b)(1+\eta^2)^{2n} (dP/d\eta)] [n(\eta+b)(1-\eta^2) + \eta(1+\eta^2)] (1+\eta^2)^2 \eta^{2(1-n)}}{2^{2n+1} (\eta+b)[n(\eta+b)(1-\eta^2) - \eta(1+\eta^2)]^3};$$

$P = P/0,5 \rho \omega_{\varphi m}^2$  — безразмерное избыточное статистическое давление, определяемое в работе по опытным данным;

$C$  — постоянная величина.

Знак перед выражением (8) совпадает со знаком  $r[\partial(\omega_{\varphi}/r)/\partial r]$ .

Значения  $\alpha^2$  были рассчитаны по уравнению (8) на ЭВМ в строящемся в практике диапазоне изменения  $n, b, \eta$ . Затем полученные данные аппроксимированы следующим уравнением, которое рекомендуется в качестве расчетного:

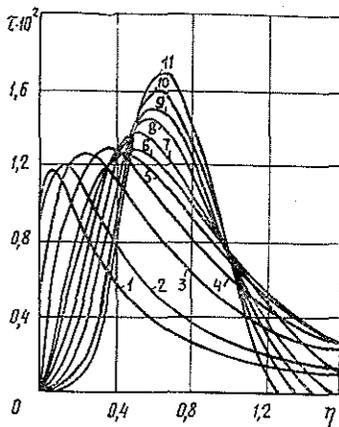


Рис. 2. Распределение касательного турбулентного напряжения трения при  $b = 2,0$  и различных  $n$ .

1 —  $n = 0,1$ ; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 0,6; 5 — 0,8; 6 — 1,0; 7 — 1,2; 8 — 1,6; 9 — 2,0; 10 — 2,5; 11 — 3,0.

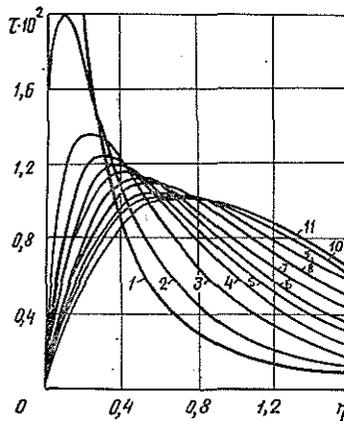


Рис. 3. Распределение касательного турбулентного напряжения трения при  $n = 1,5$  и различных  $b$ .

1 —  $b = 0,1$ ; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 0,6; 5 — 0,8; 6 — 1,0; 7 — 1,4; 8 — 2,0; 9 — 3,0; 10 — 4,0; 11 — 5,0.

$$\alpha_{\omega}^2 = \pm \frac{0,01 (b + \eta_{jm})^2 (\eta_{gm} - \eta) (1 + \eta)^2}{(\eta_{gm} - \eta_{jm})(b + \eta)^2 [n(\eta + b)(1 - \eta^2) - \eta(1 + \eta^2)]^2} \quad (9)$$

Здесь  $\eta_{jm} = (r_{jm} - r_b)/(r_{\varphi m} - r_b)$ ;

$\eta_{gm} = (r_{gm} - r_b)/(r_{\varphi m} - r_b)$ ;

$r_{jm}$ ,  $r_{gm}$  — соответственно безразмерные и размерные радиусы положения максимумов центростремительного ускорения и циркуляции тангенциальной скорости [3].

Найденные значения  $\alpha^2$  позволяют значительно повысить точность расчетных распределений давления, радиальной и аксиальной компоненты скорости потока [3], а также в первом приближении рассчитать распределения напряжений турбулентного трения.

На рис. 2 и 3 в качестве иллюстрации приведены распределения  $\tau_{\omega}$  при различных сочетаниях  $n$  и  $b$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кинни О. Универсальное подобие скоростей в полностью турбулентных вращающихся потоках.— В кн.: Тр. америк. о-ва инж.-мех./ Русск. пер. М., 1967, т. 34, сер. Е, № 2. [2]. Рочино, Лэвэн. Аналитическое исследование несжимаемого турбулентного закрученного потока в неподвижных трубках.— В кн.: Тр. америк. о-ва инж.-мех. М., 1969, т. 36, сер. Е, № 2. [3]. Сабуров Э. Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982.— 240 с. [4]. Современное состояние гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости/ Под ред. Гольдштейна.— М.: ИЛ, 1948, т. 1.— 378 с. [5]. Устименко В. П. Процессы турбулентного переноса во вращающихся течениях.— Алма-Ата: Наука КазССР, 1977.— 228 с. [6]. Щукин В. К., Халатов А. А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах.— М.: Машиностроение, 1982.— 200 с.

Поступила 5 апреля 1985 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*79

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РИСКА  
ПРИ ПРОГНОЗЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ

Н. И. КОЖУХОВ, Г. К. ПОДШИВАЛОВ

Московский лесотехнический институт

Наиболее общее определение риска приводится в теории исследования операций, где риск рассматривается как мера несоответствия между возможными результатами решений. В хозяйственной практике риск связывают с неопределенностью хозяйственных ситуаций в будущем, неуверенностью субъекта планирования в достижении идеального целевого результата, возможным ущербом и т. д. В связи с этим разработанные методы измерения хозяйственного риска [1] применимы лишь для задач краткосрочного планирования, в которых сложившееся к настоящему моменту статистическое распределение вероятностей случайных событий не подвержено значительным изменениям в будущем. Хозяйственный риск в этих задачах формализуется в следующем виде:

$$L(x^n) = \left| x^n - \int_0^{x^n} xf(x)dx \right|; \quad (1)$$

$$k(x^n)_t = \left| \frac{x^n - \int_0^{x^n} xf(x)dx}{\int_{x^n}^{\infty} xf(x)dx - x^n} \right|; \quad (2)$$

$$K(x^n; T)_{\text{дин}} = \frac{1}{T} \int_0^T k(x^n)_t h(t) dx, \quad (3)$$

- где
- $x, x^n$  — случайная и планируемая величины экономического показателя;
  - $f(x)$  — функция плотности распределения вероятности событий в интервале  $0 \leq x < \infty$ , параметры которой оцениваются на основе отчетных данных — экономических показателей;
  - $L(x^n)$  — ожидаемый ущерб (потери) при выборе плана-величины  $x^n$ ;
  - $\left| \int_{x^n}^{\infty} xf(x)dx - x^n \right|$  — ожидаемый прирост (прибыль) при выборе плана-величины  $x^n$ ;
  - $k(x^n)_t$  — коэффициент риска, выражаемый отношением величин ожидаемых потерь к ожидаемому приросту этого показателя, плановая величина которого выбирается равной  $x^n$ ;
  - $K(x^n, T)_{\text{дин}}$  — динамический коэффициент риска, определяемый суперпозицией взвешенных функций  $h(t)$  величин коэффициентов риска  $k(x^n)_t$ , каждый из которых находят на основе рас-

считанных на момент времени  $t$  статистических функций  $f(x)_t$  плотности распределения вероятностей;

$T$  — период времени, для которого оценивается величина динамического коэффициента риска.

Однако в методологии измерения хозяйственного риска по-прежнему остается актуальной проблема неопределенности как при долгосрочном планировании, так и при прогнозе. Это связано с неразработанностью методов измерения риска применительно к динамике экономических показателей объекта. Настоящая работа посвящена обоснованию предлагаемого нами решения проблемы — оценке риска при программно-целевом прогнозе хозяйственных ситуаций.

На наш взгляд, решение этой проблемы должно базироваться на следующих методологических принципах: 1) плановый (прогнозный) вариант выбирают при решении плановых (прогнозных) задач; 2) к постановкам этих задач предъявляются системно-экономические требования, сформулированные в работе [5]; 3) хозяйственный риск оценивается по обобщающему экономическому показателю; 4) к выбору «шкалы» риска, положению на ней точки отсчета, а также выбору системной единицы измерения ущерба предъявляются системные требования.

Обобщающим экономическим показателем, наиболее пригодным для оценки хозяйственного риска, является предложенный нами в работе [2] показатель комплексной результативности (КР), полученный путем агрегирования ряда экономических показателей на основе соблюдения следующих принципов.

1. Показатель КР есть совокупность взвешенных результативностей отдельных экономических показателей, характеризующих использование различных факторов производства.

2. Построение системы соответствующих весовых коэффициентов-«вкладов» экономических показателей в оценку КР основано на приведении разноразмерных величин показателей к безразмерной системной шкале.

3. Результативности для отдельных показателей измеряются в динамике на основе сопоставления плановых, фактических (отчетных) и нормативных их значений. При этом учитывается существование обратной связи между показателями, по которым определяют результативности, и остальными, дополняющими их, экономическими показателями.

Практический расчет комплексной результативности, сделан нами на базе отчетных данных Минлесхоза РСФСР за 1974—1982 гг. [3] по совокупности 18 показателей промышленной деятельности: мощность по вывозке древесины, объем вывозки, в том числе лесоматериалов круглых, выход деловой древесины, в том числе лесоматериалов круглых, коэффициент комплексной механизации работ на нижних складах и лесовозных дорогах, поставка деловой древесины, мощность по производству пиломатериалов, их выпуск и поставка, производительность труда, коэффициент использования рабочего времени, ввод в действие основных фондов, капитальные вложения, балансовая прибыль, использование фондов развития производства и материального поощрения, затраты на 1 р. товарной продукции. Расчет выявил преимущества показателя КР с точки зрения обеспечения высокой степени сжатия экономической информации.

Результаты расчета для двух объектов разного уровня — Министерства в целом и Архангельского областного управления лесного хозяйства — приведены на гистограммах 1 и 2, отражающих поведение КР в сравнении с показателем общей рентабельности.

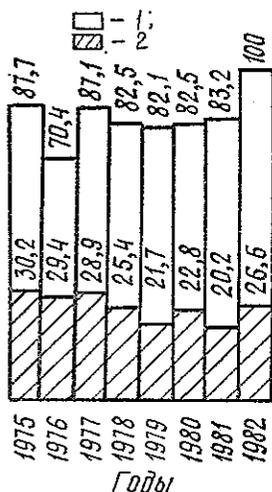


Рис. 1. Динамика показателей Минлеспхоза РСФСР (%).

1 — показатель КР; 2 — показатель общей рентабельности.

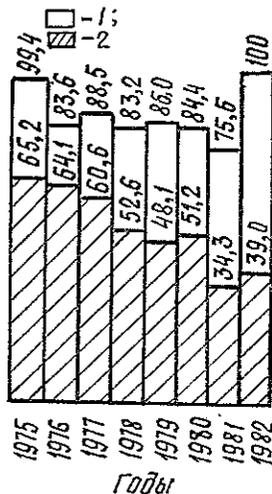


Рис. 2. Динамика показателей Архангельского управления лесного хозяйства (%). Обозначения те же.

Оценивая риск при программно-целевом прогнозе хозяйственных ситуаций по КР, необходимо: 1) прогнозную величину этого показателя определять на основе решения специальной задачи программно-целевого прогноза, постановка и формализация которой даны ниже; 2) хозяйственный риск отождествлять с возможной хозяйственной помехой, вызывающей отклонения от заданного курса с оптимальной динамикой КР; 3) при оценке хозяйственного риска (помехи) использовать функции распределения вероятностей случайных величин, которые имеют расширенный набор параметров и позволяют учитывать динамические свойства экономических показателей, проявляющиеся в изменениях картины распределения вероятностей, вызываемых воздействием обратной связи со стороны управления. Последнему требованию удовлетворяет функция

$$f(x; u; t) = A(t) \left| \frac{d^k}{dx^k} \exp \left\{ u \left( \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \right) - \frac{1}{b} \left( \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \right)^{2m} \right\} \right|, \quad (4)$$

где  $A(t)$  — нормировочный множитель, зависящий от времени  $t$ ;  
 $x$  — случайная величина;

$\bar{x}$ ,  $\sigma$ ,  $b$ ,  $m$ ,  $k$  — статистические параметры;

$u$  — функция «трендового» управления, вид которой определяется в результате замены у статистической функции  $f(x; x; \sigma; a; b; m; k)$  [4] одного из параметров — тренда  $a$  соответствующей функцией трендового управления.

В теории оптимального управления [1] выделен класс задач динамического программирования, общий вид которых представлен системой уравнений:

$$I_0 = \int_0^T \varphi(x; u; t; \xi) dt \rightarrow \max(\min) \quad (5)$$

— функционал качества управления (критерий);

$$\frac{dx}{dt} = F(x; u; t; \xi) \quad (6)$$

— уравнение динамики процесса;

$$x(t) \in X; \quad u(x; t; \xi) \in U; \quad \xi(t) \in \Xi \quad (7)$$

— область допустимых значений переменных,

где  $x$  — фазовое состояние (координата);

$u$  — управление;

$\xi$  — помеха;

$$x(0) = x_0 \text{ при } t = 0; \quad x(T) = x_T \text{ при } t = T \quad (8)$$

— соответственно начальное и конечное состояния объекта управления.

Для этого класса задач разработаны специальные методы получения решений. Однако они позволяют получать решения только для задач, у которых эвристически определены выражения для функционалов  $\varphi(x; u; t; \xi)$  и  $F(x; u; t; \xi)$ , характеризующих соответственно вид критерия оптимальности и динамику процесса. Поэтому при конкретизации вида этих функционалов применительно к задаче программно-целевого прогноза, решаемой по двухэтапной схеме оптимизации, мы выдвигаем такие хозяйственные принципы, в соответствии с которыми следует: 1) управление объектом в динамике показателя КР обеспечивать необходимым «ресурсом управления», своевременно выделяемым за счет отчислений от прибыли и других источников финансирования по нормативу, определяемому достигнутым уровнем показателя КР; 2) в фонде ресурса управления выделять два подфонда: ресурс программного управления и ресурс корректировки планов, обеспечивающий затраты на преодоление хозяйственных помех; 3) достижение цели осуществлять при минимальных затратах на управление (критерий оптимальности подзадачи 1) и обеспечивать стабилизацией отклонений от программного курса, требующих при текущем планировании минимальных дополнительных затрат для преодоления хозяйственных помех (критерий оптимальности подзадачи 2); 4) динамику экономического объекта для любой стохастически допустимой траектории КР определять условием динамического равновесия, зависящим от факторов  $x$ ,  $u$ ,  $\xi$  и  $f(x; t; u)$ . Последний отражает картину распределения вероятностей случайных событий с учетом изменений, вызванных управлением. Формализация принципа 4 осуществляется с помощью производящей функции, зависящей от перечисленных факторных переменных, для которой выполняется условие:

$$\frac{d}{dt} \Phi(x; u; t; \xi; f(x; u; t)) \equiv 0, \quad (9)$$

характеризующее группу функциональных движений динамики КР.

На базе тенденций экономической динамики, зависящих от указанных факторов, эвристически определен вид производящей функции:

$$\Phi(x; u; t; \xi; f(x; u; t)) = \frac{x(t) u(x)}{1 + \xi(t)} f(x; u; t). \quad (10)$$

Выполнение условия (9) для функции (10) приводит правую часть уравнения (6) к виду

$$F(x; u; t; \xi) = \frac{\frac{1}{1 + \xi} \frac{\partial \xi}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial t} \ln A(t)}{\frac{1}{x} + \frac{\partial}{\partial x} \ln f(x; u; t) + \left[ \frac{1}{u} + \frac{\partial}{\partial u} \ln f(x; u; t) \right] \frac{\partial u}{\partial x}}. \quad (11)$$

Как следует из гистограмм 1 и 2, в динамике показателя КР имеются колебания амплитуд, вызванные изменениями хозяйственных усло-

вий функционирования объектов Минлесхоза РСФСР вследствие изменения оптовых цен на продукцию отрасли в 1975 и 1982 гг. Сравнительный анализ динамики показателя КР в рассматриваемый период времени и уравнения динамики (11) подтвердил формализованную этим уравнением зависимость переменной КР от указанных хозяйственных факторов. Вместе с тем этот анализ позволил упростить уравнение (11), заменив в нем производную ее средним значением  $\varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial t}$ , оцененным по затухающим колебаниям амплитуд отклонений КР от соответствующей усредненной статистической траектории КР, полученной расчетом или графически. Так как, согласно нашему определению, хозяйственную помеху отождествляют с хозяйственным риском, то при ее формализации используют выражения:

$$\xi(t) = C_2 |k(x(t)) - k(x(t)_{\text{прог}})| \quad (12)$$

или

$$\xi(t) = C_2 \left| \frac{dk}{dx}_{\text{прог. тр}} y(t) \right|, \quad (13)$$

где

$C_2$  — константа размерности;  
 $k(x(t)); k(x(t)_{\text{прог}})$  — коэффициенты риска соответственно для произвольной  $x(t)$  и программной  $x(t)_{\text{прог}}$  траекторий показателя КР;  
 $y(t)$  — отклонение от  $x(t)_{\text{прог}}$ .

Оценку затухающих амплитуд отклонений КР от соответствующей статистической траектории производят по формуле

$$|y(t)| = y_0 e^{-\lambda(t+\tau)},$$

где  $y_0, \lambda, \tau$  — соответственно параметры начальной амплитуды отклонения, константы затухания, момента возникновения помехи.

Поэтому оценка средней скорости изменения помехи в предпрогнозный период на момент времени  $t = 0$  определяется с точностью до вторых производных выражением

$$\varepsilon = C_2 \left| \frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}} \right| \bar{y}_0 \bar{\lambda} e^{-\bar{\lambda} \tau}, \quad (14)$$

где  $\frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}}$  — средняя величина производной коэффициента риска для усредненной статистической траектории КР.

Формализация задачи программно-целевого прогноза хозяйственных ситуаций по показателю КР определяется (в принятых обозначениях) системами уравнений:

для подзадачи 1:

$$I_1 = \int_0^T \{x(t)^2 + [U_0 - C_1 u(x(t))]^2\} dt \rightarrow \max \quad (15)$$

— функционал качества управления (критерий 1);

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\varepsilon - \frac{\partial}{\partial t} \ln A(t)}{\frac{1}{x} + \frac{\partial}{\partial x} \ln f(x; u; t) + \left[ \frac{1}{u} + \frac{\partial}{\partial u} \ln f(x; u; t) \right] \frac{\partial u}{\partial x}} \quad (16)$$

— уравнение динамики КР для «идеальных» хозяйственных условий;

для  $0 \leq t \leq T; x_0 \leq x(t) \leq x_T; -a \leq u(x(t)) \leq \frac{1}{C_1} U_0; \xi(t) = 0$  (17)

— область определения допустимых значений переменных, в которой выделены  $x(0) = x_0$  — начальное и  $x(T) = x_T$  — конечное состояния;

для подзадачи 2:

$$I_2 = \int_0^T \left( \frac{dy}{dt} \right)^2 dt \rightarrow \min \quad (18)$$

— функционал качества управления при стабилизации отклонений КР (критерий 2);

$$\frac{dy}{dt} = \frac{\partial F}{\partial x}_{\text{прог. тр}} y(t) + \frac{\partial F}{\partial u}_{\text{прог. тр}} [\omega(t) - v(t)] + \frac{\partial F}{\partial \xi}_{\text{прог. тр}} \xi(t) \quad (19)$$

— уравнение динамики отклонений  $y(t)$ ,  $\omega(t)$ , учитывающее стабилизацию программной траектории КР посредством оператора обратной связи  $v(t)$

Для  $0 \leq t \leq T$ :

$$0 \leq \frac{y(t)^2}{Y_{\text{макс. доп}}^2} + \frac{\omega(t)^2}{W_{\text{макс. доп}}^2} \leq 1; \quad (20)$$

$$0 \leq |v(t)| \leq \frac{1}{C_1} V_0; \quad (21)$$

$$\xi(t) \leq E_{\text{макс. доп}} \quad (22)$$

— область допустимых значений переменных  $y(t)$ ;  $\omega(t)$ ;  $v(t)$ ;  $\xi(t)$ , в которой выделены  $y(0) = 0$ ,  $\xi(0) = 0$  при  $t = 0$ ;  $y(T) = 0$ ,  $\xi(T) = 0$  при  $t = T$  — соответственно начальное и конечное состояния корректировки плана.

В уравнении (19) производные  $\frac{\partial F}{\partial x}$ ;  $\frac{\partial F}{\partial u}$ ;  $\frac{\partial F}{\partial \xi}$  находят дифференцированием выражения (11) с подстановкой  $x(t)_{\text{прог}}$ ;  $u(x(t))_{\text{прог}}$ ;  $\xi(t) = 0$ , характеризующих программную динамику КР для идеальных хозяйственных условий.

