МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТНАДЦАТЫЙ

2

1972

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. **И. М. Боховкин** (отв. редактор), доц. **Е. С. Романов** (зам. отв. редактора), доц. **С. И. Морозов** (зам. отв. редактора), проф. **Н. М. Белая**, проф. **Г. А. Вильке**, доц. **П. И. Войчаль**, проф. **И. В. Воронин**, проф. **А. Э. Грубе**, проф. **М. Л. Дворецкий**, доц. **Д. С. Добровольский**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **М. И. Зайчик**, проф. **Ф. И. Коперин**, проф. **С. Я. Коротов**, акад. ВАСХНИЛ, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, доц. **В. О. Самуйлло**, доц. **Г. Я. Трайтельман**, проф. **В. Н. Худоногов**, доц. **В. В. Щелкунов**.

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

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство и 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.

Выходит 6 раз в год.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2

(Год издания пятнадцатый)

Сдан в набор 14/III 1972 г. Подписан к печати 2/VI 1972 г. Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Печ. л. 15,4 + 2 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,187. Тираж 2100. Сл. 00170. Заказ № 1513. Цена 1 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

НАВСТРЕЧУ 50-ЛЕТИЮ СССР

30 декабря 1972 г. рабочий класс, колхозное крестьянство, трудовая интеллигенция, весь советский народ будут отмечать полувековой юбилей Союза Советских Социалистических Республик. Вместе с нашим многонациональным народом эту славную годовщину отмечают все братские страны социализма, трудящиеся всего мира.

«Образование многонационального государства рабочих и крестьян — продолжение дела Великого Октября, революционных преобразований в масштабах всей страны», — говорится в Постановлении ЦК КПСС «О подготовке к 50-летию образования Союза Советских Социалистических Республик». Величайшая заслуга в этом принадлежит вождю Коммунистической партии и народа Владимиру Ильичу Ленину.

В СССР впервые на Земле осуществлена мечта человечества о создании социалистического общества, успешно строится коммунизм. Наша страна стала могучим оплотом мира, демократии и социализма.

Из отсталой аграрной страны Советский Союз вырос в великую индустриальную державу, в которой гармонично развиваются все отрасли материального производства, расцветают наука и многонациональная культура, растет благосостояние народа.

Вместе со всей страной за истекшие полвека громадный скачок в своем развитии совершили лесная промышленность и лесное хозяйство СССР. Из отрасли, которая, по словам В. И. Ленина, означала самое примитивное состояние техники, эксплуатирующей первобытными способами природные богатства, лесная промышленность СССР выросла в высокомеханизированную отрасль социалистической индустрии с многочисленными кадрами квалифицированных рабочих и инженеров.

СССР занимает первое место в мире по объемам лесозаготовок и лесопиления. В этих производствах полностью механизированы почти все основные процессы, активно внедряется автоматизация. В настоящее время на нижних складах леспромхозов работает более 400 полуавтоматических линий по разделке и сортировке древесины. Прилагаются энергичные усилия по механизации последней ручной операции лесозаготовок — обрубки сучьев. Машины, полностью исключающие ручной труд, создаются для наиболее сложной фазы производства — лесосечных работ. В результате, как указано в Директивах XXIV съезда КПСС по Девятому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР, производительность труда в лесной и деревообрабатывающей промышленности увеличится на 30—35%.

Сейчас труженики леса напряженно борются за то, чтобы выполнить важнейшие задачи, поставленные XXIV съездом КПСС, по обеспечению дальнейшего улучшения структуры производства и комплексного использования древесины.

С каждым годом улучшаются условия быта работников лесной промышленности. Недавно принятое постановление ЦК КПСС по этому вопросу предусматривает широкую программу мероприятий по совершенствованию жилищного строительства, торговли и бытового обслуживания в поселках лесозаготовителей.

За годы Советской власти полностью реконструирована и технически перевооружена лесопильно-деревообрабатывающая промышленность. На долю СССР сейчас приходится около 30% мирового производства пиломатериалов.

По существу заново создана целлюлозно-бумажная промышленность, располагающая сейчас такими крупными хорошо оснащенными предприятиями, как Архангельский, Котласский, Камский, Сегежский комбинаты, Братский и Сыктывкарский лесопромышленные комплексы и др.

В становлении и развитии всех отраслей промышленности и лесного хозяйства СССР большую роль сыграло развертывание лесотехнического высшего и среднего образования. Если в дореволюционной России выпуск специалистов с высшим лесным образованием редко превышал 100 человек в год, то сейчас он достигает 7—8 тыс. человек. Всего за годы Советской власти подготовлено около полумиллиона лесоинженеров и техников разного профиля.

Лесотехнические и технологические институты ведут большую работу по совершенствованию подготовки инженеров и их коммунистическому воспитанию, выполняют значительный объем научных исследований.

Сейчас особое внимание следует уделить улучшению в вузах интернационального воспитания как важнейшей стороне формирования коммунистического мировоззрения будущих специалистов. Задача состоит в том, чтобы постоянно вести пропаганду идей советского патриотизма и пролетарского интернационализма, дружбы и братства народов.

Во всех высших учебных заведениях необходимо разработать специальные мероприятия по реализации Постановления ЦК КПСС «О подготовке к 50-летию образования Союза Советских Социалистических Республик», предусмотрев в них подготовку и издание научных трудов, проведение теоретических конференций, научных сессий, активное участие преподавателей и студентов в конкурсах на лучшую научную работу по общественным наукам, организацию выставок, проведение экскурсий, спортивных соревнований и спартакиад. Материалы постановления ЦК КПСС должны органически войти в содержание соответствующих курсов общественных наук, широко использоваться во вводных лекциях по всем предметам.

«ЦК КПСС, — говорится в Постановлении «О подготовке к 50-летию образования Союза Советских Социалистических Республик», — призывает рабочий класс, колхозное крестьянство, народную интеллигенцию ознаменовать славный юбилей Союза Советских Социалистических Республик новыми достижениями в осуществлении решений XXIV съезда партии, укреплении могущества нашего многонационального социалистического Отечества, в развитии экономики, культурном строительстве, повышении благосостояния трудящихся».

Развертывая социалистическое соревнование в честь юбилея, труженики всех отраслей индустрии леса и лесного хозяйства СССР, ученые, преподаватели и студенты лесных вузов и техникумов добьются новых успехов в производстве, учебе, науке.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 631.8

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ РЕАКЦИИ СОСНЫ НА АЗОТНОЕ УДОБРЕНИЕ

А. П. СЛЯДНЕВ

Брянский технологический институт

Изложены результаты двукратного учета влияния разных доз аммиачной селитры на рост сосновых жердняков, сформировавшихся в условиях свежей субори и сухого бора. Выявлена зависимость прироста в разные периоды от дозы удобрения и от структурных особенностей фитоценозов.

Сосна обыкновенная хорошо приспосабливается к различным экологическим условиям, поэтому ареал ее огромен. Произрастает она и на относительно богатых, и на относительно бедных, и крайне бедных различных по влажности почвах, образуя разные по продуктивности древостои. На ее текущий рост большое влияние оказывают метеорологические условия отдельных лет. Все это значительно осложняет анализ результатов мероприятий, проводимых с целью повышения продуктивности насаждений.

В Брянском лесном массиве изучали влияние разных доз аммиачной селитры на рост 29-летних сосняков, формирующихся в условиях свежей субори, и 25-летних широкорядных культур, созданных в сухом бору. В первом случае учет производили дважды по двухлетним периодам (1965—1966 гг. и 1967—1968 гг.), во втором — вначале за три года (1965—1967 гг.) и затем за два года (1968—1969 гг.). Исследования показали, что сосна по-разному отзывается на азотное удобрение в зависимости не только от его дозы, но и погодных условий вегетационных периодов и фитоценотических особенностей участков.

Прирост по сумме площадей сечения в 29-летних сосняках под влиянием азота аммиачной селитры в дозе 44—270 *кг/га* по сравнению с приростом на контроле за 1965—1966 гг. увеличился на 15,8—64,7%, а за 1967—1968 гг. — на 8,1—63,7%. В эти сравниваемые периоды на многих секциях пробной площади наблюдали колебания приростов: там, где в первый период в сопоставляемых парах секций он был выше, во второй оказывался меньше, и наоборот. Например, на секции 12 при дозе азота 59 *кг/га* прирост в первый период был 113,5%, а на секции 7 при дозе 48 *кг/га* — 95,4% от прироста на контроле; во второй период соответственно 101,7 и 112,4%; на секции 11 при дозе азота 264 *кг/га* прирост в первый период составил 145,6% и во второй — 163,7%, а на секции 5 при дозе 270 *кг/га* — 164,2 и 130,3%. Аналогичные изменения наблюдались и в других парах секций.