Так как оценка хозяйственного риска согласно выражению (13) производится на основе решения задачи (15) — (22), то методологически необходимо выделить следующие операции: 1) определить систему экономических показателей для расчета КР по отчетным данным; 2) сделать выборку этих показателей из отчетов за ряд лет; 3) рассчитать значения показателя КР для «планового» и «отчетного» состояний (см. подробнее [2]); 4) нанести на гистограмму найденные значения КР для указанных состояний и определить для них методом наименьших квадратов или графически усредненные (сглаженные) статистические плановые и отчетные траектории КР; 5) для отчетных значений КР рассчитать параметры статистической функции  $f(x; \bar{x}; \sigma; a; b; m; k)$  (см. подробнее [4]); 6) среди отчетных значений КР выделить две последовательности упорядоченных во времени значений этого показателя и для них рассчитать параметры тренда  $a$  и математического ожидания  $\bar{x}$ ; 7) определить константу  $C_1 = \frac{\Delta x}{\Delta a}$  по величинам смещений параметров для статистических функций  $f(x; \bar{x}; \sigma; a; b; m; k)$ , оцененных в различные моменты времени; 8) найти параметры затухающих амплитуд отклонений  $y(t)$  от усредненной отчетной статистической траектории КР; 9) рассчитать среднюю величину производной  $\frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}}$  для отчетной статистической траектории; 10) определить константу  $C_2$  из условия:  $C_2 \left| \frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}} \right| = 1$ ; 11) найти константу  $\epsilon$ ; 12) определить константу

$S_0$  преобразования размерности КР в процентах к ее стоимостному выражению, используя для этого оценки отношений приращений главных экономических показателей в стоимостном выражении к приращениям КР в процентах; 13) на основе вычисленных амплитуд  $y(t)$  отклонений КР, а также отклонений плановой статистической траектории от отчетной произвести оценку и обоснование под заданную цель требуемых подфондов — «ресурса программного управления»  $U_0$  и «ресурса корректировки планов»  $V_0$ ; 14) в результате подстановки исходных данных в задачу (15)—(22) решить последовательно подзадачи 1 и 2; 15) на основе формулы (13) оценить хозяйственный риск для различных отклонений КР от программной траектории  $x(t)_{\text{прог}}$ .

Обоснование цели при программно-целевом прогнозе предполагает сопоставление динамики величины КР с затратами, оцениваемыми в пределах ресурса управления по показателю себестоимости продукции или приведенных затрат. При этом цель должна быть обоснована технико-экономическим анализом прошлых состояний производственно-хозяйственной деятельности объекта, а также основными тенденциями изменений в структуре и пропорциях производства, порождаемых научно-техническим прогрессом.

При переходе на интенсивный тип развития динамика показателя КР в прогнозируемом периоде должна носить более крутой характер, выражающийся в увеличении среднегодового прироста показателя КР по сравнению с его среднегодовыми приростами в предыдущие (отчетные) периоды.

На основании статистической обработки динамики КР в период с 1975 г. по 1982 г. нами была выявлена функция плотности распределения вероятностей случайных величин КР

$$f(x) = 0,09212 \exp \left\{ -0,021512 \left( \frac{x - 84,44}{8,19} \right) - 0,470289 \left( \frac{x - 84,44}{8,19} \right)^2 \right\}, \quad (23)$$

где параметры оценены по методике, предложенной в работе [4]. Оценочная «статистическая траектория» в рамках этого периода заключена в интервале 80—100 % при среднем значении КР, равном 84,4 %; при этом оценочный среднегодовой прирост показателя КР составляет 2,2—2,5 % (1 % прироста показателя КР соответствует увеличению выпуска товарной продукции примерно на 15,2 млн р.).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Монсеев Н. Н. Математические задачи системного анализа.— М.: Наука, 1981. [2]. Подшивалов Г. К. Методика измерения комплексной оценки производственно-хозяйственной деятельности предприятий, объединений и отрасли в целом.— В кн.: Экономика лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М., 1983. (Науч. тр./МЛТИ; Вып. 155). [3]. Подшивалов Г. К. Оценка показателя комплексной результативности на основе практики планирования промышленной деятельности Минлесхоза РСФСР.— В кн. Экономика лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М., 1984. (Науч. тр./МЛТИ; Вып. 162). [4]. Подшивалов Г. К. Методика обоснования и расчета функций распределения вероятностей для обработки экономических показателей.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 4. [5]. Подшивалов Г. К. О постановке и формализации задач математического программирования в экономике.— В кн.: Экономика лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М., 1985. (Науч. тр./МЛТИ; Вып. 168). [6]. Хозяйственный риск и методы его измерения/ Т. Бачкай, Д. Месена, Д. Мика и др.— М.: Экономика, 1979.

Поступила 27 февраля 1986 г.

УДК 630\*24.003

## ОПТИМИЗАЦИЯ РУБОК УХОДА — ВАЖНЫЙ РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

*Е. А. КОЖЕВНИКОВ*

ВНИИЛМ

В условиях роста потребности в разнообразных видах древесного сырья рубки ухода становятся значительным источником получения деловой древесины, технологической щепы, древесной зелени.

Однако даже в зонах с относительно интенсивным ведением лесного хозяйства объемы ухода за насаждениями, прежде всего, в молодых насаждениях, существенно отстают от лесоводственно обоснованного уровня. Например, в такой лесодефицитной республике, как Белоруссия, степень использования рубками ухода предполагаемого естественного отпада составляет 50—70 % [1, 3].

Объемы рубок ухода определяются не только площадью и частотой уходов, но и интенсивностью рубки. Недостаточное изреживание ослабляет положительное влияние этого мероприятия на древостой и отрицательно сказывается на экономических результатах промежуточного пользования.

Излишне интенсивные рубки уменьшают производительность и снижают качественные характеристики древостоев. Тем самым ухудшаются экономические показатели последующих рубок промежуточного и главного пользования.

Сравнивая объемы уходов, определенные лесоустройством, с ежегодными заданиями в техпромфинпланах лесхозов республики, можно сделать вывод, что уже в планах лесохозяйственного производства закладывается несоответствие рубок ухода лесоводственно обоснованному уровню.

С другой стороны, такое несоответствие имеет, за некоторыми исключениями, объективную основу, выражающуюся в ограниченности трудовых, материальных, финансовых ресурсов и техники.

Решение комплекса проблем на этапах проектирования, прогнозирования, планирования может быть получено только на основе оптимизации объемов рубок ухода, их интенсивности и повторяемости при учете реальных экономических возможностей предприятий лесного хозяйства.

Выбор критерия оптимальности — центральная проблема создания оптимизационной модели. При оптимизации рубок ухода мы считаем возможным применить определенные локальные критерии, например, лесозаготовительный эффект от получаемой древесины или всей фитомассы вырубаемых деревьев. Однако в любом случае эти локальные критерии должны сочетаться с общим критерием экономической эффективности ухода за лесом, основанным на народнохозяйственном подходе к оценке эффектов и затрат и учитывающим улучшение разнообразных качественных и количественных показателей древесной продукции, получаемой за весь период лесовыращивания.

Варианты оптимизации рассчитываются по каждой совокупности насаждений определенного породного состава, типа, уровня производительности, класса возраста, полноты. Естественными ограничениями

числа альтернатив являются лесоводственные и хозяйственные требования к уходу за насаждениями, закрепленные в действующих нормативных документах.

В математической форме поставленная задача по максимизации локального критерия эффективности рубок ухода различной интенсивности и повторяемости имеет следующий вид:

$$\mathcal{E}_{\text{лок}} = \sum_{l=1}^{\alpha} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{lij} X_{lij} \rightarrow \max \text{ (целевая функция),}$$

где  $P_{lij}$  — лесозаготовительный эффект за весь период проектирования, определяемый разностью стоимости и полной себестоимости заготовки древесной продукции от рубок ухода вида  $l$  в насаждении  $i$ , пройденном рубками по схеме  $j$ , р.;

$X_{lij}$  — площадь насаждения  $i$ , пройденная рубками ухода вида  $l$  по схеме  $j$ , га;

$\alpha$  — число видов рубок ухода, включенное в модель;

$m$  — число групп насаждений, включенное в модель;

$n$  — число схем рубок ухода, различающихся интенсивностью и повторяемостью изреживаний по каждой группе насаждений.

В модели присутствуют следующие ограничения:

$$X_{lij} \geq 0;$$

$$\sum_{i=1}^n X_{lij} \leq A_{li};$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{lijk} X_{lij} \leq D_{lk};$$

сохранение после проведения ухода: производительности и качественных показателей насаждений; водоохраных и почвозащитных функций леса; санитарно-гигиенических и рекреационных функций леса; устойчивости насаждений против неблагоприятных метеорологических, биологических и антропогенных факторов.

Первое ограничение означает вполне очевидную неотрицательность площадей любой группы насаждений, включенной в модель.

Второе соотношение характеризует естественную территориальную ограниченность нуждающихся в уходе насаждений в любом лесохозяйственном звене.

Здесь  $A_{li}$  представляет собой площадь  $i$ -той группы насаждений, нуждающихся в рубках ухода вида  $l$ .

Третье ограничение комплексно характеризует экономические возможности конкретного лесничества, лесхоза, управления лесного хозяйства по проведению ухода за лесом на проектируемый период. Значения  $P_{lijk}$  определяются объемами заготовки древесины или фитомассы на рубках ухода вида  $l$  по схеме  $j$  в группе насаждений  $i$  за  $k$ -тый отрезок времени. Значения  $D_{lk}$  характеризуют объемы получения древесины или фитомассы в конкретном производственном звене лесного хозяйства и оцениваются на сложившемся или ожидаемом уровне в соответствии с разработанной методикой анализа и многофакторного прогнозирования экономических результатов рубок ухода. Указанные величины комплексно учитывают уровни финансовых, трудовых и материальных ресурсов.

Учет неколичественных ограничений модели для чистых насаждений обеспечивается установлением критического запаса, ниже которого выборка древесины в любой схеме рубок не проводится. Иными слова-

ми, при расчете вариантов проверяют следующее количественное соотношение:

$$M_{lk} - M_{\text{выб } ljk} \geq M_{\text{кр } ik},$$

где  $M_{lk}$ ,  $M_{\text{выб } ljk}$  и  $M_{\text{кр } ik}$  — соответственно наличный, выбираемый и критический запасы на 1 га насаждений  $i$ -той группы.

Таким образом, оптимальный по локальному критерию комплекс рубок ухода, полученный в ходе реализации экономико-математической модели, не снижает перечисленных защитных функций, производительности и качественных показателей насаждений до возраста главного пользования включительно.

Для рубок ухода, оптимальных по локальному критерию, рассчитывают абсолютную (общую) экономическую эффективность за весь период лесовыращивания. В основу этого показателя положен методический подход Н. А. Моисеева [2], в соответствии с которым уход за насаждениями рассматривается как мероприятие по расширенному воспроизводству лесных ресурсов. Общий критерий экономической эффективности рубок ухода имеет следующий вид:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^m (U_{1i} - C_{1i}) B_{1i} + \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^{\alpha} \sum_{i=1}^m (U_{2kli} - C_{2kli}) B_{ki} - \sum_{i=1}^m (U_{3i} - C_{3i}) B_{1i} + \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^{\alpha} \sum_{i=1}^m R_{kli} B_{ki}}{\sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^{\alpha} \sum_{i=1}^m C_{2kli} B_{ki} + \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^{\alpha} \sum_{i=1}^m K_{kli} B_{ki}},$$

где  $U_{1i}$ ,  $C_{1i}$  — соответственно стоимость и полная себестоимость заготовки древесины или всей фитомассы в возрасте рубки главного пользования в случае проведения оптимальных рубок ухода в  $i$ -той группе насаждений, р.;

$U_{2kli}$ ,  $C_{2kli}$  — то же на рубках ухода вида  $l$  в группе насаждений  $i$  за  $k$ -тый временной интервал, р.;

$U_{3i}$ ,  $C_{3i}$  — то же в возрасте рубки главного пользования без проведения ухода за лесом, р.;

$R_{kli}$  — рента от заготовки древесной продукции на рубках ухода, р.;

$K_{kli}$  — капитальные вложения на  $l$ -й вид рубок ухода, р.;

$B_{1i}$ ,  $B_{ki}$  — коэффициенты дисконтирования.

Указанный показатель не только оценивает экономическую эффективность ухода за весь период его проведения с учетом повышения качественного состояния насаждений к возрасту главного пользования, но и достаточно полно включает текущие и капитальные затраты, принимая во внимание их одновременность. Народнохозяйственный подход к определению этого критерия заключается в учете ренты, образованной разностью общественно необходимых и фактических затрат труда на заготовку продукции от промежуточного пользования в конкретном лесозаготовительном районе. При этом общественно необходимые затраты труда основываются на замыкающих затратах, в качестве которых следует принимать расходы на заготовку и ввод древесной продукции из многолесных районов страны.

В составе информационной базы для решения поставленной оптимизационной задачи мы используем зависимости важнейших таксационных и экономических показателей проведения рубок ухода в БССР. Эти зависимости представлены в виде уравнений парной и множествен-

ной регрессии, включающих в качестве параметров средние диаметры вырубаемой части насаждений и их критические запасы, интенсивность рубок, стоимость и себестоимость заготовки древесины или фитомассы и другие показатели. Структура разработанной базы данных позволяет непрерывно расширять и совершенствовать информационное обеспечение экономико-математических моделей ухода за лесом.

Влияние оптимизации на рост эффективности рубок ухода было оценено на основе расчетов по фактическим данным двух производственных звеньев Белоруссии — Житковичского лесхоза Гомельского управления лесного хозяйства и Древеницкого лесничества Островецкого лесхоза Гродненского управления. Оказалось, что каждый рубль текущих и капитальных затрат, вложенный в оптимальные по объемам и интенсивности рубки ухода, позволяет получить за весь период лесовыращивания с учетом дисконтирования 1,42 р. чистого дохода по первому объекту и 1,14 р. — по второму.

Предложенная модель реализована на ЭВМ ЕС-1033 с применением стандартного пакета прикладных программ «ЛП АСУ».

Реализация принципов оптимизации на основе данных отдельных лесхозов Белорусской ССР позволила сделать следующие выводы.

1. В настоящее время имеется значительный разрыв между фактическими объемами рубок ухода и их уровнем, необходимым по лесоводственным требованиям. Даже в условиях относительно интенсивного ведения лесного хозяйства существуют большие внутренние резервы для увеличения заготовки древесины, технологического сырья, древесной зелени при проведении ухода за лесом.

2. Для вариантов или схем ухода, различающихся интенсивностью и частотой рубки, характерны значительные колебания размеров лесозаготовительного эффекта, что объясняется сильной зависимостью полной себестоимости и стоимости заготовленной древесины от среднего диаметра вырубаемой части изреживаемых насаждений. Это указывает на объективную необходимость поиска оптимальных наборов и сочетаний таких схем рубок, которые повысили бы их экономическую эффективность.

3. Заготовка при рубках ухода древесной зелени и технологической щепы из лесосечных отходов способна существенно повысить лесозаготовительный эффект, что особенно заметно проявляется при сложившемся к настоящему времени соотношении цен на древесину и вторичные лесные ресурсы. Однако оптимальные объемы прореживаний и проходных рубок, их интенсивность и повторяемость не зависят от того, ведут ли оптимизационные расчеты с учетом заготовки всей надземной фитомассы или принимают во внимание получение только стволовой древесины.

4. При сложившихся и ожидаемых на перспективу экономических условиях проведения рубок ухода в рассматриваемом лесоэкономическом районе более эффективно проводить уход в насаждениях высших бонитетов и полнот с максимальной интенсивностью и повторяемостью изреживаний (но не выше критического уровня), чем стремиться охватить этим мероприятием все площади насаждений, нуждающихся в нем по лесоводственным соображениям.

5. Сочетание локальных и общих критериев экономической эффективности рубок ухода в оптимизационных задачах позволяет учесть положительное влияние ухода до возраста главной рубки включительно. Сравнение значений общего (абсолютного) критерия экономической эффективности по различным лесохозяйственным звеньям дает возможность более рационально распределять имеющиеся производственно-финансовые ресурсы. Например, по Житковичскому лесхозу общий критерий составил 1,42; по Древеницкому лесничеству Островецкого

лесхоза — 1,14. Отсюда следует, что в Житковичском лесхозе следует наращивать опережающими темпами материальные, финансовые и иные виды ресурсов на проведение ухода за лесом.

6. Предложенные методы моделирования и оптимизации ухода за лесом дают возможность вести расчеты для широкого круга практических проблем, связанных с прогнозированием и проектированием, а полная реализация оптимальных объемов, интенсивности и повторяемости рубок ухода обеспечит существенный рост их экономической эффективности.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Есимчик Л. Д., Блюмин Г. З. Вопросы регулирования лесопользования в Белоруссии.— В кн.: Ведение хозяйства в сосновых лесах Белоруссии. Минск: Польша, 1982, с. 54—61. [2]. Моисеев Н. А. Воспроизводство лесных ресурсов.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 263 с. [3]. Совершенствование рубок ухода в сосновых молодняках Белоруссии/ В. П. Григорьев, Ю. Н. Азиев, В. Н. Кисляков, В. К. Гвоздев.— Минск: БелНИИЛП, 1981.— 43 с.

Поступила 28 октября 1985 г.

УДК 658.012.011.56

### ОСОБЕННОСТИ НОРМАТИВНЫХ РАСЧЕТОВ В УСЛОВИЯХ АСУ

Ю. Д. КУЗНЕЦОВ

КарНИИЛП

Новые возможности АСУ позволяют улучшить традиционные методы управления производством. Нормативный метод, широко используемый в технико-экономическом планировании на предприятиях, обладает двумя существенными недостатками: негибкостью расчетов и их высокой трудоемкостью. Это приводит к несбалансированности заданий по выпуску продукции и возможностей предприятий. Методический просчет состоит в том, что нормы и нормативы принимают как устойчивую систему, которую можно аргументированно обосновать, а потому и изолировать от балансовых расчетов. Однако с теоретических позиций достоверность норм довольно условна, поскольку невозможно учесть и количественно выразить влияние всего многообразия факторов. Это влияние носит зачастую стохастический характер из-за действия фактора неопределенности ряда лесозаготовительных процессов (влияния природных климатических факторов и случайного характера отказов лесных машин, наличия субъективного элемента — возможностей человека и т. д.). По различным причинам могут изменяться планы производства, объемы нормируемых ресурсов (трудовых, материальных и финансовых) и планы организационно-технических мероприятий, что приводит к различной напряженности норм.

Кроме того, потребности в нормативной информации на различных уровнях управления отрасли неодинаковы, что требует разработки специального механизма ее передачи с одного уровня управления на другой, не нарушая взаимосвязей между ними.

В данных условиях можно говорить о том, что система норм и нормативов нуждается в управлении, и управлении достаточно трудоемком, особенно на стадии составления текущих, детализированных планов.

Его на практике стараются избегать, поэтому преобладают одно-разовые прямые расчеты. Эти расчеты основаны на принятых или скорректированных нормах (производительности, расхода ресурсов, про-

стоек и т. д.). Причем нормы корректируют в отрыве от разработки плана основного производства и объема выделенных ресурсов.

Конечный результат расчетов, как правило, не удовлетворяет пользователей информации. Предприятия недовольны, если рассчитанные по нормативам, например, фонды зарплаты, оборудования и др. меньше их запросов, в противном случае недовольны организации, распределяющие лимиты. Чтобы выявить и устранить причины дисбаланса, необходимо провести многовариантные расчеты с использованием итеративного метода. Балансирование с помощью корректировки норм должно осуществляться с любой степенью детализации производственного процесса и нормируемых элементов затрат, в зависимости от стадии планирования и уровня управления с тем, чтобы обеспечить необходимую глубину анализа и выявить узкие места производства. В конечном счете критерием обоснованности норм будут не только планы по совершенствованию организации труда и экономии ресурсов, но и соответствие суммарной потребности производства в данном виде ресурса и возможностей (фондов) по ее удовлетворению. Реализация таких балансовых расчетов ручными методами осложняется из-за их высокой трудоемкости.

Возможности АСУ позволяют сделать систему нормативных расчетов гибкой и оперативной. В общем случае стоит задача автоматизировать два процесса: 1) устранения дисбаланса между контрольными цифрами и возможностями предприятия по их выполнению на основе многократной корректировки норм, 2) последующей передачи сбалансированной нормы на верхние уровни управления. Рассмотрим принципы алгоритмизации этой задачи на примере планирования расхода горючесмазочных материалов (ГСМ) в системе техпромфинплана предприятия. Как правило, первый плановый результат потребности в ГСМ ( $D_{ik}^{пл}$ ), рассчитанный по детализированным нормам расхода, отличается от размера фондовых поставок данного  $i$ -того ресурса системы материально-технического снабжения ( $D_{ik}^{мтс}$ ):

$$\pm \Delta D_{ik} = D_{ik}^{мтс} - D_{ik}^{пл} = D_{ik}^{мтс} - \sum_{j, l, d}^{n, p, \epsilon} H_{ijkl}^{рсч} Q_{jdlk}, \quad (1)$$

т. е. дисбаланс  $\Delta D_{ik}$  является функцией детализированной расчетной нормы расхода  $H_{ijkl}^{рсч}$ , принятой в качестве базы для начальной стадии расчетов,

где  $i$  — индекс материала,  $i = \overline{1, m}$ ;

$j$  — индекс потребителя,  $j = \overline{1, n}$ ;

$d$  — индекс продукции,  $d = \overline{1, \epsilon}$ ;

$l$  — индекс работы,  $l = \overline{1, p}$ ;

$k$  — индекс уровня управления,  $k = \overline{1, \mu}$ ;

$Q$  — число машино-смен, пробег или объем продукции, на выпуск которого расходуется данный  $i$ -тый ресурс.