Эти периоды различались по метеорологическим показателям. По данным метеостанции учебно-опытного лесхоза, наименьшее количество осадков в летние месяцы наблюдалось в 1967 и 1968 гг. (табл. 1), причем в 1967 г. минимум осадков пришелся на август (4,2 *мм*), а в 1968 г. — на июнь (29,5 *мм*).

Максимальным в эти годы был приток тепла. Особенно заметными были различия в комплексном гидротермическом показателе (Σtd),

рассчитанном по методике В. Г. Нестерова [3] и характеризующем условия испарения воды. В 1967 и 1968 гг. этот показатель оказался почти в два раза больше, чем в 1965 и 1969 гг. Следовательно, второй двухлетний период (1967—1968 гг.) по метеорологическим условиям был неблагоприятным для роста сосновых насаждений, занимающих свежие и сухие местообитания.

Таблица 1

Год	Количество осадков, *мм*	Сумма дневных температур Σt_{15}, *град*	Комплексный гидротермический показатель Σtd, *град · мб*
1965	402,8	2281	676
1966	255,3	2694	946
1967	238,1	2649	1216
1968	228,4	2541	1189
1969	344,3	2295	708

Разносторонний анализ связей абсолютной величины приростов с различными показателями фитоценотической структуры и степенью изменения уровня азотного питания в результате применения аммиачной селитры позволил отметить сложное взаимопереплетение всех условий, определяющих жизнь древостоев. Во второй период наблюдалось снижение обратной связи прироста со средней площадью питания крупного дерева (r от —0,42 до —0,32) и увеличение вдвое меры связи со степенью биологического прикрытия ее (r между Z_G и $\frac{P}{S_к}$ изменялся от 0,31 до 0,62). Это свидетельствует об усилении в более засушливый период значения факторов, снижающих расход воды на физическое и транспирационное испарение и, следовательно, обусловливающих относительно лучшую обеспеченность основных продуцентов фитоценозов почвенной водой. С другой стороны, в этот период вдвое возросла положительная связь прироста с уровнем насыщенности азотом площади питания крупного дерева: r между Z_G и показателем $\left(\frac{N_{аа}}{N_r} : S_к\right)$ в первый период равнялся 0,37 и во второй 0,61. Связь же прироста с уровнем биологической насыщенности площади питания крупного дерева и количеством азота, приходящегося на одно крупное дерево $\left(\frac{P}{S_к} \times \frac{N_{аа}}{N_r}\right)$, во второй период хотя и несколько снизилась, но осталась достаточно высокой (0,76 и 0,68).

В 25-летних широкорядных культурах влияние аммиачной селитры в дозе $N_{аа39}$—$N_{аа158}$ с течением времени возрастало. Так, в первый период (1965—1967 гг.) абсолютная величина прироста по сумме площадей сечения по сравнению с контролем увеличилась на 13—16%, а во второй (1968—1969 гг.) на 50—107%.

На более экономный транспирационный расход воды удобренными растениями указывал еще Д. Н. Прянишников [4], а в последнее время, по наблюдениям над лесными деревьями, С. И. Слухай [5]. По данным А. А. Молчанова [1], [2], применение NPK даже в древостоях, не пройденных рубками ухода, снижает расход влаги на суммарное испарение на 15—18%, а внесение PK — на 5—8%. Отсюда ясно, как велика роль даже одного элемента питания, если почвенные условия неблагоприятны и особенно при ухудшении обеспеченности деревьев атмосферной влагой в период вегетации.

Вместе с тем эффективность использования азота сосной находится в сложной взаимообусловленной связи не только с дозой удобрения, но и особенностями строения насаждений. Многочисленные расчеты показателей связи величины абсолютного прироста с количественной выраженностью признаков, характеризующих, с одной стороны, структурное своеобразие фитоценозов, а с другой, степень и особенности изменения уровня азотного питания сосны с внесением удобрения в условиях сухого бора, позволили вскрыть ряд важных, по нашему мнению, закономерностей (табл. 2).

Таблица 2

Период (годы)	Меры связи прироста Z_G с показателями				
	биологической силы фитоценозов				
	N_0	P	G	D	$N_к$
1965—1967	0,57	0,64	0,59	0,24	0,39
1968—1969	—0,23	—0,21	—0,34	—0,12	—0,39
	дифференцированности фитоценозов				
	$\frac{N_к}{N_0}$	σ	C	$P \times \sigma$	$D \times \sigma$	$N_0 \times \sigma$
1965—1967	0,26	—0,82	—0,53	—0,03	—0,58	—0,36
1968—1969	—0,21	—0,85	—0,51	—0,81	—0,90	—0,75
	степени интеграции деревьев					
	$\frac{N_0}{N_к}$	$\frac{P}{\sigma}$	$\frac{D}{\sigma}$	$\frac{N_0}{\sigma}$	$\frac{S_0}{\sigma}$	$\frac{P}{S_к}$
1965—1967	0,00	0,84	0,63	0,85	0,37	0,58
1968—1969	0,23	0,51	0,74	0,56	0,66	—0,48
	степени обеспеченности почвенными ресурсами и изменения азотом уровня корневого питания					
	$S_к$	$N_{аа}$	$\frac{N_{аа}}{N_к} \times S_к$	$\frac{N_{аа}}{N_к}$	$\frac{N_{аа}}{N_0}$	$\frac{N_{аа}}{N_0} \times S_0$
1965—1967	—0,17	0,64	0,55	0,55	0,64	0,66
1968—1969	0,89	0,61	0,76	0,77	0,70	0,70
	структурных особенностей фитоценозов и корневого питания деревьев				
	$\frac{N_0}{N_к} \times \frac{N_{аа}}{N_к}$	$\frac{P}{\sigma} \times \frac{N_{аа}}{N_к}$	$\frac{N_{аа}}{N_к} : S_к$	$\frac{P}{S_к} \times \frac{N_{аа}}{N_к}$	$\frac{S_к}{\sigma} \times \frac{N_{аа}}{N_к}$
1965—1967	0,45	0,67	0,75	0,67	0,28
1968—1969	0,56	0,77	0,70	0,67	0,83

Примечание. N_0 — общее количество деревьев на 1 *га*; $N_к$ — количество крупных деревьев на 1 *га*; P — полнота; G — сумма площадей сечений на 1 *га*, *м*²; D — средний диаметр, *см*; σ — основное отклонение; C — коэффициент вариации; S_0 — площадь питания среднего дерева, *м*²; $S_к$ — площадь питания крупного дерева, *м*²; $N_{аа}$ доза азота аммиачной селитры, *кг/га*.

В первый трехлетний период (благоприятный по метеорологическим условиям) на удобренных участках (N_{39}—N_{114}) между величиной прироста по сумме площадей сечений и общим количеством деревьев была значительная связь ($r = 0,57$), с числом крупных — умеренная ($r = 0,39$), с полнотой — значительная ($r = 0,64$) и со средней площадью питания крупного дерева — обратная слабая ($r = -0,17$); во

второй период (более засушливый) коэффициенты корреляции соответственно составляли —0,23; —0,39; —0,21 и +0,89. В последнем случае связь, характеризующая зависимость прироста от общей «работающей» биомассы, стала обратной, а отображающая зависимость жизнедеятельности крупных деревьев от площади их питания и, следовательно, от обеспеченности их водой (что является решающим в данных условиях), оказалась прямой и тесной.

Для более полного понимания особенностей, возникающих под влиянием изменения метеорологических условий, реакций совокупностей необходимо рассмотреть некоторые дополнительные показатели.

Оказывается, способность фитоценоза увеличивать свою биомассу находится в обратной связи с выраженностью его неоднородности (по величине составляющих особей, полноте и густоте) и в прямой связи со способностью экономного расходования почвенного запаса воды. Столь сложная взаимообусловленность процессов и явлений сопровождается в разные периоды или резким возрастанием отрицательных связей, или ослаблением положительных и даже переходом их в противоположные.

Так, в пределах относительно допустимых в данных условиях доз азота во второй период мера связи между величиной прироста и степенью изменения обеспеченности этим элементом крупных деревьев повысилась до 0,77 (в первый она равнялась 0,55), возросла также связь с показателем, характеризующим уровень обеспеченности не только азотом, но и водой $\left(\frac{N_{аа}}{N_к} \times S_к\right)$, сохранилась значительная связь между величиной прироста и показателем, одновременно учитывающим обеспеченность крупного дерева азотом и биологическую защиту его площади питания пологом крон $\left(\frac{N_{аа}}{N_к} \times \frac{P}{S_к}\right)$.

Значительная роль биологической защиты почвы пологом крон в неблагоприятные годы подтверждается и характером изменения связи процента прироста по сумме площадей сечения с полнотой: в первый период для неудобренных и удобренных участков (N_{39}—N_{114}) частный коэффициент корреляции (за вычетом влияния азота) равнялся —0,83 ($t = 5{,}0$), во второй —0,32; связь с дозами азота в эти же периоды соответственно 0,73 и 0,71 ($t = 3{,}8$).