Естественно, что на размер дисбаланса влияют и другие параметры формулы (1):  $D_{ik}^{мтс}$  и  $Q_{jdlk}$ , но возможность варьирования ими на стадии текущего планирования ограничена ввиду лимитирования материальных ресурсов или требования безусловного выполнения плановых заданий по выпуску продукции. Действия по устранению дисбаланса зависят от его знака. При излишке ресурса (+) оставляют некоторый обоснованный запас на условие непосредственности функционирования лесозаготовительного производства, оставшуюся часть корректируют уменьшением фондовых поставок ресурса по данному предприятию. Более типичен дефицит ресурсов (—). В этом случае обращаются, прежде

всего, к нормам как наиболее гибкому показателю. Управление (корректировка) нормами осуществляется двумя группами факторов, влияющих (по установленным зависимостям) на величину нормы: природно-производственными и организационными. Первая группа может быть скорректирована при разработке планов производства (выбор среднего объема хлыста, типа дороги и т. д.). Организационные факторы варьируют при многократном пересмотре плана оргтехмероприятий, например мероприятий по экономии ГСМ. В последнем случае речь идет, таким образом, о поиске и реализации внутренних резервов производства.

Как крайний случай, если другие пути исчерпаны, могут быть откорректированы объемы выделенного  $i$ -того вида ресурса  $D_{ik}^{MTC}$  или объемы производства  $Q_{jdlk}$ .

Процесс балансирования в нормативных расчетах может идти с различной степенью детализации нормообразующих параметров (реквизитов)  $i, j, d, l$ , в зависимости от глубины анализа направлений расхода  $i$ -того ресурса или возможностей данного уровня управления (лесопункта, предприятия, объединения, министерства) в регулировании величины расхода.

Например, параметр (индекс)  $i$  формулы (1) может быть детализован или синтезирован по определенным признакам и представлен как сочетание следующих элементов:

$$i = abcge. \quad (2)$$

- где  $a$  — класс (нефтепродукты);  
 $b$  — подкласс (нефтепродукты светлые);  
 $c$  — группа (бензины);  
 $g$  — подгруппа (бензины автомобильные);  
 $e$  — вид (марка бензина А-76).

Очевидно, что на уровне лесопункта расход ресурса может быть оценен с наибольшей степенью детализации по элементу  $e$ , а на уровне министерства — по более укрупненному элементу  $c$ . Аналогичные действия могут осуществляться и по индексам  $j, d, l$ .

Количество итераций расчетов для устранения дисбаланса по различным направлениям производства и уровням управления в условиях использования ЭВМ практически не ограничено.

В результате балансowych многовариантных расчетов на  $k$ -том уровне управления конечный результат должен иметь вид

$$\Delta D_{ik} \geq K_{ik}^c, \quad (3)$$

а плановая норма расхода ( $H_{ijdlk}^{nl}$ ) будет равна расчетной (первоначальной), скорректированной на величину дисбаланса:

$$H_{ijdlk}^{nl} = H_{ijdlk}^{pч} \frac{D_{ik}^{MTC}}{D_{ik}^{nl} + K_{ik}^c}, \quad (4)$$

где  $K_{ik}^c$  — страховой запас  $i$ -того вида ресурса на условие неопределенности функционирования лесозаготовительного производства.

Эти балансowe расчеты обычно начинаются на низших уровнях управления (цехах, предприятиях), где факторы, влияющие на детализованную норму, могут быть измерены с достаточной степенью точности. Норма расхода  $i$ -того материала на более высоком уровне управления является средневзвешенной величиной, получаемой путем суммирования взвешенных по плану производства норм на отдельных участ-

Документ 1

Входные данные для расчетов на ЭВМ

Наименование потреби- теля и вида работы (продукции)	Материал	Код				Норма расхода <i>H</i> , кг на маш.-см.	Объем продук- ции или количе- ство маш.-см., <i>Q</i>	Суммар- ный фонд двигате- ля <i>D<sub>итс</sub></i> , т	Страхо- вой за- пас <i>K</i> , т			
		потребит- еля	ра- боты (про- дук- ция)	маге- риала	еди- ницы изме- рения					Код цеха (лесолукига)	предприятия	экономического элемента
Трактор ТДТ-55, трелевка леса	Дизельное топливо	4726	23	21 300	46	49	6230	800	10			

Документ 2

Нормирование производства и расходов

Наименование нормы	Нормообразующие факторы						Величина нормы, кг на маш.-см.
	природно-производственные			организационные			
	Средний объем хлыста	Способ трелевки	Рельеф мест- ности	Сезон года	Грунт	Уменьшение потерь при заправке	
Расход дизельного топлива трактором ТДТ на трелевке	0,29	За вер- шину	Холмис- тый	Лето	Тяже- лый		49

ках (цехах, предприятиях) и деления этой суммы на сумму планов участков, входящих в состав более высокой ступени управления. Далее агрегирование может идти не только по параметрам *i* и *k*, но и по потребителям ресурса *j* (тракторы, автомобили, краны и т. д.) и видам продукции *d* (хлысты, сортименты), которые также можно подразделить на составные части в соответствии с формулой (2).

Поэтому процесс балансирования норм на низших уровнях управления в сочетании с процессом агрегирования нормативной информации при ее движении к верхним уровням управления представляется достаточно сложным и трудоемким. Прежде чем будет сформирована сбалансированная отраслевая норма в министерстве, необходимо обработать большой объем информации в цехах, предприятиях и объединениях. Такая работа значительно облегчается в условиях применения мощной вычислительной техники. На вычислительных центрах созда-

ются классификаторы видов материалов, потребителей, продукции, видов работ, массивы нормативной информации, характеризующей расход определенных видов материалов на названные элементы производства. Информацию обрабатывают по определенным программам, составленным в соответствии с изложенными методическими принципами организации нормативных расчетов.

При этом структура входной информации будет иметь вид, приведенный в документах 1 и 2.

Документ 1 является «машинным» и предназначен для ввода основной и корректировочной информации в ЭВМ (жирной линией обведена зона перфорации). На основе этой детализированной информации заполняют все нормативные расчеты по приведенным алгоритмам. Код экономического элемента служит для последующего разнесения расходов в соответствующие статьи калькуляции и смет затрат на производство.

Документ 2 предназначен в помощь работнику предприятия при заполнении документа 1. Из него видно, какие факторы могут повлиять на величину нормы, а следовательно, и на результат балансовых расчетов.

В организации этих «человеко-машинных» расчетов творческие функции планирования остаются за человеком. Он разрабатывает и корректирует планы оргтехмероприятий, устанавливает их влияние на величину норм, анализирует варианты машинных решений, готовит корректировочную информацию для повторных расчетов, выбирает окончательный вариант плана производства и сбалансированную норму.

Поступила 30 января 1986 г.

УДК 630\*31(598)

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛАОССКОЙ НАРОДНО-ДЕМОКРАТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

М ЧАНТХАВОНГ

Львовский лесотехнический институт

Основным богатством Лаосской Народно-Демократической Республики являются леса. Здесь произрастают высокоценные древесные породы, которые пользуются большим спросом на мировом рынке: тик, черное, красное, розовое дерево и др. Лесозаготовительное производство в ЛНДР ведут предприятия Министерства промышленности, промыслов и лесного хозяйства (МППЛХ), которое руководит ими через Лесной департамент. Лесозаготовками занимаются также предприятия, подчиненные провинциальным административным комитетам; в ведении каждого такого комитета находится лесозаготовительное предприятие, задачей которого является обеспечение лесоматериалами народного хозяйства своей провинции. В составе лесозаготовительных предприятий, независимо от их подчиненности, имеются лесопильный завод, деревообрабатывающее производство, отдел по экспорту древесины и импорту технических средств.

В подчинении МППЛХ находятся: Лаосско-Вьетнамское совместное лесозаготовительное и деревообрабатывающее предприятие, два лесозаготовительных, действующих при содействии Швеции, и предприятие, входящее в состав комбината обрабатывающей промышленности и работающее при содействии Швеции и Азиатского банка развития. Административным провинциальным комитетам подчинены 14 лесозаготовительных предприятий.

Лесозаготовительные предприятия выполняют весь комплекс работ, относящихся к лесной отрасли, начиная со сбора семян и кончая переработкой и реализацией лесной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Однако основным производством является заготовка древесины, которая проводится только в порядке рубок главного пользования. Рубки ухода и санитарные рубки в ЛНДР не ведутся.

За 10 лет (с 1975 г. по 1985 г.) в республике заготовлено 1061 тыс. м<sup>3</sup> древесины (табл. 1).

Данные таблицы свидетельствуют о систематическом росте лесозаготовок в ЛНДР. Так, за период 1980—1985 гг. заготовлено почти в 1,5 раза больше древесины, чем за первые пять лет после революции (1975 г.), а в 1985 г. — на 3/4 больше, чем в среднем за один год этого периода.

Из общего объема древесины, заготовленной за десятилетие, на предприятия центрального подчинения приходится 397,7 тыс. м<sup>3</sup>, или 37,5 %, на предприятия провинциального подчинения — 663,3 тыс. м<sup>3</sup>, или 62,5 %.

Лесозаготовки проводят по лесорубочным билетам, которые выписывают на основании таксационных материалов либо глазомерно определяемого объема древесины, подлежащей заготовке. Лесорубочные билеты выписывают сроком на один год: с 1 июля по 30 июня следующего года. Лес в рубку отводят на основании таксационных материалов, а при их отсутствии — по данным аэрофотосъемки.

По физико-механическим свойствам и ценности древесины все древесные породы в Лаосе разделяют на категории: «люкс», I, II, III и IV. Категория «люкс» включает 14 древесных пород, из которых наиболее ценны тик, дальбергия (розовое дерево), а также породы, дающие красную, черную древесину и др. К I категории отнесены 33 породы: некоторые виды хопеи, терминалия, оба вида сосны, произрастающие в Лаосе (Казия и Меркуза), лимонное дерево и др.

В зависимости от категории и качества древесины установлены таксы на отпуск леса, по которым начисляют попенную плату. Наиболее высокие — таксы на древесину категории «люкс». Таксы выражаются в процентах от средней величины затрат на заготовку и транспортировку древесины до нижнего склада (табл. 2), которая составляет около 2 тыс. кип, что соответствует 46 р. Таксы на дрова установлены в размере 10 % от их цены на внутреннем рынке.

Таблица 2

Категория древесины	«Люкс» А	«Люкс» Б	IA	IB	II	III	IV
Таксы, % от себестоимости заготовки и транспортировки древесины до нижнего склада	70	60	50	40	30	20	15

Плательщики лесного дохода разделены на две группы по срокам его взимания (попенной платы):

I группа (объединения и комбинаты лесной промышленности, комплексные лесные предприятия) вносит попенную плату в три срока: 10 % при получении лесорубочного билета, 60 % — в конце марта и остальные 30 % — до 31 мая;

II группа (различные организации и учреждения, получающие разрешение на заготовку древесины) вносит 80 % попенной платы при получении лесорубочного билета, остальные 20 % — до 31 мая.

Попенная плата поступает в государственный бюджет.

Лесозаготовки в ЛНДР носят сезонный характер. Сезон лесозаготовок длится 8 месяцев, с октября по май. После окончания лесозаготовительного сезона рабочие занимаются подсобным хозяйством предприятий, ремонтными работами, строительством лесных дорог, а также реконструкцией лесовозных дорог. В этот же период рабочим выделяется время для выращивания риса в их собственных хозяйствах.

Около 80 % всех лесозаготовительных работ выполняется с использованием машин и механизмов, 20 % — с использованием слонов на трелевке леса, а также с помощью ручного труда.

На лесозаготовках применяют следующее оборудование.

На лесосечных работах: двуручные пилы, бензиномоторные пилы различного производства — советские «Дружба-4» и «Урал», шведские «Стил», немецкие и японские.

На трелевке: тракторы различных типов — советские ТТ-4, канадские «Катерпиллер», а также шведские.

На верхних складах: автопогрузчики, автокраны, челюстные погрузчики (советские и канадские).

На вывозке: лесовозные автомобили различных марок, в том числе советские МАЗ-509 с прицепными платформами, шведские «Волво» и японские автосамосвалы. Вывозка производится в хлыстах и сортиментах.

На нижних складах: бензиномоторные пилы для разделки хлыстов на сортименты, лебедки, погрузчики для погрузки древесины на автомобили специализированных транспортных предприятий.

Среднее расстояние трелевки древесины обычно около 300 м, в отдельных случаях 700 м. Среднее расстояние вывозки — 80—100 км. Перевозка древесины до границы с Вьетнамом производится на расстоянии 180 км, а до вьетнамского порта Дананг — на 700 км. Себестоимость 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины 2,5—3,8 тыс. кип, или 57—86 р.

Помимо древесины, лесозаготовительные предприятия заготавливают другие лесные продукты, основными из которых являются:

ротанг (лианы), используемый для изготовления различных видов плетеной мебели и предметов домашнего обихода;

ценные древесные смолы — ароматический бальзам «стиракс тонкинский», используемый в парфюмерной и пищевой промышленности; бензойную смолу; даммару, или копал, добываемую из деревьев семейства диптерокарповых и используемую в лакокрасочной промышленности; живицу и др.

кардамон, применяемый в пищевкусовой промышленности; женьшень, а также различные лекарственные растения, применяемые в фармацевтической промышленности; дикий мед; кости диких животных, закупаемые у населения, и т. п.

Названные виды побочных лесных продуктов заготавливаются также населением. Эти продукты идут на экспорт через центральные и провинциальные органы в Японию, Таиланд, Гонконг, Сингапур, Францию.

Право заготовки побочных лесных продуктов предоставляется за плату; таксы установлены в размере 15 % от цены на внутреннем рынке.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*5 : 630\*228.7

ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА  
ПЛАНТАЦИОННЫХ ДРЕВОСТОЕВ  
ОТ ГУСТОТЫ И СРЕДНЕЙ ВЫСОТЫ

Г. М. ДАВИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Плантационные древостои создаются в Европейско-Уральской зоне для обеспечения сырьем целлюлозно-бумажной промышленности и местных потребностей в пиловочнике. Процесс создания таких древостоев предполагает не только максимальное использование техники и последних достижений науки в лесокультурном производстве, но и создание специализированных лесных предприятий, направленных на ускоренное лесовыращивание с оборотом рубки 50—60 лет.

ЛенНИИЛХ, БелНИИЛХ, УкрНИИЛХ разработали технологию плантационного лесовыращивания с определенным режимом густоты, предусматривающую интенсивное изреживание в процессе роста плантаций при исходной густоте для РСФСР и БССР по сосне 3,5—4,0 тыс. шт./га по ели 2,8—3,3 тыс. шт./га [1, 2]. Указанная исходная густота примерно в три раза меньше той, которая до сих пор применялась при создании обычных лесных культур. Поэтому для установления возраста количественной спелости, среднего диаметра или других необходимых показателей на перспективу в плантационных древостоях обычные таблицы хода роста культур непригодны.

Составление таблиц прогноза роста для плантационных древостоев имеет ряд трудностей. Главная из них состоит в невозможности собрать экспериментальный материал, так как возраст плантационных культур едва достигает 15 лет, а прогноз необходим минимум на 60—70 лет.

Решить такую проблему можно только путем поисков закономерностей роста культур в зависимости от густоты, возраста, класса бонитета и связей между другими таксационными показателями.

Исследования, проведенные в 1982—1985 гг. в ЛТА, позволили установить, что для разработки таблиц прогноза роста плантационных древостоев достаточно выявить динамику таких показателей, как средняя высота, средний диаметр, густота и видовое число. Все остальные показатели можно получить общепринятым расчетным путем.

Наиболее трудоемким в вычислениях является средний диаметр древостоя. В пределах одного класса бонитета он зависит не только от густоты, но и тесно связан со средней высотой и возрастом.

Первоначально были проведены исследования связи среднего диаметра с густотой. Для этого были использованы данные 92 пробных площадей, заложенных сотрудниками ЛТА и ЛенНИИЛХ в Ленинградской, Новгородской, Псковской областях. Объекты исследования имели средний возраст от 20 до 104 лет, относились к Iа—III классам бонитета, к кисличной и черничной группам типов леса. Кроме материалов пробных площадей, были проанализированы таблицы хода роста культур Эстонии, Белоруссии, Украины, Центрального Черноземного района и Московской области. Обобщение перечисленных экспериментальных материалов позволило составить соответствующие уравнения:

для сосны:

Iа класса бонитета

$$D = -0,1^{11} \cdot 264N^3 + 0,1^8 \cdot 1868N^2 - 0,0457N + 49,96; \quad (1)$$

I класса бонитета

$$D = -0,1^{11} \cdot 232N^3 + 0,1^8 \cdot 1676N^2 - 0,04192N + 46,73; \quad (2)$$

II класса бонитета

$$D = -0,1^{11} \cdot 232N^3 + 0,1^8 \cdot 1684N^2 - 0,04182N + 45,06; \quad (3)$$

III класса бонитета

$$D = -0,1^{11} \cdot 28N^3 + 0,1^8 \cdot 1936N^2 - 0,04484N + 43,51; \quad (4)$$

для ели:

Ia класса бонитета

$$D = -0,1^{11} \cdot 536N^3 + 0,1^9 \cdot 27976N^2 - 0,055492N + 55,93; \quad (5)$$

I класса бонитета

$$D = -0,1^{12} \cdot 4664N^3 + 0,1^9 \cdot 26132N^2 - 0,05575N + 55,79; \quad (6)$$

II класса бонитета

$$D = -0,1^9 \cdot 5N^3 + 0,1^7 \cdot 285N^2 - 0,0605N + 57,2; \quad (7)$$

III класса бонитета

$$D = -0,1^{11} \cdot 536N^3 + 0,1^7 \cdot 304N^2 - 0,064024N + 57,85, \quad (8)$$

где  $D$  — средний диаметр древостоя, см;

$N$  — число стволов на 1 га.

Уравнения (1)–(8) пригодны лишь для указанных режимов густоты лесовыращивания [2], и их можно отнести к общесоюзным нормативам.

Для получения местных или региональных нормативов необходимо учитывать существующую связь между средней высотой и диаметром в данном регионе. Доля участия высоты для получения местных нормативов составляет 70 %, а на долю густоты приходится всего 30 %. Примером такого местного норматива может служить уравнение, составленное для ели II класса бонитета Ленинградского региона:

$$D = 0,0147 (H + 4)^2 + 0,217 (H + 4) - 0,1^{11} \cdot 15N^3 + 0,1^8 \cdot 855N^2 - 0,01815N + 17,93, \quad (9)$$

$H$  — средняя высота древостоя, м.

Проверка прогнозируемых данных по динамике среднего диаметра неосуществима, ввиду отсутствия плантационных древостоев старше 15 лет.

Предложенный способ расчета динамики среднего диаметра можно считать универсальным для любого района, где используются перечисленные режимы густоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Организация и технология плантационного лесовыращивания.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1981.— 91 с. [2]. Режимы густоты плантационных культур ели и сосны, ориентированные на получение баланса и пиловочника (временные нормативы).— Л.: ЛенНИИЛХ, 1984.— 6 с.

УДК 630\*

### НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗРАСТАНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТУКУЛАНАХ ЯКУТИИ

А. М. БОЙЧЕНКО

Институт биологии ЯФ СО АН СССР

Тукуланы — ландшафты с подвижными или в разной степени закрепленными растительностью песками — природный феномен Центральной равнинной Якутии. Древние песчаные отложения, постоянно подвергающиеся эоловому воздействию, сосредоточены в нижнем течении рек Лены и Вилюя — на территории миграции их древних водотоков.

Сосна обыкновенная как биологический вид в процессе эволюции адаптировалась на бедных сухих псаммофитных местопрорастаниях. Эта закономерность наглядно прослеживается при сопоставлении карт-схем распространения тукуланов в Центральной Якутии [2] и местонахождений сосны на этой же территории [3]. В условиях резко континентального климата и повсеместного залегания близко к поверхности почвы вечной мерзлоты песчаные (супесчаные) экотопы на севере Якутии — единственная экологическая ниша, пригодная для существования сосновых лесов [4]. Представляет интерес рассмотрение сравнительных аспектов произрастания сосны на самых северных в Якутии тукуланах (за полярным кругом — низовье р. Хоруонги) и на юге их ареала (низовья рек Тюнга и Вилюя).

На крайнем севере на вершинах самых высоких тукуланов с подвижными песками способны произрастать кедровый стланик, лиственница Каяндера и сосна обыкновенная; южнее с наиболее возвышенных форм рельефа вначале исчезает лиственница, затем — кедровый стланик, наконец, и сосна — в вегетационный период влажность поверхностного слоя песков значительно ниже минимально необходимой для появления и выживания ее всходов.

Основные насаждения, произрастающие на склонах тукуланов, представлены типами леса: на севере — сосняком (с лиственницей) лишайниковым с кедровым стлаником, сосняком (с лиственницей) толокнянковым с кедровым стлаником, реже — сосняком (с лиственницей) кустарничково-лишайниковым с кедровым стлаником, на юге — на топографически аналогичных участках сходными типами леса без участия в составе насаждений лиственницы и кедрового стланика.

Древостои на песках повсеместно характеризуются низкой производительностью: высоты в пределах 8—12 м, реже 14—15 м; диаметры древостоев на высоте груди до 20—24 см, у единичных сосен — до 40 см; запасы обычно не превышают 20—30 м<sup>3</sup>/га. В наиболее сухих экотопах сосне свойственны сильная сбежистость, искривленность и фаунистость стволов.

В бассейне р. Хоруонги глубина максимального оттаивания песчаной почвы достигает 2,2—2,5 м, в низовье р. Вилюя — 3—5 м [1]. Мощность корнеобитаемого слоя почвы в сосняках на обеих территориях составляет соответственно 0,25 и 0,6—0,7 м. Основная масса корней сосны сосредоточена в почвенной толще, температура которой в период наибольшего прогревания превышает 9—10°. На северном пределе распространения сосняки строго приурочены к положительным элементам рельефа южной экспозиции, в бассейне р. Вилюя роль экспозиции склонов в облесении тукуланов сосной не имеет такой выраженности.

Чередование участков, занятых сосной, с незакрепленной растительностью песками, обуславливает иногда продолжительную (свыше 200—300 лет) изоляцию сосняков от воздействия циклически повторяющихся пожаров (палов). Длительный «оборот огня» предопределяет постепенное накопление подроста сосны и формирование разновозрастной структуры ее древостоев.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Катасонова Е. Г. Криогенные образования в сезонно протавяющих эоловых отложениях Центральной Якутии. — В кн.: Геокриологические и гидрогеологические исследования Сибири. Якутск, 1972, с. 80—89. [2]. Павлов П. Д. Географическое распространение эоловых песков в Центральной Якутии. — В кн.: Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск, 1981, с. 18—30. [3]. Шахова О. В. Местонахождение сосны *Pinus silvestris* L. на севере Якутской АССР. — Бот. журн., 1964, № 4, с. 581—585. [4]. Щербаков И. П. Леса северо-востока СССР. — Новосибирск: Наука, 1975. — 344 с.

УДК 662.62 : 662.612.3

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

В. К. ЛЮБОВ, С. М. ШЕСТАКОВ, Л. Т. ДУЛЬНЕВА,  
Ю. К. ОПЯКИН

Архангельский лесотехнический институт  
Ленинградский политехнический институт

За последние годы в комплексном использовании древесины достигнуты значительные успехи, однако на предприятиях лесозаготовительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности все еще образуется некоторое количество некондиционных древесных отходов, рациональное использование которых возможно в энергохимических или в энергетических установках. Энергетическое использование низкосортных древесных отходов чаще всего осуществляют в топках с колосниковой решеткой и в топках скоростного горения ЦКТИ, однако такие топочные устройства обладают рядом недостатков, которые сдерживают их дальнейшее развитие [1].

Один из новых методов организации топочного процесса — низкотемпературный и вихревой метод сжигания топлив (НТВ или схема ЛПИ), разработанный и внедренный в энергетику Ленинградским политехническим институтом (ЛПИ). Длительный опыт промышленной эксплуатации котлов, работающих по схеме ЛПИ, показал, что наличие многократной циркуляции частиц в вихревой зоне позволяет сжигать топливо с неблагоприятными характеристиками без снижения надежности воспламенения и пол-

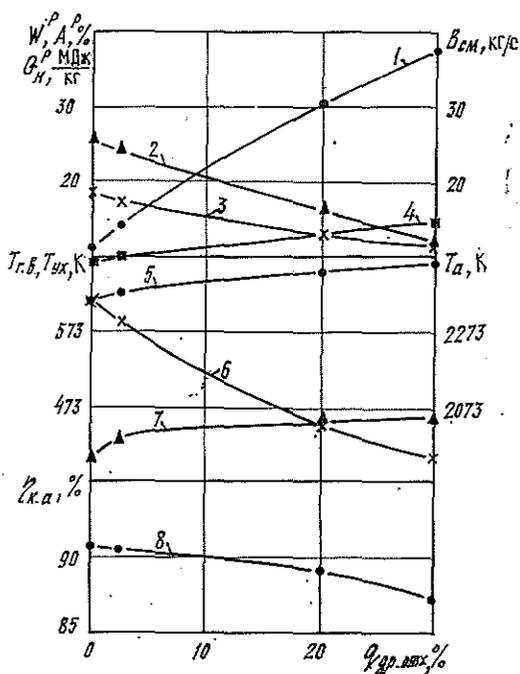
ноты выгорания [4, 5]. Результаты исследования процессов воспламенения и горения крупных частиц натурального твердого топлива [2] и опыт сжигания немолотого угля в топках с НТВ [4, 5] позволили обосновать возможность создания унифицированного по топливам котлоагрегата (без мельниц и средств очистки). Исходя из этого, наиболее оптимальный метод энергетического использования древесных отходов — их совместное с углем сжигание в топке вихревого безмельничного котла.

Использованию вторичных энергоресурсов на Архангельском целлюлозно-бумажном комбинате (АЦБК) уделяется большое внимание. До настоящего времени основную часть некондиционных отходов древесины сжигали в топках скоростного горения котлов станционных № 1—4 ТЭЦ-1 и в слоевых топках двух котлов КМ-75-40 ТЭЦ-3 АЦБК, однако в связи с планируемым демонтажом котлов ст. № 1 и 2 ТЭЦ-1 (вследствие истечения срока годности барабанов) вопрос энергетического использования неликвидных древесных отходов приобрел особую актуальность. Для оценки возможности совместного сжигания были проведены тепловые и аэродинамические расчеты котла БКЗ-220-100Ф ТЭЦ-1 АЦБК, расчет на прочность третьей ступени пароперегревателя и системы пневмотранспорта древесных отходов.

Пневмотранспорт отходов осуществляли по трубопроводу  $d_{нс} = (377 \times 10) \cdot 10^{-3} \text{ м}$  (расход воздуха  $2,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , температура  $303 \text{ К}$ ), который у котла разводится на две линии, древесные отходы вводили в вихревую зону топки со стороны левого и правого экранов, на которых выполняют амбразуры путем разводки восьми экранных труб (разводка выполняется наружу топочной камеры).

Тепловые расчеты котла на совместное сжигание немолотого угля с древесными отходами проводили при разной доле отходов по тепловыделению ( $q_{др}$ , отх равно соответственно 3, 20 и 30 %) для 100 и 70 % нагрузки котла и выполняли по методике [6] с учетом кратности циркуляции топливных частиц в вихревой зоне. Несмотря на то, что станция получает каменные угли нескольких марок, в расчеты были заложены характеристики интинского угля (выбранные в соответствии с [6]), так как угли данного месторождения — основной источник местного топлива и относятся к наиболее трудносжигаемым и низкокалорийным в условиях ТЭЦ-1.

Элементарный состав и низшая теплота сгорания на рабочую массу неликвидных древесных отходов приняты с учетом эксплуатационных данных станции и имели следующие значения: влажность  $W^p = 58 \%$ , зольность  $A^p = 1,1 \%$ ,  $C^p = 20,87 \%$ ,  $H^p = 2,48 \%$ ,  $N^p = 0,27 \%$ ,  $O^p = 17,28 \%$ , теплотворная способность  $Q_H^p = 6,27 \text{ МДж/кг}$ , выход летучих на горючую массу  $V^p = 85 \%$ . При увеличении доли древесных отходов влажность топливной смеси, подаваемой в вихревую топку (дробленый уголь поступает в топку через четыре фронтальные горелки, а древесные отходы — через амбразуры боковых экранов), повышается (см. рис.), а зольность и теплотворная



Влияние доли древесных отходов в топливной смеси на ее характеристику и показатели работы котла.

- 1 —  $W^p$ ; 2 —  $A^p$ ; 3 —  $Q_H^p$ ;  
 4 —  $V^p$ ; 5 —  $T_г, в$ ; 6 —  $T_а$ ;  
 7 —  $T_ух$ ; 8 —  $\eta_{к.а.}$

способность снижаются, что приводит к уменьшению теоретической температуры горения  $T_a$ , однако температура продуктов сгорания на выходе из топки при  $q_{др.отх}$  не более 30 % практически не меняется и составляет 1325 К.

Увеличение объемов продуктов сгорания приводит к росту температуры горячего воздуха  $T_{г.п}$  на выходе из воздухоподогревателя, а также температуры уходящих газов  $T_{ух}$ ; потери тепла с уходящими газами возрастают до 10,8 % ( $q_{др.отх} = 30\%$ ), а кпд котла брутто  $\eta_{к.в}$  снижается (см. рис.).

Для поддержания номинальной температуры перегретого пара (813 К) регуляторы перегрева впрыскивающего типа должны работать в следующем режиме: при  $q_{др.отх} = 3\%$  расход конденсата  $D_{впр}^1 = 1,94$  кг/с,  $D_{впр}^2 = 1,11$  кг/с; при  $q_{др.отх} = 20\%$   $D_{впр}^1 = 2,22$  кг/с,  $D_{впр}^2 = 1,44$  кг/с; при  $q_{др.отх} = 30\%$   $D_{впр}^1 = 3,61$  кг/с,  $D_{впр}^2 = 2,50$  кг/с (нагрузка котла номинальная). При уменьшении нагрузки котла до 70 % от номинальной температура газов на выходе из топки снижается до 1222 К, номинальная температура перегретого пара обеспечивается при  $D_{впр}^1 = 0$ ,  $D_{впр}^2 = 1,5$  кг/с ( $q_{др.отх} = 20\%$ ).

Аэродинамические расчеты показали возможность совместного сжигания некондиционных древесных отходов (до 30 % по тепловыделению) с дробленным углем в НТВ топке при условии замены существующих дымососов на дымососы Д 20 × 2 с частотой вращения 740 об/мин. Дальнейшее увеличение доли древесных отходов в топливной смеси недопустимо по условиям обеспечения надежной работы третьей ступени пароперегревателя.

Для устранения возможного повышения потери тепла с механической неполнотой сгорания и нарушения аэродинамики топки необходимо организовать двойную сепарацию из топлива инородных включений и сильно забалластированных топливных кусков как в эжекторной системе подачи немолотого угля, так и в самой топочной камере. Максимальный размер частиц некондиционной древесины, подаваемых в котлоагрегат, не должен превышать 0,03 м. Организация низкоскоростного ввода в топку струи нижнего дутья позволит исключить эрозионный износ топочных поверхностей при переходе на безмельничный способ сжигания. Исходя из условий выгорания и длительности пребывания в топочной камере топливных частиц [3], необходимо организовать в топке специальные сепарационные устройства, выполненные из поверхностей нагрева.

Реализация данных мероприятий позволит повысить эффективность энергетического использования неликвидных древесных отходов и сэкономить дорогостоящие топлива, обеспечить устойчивость процесса воспламенения и горения топливной смеси, взрывобезопасность установки и отсутствие шлакования, а также значительно снизить загрязнение окружающей среды. Ожидаемый экономический эффект 414 тыс. р./год (из расчета на один котел БКЗ-220-100Ф).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Исследование и совершенствование конструкции топок котлов ТЭЦ АБК для скоростного и вихревого сжигания топлива: Отчет/ЛПИ—АЛТИ; Руководитель работы В. В. Померанцев.— № 3306.— Ленинград—Архангельск, 1978.— 156 с. [2]. Любов В. К. Исследование тепло- и массообмена при прогреве и горении крупных частиц натурального твердого топлива.— В кн.: Основные этапы и направления развития энергетики Архангельской области. Архангельск, 1982, с. 31—32. [3]. Любов В. К., Шестаков С. М., Любова О. А. О возможности терморазрушения топливных частиц.— Архангельск, 1984.— 17 с. Рукопись представлена Арханг. лесотехн. ин-том. Деп. в Информ-энерго 23 июля 1984, № 1419. [4]. Расчет суммарного теплообмена в топке котла, работающего по схеме низкотемпературного вихревого сжигания немолотого топлива/ В. В. Померанцев, С. М. Шестаков, В. В. Воронков.— Изв. высш. учеб. заведений. Энергетика, 1985, № 11, с. 37—42. [5]. Сжигание немолотых азейских бурых углей в низкотемпературной вихревой топке по схеме ЛПИ—ИТЭЦ-10/ Ф. А. Серант, С. М. Шестаков, В. В. Померанцев и др.— Теплоэнергетика, 1983, № 7, с. 36—41. [6]. Тепловой расчет котельных агрегатов. (Нормативный метод).— М.: Энергия, 1973.— 295 с.

УДК 674-413

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТОЛЩИН ДОСОК,  
ВЫПИЛИВАЕМЫХ ИЗ СЕГМЕНТОВ**

*В. С. ЯСИНСКИЙ, В. М. МЕРКЕЛОВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Проблема комплексной переработки древесных ресурсов имеет большое народно-хозяйственное значение. Ее решение в первую очередь связано с рациональным использованием как хвойной, так и лиственной древесины. В мягкой лиственной древесине довольно часто встречаются бревна с внутренней гнилью, что значительно затрудняет переработку ее на спецификационные пиломатериалы. В связи с этим встает задача по разработке рациональной технологии раскроя такого сырья.

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования показали возможность применения развально-сегментного способа раскроя при переработке сырья мягких лиственных пород, в частности осины, на пилопродукцию. Развально-сегментный способ характеризуется тем, что на первом проходе из центральной части бревна выпиливают одну или несколько необрезных досок и два боковых сегмента; на втором проходе эти сегменты распиливают на односторонне-обрезные доски. При этом решающее значение на объемный выход оказывает правильный выбор толщин досок.

Оптимальные толщины досок, выпиливаемых из сегментов, определяем по коэффициенту использования пиловочного сырья на выработку обрезной доски [2]:

$$K = \frac{F_0}{F_c}, \tag{1}$$

где  $F_0$  — площадь поперечного сечения обрезной доски;

$F_c$  — площадь части поперечного сечения сегмента (без учета гнили), израсходованного на получение обрезной доски с учетом пропилов и припуска на усушку.

Для определения коэффициентов  $K$  при раскрое сегментов необходимо рассмотреть несколько положений доски относительно оси сегмента (рис. 1). Это обусловлено наличием гнили в центральной части сегментов. При групповой распиловке очень сложно подобрать в распиливаемую партию бревна одинаковые по диаметру и с одинаковой

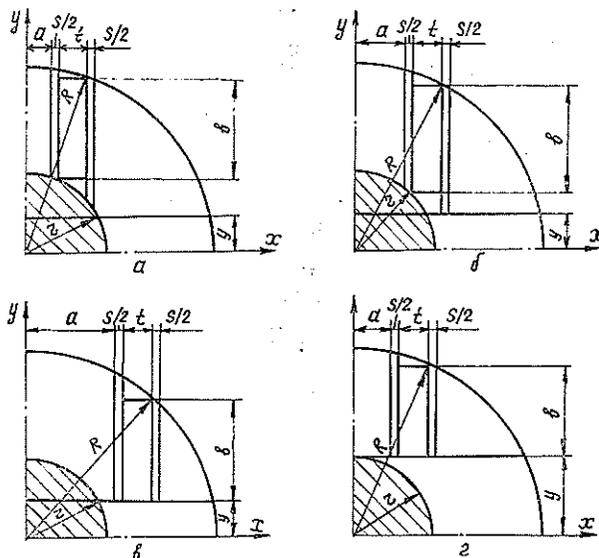


Рис. 1. Схема определения коэффициентов использования сырья при раскрое сегментов.

или близкой по размеру внутренней гнилью. Поэтому некоторая часть внутренней гнили будет оставаться в сегментах.

Для нахождения коэффициентов использования сырья по формуле (1) необходимо определить площади  $F_0$  и  $F_c$  [1]:

В первом случае (рис. 1, а)

$$F_c = tb = t(\sqrt{R^2 - (a + t + s/2)^2} - \sqrt{r^2 - (a - s/2)^2}); \quad (2)$$

$$F_c = \int_a^{a+t+s} \sqrt{R^2 - x^2} dx - \int_a^{a+t+s} \sqrt{r^2 - x^2} dx = \left[ \left( \frac{x}{2} \sqrt{R^2 - x^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{x}{R} \right) - \left( \frac{x}{2} \sqrt{r^2 - x^2} + \frac{r^2}{2} \arcsin \frac{x}{r} \right) \right] \Big|_a^{a+t+s}. \quad (3)$$

Во втором случае (рис. 1, б)

$$F_0 = tb = t(\sqrt{R^2 - (a + t + s/2)^2} - \sqrt{r^2 - (a + s/2)^2}); \quad (4)$$

$$F_c = \int_a^{a+t+s} \sqrt{R^2 - x^2} dx - \int_a^{\sqrt{r^2 - y^2}} \sqrt{r^2 - x^2} dx - \int_{\sqrt{r^2 - y^2}}^{a+t+s} y dx = \left( \frac{x}{2} \sqrt{R^2 - x^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{x}{R} \right) \Big|_a^{a+t+s} - \left( \frac{x}{2} \sqrt{r^2 - x^2} + \frac{r^2}{2} \arcsin \frac{x}{r} \right) \Big|_a^{\sqrt{r^2 - y^2}} - (a + t + s - \sqrt{r^2 - y^2})y. \quad (5)$$

В третьем случае (рис. 1, в)

$$F_0 = tb = t(\sqrt{R^2 - (a + t + s/2)^2} - y); \quad (6)$$

$$F_c = \int_a^{a+t+s} \sqrt{R^2 - x^2} dx - y(t + s) = \left( \frac{x}{2} \sqrt{R^2 - x^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{x}{R} \right) \Big|_a^{a+t+s} - y(t + s). \quad (7)$$

В формулах (2)–(7) обозначено:

- $R$  — радиус вершинного торца бревна;
- $r$  — радиус гнили в вершинном торце бревна;
- $a$  — расстояние от центра бревна (сегмента) до оси пропила;
- $t$  — толщина доски с припуском на усушку;
- $s$  — толщина пропила;
- $b$  — ширина обрезной доски;
- $y$  — половина толщины центральной вырезки за первый проход.

Если толщина центральной вырезки за первый проход равна или больше размера гнили (рис. 1, з), то искомые площади  $F_0$  и  $F_c$  определяют соответственно по формулам (6) и (7).

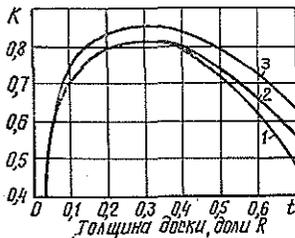


Рис. 2. График изменения коэффициентов использования сырья для центральных досок.

1 —  $y = 0,2R$ ; 2 —  $0,3R$ ; 3 —  $0,4R$ .



Рис. 3. График оптимальных толщин досок при раскрое сегментов для  $d = 24$  см,  $r = 0,35R$  с толщиной центральной вырезки  $y = 0,3R$ .

Подставляя в формулы (2)—(7) различные значения  $t$  для разных  $a$ , определяем коэффициенты использования  $K$ . В результате расчета по вышеприведенным формулам на ЭВМ нами составлены таблицы изменения коэффициентов  $K$  в зависимости от толщины досок, местоположения их в поставе и толщины центральной вырезки за первый проход для различных диаметров бревен и размеров гнили в их торцах.

На рис. 2 представлены кривые изменения коэффициента  $K$  для центральных досок в зависимости от их толщины и толщины центральной вырезки за первый проход. Пример дан для диаметра бревна  $d = 24$  см и размера гнили  $r = 0,35R$ . Анализ показал, что характер изменения кривой не зависит от толщины центральной вырезки. В пределах толщины центральных досок от  $0,2R$  до  $0,4R$  коэффициент  $K$  изменяется незначительно, что позволяет производить раскрой с целью получения максимального объема и на спецификационные пиломатериалы без существенного снижения объемного выхода.