Это даст основание считать, что в засушливые периоды наиболее производительно используют внесенный минеральный азот полные и хорошо дифференцированные древостои, а величину прироста определяет уровень обеспеченности основных продуцентов древесной массы азотом и почвенной водой.

Следовательно, при оптимизации корневого питания сосны с помощью азотного удобрения необходимо считаться не только со способностью деревьев перестраивать обмен веществ, но и с зависимостью их жизнедеятельности от структурных особенностей фитоценозов и изменяющихся погодных условий.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. А. Молчанов. Лес и климат. Изд. АН СССР, М., 1961. [2]. А. А. Молчанов. Влияние минеральных удобрений на рост дуба. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1964. [3]. В. Г. Нестеров. Общее лесоводство. М.—Л., 1954. [4]. Д. Н. Прянишников. Агрохимия. ОГИЗ, Сельхозгиз, М., 1940. [5]. С. И. Слухай. Питание и удобрение молодых древесных растений. Институт физиологии растений АН УССР, изд-во «Наукова думка», Киев, 1965.

Поступила 7 декабря 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.232.4

ПРИМЕНЕНИЕ КУЛИС ИЗ СИЗОЙ ГОРЧИЦЫ В СОСНОВЫХ КУЛЬТУРАХ

В. А. ЕЛАГИНА, В. Г. ЛУКАНИНА, Д. И. СТЕПАНОВ

Сибирский технологический институт

Исследован вопрос о возможности применения кулис из сизой горчицы с целью снегозадержания в сосновых культурах Кокчетавской области. Рекомендована схема создания культур.

Характерная особенность климата Кокчетавской области — засушливость (360 *мм* осадков, неравномерно выпадающих в течение года).

С открытых участков склонов южных направлений значительная часть снега сносится ветром в пониженные места. На этих участках в молодых культурах сосны часто наблюдаются зимне-весенние ожоги хвои и почек, проявляющиеся в их пожелтении и последующем отмирании [2]. В 1957—1958 гг. на территории Кокчетавской и Целиноградской областей от ожогов сильно пострадали культуры на площади около 800 *га*.

Многолетними исследованиями установлено, что растения гибнут в первые два года после посадки, с возрастом зимостойкость сосны повышается. Наиболее сильно повреждается хвоя в приземном слое. Под покровом снега и в тени хвоя и почки от ожогов не страдают [2].

Зная условия, при которых появляются ожоги, можно наметить профилактические мероприятия по их предотвращению. Предлагаемый способ сводится в основном к снегозадержанию. Директор Орлиногорского лесхоза Кокчетавской области Г. П. Сбитнев при создании культур сосны в качестве снегонакопителя использовал кукурузу. Трехрядные полосы сосны с кукурузой в междурядьях чередовались с такими же по ширине полосами без нее [3].

Однако сухие стебли кукурузы под действием ветра легко ломаются. По ветроустойчивости горчица значительно превосходит кукурузу, поэтому она успешно применяется для снегозадержания на полях Всесоюзного научно-исследовательского зернового института (ст. Шортанды, Целиноградской области).

Мы в своей работе использовали кулисы из сизой горчицы сорта «Неосыпающаяся-2». Она имеет ветвистые, прочные стебли высотой 0,9—1 *м*, хорошо задерживающие снег. Кулисы из горчицы, посеянные рядовым способом, не требуют междурядной обработки. Они очень дешевы: затраты на выращивание не превышают 50 коп./*га*.

Опытный участок расположен на западном склоне, почва — суглинистый чернозем на кварцитах. Культуры сосны заложены посадкой весной 1969 г. Горчица посеяна 1 июля 1970 г. В феврале 1971 г. на опытном участке замерены высоты снежного покрова (табл. 1). Из таблицы видно, что снежный покров по высоте в кулисах значительно больше, чем в контроле.

Инвентаризация культур сосны, выполненная в августе 1971 г., показала, что в кулисах, под защитой снежного покрова, растения пере-

Таблица 1

Вариант	Высота снежного покрова, *см*		
	минимальная	максимальная	средняя
Кулисы	8	38	22
Контроль	0	14	5

зимовали безболезненно, а на контроле, где снега было мало, 90% сосенок пострадало от ожогов хвои и почек.

Эффективным способом снегозадержания для сосны оказались 4-рядные кулисы из горчицы. Предлагаемая методика посева кулис разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом зернового хозяйства и широко используется колхозами и совхозами в Северном Казахстане [1].