Полученные значения коэффициентов  $K$  для различных диаметров и размеров гнили послужили основой построения кривых оптимальных толщин досок при раскросе сегментов с гнилью. На рис. 3 приведен график кривой оптимальных толщин досок для рассматриваемого примера. Подобные графики построены для других диаметров с различными размерами гнили. Их можно использовать при разработке рациональных схем раскроса низкокачественного мягкого лиственного сырья с внутренней гнилью.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Т. 1.— М.: Наука, 1978.— 456 с. [2]. Титков Г. Г. Основы теории максимальных поставов.— Механ. обраб. др-ны, 1939, № 2—3.

УДК 621.933.6

### ВЛИЯНИЕ ПРИВЕДЕННОГО МОМЕНТА СИЛ ИНЕРЦИИ ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ НА ЗАКОН ДВИЖЕНИЯ РОТОРА И НАГРУЗКУ ДВИГАТЕЛЯ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ

Н. Н. БУТОРИН, Ю. Л. ЧЕРНЦОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для работы лесопильной рамы характерны заметные колебания угловой скорости вращения коленчатого вала, ухудшающие ее динамику и эксплуатационную надежность. В частности, «в современных конструкциях лесопильных рам детали привода недолговечны из-за значительной по величине неравномерной нагрузки на ведущий вал привода» [3]. Это подтверждается «сведениями об аварийном выходе из строя привода механизма резания лесопильных рам в цехе № 1 Соломбальского ЛДК» [4]. Причина возникновения неравномерной нагрузки привода — неравномерность хода рамы. Действительно, двойная амплитуда колебания скорости вращения коленчатого вала изменяется относительно ее среднего значения в пределах  $0,06—0,12$ . Асинхронный электродвигатель главного привода обладает жесткой характеристикой, так как его номинальное скольжение  $S_n = 0,02—0,03$ . При этом даже сравнительно небольшие отклонения скорости вращения вала двигателя, связанного ременной передачей с коленчатым валом рамы, приводят к значительным изменениям его момента [2].

Колебания угловой скорости вращения коленчатого вала можно существенно снизить, применяя раму с двумя пильными рамками, кривошипы которых соединены под углом  $90^\circ$  [1]. Не предлагая конкретной конструкции такой рамы, исследуем на математической модели динамику двух рам РД-75-7 с жестко соединенными под углом  $90^\circ$  коленчатыми валами. Мы считаем, что результаты расчета достаточно точно проиллюстрируют эффективность идеи, изложенной в работе [1].

Уравнения математической модели лесопильной рамы, приведенные в работе [2], представим в следующем виде:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{I(\varphi)} \left( Q = \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dI(\varphi)}{d\varphi} \right), \quad (1)$$

где  $I(\varphi) = R^2 m_1 (\sin \varphi + \cos \varphi \operatorname{tg} \beta)^2 + R^2 m_2 ((\sin \varphi + (1-n) \cos \varphi \operatorname{tg} \beta)^2 +$

$$+ n^2 \cos^2 \varphi) + I_2 \lambda^2 \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \beta} + I_3. \quad (2)$$

Выражение (2) — сумма моментов инерции всех движущихся масс механизма резания, приведенных к коленчатому валу и изменяющихся в функции угла поворота кривошипа.

В уравнениях (1) и (2) обозначено:

- $\omega$  — угловая скорость вращения коленчатого вала;
- $R$  — радиус кривошипа;
- $m_1$  — масса пильной рамки;
- $\beta = \arcsin(\lambda \sin \varphi)$ ;
- $\lambda = R/L$ ;
- $L$  — длина шатуна;
- $m_2$  — масса шатуна;
- $n = l/L$ ;
- $l$  — расстояние от верхней головки шатуна до его центра тяжести;
- $I_2$  — момент инерции шатуна относительно горизонтальной оси, проходящей через его центр тяжести;
- $I_3$  — момент инерции кривошипа со шкивом;
- $Q$  — обобщенная сила.

Вычисляем  $Q$  аналогично тому, как это сделано в работе [2], с той лишь разницей, что электродвигатель главного привода представляем более точной системой уравнений [5]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Psi_{x_1}}{dt} &= U_m \cos \gamma - \omega_0 \alpha'_s \Psi_{x_1} + \omega_0 \alpha'_s k_r \Psi_{x_2} + \omega_0 \Psi_{y_1}; \\ \frac{d\Psi_{y_1}}{dt} &= U_m \sin \gamma - \omega_0 \alpha'_s \Psi_{y_1} + \omega_0 \alpha'_s k_r \Psi_{y_2} - \omega_0 \Psi_{x_1}; \\ \frac{d\Psi_{x_2}}{dt} &= -\omega_0 \alpha'_r \Psi_{x_2} + \omega_0 \alpha'_r k_s \Psi_{x_1} + \omega_0 s \Psi_{y_2}; \\ \frac{d\Psi_{y_2}}{dt} &= -\omega_0 \alpha'_r \Psi_{y_2} + \omega_0 \alpha'_r k_s \Psi_{y_1} - \omega_0 s \Psi_{x_2}; \\ M &= \frac{3}{2} p \omega_0 \frac{k_r}{x_s \sigma} (\Psi_{x_2} \Psi_{y_1} - \Psi_{x_1} \Psi_{y_2}); \\ \frac{ds}{dt} &= -\frac{p}{I_g \omega_0} M + \frac{p}{I_g \omega_0} M_c(\varphi); \\ M_c(\varphi) &= c(i \omega_0 (1 - s) - \omega). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

- Здесь  $\psi_{x_1}, \psi_{y_1}, \psi_{x_2}, \psi_{y_2}$  — проекции потокосцепления обмоток статора и ротора на взаимно перпендикулярные оси  $x$  и  $y$ , вращающиеся с угловой скоростью  $\omega_0$ , идеализированной двухфазной машины эквивалентной реальному двигателю;
- $\omega_0$  — угловая частота сети;
  - $\omega$  — решение уравнения (1);
  - $\gamma$  — начальная фаза напряжения;
  - $V_m$  — амплитуда напряжения сети;
  - $M$  — электромагнитный момент двигателя;
  - $s$  — скольжение двигателя;
  - $M_c$  — момент сопротивления, т. е. момент, действующий на электродвигатель со стороны ременной передачи;
  - $c$  — жесткость ременной передачи;
  - $I_d$  — момент инерции двигателя со шкивом;
  - $r_1, r_2, x_0, x_1, x_2$  — параметры схемы замещения двигателя;
  - $i$  — передаточное число ременной передачи;

$$i = \frac{D_d}{D_p},$$

где  $D_d$  — диаметр шкива коленчатого вала;  
 $D_p$  — диаметр шкива двигателя;

$$\begin{aligned} \alpha'_s &= \frac{r_1}{x_s \sigma}; & \alpha'_r &= \frac{r_2}{x_2 \sigma}; & \sigma &= 1 - k_s k_r; \\ k_r &= \frac{x_0}{x_2}; & k_s &= \frac{x_0}{x_s}; & x_s &= x_0 + x_1; \end{aligned} \quad (4)$$

$$x_r = x_0 + x_2.$$

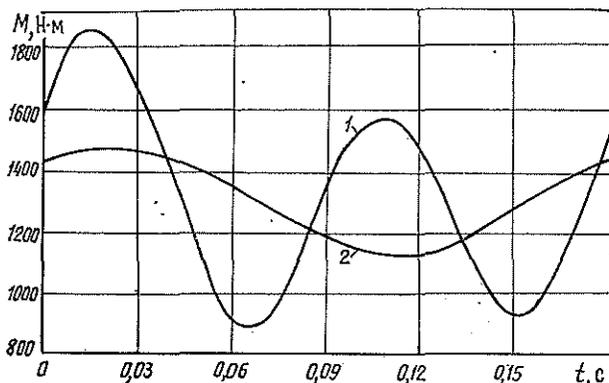


Рис. 1.

Численное решение на ЭЦВМ «Наири-3-1» предложенной математической модели для обычной рамы РД-75-7 показало, что неравномерность угловой скорости вращения коленчатого вала зависит, прежде всего, от изменения  $I_1(\varphi)$  и  $\frac{dI_1(\varphi)}{dt}$ , графики которых представлены на рис. 1. Для варианта двух рам РД-75-7 с жестко связанными под углом  $90^\circ$  коленчатыми валами кривые приведенных моментов инерции и их производных для каждой из двух систем пильная рамка — коленчатый вал оказываются сдвинутыми. Результирующие значения  $I(\varphi) = I_1(\varphi) + I_2(\varphi)$  имеет лишь небольшое отклонение от средней величины, а производная  $\frac{dI(\varphi)}{dt} = \frac{dI_1(\varphi)}{dt} + \frac{dI_2(\varphi)}{dt}$  от 0 (см. рис. 1).

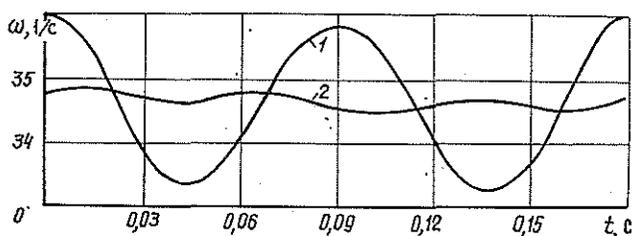


Рис. 2.

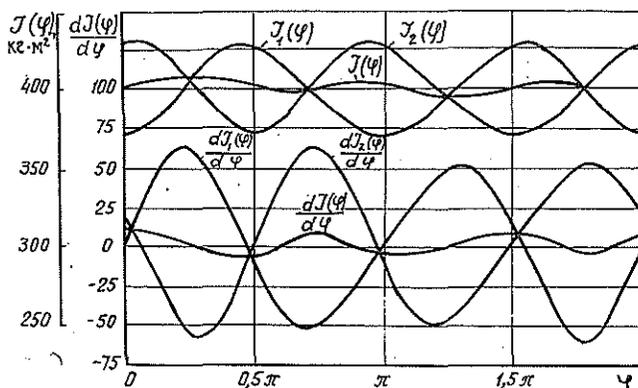


Рис. 3.

На рис. 2 представлены графики изменения  $\omega$  за один оборот коленчатого вала для одной рамы РД-75-7 (кривая 1) и для двух рам РД-75-7 с соединенными под углом  $90^\circ$  кривошипами (кривая 2). Аналогично для первого и второго случаев кривыми 1 и 2 на рис. 3 изображены графики моментов электродвигателя АК-102-8М главного привода ( $M_n = 1300 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $M_k = 2470 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $s_n = 0,02$ ).

Исследование на математической модели лесопильной рамы, построенной на основании идеи [1], показало, что за счет снижения неравномерности вращения коленчатого вала можно достичь более ровной работы двигателя привода механизма резания и, возможно, улучшить динамику всей рамы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 426808 (СССР). Лесопильная рама/ И. С. Швальбойм, Д. П. Петелин.— Олubl. в Б. И., 1974, № 17. [2]. Буторин Н. Н. Математическая модель механизма резания лесопильной рамы.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1971, № 5, с. 66—70. [3]. Нартов П. С., Скворцов А. К., Зазин В. В. Исследование динамических свойств ременного привода лесопильной рамы.— Механ. обраб. древесины. Реф. инф., М., 1975, с. 16—17. [4]. Совершенствование гидросистемы и автоматизация процесса натяжения ременной передачи привода механизма резания лесопильных рам РД-75-6/7: Отчет/ АЛТИ; Руководитель работы Г. М. Гернет; № Х8; Инв. № 888.— Архангельск, 1976.— 42 с. [5]. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе/ М. М. Соколов, Л. П. Петров, Л. Б. Масандилов, В. А. Ландезон.— М.: Энергия, 1967.— 89 с.

УДК 539.3 : 674.05

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БАЗИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

В. Е. ЮРИНЕЦ, С. А. АПОСТОЛЮК

Львовский государственный университет  
Львовский лесотехнический институт

Известно, что в качестве базирующих элементов деревообрабатывающих станков применяют направляющие линейки и столы, выполненные в виде упругих плоскостей несимметрично закрепленных на станинах оборудования. Под воздействием вибрационных нагрузок и других усилий такие элементы испытывают упругие деформации, отрицательно влияющие на качество обработки. Поэтому исследование напряженного состояния и деформаций столов, направляющих линеек и подобных им конструкций представляет практический интерес.

В качестве объекта исследования принимаем стол рейсмусового станка СР6-6.

Стол станка можно представить как пластину-полуплоскость толщиной  $2h$ , прямолинейный край которой по всей длине несимметрично закреплен (спаян) с упругим элементом постоянного сечения, называемым в дальнейшем стержнем. Сопряжение пластины с упругим стержнем осуществляется на фактической плоскости их спая. Пусть к подкрепляющему стержню приложены изгибающие моменты  $M_y(x)$ , перерезывающие силы  $P_z(x)$ , нормальные и тангенциальные усилия  $N_y(x)$  и  $T_x(x)$ . Со стороны стержня на пластину будут передаваться контактные изгибающие моменты  $M_y^{(l)}(x)$ , перерезывающие силы  $P_z^{(l)}(x)$  и усилия  $N_y^{(l)}(x)$  и  $T_x^{(l)}(x)$ .

Следовательно, на контуре спая имеем следующие условия сопряжения (рис. 1):

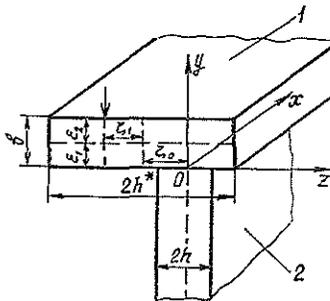


Рис. 1. Расчетная схема стола станка с несимметрично подкрепленным краем.

1 — стол; 2 — станина.

$$(u_1)_y=0 = u_2; \quad (v_1)_y=0 = v_2; \quad (w_1)_y=0 = w_2; \quad \left(\frac{dw_1}{dy}\right)_{y=0} = \frac{dw_2}{dy}; \quad (\sigma_y)_{y=0} = N_y^{(l)}; \\ (r_{xy})_{y=0} = T_x^{(l)}; \quad (M_y)_{y=0} = M_y^{(l)}; \quad \left(N_y + \frac{\partial H_{xy}}{\partial x}\right)_{y=0} = P_z^{(l)}, \quad (I)$$

где  $u_1, v_1, w_1$  и  $u_2, v_2, w_2$  — компоненты вектора перемещений пластины и стержня на контуре спая соответственно по осям  $x, y, z$ .

Выражения для компонент смещений точек границы упругой пластины ( $y = 0$ ) с учетом приложенных к границе полуплоскости усилий при применении интегрального преобразования Фурье

$$\bar{f}(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{i\lambda x} dx; \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{f}(\lambda) e^{-i\lambda x} d\lambda \quad (2)$$

имеют вид [2]

$$\begin{aligned} (i\lambda^3 \bar{u}_1)_{y=0} &= -\frac{\lambda^2(1-\nu)}{E} \bar{N}_y^{(i)} + i \frac{2\lambda^2}{E} \bar{T}_x^{(i)}; \\ (\lambda^4 \bar{v}_1)_{y=0} &= \frac{2\lambda^3}{E} \bar{N}_y^{(i)} - i \frac{\lambda^3(1-\nu)}{E} \bar{T}_x^{(i)}; \\ (\bar{w}_1)_{y=0} &= \frac{2\bar{P}_z^{(i)} - \lambda(1+\nu)\bar{M}_y^{(i)}}{D\lambda^3(1-\nu)(3+\nu)}; \\ \left(\frac{d\bar{w}_1}{dy}\right)_{y=0} &= \frac{(1-\nu)P_z^{(i)} - 2\lambda\bar{M}_y^{(i)}}{D\lambda^2(1-\nu)(3+\nu)}. \end{aligned} \quad (3)$$

где  $D = \frac{2Eh^3}{3(1-\nu^2)}$  — цилиндрическая жесткость пластины;

$\nu$  — коэффициент Пуассона;

$E$  — модуль упругости пластины.

Расчет стержня основан на теории криволинейных стержней. Используя гипотезу нормального плоского сечения и рассматривая при малых деформациях равновесие элемента стержня (применяя при этом интегральное преобразование Фурье (2)), найдем зависимости для компонент вектора перемещения стержня [1]:

$$\begin{aligned} i\lambda^2 \bar{u}_2 &= \frac{2h^* \varepsilon_1}{g_1} \bar{N}_y - \frac{2h\varepsilon_1}{g_2} \bar{N}_y^{(i)} + 2h^* i\lambda \left( \frac{1}{G_2} + \frac{\xi_0 \xi_1}{A} \right) \bar{T}_x - \frac{\xi_0}{A} \bar{P}_z - \\ &\quad - 2hi\lambda \left( \frac{1}{G_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) \bar{T}_x^{(i)} - \frac{\xi_0}{A} \bar{P}_z^{(i)}; \\ \lambda^4 \bar{v}_2 &= \frac{2h^*}{g_2} \bar{N}_y - \frac{2h}{g_2} \bar{N}_y^{(i)} - i\lambda \frac{2h^* \varepsilon_2}{g_2} \bar{T}_x - i\lambda \frac{2h\varepsilon_1}{g_2} \bar{T}_x^{(i)}; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \bar{w}_2 &= \left( \frac{1}{\lambda^4 A} - \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\lambda^2 C} \right) \bar{P}_z - \left( \frac{1}{\lambda^4 A} + \frac{\varepsilon_1^2}{\lambda^2 C} \right) \bar{P}_z^{(i)} - \frac{2h^* \xi_1}{\lambda^2 C} \bar{N}_y - \frac{2h\xi_0 \varepsilon_1}{\lambda^2 C} + i \frac{2h\xi_0}{\lambda^3 A} \bar{T}_x^{(i)} - \\ &\quad - i \frac{2h^* \xi_1}{\lambda^3 A} \bar{T}_x - \frac{\varepsilon_1}{\lambda^3 C} \bar{M}_y^{(i)} + \frac{\varepsilon_1}{\lambda^2 C} \bar{M}_y; \\ \frac{d\bar{w}_2}{dy} &= \frac{1}{\lambda^2 C} \bar{M}_x^{(i)} - \frac{1}{\lambda^2 C} \bar{M}_y + \frac{2h\xi_0}{\lambda^2 C} \bar{N}_y^{(i)} - \frac{2h^* \xi_1}{\lambda^2 C} \bar{N}_y + \frac{\varepsilon_1}{\lambda^2 C} \bar{P}_z^{(i)} + \frac{\varepsilon_2}{\lambda^2 C} \bar{P}_z. \end{aligned}$$

где

$$\frac{1}{G_1} = \frac{1}{g_1} + \frac{\varepsilon_1^2}{g_2};$$

$$\frac{1}{G_2} = \frac{1}{g_1} - \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{g_2};$$

$2h^*$  — ширина стержня;

$\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  — расстояния волокон стержня от его нейтрального слоя (оси) соответственно внутреннего и внешнего края;

$\xi_0$  — расстояние от оси стержня к средней плоскости пластины (эксцентриситет подкрепления);

$\xi_1$  — эксцентриситет приложения внешнего нормального усилия;

$C$  — жесткость стержня на кручение;

$g_1 = E^* S_0$  — жесткость стержня на растяжение;

$g_2 = E^* J_z$ ;  $A = E^* J_y$  — жесткости стержня на изгиб;

$E^*$  — модуль упругости материала стержня;

$S_0$  — площадь поперечного сечения стержня;

$J_z, J_y$  — моменты инерции сечения стержня.

Из условия равенства смещений точек стержня и пластины вдоль контура контакта (1) на основании соотношений (3), (4) получают четыре уравнения относительно трансформант контактных усилий  $\bar{N}_y^{(i)}, \bar{T}_x^{(i)}, \bar{P}_z^{(i)}, \bar{M}_y^{(i)}$ . Сами же усилия восстанавливаются при помощи формулы обращения Фурье (2).

При нагружении подкрепляющего элемента нормальным усилием  $N_y(x)$  решение полученной в результате сопряжения системы уравнений можно представить в виде

$$\begin{aligned} N_y^{(i)} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{D_1(\lambda)}{D_0(\lambda)} d\lambda \int_{-\infty}^{\infty} N_y(t) \cos \lambda(t-x) dt; \\ T_x^{(i)} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{D_2(\lambda)}{D_0(\lambda)} d\lambda \int_{-\infty}^{\infty} N_y(t) \sin \lambda(t-x) dt; \\ P_z^{(i)} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{D_3(\lambda)}{D_0(\lambda)} d\lambda \int_{-\infty}^{\infty} N_y(t) \cos \lambda(t-x) dt; \\ M_x^{(i)} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{D_4(\lambda)}{D_0(\lambda)} d\lambda \int_{-\infty}^{\infty} N_y(t) \cos \lambda(t-x) dt, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{где} \quad D_0(\lambda) &= -i\lambda(\beta^2 - \alpha^2) R_0(\lambda) \left[ \lambda^4 + \frac{2h}{\beta^2 - \alpha^2} \left( \frac{1}{G_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) \lambda^3 + \frac{4h\varepsilon_1\alpha}{g_2(\beta^2 - \alpha^2)} \lambda^2 + \right. \\ &+ \left. \frac{2h\beta}{g_2(\beta^2 - \alpha^2)} \lambda + \frac{4h^2}{g_2(\beta^2 - \alpha^2)} \left( \frac{1}{G_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) + \frac{2h\xi_0^2\alpha}{\varepsilon_1 A(\beta^2 - \alpha^2)} \frac{R_1(\lambda)}{R_0(\lambda)} \right]; \\ D_1(\lambda) &= -i\lambda \frac{2h^*\varepsilon_1\alpha}{g_2} R_0(\lambda) \left[ \lambda^2 + \frac{\beta}{\varepsilon_1\alpha} \lambda + \frac{2h}{\varepsilon_1\alpha} \left( \frac{1}{g_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) - \frac{2h\xi_0^2 C}{\varepsilon_1^3 A^2 \alpha R_0(\lambda)} \left( \lambda + \frac{1}{C\delta} \right) \right]; \\ D_2(\lambda) &= -\lambda^2 \frac{2h^*\varepsilon_1\beta}{g_2} R_0(\lambda) \left[ \lambda + \frac{\alpha}{\varepsilon_1\beta} - \frac{2h\xi_0^2}{\varepsilon_1^2 \beta A R_0(\lambda)} \left( \lambda + \frac{\gamma}{\varepsilon_1\delta} \right) \right]; \\ D_3(\lambda) &= i\lambda^3 \frac{4h^*\varepsilon_1^2 \xi_0 \alpha \delta}{g_2 C} \left\{ \lambda^3 + \left( \frac{\gamma}{\varepsilon_1\delta} + \frac{\beta}{\varepsilon_1\alpha} - \frac{\beta C}{\varepsilon_1 A \alpha} \right) \lambda^2 + \left[ \frac{\beta\gamma}{\varepsilon_1^2 \alpha \delta} + \frac{2h}{\varepsilon_1\alpha} \left( \frac{1}{g_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) - \frac{C}{\varepsilon_1^2 A} - \frac{\beta}{A\varepsilon_1\alpha\delta} \right] \lambda + \frac{2h\gamma}{\varepsilon_1^2 \alpha \delta} \left( \frac{1}{g_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) - \frac{1}{\varepsilon_1^2 A \delta} \right\}; \\ D_4(\lambda) &= -i\lambda \frac{4h^*\varepsilon_1^2 \alpha \gamma}{g_2 C} \left\{ \lambda^4 + \left( \frac{\delta}{\varepsilon_1\gamma} - \frac{C\beta}{\varepsilon_1 A} + \frac{\beta}{\alpha\gamma A} + \frac{\beta}{\varepsilon_1\alpha} \right) \lambda^3 + \left[ \frac{2}{\varepsilon_1\gamma A} + \frac{2h}{\varepsilon_1\alpha} \left( \frac{1}{g_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) + \frac{\beta\delta}{\varepsilon_1^2 \alpha \gamma} - \frac{C}{\varepsilon_1 A} \right] \lambda^2 + \left[ \frac{2h\delta}{\varepsilon_1^2 \alpha \gamma} \left( \frac{1}{g_1} + \frac{\xi_0^2}{A} \right) + \frac{\beta}{\varepsilon_1^2 \alpha \gamma A} \right] \lambda + \frac{2h}{\varepsilon_1^2 \alpha \gamma A g_1} \right\}; \\ R_0(\lambda) &= \lambda^3 + \frac{C}{\varepsilon_1^2 \delta} \left( \frac{2\varepsilon_1\gamma}{C} - \gamma^2 + \delta^2 \right) \lambda^2 + \frac{C}{\varepsilon_1^2} \left( \frac{1}{C} + \frac{1}{A} \right) \lambda + \frac{1}{\varepsilon_1^2 A \delta}; \\ R_1(\lambda) &= \lambda^5 + \left( \frac{\delta}{\varepsilon_1\delta} - \frac{\beta C}{\varepsilon_1 A} \right) \lambda^4 - \frac{2h\varepsilon_1}{g_2\alpha} \lambda^3 - \frac{2h\gamma}{g_2\alpha\delta} \lambda^2 - \frac{2hC}{\varepsilon_1 A \alpha g_2} \lambda - \frac{2h}{A\varepsilon_1 g_2 \alpha \delta}; \\ \alpha &= \frac{1-\nu}{E}; \quad \beta = \frac{2}{E}; \quad \gamma = \frac{1+\nu}{D(1-\nu)(3+\nu)}; \quad \delta = \frac{2}{D(1-\nu)(3+\nu)}. \end{aligned}$$

Формулы (5) дают закон распределения контактных усилий вдоль контура контакта пластины со стержнем. Если на стержень действует сосредоточенная сжимающая сила  $N_0$ , то в формулах (5) следует положить

$$N_y(t) = -N_0\delta(t) \quad (6)$$

и учесть, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) \cos \lambda(t-x) dt = \cos \lambda x; \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) \sin \lambda(t-x) dt = -\sin \lambda x, \quad (7)$$

где  $\delta(t)$  — функция Дирака.

Для примера рассмотрим стержень прямоугольного сечения со следующими упругими, жесткостными и геометрическими характеристиками:

$$\frac{2h^*}{2h} = 2,5; \quad \frac{E^*}{E} = 2,0; \quad C = \frac{E^* \rho_0 b^3 h^*}{1 + \nu^*};$$

$$b = 2h; \quad \rho_0 = 0,249; \quad \nu = \nu^* = 0,3; \quad g_1 = 3E^* b h^*. \quad (8)$$

$$g_2 = \frac{1}{6} E^* b^3 h^*; \quad A = \frac{2}{3} E^* h^* b; \quad \epsilon_1 = \epsilon_2 = h.$$

Зависимость контактных напряжений, возникающих на контуре контакта, представлена на рис. 2. Кривая 1 показывает зависимость контактных напряжений от эксцентриситета прикрепления  $\xi_0$  при действии сосредоточенной силы  $N_0$  на одном краю пластины ( $z = -h$ , кривая 2 — на другом ( $z = h$ )).

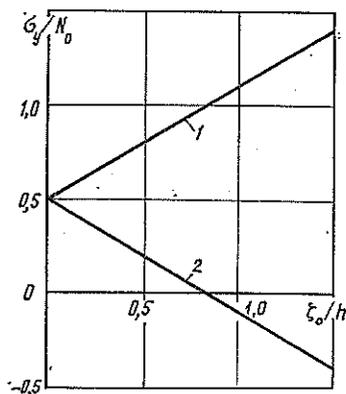


Рис. 2. Зависимость контактных напряжений от эксцентриситета подкрепления.

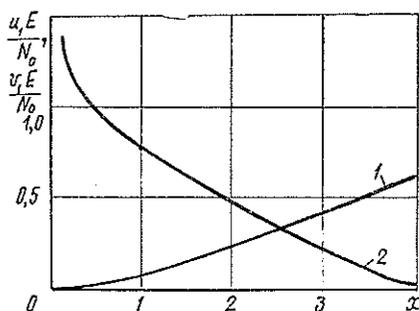


Рис. 3. Зависимость изменений перемещений подкрепляющего ребра от длины стола  $x$ .

1 — вертикальные смещения стола; 2 — горизонтальные смещения, стола.

На рис. 3 показана зависимость перемещений подкрепляющего элемента (стержня) под воздействием внешней нагрузки  $N_0$  вдоль оси  $x$ , на рис. 4 — зависимость прогиба пластины от эксцентриситета подкрепления  $\xi_0$ .

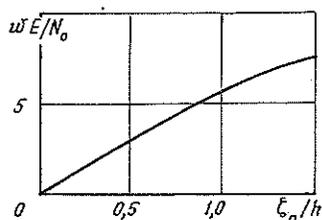


Рис. 4. Зависимость величины прогиба пластины от эксцентриситета подкрепления.

Контактные напряжения и компоненты перемещений пластины и стержня вычисляли на ЭВМ «Минск-22».

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Мартынович Т. Л., Юринец В. Е. Неоднородная изотропная полуплоскость с несимметрично подкрепленным краем. — Прикл. механика, 1977, вып. 13, № 3, с. 48—56. [2]. Шереметьев М. П. Пластины с подкрепленным краем. — Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1960. — 216 с.

УДК 547.458.81

## О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОКАЛОРИМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Н. П. ДИВИН, Н. В. НЕКРАСОВА, В. В. НЕКРАСОВ,  
Г. Ф. ПРОКШИН

Архангельский лесотехнический институт

Измерение теплофизических свойств древесины и ее компонентов, в частности теплоемкости, позволяет судить о природе некоторых изменений лигноцеллюлозных материалов и рассчитывать термодинамические функции системы.

Достижения в области создания калориметрических приборов позволяют использовать их для исследования свойств и структуры полимеров, в том числе и целлюлозы [2, 5, 6]. Установлено, что целлюлоза имеет три температурных перехода при  $0-20$  ( $T_{п1}$ ),  $120-130$  ( $T_{п2}$ ) и  $220-230$  °С ( $T_{п3}$ ) на кривых температурной зависимости теплоемкости целлюлоз [5, 6, 8], смещающихся под действием физически активных низкомолекулярных веществ в область более низких температур. Переход в область температур  $283-300$  К ( $0-20$  °С) связывают с процессом расстекловывания наименее упорядоченных участков аморфной фазы целлюлозы [5, 6, 8].

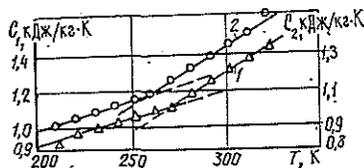
С целью сопоставления влияния изменения компонентного состава лигноуглеводной матрицы древесины, вызванного процессом варки, на указанный температурный переход  $T_{п1}$ , нами проведены исследования изменений теплоемкости опилок древесины ядра ели и полученной из них сульфитной небеленой целлюлозы. Опилки содержали 27 % лигнина, 41 % целлюлозы, 22 % гемицеллюлоз; целлюлоза содержала 3 % лигнина, 10 % гемицеллюлоз. Содержание смолистых веществ было примерно одинаково в опилках и целлюлозе (2,0 %).

Исследования проведены на микрокалориметре [3, 4] (от  $-50$  до  $+50$  °С) под вакуумом. Исходная влажность древесных опилок и целлюлозы составляла 5 %. Навески опилок и целлюлозы помещали в тепломер, оклеенный анизотропными термоэлементами, и с помощью интегратора И-02 измеряли интегральное количество теплоты, входящей или выходящей из тепломера. Погрешность измерения теплоемкости не превышала 0,5 %.

При исследовании образцы охлаждали и нагревали под вакуумом, что приводило к изменению массы навесок. Исходная навеска целлюлозы составила 1,0915 г, а после первого цикла исследований она установилась и была равна 1,0690 г. После этого проводили второй цикл исследований. Первичная масса навески опилок составляла 1,0800 г, а в конце первого цикла она оказалась равной 1,0460 г. Затем проводили второй цикл исследований и измерений. Представленные на рисунке данные относятся к измерениям во время второго цикла.

Зависимость удельной теплоемкости  $C$  от температуры  $T$ .

1 — для опилок; 2 — для целлюлозы.



На рисунке по оси абсцисс отложены значения абсолютной температуры, а по оси ординат — удельной теплоемкости. В силу того, что теплоемкости опилок и целлюлозы отличались незначительно, ось теплоемкостей слева относится к опилкам (кривая 1), а справа — к целлюлозе (кривая 2).

Как видно из рисунка, теплоемкости древесных опилок и целлюлозы, полученной из них сульфитным способом, с повышением температуры линейно растут. На линии  $C_p = f(T)$  появляются изломы для каждого из исследованных образцов при определенной температуре. Температурный переход для опилок (кривая 1)  $T = 260$  К ( $-13$  °С). Наличие излома на прямой  $C_p = f(T)$  выходит за пределы ошибки опыта. Если через экспериментальные точки провести одну прямую, то отклонение в значениях  $C_p$  при 270 К ( $-3$  °С) для опилок составит 4,3 %, а для целлюлозы при 260 К — 2,7 %. Погрешность же определения  $C_p$  составляет менее 0,5 %.

Очевидно, в том и другом случаях речь идет о переходе растекловывания  $T_{пз}$  целлюлозы, но на кривой опилок этот переход смещен на  $10^\circ$  в область более высоких температур.

На основе исследований ряда авторов [1, 7], показавших, что с уменьшением степени кристалличности целлюлозы и повышением содержания низкомолекулярных активизирующих веществ  $T_{пз}$  снижается, и Эриньша П. П. [9] о придании матрице древесины особой жесткости лигнинными трехмерными молекулами и наличии сшивок между лигнином и гемицеллюлозами в узлах перекрещивания, мы считаем, что в целлюлозе  $T_{пз}$  снижается из-за растекловывания микрообластей аморфной фазы целлюлозы, а в древесных опилках  $T_{пз}$  повышается из-за влияния лигнинных сшивок с гемицеллюлозами. В результате химических гидролитических реакций и снижения в клеточной стенке исследуемой сульфитной целлюлозы содержания лигнина в 10 раз, а гемицеллюлоз в 2 раза вклад трехмерной молекулы лигнина в жесткость структуры существенно снижается и, как следствие, понижается  $T_{пз}$  целлюлозы.

Значения теплоемкости при температурных переходах растекловывания для опилок и целлюлозы составили соответственно 1,15 и 1,13 кДж/кг·К, что также не противоречит сделанным выводам. Полученные данные о теплоемкости еловых опилок и механической целлюлозы можно использовать для технических расчетов.

Таким образом, определены температурные переходы на кривых изменения теплоемкости от температуры в ядровой древесине ели и сульфитной небеленой целлюлозе из нее при 270 и 260 К. Это свидетельствует о более затрудненном растекловывании целлюлозы в древесине по сравнению с технической целлюлозой. Высказано предположение, что это явление объясняется химическими связями трехмерной лигнинной молекулы в лигноуглеводной матрице.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Влияние степени кристалличности целлюлозы на ее теплоемкость/ А. Н. Мочалов, Т. Б. Хлюстова, М. Я. Иолоевич, И. Р. Кайминь.— Химия древесины, 1982, т. 8, № 4, с. 66—68. [2]. Годовский Ю. К. Теплофизика полимеров.— М.: Химия, 1982.— 280 с. [3]. Дивин Н. П., Иванов Г. А. Калориметр для физической лаборатории.— В кн.: Второе зональное научно-методическое совещание зав. кафедр. физики и ведущих лекторов по физике вузов Северо-Западной зоны: Тез. докл. Л., 1982, с. 95—96. [4]. Дивин Н. П., Иванов Г. А., Каширина Е. М. Микрокалориметр, 1978. (Информ. листок № 1280—78). [5]. Еайминь И. Ф., Карливан Р. П., Поелович М. Я. Температурные переходы целлюлозы и их изменение в присутствии низкомолекулярных веществ.— Рига: Изд-во АН ЛатвССР, 1979, № 8, с. 112—123. [6]. Кайминь И. Ф. Исследование теплоемкости целлюлозы.— Высокомолекулярные соединения, 1979, т. 21(Б), № 5, с. 331—334. [7]. Кайминь И. Ф., Иолоевич М. Я., Слыш Л. И. Влияние активаторов на структурно-физическое состояние целлюлозы.— В кн.: Физические и физико-химические аспекты активации целлюлозы.— Рига: Знание, 1981, с. 71. [8]. Каргин В. А., Козлов П. В., Ван Най-чан. О температуре стеклования целлюлозы.— ДАН, 1960, т. 130, № 2, с. 356—358. [9]. Эриньша П. П. Структура и свойства древесины как многокомпонентной полимерной системы.— Химия древесины, 1977, т. 4, № 1, с. 8—24.

## ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 06.091.5

## ВАСИЛИЙ НИКИТИЧ ТАТИЩЕВ

К 300-летию со дня рождения

И. С. МЕЛЕХОВ, М. Д. МЕРЗЛЕНКО

Московский лесотехнический институт

Василий Никитич Татищев (1686—1750 гг.)— один из выдающихся государственных деятелей России первой половины XVIII в. Это был энциклопедически образованный человек с широким кругом не только государственных, но и научных интересов, тесно увязывавшихся с практической деятельностью. В диапазон его творчества входили са-



мые разные отрасли знаний: история, география, экономика, законодательство, филология, топография, горное дело, механика, геометрия и пр. В. Н. Татищев, не являясь профессиональным ученым, внес огромный вклад в отечественную науку: он признан патриархом русской исторической науки и основоположником российской географии.

В. Н. Татищев не прошел и мимо многих вопросов, связанных с лесом, его охраной, рациональным использованием, распространением древесных пород и даже их фенологией. В его трудах мы находим зачатки географического подхода к лесу.

Все это, свидетельствуя о многогранности личности В. Н. Татищева, поражает тем более, что главной сферой деятельности В. Н. Татищева была военно-административ-

ная: продолжалась она более 40 лет, из которых 16 лет приходится на службу в армии в годы Северной войны [5]. Он был при осаде и взятии Нарвы, в 1709 г. участвовал в Полтавской битве, в 1711 г.— в Прутском походе. В Полтавской битве В. Н. Татищев, будучи тогда еще драгуном, оказался рядом с Петром I. Императору пуля прострелила шляпу, а В. Н. Татищев получил пулевое ранение. «Счастливым был для меня тот день,— делился он воспоминаниями перед старшинами Астраханского края,— когда на Поле Полтавском я ранен был подле государя, который сам все распоряжал под ядрами и пулями, и когда по обыкновению своему он поцеловал меня в лоб, поздравляя раненным за Отечество. Счастливым был тот день...» [2].

Однако В. Н. Татищев был человеком трудной судьбы, сложившейся для него как государственного деятеля после смерти Петра I.

В 1720—1722 и 1734—1737 гг. В. Н. Татищев по назначению Берг-коллегии руководил горным делом на Урале и управлял уральскими, сибирскими и казанскими казенными горными заводами.

Помимо очень большой организаторской работы на Урале [1, 2, 5], В. Н. Татищев вел и огромную научно-исследовательскую работу: руководил розысками полезных ископаемых и картографическими съемками; накапливал всевозможные данные в области природы, хозяйства, быта Урала и Сибири; неутомимо собирал материал и создавал свое любимое детище — писал «Историю Российскую»; приступил к осуществлению своих географических замыслов, составил и разослал первую в России научно-разработанную анкету по географическому обследованию местности и т. д.

Анкета для губернаторов, вице-губернаторов и «прочих управителей», детально разработанная В. Н. Татищевым, среди 198 вопросов содержала и следующие: «какие деревья разных родов в лесах с плодами и без плодов находятся, ест-ли такие, которых в других российских странах не находится и не знают, то оные с их листьями и плодами описать обстоятельно, и ежели есть искусный иконник или живописец, то смалевать, притом же приобщить також и деревья, хотя таких во многих местах находится, да не такой доброты, яко в Орле и тамошних местах слоеватой и твердой дуб, в Вятке на березе капь, в Терках клен узорчатый и тому подобное, то такие також обстоятельно описать» [4].

Большой научный интерес имеет и такой вопрос анкеты: «В которое время и какое дерево в первых весною лист и цвет показывает и в осень отпадает» [4]. Этот чисто фенологический вопрос, не утративший значения и поныне, позволяет считать В. Н. Татищева отечественным пионером в фенологии [3].

Вопросы анкеты свидетельствуют о большой глубине, с какой В. Н. Татищев разработал программу изучения лесной растительности России.

В другом труде («Введение к гисторическому и географическому описанию Великороссийской империи»), написанном в 1744 г., В. Н. Татищев замечает: «Лесными деревьями Российская империя перед всеми прочими государствами избыточествует, между которыми дуб не только в разные строельные и столярные работы, но и к корабельному строению употребляемой, предпочтению достоин есть».

В этой же работе В. Н. Татищев приводит перечень и других пород. Он говорит о широком распространении сосны, ели, березы, липы и пр.; отмечает приуроченность орешника, клена и ясеня, как и дуба, к «теплым провинциям». Для Сибири в качестве характерных пород автор называет кедр, лиственницу, пихту. В. Н. Татищеву были известны некоторые свойства древесины и способы ее использования. О лиственнице он пишет, что она «подобна сосне, токмо тверже и так тяжела, что на воде тонет и часто в реках окаменелую находят», и указывает, что из березовой коры «сидят деготь, из сосны, ели, пихты или лиственницы делают смолы, из которых сосновая наиболее употребительна есть». В. Н. Татищев установил, что к западу от Урала растут дуб и орешник, а в Сибири «оных и других многих деревьев нет» [4].

Для нужд горной промышленности в огромных объемах потреблялась древесина, однако нередко лес использовался нерационально и даже хищнически. Поэтому В. Н. Татищев в разных донесениях и внутренних инструкциях настойчиво ставит вопрос о сохранении лесов [2]. В погоне за прибылью промышленники, писал В. Н. Татищев, не считаются с интересами государства и хищнически пользуются природными богатствами. Горное начальство должно следить за разумным использованием естественных ре-

сурсов, прежде всего, не допускать истребления лесов. Надо обследовать все частновладельческие заводы и установить, «в добром ли порядке и по достоинству ли оные размножены», и если необходимо, то даже «принудить» заводчика сократить объем производства, так как «множество молотов и нехранение лесов государству не прибыль приносит, но вред». Исходя из наличия водных ресурсов и лесов, горное начальство должно определять число домен и молотов на вновь строящихся заводах с таким расчетом, чтобы заводы могли стоять на одном месте не 20—30 лет, а несколько столетий [5].

В наказах горному начальству В. Н. Татищевым разработана система мер по охране леса, за выполнением которой должны были следить комиссар и специально назначавшиеся для этого лесные объездчики или надсмотрщики. За нарушение правил пользования лесом устанавливался штраф [5].

Почти все труды В. Н. Татищева, в том числе касающиеся вопросов леса, стали публиковаться только после его смерти. Богатое наследие В. Н. Татищева, хранящееся в виде его деловых бумаг в архивах страны, ждет дальнейшего внимания и со стороны лесоводов-историков.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иофа Л. Е. Современники Ломоносова И. К. Кирилов и В. Н. Татищев.— М.: Географгиз, 1949.— 93 с. [2]. Кузьмин А. Г. Татищев.— М.: Молодая гвардия, 1981.— 351 с. [3]. Мелехов И. С. Очерк развития науки о лесе в России.— М.: АН СССР, 1957.— 208 с. [4]. Татищев В. Н. Избранные труды по географии России.— М.: Географгиз, 1950.— 247 с. [5]. Юхт А. И. Государственная деятельность В. Н. Татищева в 20-х — начале 30-х годов XVIII в.— М.: Наука, 1985.— 368 с.

УДК 631.4(091.5)

## К 140-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В. В. ДОКУЧАЕВА

А. С. КОЗОБРОДОВ, Л. А. ВАРФОЛОМЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Архангельское отделение Всесоюзного общества почвоведов

1 марта 1986 г. исполнилось 140 лет со дня рождения великого русского естествоиспытателя Василия Васильевича Докучаева. Столетие отделяет нас от времени появления в свет его работы «Русский чернозем», труда, по своей значимости для истории естествознания равноценного «Началам» Ньютона, «Происхождению видов» Дарвина или «Периодической системе» Менделеева. Проверенное временем имя В. В. Докучаева прочно заняло место среди других величайших имен революционеров науки.

Заслуга В. В. Докучаева в том, что он нашел естественное связующее звено между живой и неживой природой. Таким звеном явилась почва — естественно-историческое тело, «четвертое царство природы», равноценное горным породам, растительному и животному миру. В «Русском черноземе» он впервые сформулировал классическое понятие о почве: «...почвы следует называть дневные или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых» [2]. В дальнейшем это определение он дополняет, указывая, что «почвы всегда и всюду являются результатом совокупной деятельности и влияния факторов-почвообразователей: материнской горной породы, растительных и животных организмов, климата, возраста страны и рельефа местности». Таким образом, суть открытия геолога В. В. Докучаева заключалась в установлении почвы как функции факторов почвообразования. Тем самым зародившаяся наука о почве не только заявила себя обособившейся от геологии, но и встала на центральное место между геологическими, географическими и биологическими дисциплинами [3], а в дальнейшем послужила основой для разветвленной цепи новых отраслей науки. «Докучаевское почвоведение является первой синтетической отраслью естествознания» [4]. Это не сразу было понято и оценено современниками.

Не менее существенно, что, ввиду сложности предмета изучения (почва), новая научная дисциплина породила метод комплексного исследования природных тел и явлений, принципиально новый метод, ставший основой, плотью современного развития естественных наук.

Лучшим и первым образцом такого комплексного исследования явилась Нижегородская (1882—1886 гг.), а затем Полтавская (1888—1894 гг.) земельно-оценочные экспедиции. Исходя из чисто прикладных задач и действуя по заказу земств этих губерний — «правильно оценить земли», В. В. Докучаев со своими учениками и помощниками развернул небывалое в истории естествознания детальное взаимосочетаемое поездное изучение геологии, климата, растительности, почв. Работ подобного типа до этого не знала ни русская, ни зарубежная наука. На этом «опытном полигоне» отработывались не только методы, но и выкристаллизовывались принципы, формировалась школа докучаевского почвоведения.

Взгляд В. В. Докучаева на почву как на самостоятельное природное тело и установленная им функция почвы от факторов почвообразования, т. е. других элементов природы, логически привели автора к идее зональности почв, установлению закона зональности почв и отсюда — формулировке общего закона зональности природы. Наука о почве окончательно приобрела необходимый ей географизм и, в свою очередь, внесла новое содержание в теорию и методологию физической географии. Логическим развитием исходных представлений о почве как естественно-историческом теле и связи его с факторами почвообразования явились также докучаевские идеи об эволюции почв.

Характерно, что увлеченные идеями учителя соратники и последователи В. В. Докучаева в дальнейшем, оставаясь почвоведом (Н. М. Сибирцев, К. Д. Глинка, Н. А. Димо, Л. И. Просолов и др.), геологами (В. П. Амалицкий, В. И. Вернадский), ботаниками (Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. Н. Краснов, Г. И. Танфильев), гидрологами (Г. Н. Высоккий) и др., но руководствуясь принципом комплексности в исследованиях, стали крупными специалистами этих дисциплин и создателями новых наук и направлений биогеохимии, петрографии, геоботаники, болотоведения, страноведения, агролесомелиорации.

Идеи В. В. Докучаева переросли в учение о биосфере, созданное его непосредственным учеником, основоположником биогеохимии В. И. Вернадским. В наш век обострения ряда глобальных проблем «концепция биосферы оказалась генеральным на-

правлением развития естествознания в целом» [6]. Заслуживает признания тот исторический факт, что созданное В. В. Докучаевым генетическое почвоведение явилось первой наукой биосферного класса.

Докучаевские идеи оказались особенно плодотворными в создании Г. Ф. Морозовым учения о лесе как явлении комплексном и географическом, а впоследствии привели к развитию В. Н. Сукачевым биогеоценологии — нового цельного учения о комплексности живых организмов и косной природы.

Таким образом, теоретические воззрения и методология докучаевской школы находят в плодотворном творческом развитии.

При жизни В. В. Докучаев не только приобрел убежденных сторонников и последователей, но встретил и непонимание и даже сопротивление тогдашних научных авторитетов якобы за отход почвоведения от решения прикладных задач в изучении почвы как среды обитания растений и средства производства. Неизменным оппонентом В. В. Докучаева был выдающийся русский ученый П. А. Костычев, представитель агрономического почвоведения. Однако обширная теоретическая деятельность В. В. Докучаева была неразрывно связана с решением многих насущных задач сельского и лесного хозяйства. Практическое значение генетического почвоведения отчетливо проявилось уже в ходе нижегородских работ, особенно на их втором этапе (1887—1892 гг.), когда к естественно-историческому описанию природных условий присоединились бонитировочные, статистические и агрономические обобщения. Участник работ Н. М. Сибирцев в одной из полемических статей того времени так отстаивал докучаевские принципы исследования: «Прежде всего нужно оценить почву как естественное тело независимо от отношения к ней человека и условий времени, что и придает исследованиям почв особую ценность» [5]. Жизнь показала правомерность такого подхода. Вопросы землепользования, агрономии, лесоводства и мелиорации решаются коренным образом и с наибольшим эффектом, если они основываются на генетическом анализе почвы в связи с другими природными компонентами и явлениями. Большой заслугой Н. М. Сибирцева, сделавшего много для систематизации и оформления докучаевского учения, явилось и то, что он смог обобщить, «примирить» воззрения В. В. Докучаева и П. А. Костычева как не противоречащие, а дополняющие друг друга.

Величие В. В. Докучаева как ученого и гражданина проявилось в том, что он показал пример умелого приложения генетических идей к практике народного хозяйства. После неурожайного 1891 г. и связанного с ним голода — большого народного бедствия — одним из главных стимулов бурной научно-организаторской деятельности ученого явилась разработка мероприятий по борьбе с засухой, поднятию уровня земледелия в степной полосе, обеспечению устойчивости урожаев. Написанная им в эти годы с благотворительной целью в пользу голодающих книга «Наши степи прежде и теперь» явилась манифестом преобразования сельского хозяйства на научных началах. В целях реализации предложенного плана В. В. Докучаев возглавил Особую экспедицию лесного департамента.

В практическом исполнении докучаевский принцип комплексного понимания природы почвы тогда логически трансформировался в комплекс мероприятий по охране и улучшению степных почв посредством направленного регулирования действием факторов-почвообразователей и, прежде всего, посредством изменения водного режима степной зоны. Среди практических мер, как известно, особое внимание В. В. Докучаев отводил правильному соотношению между пашней, лугом и лесом, созданию системы лесных полос на водоразделах и облесению оврагов. Такая лесогидромелиоративная направленность Особой экспедиции проявилась в создании трех опытных участков в степной зоне: в Каменной степи, Старобельске и Великом Анадоле. На каждом из них были заложены лесополосы для защиты полей от суховеев, задержания талых вод, закрепления оврагов, проведены другие мелиоративные работы. Уже вскоре выполненные мероприятия дали поразительный эффект, и теперь эти «докучаевские багнаны» (на базе одного из них в Каменной степи создан Институт земледелия черноземной полосы им. В. В. Докучаева) являются наглядным примером больших возможностей в преобразовании природы и хозяйства в степной зоне.

Известно, что в 50-х годах нашего столетия докучаевские планы преобразования степей начали претворяться в жизнь в государственных масштабах, но по ряду причин не были доведены до конца. Ныне научная общественность вновь обращается к идеям основоположника зональной агрономии как плану, препятствующему снижению плодородия черноземных почв [7]. Полезательные лесонасаждения в степной и лесостепной зонах должны стать существенным звеном единой водохозяйственной схемы страны, одним из доводов экологической целесообразности решения проблемы водообеспечения степных районов за счет переброски стока северных рек.

Одной из причин неудач полезного лесоразведения в прошлом явились недостаточная лесоводственная обоснованность рекомендаций, слабая подготовка кадров лесомелиораторов. Работая над планом преобразования природы степей, В. В. Докучаев убедился в необходимости подготовки квалифицированных кадров, что и послужило одной из причин его деятельности как реформатора высшей школы. Наиболее ярко она выразилась в реорганизации В. В. Докучаевым Ново-Александрийского института сельского хозяйства и лесоводства (Польша, Люблинская губ., Новая Александрия, ныне г. Пулавы), ректором которого он был в 1892—1896 гг.

В. В. Докучаев коренным образом изменил систему подготовки агрономов и лесоводов в этом институте [1]. В основу ее было положено полноценное преподавание естественных дисциплин, создание новых кафедр (в том числе первой в мире кафедры почвоведения, которую возглавил Н. М. Сибирцев), повышенное внимание к содержанию учебного процесса, к методам закрепления знаний и выработке обоснованных практических навыков у студентов, налаживание опытно-исследовательской работы и др. Докучаевский опыт подготовки специалистов в дальнейшем был положен в основу коренных реформ Петровской сельскохозяйственной академии и ряда институтов. По-видимому, лучшее из этого большого и прогрессивного опыта в деле постановки высшего образования по сельскому и лесному хозяйству в нашей стране заслуживает внимания и изучения в наступивший теперь период обсуждения проблемы совершенствования высшей школы.

Труды и идеи великого естествоиспытателя В. В. Докучаева не потеряли своей актуальности в наше время, его научному наследию принадлежит будущее.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Димо Н. А. В. В. Докучаев — организатор высшей школы. — Почвоведение, 1946, № 6, с. 377—378. [2]. Докучаев В. В. Русский чернозем. — Избр. тр. М.: АН СССР, 1949, с. 249—316. [3]. Крупенников И. А. История почвоведения. — М.: Наука, 1981. — 327 с. [4]. Польшов Б. Б. Роль В. В. Докучаева в развитии естествознания. — Почвоведение, 1946, № 6, с. 341—342. [5]. Сибирцев Н. М. Избр. соч. Т. 2. — М.: Сельхозгиз, 1953. — 308 с. [6]. Федоров В. М. Концепция биосферы — ноосферы и почвоведение. — Вестн. с.-х. наук, 1985, № 9, с. 13—23. [7]. Шипунов Ф. Я. Докучаевские бастионы. — Наш современник, 1985, № 2, с. 136—163.

## ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ  
ПРОФЕССОРА БОРИСА ИВАНОВИЧА ПАВЛОВА

13 июля 1986 г. исполнилось 60 лет Павлову Борису Ивановичу — доктору экономических наук, профессору, заведующему кафедрой экономики и организации лесобрабатывающей промышленности, декану инженерно-экономического факультета Ленинградской лесотехнической академии.

Трудовая деятельность Б. И. Павлова началась в 1942 г. В 1943 г. он был призван в ряды Советской Армии. В 1954 г. окончил инженерно-экономический факультет ЛТА. После двух лет работы в лесной промышленности обучался в аспирантуре ЛТА. С 1960 г. работал в Гипролестрансе в качестве руководителя группы и главного специалиста экономического отдела. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук защитил в 1963 г.

С 1965 г. Б. И. Павлов работает доцентом, а с 1981 г. заведующим кафедрой экономики и организации лесобрабатывающей промышленности ЛТА. В 1980 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук. Трижды — в 1967, 1969 и 1982 гг. — избирался деканом инженерно-экономического факультета. За время работы проявил большие организаторские способности. Им выполнен ряд крупных учебно-методических разработок в области экономической эффективности капитальных вложений, создана новая дисциплина «Технико-экономическое проектирование предприятий лесной и лесобрабатывающей промышленности», которая читается на инженерно-экономическом факультете академии с 1970 г., а с 1983 г. включена в учебный план подготовки инженеров-экономистов лесотехнического профиля.

Хорошее знание производства, экономики и проектирования предприятий лесной и лесобрабатывающей промышленности позволяют Б. И. Павлову вести педагогическую и научную работу на высоком качественном уровне. Им опубликовано свыше 60 печатных трудов.

Под руководством проф. Б. И. Павлова выполнен ряд научно-исследовательских работ, имеющих большое значение для проектирования и планирования в лесной и лесобрабатывающей промышленности. При его участии подготовлены тысячи инженеров-экономистов, успешно осуществляется руководство аспирантами.

Научная и педагогическая деятельность Б. И. Павлова сочетается с большой общественной работой. Он является заместителем председателя секции научно-методического совета по инженерно-экономическому образованию Минвуза СССР, председателем экономической секции головного совета по лесотехническому образованию Минвуза РСФСР, научным руководителем межвузовской лаборатории по экономике и организации производства и других общественных организаций.

Б. И. Павлов — участник Великой Отечественной войны, зимой 1941—1942 гг. находился в блокадном Ленинграде, имеет правительственные награды.

Профессорско-преподавательский состав, научные сотрудники, учебно-вспомогательный персонал, студенты инженерно-экономического факультета сердечно поздравляют юбиляра, желают ему хорошего здоровья, новых трудовых успехов, многолетней педагогической и научной деятельности в Ленинградской лесотехнической академии.

А. Г. Митин, Л. Б. Иванов,  
В. И. Мосягин, Е. К. Алтухова,  
С. И. Мугандин

Ленинградская лесотехническая академия

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. С. Романов.</i> Начало перестройки и ускорения . . . . .	3
--	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>А. Р. Родин, А. И. Угаров.</i> Определение оптимальных размеров микроповышений в условиях влажной и сырой сурамени . . . . .	5
<i>В. Ф. Цветков.</i> К характеристике территориального размещения деревьев в сосновых молодняках Кольского полуострова . . . . .	8
<i>В. А. Бугаев, Д. Н. Мамонов.</i> Надземная фитомасса культур сосны обыкновенной в условиях Марийской АССР . . . . .	12
<i>В. Д. Бондаренко, Л. И. Копий.</i> Динамика отпада и пути сохранения самосева дуба в условиях Западной лесостепи . . . . .	15
<i>В. В. Прогунков.</i> Влияние энтомофильных растений на возобновление кедра корейского на Дальнем Востоке . . . . .	18
<i>В. П. Бессчетнов.</i> Динамика запасных сахаров в побегах облепихи крушиновидной различного географического происхождения . . . . .	22
<i>Н. А. Битюков, Л. К. Стасюк.</i> Изучение транспирации травостоем на площадях рубок в буковых лесах . . . . .	25

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>А. В. Жуков, В. В. Янушко.</i> Оценка эффективности применения системы подресоривания прицепа-ропуска при перевозке его на шасси тягача . . . . .	30
<i>Б. А. Ильин, А. Г. Никифоров.</i> Обоснование направления магистрального пути лесовозной дороги . . . . .	34
<i>А. В. Дуров.</i> Топливная экономичность тепловозов при маневровой работе на лесовозных дорогах . . . . .	39
<i>Н. И. Библюк, О. А. Стыранивский, Б. Т. Перетятко, А. А. Бойко.</i> Обобщенные статистические характеристики микропрофилей лесных дорог . . . . .	44
<i>Г. Я. Суров, В. А. Барабанов.</i> Движение сплоченной единицы в сортировочном устройстве . . . . .	48
<i>В. В. Крылов, А. И. Панченко.</i> Динамическая нагруженность ротатора в процессе торможения грейфера с лесоматериалом методом противодействия . . . . .	52

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В. Р. Фергин.</i> Регулирование и контроль процессов продольного пиления древесины . . . . .	55
<i>Т. П. Стукова, И. А. Попова.</i> Влияние двоякого изменения реакции бревна на угловые отклонения торцовой плоскости фрезы . . . . .	59
<i>Р. В. Дерягин, В. Н. Дерягин.</i> Динамика механизма подачи лесопильной рамы с переменной передаточной функцией . . . . .	63
<i>Л. Л. Лурье.</i> Упорядочение потоков оперативной информации на лесопильном предприятии . . . . .	67
<i>Е. Н. Серов, С. Ю. Табунов.</i> Уточнение инженерного расчета на прочность дощатоклееных рам с криволинейными участками . . . . .	72

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Г. А. Захарова, А. И. Киприанов, А. И. Головин, А. М. Қанышева.</i> Технология производства этиленгликолевых эфиров жирных кислот таллового масла . . . . .	78
<i>О. Н. Малышева, В. А. Соловьев.</i> Оценка способности щелы к саморазогреванию . . . . .	82
<i>Е. В. Новожилков, И. Г. Тушина, Б. Д. Богомолов.</i> Изучение состава моносульфитного щелока методами гель-фильтрации и электрофореза . . . . .	85

О. К. Соколова, Т. А. Соколова, И. А. Мартынова, Н. М. Ришес. Жидкофазное каталитическое окисление дипсевдокумилметана . . . . .	88
Э. Н. Сабуров, С. И. Остаев. Об особенностях турбулентного обмена в циклонных кольцевых камерах . . . . .	91

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Н. И. Кожухов, Г. К. Подшивалов. Методика измерения риска при прогнозе хозяйственных ситуаций . . . . .	97
Е. А. Кожевников. Оптимизация рубок ухода — важный резерв повышения их экономической эффективности . . . . .	104
Ю. Д. Кузнецов. Особенности нормативных расчетов в условиях АСУ . . . . .	108
М. Чангхаонг. Организация лесопользования в Лаосской Народно-Демократической Республике . . . . .	112

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Г. М. Давидов. Зависимость среднего диаметра плантационных древостоев от густоты и средней высоты . . . . .	115
А. М. Бойченко. Некоторые аспекты произрастания сосны обыкновенной на тукуланах Якутии . . . . .	116
В. К. Любов, С. М. Шестаков, Л. Т. Дульнева, Ю. К. Опякин. Повышение эффективности энергетического использования древесных отходов . . . . .	117
В. С. Ясинский, В. М. Меркелов. Определение оптимальных толщин досок, выпиленных из сегментов . . . . .	120
Н. Н. Буторин, Ю. Л. Чернцов. Влияние приведенного момента сил инерции лесопильной рамы на закон движения ротора и нагрузку двигателя привода механизма резания . . . . .	122
В. Е. Юринец, С. А. Апостолок. К вопросу определения напряженного состояния базирующих элементов деревообрабатывающих станков . . . . .	125
Н. П. Дивин, Н. В. Некрасова, В. В. Некрасов, Г. Ф. Прокшин. О возможности использования микрокалориметрического измерения теплоемкости для оценки качества целлюлозы . . . . .	129

### ИСТОРИЯ НАУКИ

И. С. Мелехов, М. Д. Мерзленко. Василий Никитич Татищев. К 300-летию со дня рождения . . . . .	131
А. С. Козобродов, Л. А. Варфоломеев. К 140-летию со дня рождения В. В. Докучаева . . . . .	134

### ЮБИЛЕИ

А. Г. Митин, Л. Б. Иванов, В. И. Мосягин, Е. К. Алтухова, С. И. Мугандин. Юбилей профессора Бориса Ивановича Павлова . . . . .	137
--	-----

Рефераты . . . . .	142
--------------------	-----

## CONTENTS

<i>E. S. Romanov.</i> Start of reformation and acceleration . . . . .	3
---	---

### FORESTRY

<i>A. R. Rodin, A. I. Ugarov.</i> Determination of Microincrements' Optimal Dimensions under Conditions of Humid and Dampy Suramen . . . . .	5
<i>V. F. Tsvetkov.</i> On Microdescription of Pinery Saplings' Distribution on the Kola Peninsula . . . . .	8
<i>V. A. Bugaev, D. N. Mamonov.</i> Above-ground Matter Content of <i>Pinus silvestris</i> L. Plantations in the Mari Autonomous SSR . . . . .	12
<i>V. D. Bondarenko, L. I. Kopy.</i> On Dynamics of Fall and Ways of Oak Selfseeding Preservation under Conditions of Western Partially-wodded Steppe . . . . .	15
<i>V. V. Progunkov.</i> Influence of Entomophilous Plants on <i>Pinus Koraiensis</i> Sieb. et Zucc. Regeneration in the Far East . . . . .	18
<i>V. P. Besschyotnov.</i> Dynamics of Accumulated Sugars in Sea-buckthorn Shoots of Different Geographic Origin . . . . .	22
<i>N. A. Bityukov, L. K. Stasyuk.</i> Studying the Transpiration of Herbage on Cutting Areas in Beech Forests . . . . .	25

### FOREST EXPLOITATION

<i>A. V. Zhukov, V. V. Yanushko.</i> Efficiency Estimation of Application of Pole Trailer Spring-mounting System when Transporting it on Tractor Chassis . . . . .	30
<i>B. A. Ilyin.</i> On Location of Main Forest Road . . . . .	34
<i>A. B. Durov.</i> Shunting Fuel Economy of Diesel Locomotives on Wood-transport Roads . . . . .	39
<i>N. I. Bibluk, O. A. Styranivsky, B. T. Peretyatko, A. A. Botko.</i> Generalized Statistic Characteristics of the Forest Roads Microsections . . . . .	44
<i>G. Ya. Surov, V. A. Barabanov.</i> Bundling Unit Movement Sorter . . . . .	48
<i>V. V. Krylov, A. I. Panchenko.</i> Dynamic Rotator Load during Braking Grab with Lumber by Means of Counter-pressure . . . . .	52

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>V. R. Fergin.</i> Regulation and Control of Through-and-through Sawing Processes of Wood . . . . .	55
<i>T. P. Stukova, I. A. Popova.</i> Influence of Log Double Change Reaction on Angular Deviation of Milling Cutter End Plane . . . . .	59
<i>R. V. Deryagin, V. N. Deryagin.</i> Feed Mechanism Dynamics of Saw Frame with Variable Transmission Function . . . . .	63
<i>L. L. Lurie.</i> Operative Information Flow Ordering at Sawmill Enterprise . . . . .	67
<i>E. N. Serov, S. Yu. Tabunov.</i> Closer Definition of Engineering Strength Calculation of Board-glued Frames with Curvilinear Sections . . . . .	72

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>G. A. Zakharova, A. I. Kiprianov, A. I. Golovin, A. M. Kanysheva.</i> Production Technology of Ethylene Glycol Ester of Tall Oil Fatty Acids . . . . .	78
<i>O. N. Malysheva, V. A. Sotoviev.</i> Evaluation of Chips Selfheating Ability . . . . .	82

<i>E. V. Novozhilov, I. G. Tushina, B. D. Bogomolov.</i> Studying the Monosulfite Liquor Composition by means of Eluent Chromatography and Electrophoresis . . . . .	85
<i>O. K. Sokolova, T. A. Sokolova, I. A. Martynova, N. M. Rishes.</i> The Liquid Phase Catalytic Oxidation of Dipseudocumylmethane . . . . .	88
<i>E. N. Saburov, S. I. Ostashev.</i> On Peculiarities of Turbulent Exchange in Cyclone Annular Chambers . . . . .	91

#### ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>N. I. Kozhukhov, G. K. Podshivalov.</i> On Methods of Risk Estimation in Economic Situations Forecast . . . . .	97
<i>E. A. Kozhevnikov.</i> Optimization of Thinning as Important Reserve for its Economic Efficiency Pise . . . . .	104
<i>Yu. D. Kuznetsov.</i> Peculiarities of Normative Calculations in Automated Control Systems Conditions . . . . .	108
<i>M. Chanthavong.</i> On Forest Management in Laos People's Democratic Republic . . . . .	112

#### SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>G. M. Davidov.</i> Dependence of Eorest Stand Average Diameter from Density and Average Tree Height . . . . .	113
<i>A. M. Boichenko.</i> Some Aspects of Common Pine Growing on Yakut Tukulans . . . . .	114
<i>V. K. Lyubov, S. M. Shestakov, L. T. Dulneva, Yu. K. Opyakin.</i> On Rise of Power Wood Waste Utilization Efficiency . . . . .	115
<i>V. S. Yasinsky, V. M. Merkelov.</i> Determination of Optimum Thickness of Boards Sawn from Segments . . . . .	120
<i>N. N. Butorin, Yu. L. Cherntsov.</i> Influence of Given Momentum Forces of Log Frame on Rotor Movement Law and Cutting Mechanism Drive Engine Load . . . . .	122
<i>V. E. Yurinets, S. A. Apostolyuk.</i> Determination of Basic Elements Strain in Woodworking Lathes . . . . .	125
<i>N. P. Divin, N. V. Nekrasova, V. V. Nekrasov, G. F. Prokshin.</i> On the Possibility of Using Microcalorimetric Measurement of Heat Capacity for Estimating cellulose quality . . . . .	129

#### FROM HISTORY OF SCIENCE

<i>I. S. Melekhov, M. D. Merzlenko.</i> Vasily Nickitich Tatishcev. Commemorating the 300 <sup>th</sup> Anniversary of Birthday . . . . .	131
<i>A. S. Kozobrodov, L. A. Varfolomeev.</i> Commemorating the 140 <sup>th</sup> Anniversary of V. V. Dokuchaev's Birthday . . . . .	134

#### JUBILEE

<i>A. G. Mitin, L. B. Ivanov, V. I. Mosyagin, E. K. Altukhova, S. I. Mugandin.</i> On Jubilee of prof. Boris Ivanovich Pavlov . . . . .	137
Precis . . . . .	142

## РЕФЕРАТЫ

**Начало перестройки и ускорения.** РОМАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 3—4.

УДК 630\*232

**Определение оптимальных размеров микроповышений в условиях влажной и сырой сурамени.** РОДИН А. Р., УТАРОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 5—8.

На основе математических методов планирования эксперимента установлены оптимальные размеры микроповышений для условий влажной и сырой сурамени. Получены уравнения регрессии, позволяющие прогнозировать рост и прирост культур ели в зависимости от проектируемых размеров микроповышений. Табл. 4. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*228

**К характеристике территориального размещения деревьев в сосновых молодняках Кольского полуострова.** ЦВЕТКОВ В. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 8—11.

В молодых сосновых древостоях разных типов формирования территориальное размещение деревьев различно. Наиболее регулярной пространственной структурой обладают послепожарные молодняки, сформировавшиеся при дружном лесовозобновлении, наибольшей беспорядочностью — древостой, образовавшиеся из подроста предварительных генераций, а также при растянутом во времени последующем лесовозобновлении. Табл. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*174.754+630\*524

**Надземная фитомасса культур сосны обыкновенной в условиях Марийской АССР.** БУГАЕВ В. А., МАМОНОВ Д. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 12—15.

Приведены методика и результаты определения надземной фитомассы сосновых культур, произрастающих в Марийской АССР в условиях сосняка брусничного. Установлено, что фитомасса различных фракций у деревьев сосны находится в тесной корреляционной зависимости от диаметра на высоте груди. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*231.1

**Динамика отпада и пути сохранения самосева дуба в условиях Западной лесостепи.** БОНДАРЕНКО В. Д., КОПИИ Л. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 15—18.

Дан анализ некоторых факторов, влияющих на гибель самосева дуба черешчатого в условиях влажной грабовой дубравы. Отмечено, что интенсивнее отпад самосева происходит в насаждениях с густым подлеском лещины и с подростом граба. Рекомендуются мероприятия, направленные на сохранение и использование самосева для восстановления дубрав. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 581.9-638.132 (571.61)

**Влияние энтомофильных растений на возобновление кедра корейского на Дальнем Востоке.** ПРОГУНКОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 18—22.

Приведены результаты полевых исследований энтомофильных растений, влияющих на возобновление кедра корейского. Определены наилучшие типы леса для воспроизводства кедрово-широколиственной формации на Дальнем Востоке. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 581.134

**Динамика запасных сахаров в побегах облепихи крупноплодной различного географического происхождения.** БЕССЧЕТНОВ В. П., Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 22—25.

Изучены свойства облепихи различного географического происхождения, дан сравнительный анализ физиологических показателей — динамики запасных сахаров в побегах. Приведены данные, характеризующие различную степень приспособленности интродуцированной и аборигенной облепихи к региональным экологическим условиям юго-востока Казахстана. Сделаны выводы о наследственной обусловленности этих различий. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 581.116:630\*221

**Изучение транспирации травостоем на площадях рубок в букowych лесах.** БИТЮКОВ Н. А., СТАСЮК Л. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 25—29.

Изучена динамика фитомассы травянисто-кустарничкового покрова под пологом букowych древостоев южного макросклона Кавказа в связи с рубками главного пользования. По материалам 9-летних наблюдений сделаны выводы о роли транспирации травостоем на площадях опытных рубок. Табл. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 629.114.3

**Оценка эффективности применения системы подрессоривания прицепа-ропусака при перевозке его на шасси тягача.** ЖУКОВ А. В., ЯНУШКО В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 30—34.

Дано описание устройства для подрессоривания ропусака, перевозимого на шасси тягача. Проведен анализ динамической нагруженности рамы тягача при различных вариантах упругого элемента устройства подрессоривания ропусака при переезде через единичные и чередующиеся неровности на различных скоростях. Ил. 4. Табл. 1.

УДК 630\*383

**Обоснование направления магистрального пути лесовозной дороги.** ИЛЬИН Б. А., НИКИФОРОВ А. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 34—38.

Рассматриваются вопросы обоснования местоположения магистрального пути лесовозной дороги в пределах осваиваемого лесного массива и целесообразность комбинированной схемы размещения путей с проложением диагональных вежек. Ил. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.431.36

**Топливная экономичность тепловозов при маневровой работе на лесовозных дорогах.** ДУРОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 39—43.

Рассматривается применение теории вероятностей для расчета расхода топлива на маневровую работу тепловозов широкой и узкой колеи, используемых в лесной промышленности. Приводятся рекомендации по наиболее эффективному использованию тепловозов различной мощности на маневровой работе. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 629.1-44

**Обобщенные статистические характеристики микропрофилей лесных дорог.** БИБЛЮК Н. И., СТЫРАНИВСКИЙ О. А., ПЕРЕТЯТКО Б. Т., БОЙКО А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 44—48.

Изложены основные положения методики и результаты измерения, обработки и обобщения статистических характеристик воздействий от неровностей наиболее распространенных типов лесных дорог. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 630\*378.5

Движение сплочной единицы в сортировочном устройстве. СУРОВ Г. Я., БАРАБАНОВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 48—52.

Рассмотрено движение пучка в устройстве для сортировки пучков бревен в наклонном рейдовом коридоре и получены уравнения его движения. Решение этих уравнений позволяет определить координаты пучка в коридорах и построить траекторию его движения, а также место установки рычага устройства и момент выключения его потокообразователя. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 621.86.063.2.001.2

Динамическая нагруженность ротатора в процессе торможения грейфера с лесоматериалом методом противодавления. КРЫЛОВ В. В., ПАНЧЕНКО А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 52—54.

Рассматривается вопрос торможения разворачиваемого грейфера с лесоматериалом методом противодавления рабочей жидкостью в неполноповоротном ротаторе. Возможности применения метода доказана экспериментальными исследованиями, проведенными на реальном механизме поворота грейфера. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.023

Регулирование и контроль процессов продольного пиления древесины. ФЕРГИН В. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 55—58.

Изложены методы регулирования процессов продольного пиления древесины, а также вопросы планирования процедур контроля показателей качества обработки при пилении. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.05:534.1

Влияние двойного изменения реакции бревна на угловые отклонения торцовой плоскости фрезы. СТУКОВА Т. П., ПОПОВА И. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 59—62.

Приведена методика исследования малых колебаний фрезы, учитывающая подвижный характер осевой силы, упругость вала, несбалансированность фрезы, частоту вращения и гидроскопический эффект. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 621.933.6

Динамика механизма подачи лесопильной рамы с переменной передаточной функцией. ДЕРЯГИН Р. В., ДЕРЯГИН В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 63—67.

Рассмотрена задача проектирования механизма подачи с переменной функцией по кинематическим и динамическим условиям. Приведены результаты расчетов и экспериментальных исследований. Ил. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.093:658

Упорядочение потоков оперативной информации на лесопильном предприятии. ЛУРЬЕ Л. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 67—72.

Приводится метод формализованного анализа информационных потоков и результаты решения задачи формализованного синтеза оптимальной схемы информационных потоков в системе управления лесопильным предприятием. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 624.011.1:674.028.9:002.273

Уточнение инженерного расчета на прочность дощатоклееных рам с криволинейными участками. СЕРОВ Е. Н., ТАБУНОВ С. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 72—77.

На основании экспериментально-теоретических исследований напряженно-деформированного состояния клееных рам с криволинейными участками разработана и приведена методика расчета с учетом кривизны и влияния анизотропии материала. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 676.164.085.2.06:547.29

Технология производства этиленгликолевых эфиров жирных кислот таллового масла. ЗАХАРОВА Г. А., КИПРИАНОВ А. И., ГОЛОВИН А. И., КАНЫШЕВА А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 78—82.

Описаны результаты кинетических опытов этерификации талловых жирных кислот марки ПЛ этиленгликолем при температуре 150—240 °С в закрытой и открытой системах. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*839:493.004.4

Оценка способности к саморазогреванию. МАЛЫШЕВА О. Н., СОЛОВЬЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 82—85.

Предложена экспресс-методика определения способности щепы к саморазогреванию. Методика проста, легко выполнима в условиях производства. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630\*813.14

Изучение состава моносультитного щелока методами гель-фильтрации и электрофореза. НОВОЖИЛОВ Е. В., ТУШИНА И. Г., БОГОМОЛОВ Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 85—88.

Приведены кривые гель-фильтрации и электрофореза моносультитного щелока и кривые гель-фильтрации образцов гемцеллюлозы, выделенных из моносультитного щелока различными методами. Ил. 3. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630\*813.13

Жидкофазное каталитическое окисление дипсевдокумиметана. СОКОЛОВА О. К., СОКОЛОВА Т. А., МАРТЫНОВА И. А., РИШЕС Н. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 88—91.

Приведены методика и условия получения бензилбензойных кислот жидкофазным окислением дипсевдокумиметана молекулярным кислородом в присутствии катализатора ацетата кобальта и промотора бромид натрия. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 583.6.011-536.244.45

Об особенностях турбулентного обмена в циклонных кольцевых камерах. САБУРОВ Э. Н., ОСТАШЕВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 91—96.

Предложены модель движения потока и метод расчета касательного напряжения трения, учитывающие особенности турбулентного обмена в циклонных кольцевых камерах. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*79

Методика измерения риска при прогнозе хозяйственных ситуаций. КОЖУХОВ Н. И., ПОДШИВАЛОВ Г. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 91—103.

Дан краткий анализ определения хозяйственного риска, его формализаций и методов измерения. Сформулированы принципы, положенные в основу методологии измерения хозяйственного риска при прогнозе. Приведено формализованное описание математической модели программно-целевого прогноза. Опре-

делена последовательность операций в предлагаемой методике измерения риска. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*24.003

Оптимизация рубок ухода — важный резерв повышения их экономической эффективности. КОЖЕВНИКОВ Е. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 104—108. Предложена экономико-математическая модель оптимизации рубок ухода и некоторые результаты ее реализации на ЭВМ для лесхозов зоны интенсивного ведения лесного хозяйства Белоруссии. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 658.012.011.56

Особенности нормативных расчетов в условиях АСУ. КУЗНЕЦОВ Ю. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 108—112.

Проанализированы особенности и основные направления совершенствования нормативного метода текущего планирования, дан практический пример их реализации в условиях АСУ применительно к расчетам расхода горючесмазочных материалов, приведены формулы автоматизированных балансовых расчетов общей потребности в ресурсах и норм их расхода по отдельным уровням управления и в их взаимосвязи. Табл. 2.

УДК 630\*31(598)

Организация лесопользования в Лаосской Народно-Демократической Республике. ЧАНТХА-БОНГ М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 112—114.

Приведено краткое описание организации лесосексплуатации, применяемого на лесозаготовках оборудования, построения лесных такс в Лаосской Народно-Демократической Республике. Табл. 2.

УДК 630\*5:630\*228.7

Зависимость среднего диаметра плантационных древостоев от густоты и средней высоты. ДАВИДОВ Г. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 115—116.

Приводятся уравнения связи среднего диаметра плантационных древостоев с густотой, как общесоюзные нормативы. Показан способ их преобразования в местные нормативы. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*

Некоторые аспекты произрастания сосны обыкновенной на тукуланах Якутии. БОЙЧЕНКО А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 116—117.

Излагаются сравнительные аспекты произрастания сосны на песчаных отложениях (тукуланах) Центральной Якутии — за полярным кругом ив нижнем течении р. Вилюя. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 662.62:662.612.3

Повышение эффективности энергетического использования древесных отходов. ЛЮБОВ В. К., ШЕСТАКОВ С. М., ДУЛЬНЕВА Л. Т., ОПЯКИН Ю. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 117—119.

Исследована возможность совместного сжигания некондиционных древесных отходов с дробленным углем в топке котла Е-220-100, реконструированного по схеме ЛПИ, и обо-

снована целесообразность энергетического использования древесных отходов по данной схеме. Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674-413

Определение оптимальных толщин досок, выпиливаемых из сегментов. ЯСИНСКИЙ В. С., МЕРКЕЛОВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 120—122.

В статье анализируется влияние толщины центральной вырезки на коэффициент использования сырья при развальном-сегментном способе раскроя и приводится методика выбора оптимальных толщин досок при раскрое сегментов с внутренней гнилью. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 621.933.6

Влияние приведенного момента сил инерции лесопильной рамы на закон движения ротора и нагрузку двигателя привода механизма резания. БУТОРИН Н. Н., ЧЕРНЦОВ Ю. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 122—125.

Путем расчета математической модели оценена эффективность предложения И. С. Швальбойма и Д. П. Петелина, направленного на улучшение динамики лесопильной рамы. Расчет показал, что за счет снижения неравномерности угловой скорости вращения колленчатого вала в рассматриваемом случае достигается снижение амплитуды момента электропривода механизма резания в 2,87 раза. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 639.3:674.05

К вопросу определения напряженного состояния базирующих элементов деревообрабатывающих станков. ЮРИНЕЦ В. Е., АПОСТОЛЮК С. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 125—128.

Предложен метод расчета напряженного состояния столов деревообрабатывающих станков. Получены формулы для контактных усилий, возникающих в столе станка. Ил. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 547.458.81

О возможности использования микрокалориметрического измерения теплоемкости для оценки качества целлюлозы. ДИВИН Н. П., НЕКРАСОВА Н. В., НЕКРАСОВ В. В., ПРОКШИИН Г. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 129—130.

Исследованы под вакуумом теплоемкости ( $C_p$ ) древесных опилок ядра ели (ДО) и полученной из них сульфитной небеленой целлюлозы (СЦ) в интервале температур от 220 до 320 К. Зависимость  $C_p$  от температуры для ДО и СЦ линейная. Наблюдается излом для ДО при 270 К, для СЦ — при 260 К. Указанные температуры авторы связывают с процессом расстекловывания. Ил. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 06.091.5

Василий Никитич Татищев (к 300-летию со дня рождения). МЕЛЕХОВ И. С., МЕРЗЛЕНКО М. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, № 4, с. 131—133.

УДК 631.4(091.5)

К 140-летию со дня рождения В. В. Докучаева. КОЗОБРОДОВ А. С., ВАРФОЛОМЕЕВ Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1986, с. 134—136.