Время посева кулис — первая декада июля. Глубина заделки семян 3—4 *см*. Норма высева 600—800 *г* на 1 *га*. Важно, чтобы в рядке было 35—40 растений на 1 *пог. м*.

Кулисы можно высевать с помощью зерновых сеялок СЗП-24, СУ-24 и др. При посеве надо следить, чтобы выдвижение катушки было наименьшим, но при этом не дробились семена. Перед посевом у сеялок лишние сошники должны быть убраны, а их высевающие аппараты — закрыты.

Рекомендуем следующую схему посева: горчицу высевать в междурядьях сосны по 4 рядка, с расстоянием 15 *см* между строчками и 50 *см* от рядов сосны. Как показали исследования, расстояние между кулисами должно быть равно 11,5 *м* (то есть через 8 рядов сосны с междурядьями 1,5 *м*).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. М. Бакаев. Кулисные пары в Северном Казахстане. Журн. «Земледелие» № 10, 1970. [2]. В. А. Елагина. Зимне-весенние ожоги у хвойных. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1968. [3]. А. П. Юновидов. Борьба с усыханием сосны в период покоя. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1963.

Поступила 10 января 1972 г.

УДК 634.0.5

ЕЛЬНИКИ ИСКУССТВЕННОГО И ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА*

А. В. ПОПОВА

Марийский политехнический институт

Составлены эскизы таблиц хода роста высокополнотных ельников искусственного и естественного происхождения на основании подбора древостоев в естественные ряды развития по идентичности типа леса и условий местопроизрастания, без учета класса бонитета. Сопоставление показало преимущества лесных культур.

В лесотаксационной литературе имеются сведения о значительных преимуществах лесных культур перед естественным возобновлением [1], [2], [3], [10], [8] и др.

Нашей задачей было сравнить ход роста высокополнотных древостоев ели искусственного и естественного происхождения, произрастаю-

* Работа выполнена под руководством проф. М. Л. Дворецкого.

щих в разнотравном типе леса, тип условий местопроизрастания — C_2, в Камско-Чусовском лесорастительном районе Пермской области.

В зависимости от происхождения древостоя класс бонитета с возрастом изменяется [12], [7], [4] — [6], поэтому при подборе древостоев в естественные ряды развития (по типу леса и условиям местопроизрастания) не учитывали класс бонитета.

В данных условиях роста высокополнотные естественные ельники оказались смешанными, с участием пихты, доля которой в составе уменьшается с 2,9 единицы в 20 лет до 1,9 в 120 лет. А высокополнотные культуры ели в этих условиях роста создавались чистыми по составу, с первоначальным числом посадочных мест 7500 шт. на 1 *га*.

Заложено 16 пробных площадей, однако из-за ограничения объема статьи нет возможности показать их распределение по происхождению и возрастам. Таксационные показатели древостоев пробных площадей выравнивали графически с последующей проверкой линии выравнивания через коэффициент корреляции, который во всех случаях оказался более 0,97; составлены эскизы таблиц хода роста для существующих высокополнотных культур ели в возрасте от 10 до 70 лет (табл. 1) и высокополнотных естественных ельников в возрасте от 20 до 120 лет (табл. 2).

Сопоставление показывает, что средние высоты культур ели во всех возрастах значительно больше средних высот естественных ельников; с возрастом это различие увеличивается с 0,6 *м* в 20 лет до 2 *м* в 50—60 лет, затем несколько уменьшается и в 70 лет составляет 1,7 *м*.

Средние диаметры культур ели до 59 лет выше средних диаметров естественных ельников, затем их значения выравниваются, а после в культурах становятся меньше, чем в естественных ельниках; в 70 лет различие составляет 1,4 *см*.

Число деревьев в культурах ели во всех возрастах меньше, чем в естественных ельниках (с учетом пихты, средние диаметры которой меньше средних диаметров естественных ельников). При переводе же в естественных ельниках количества деревьев на 10Е оказалось, что в культурах ели до 66 лет оно меньше, чем в естественных ельниках, в 66 лет выравнивается и в 70 лет на 1,4% больше.

Процесс изреживания в культурах ели менее интенсивен, чем в естественных ельниках, в результате более равномерного размещения первых по площади и более рационального ее использования.

Значения видовых чисел у культур ели до 37 лет (то есть до достижения высоты 11,6 *м*) ниже, чем у естественных ельников; затем значения видовых чисел ели в культурах становятся выше, следовательно, полнодревесность стволов в культурах повышается.

Запас еловых культур во всех возрастах выше запаса естественных ельников; в 70 лет это различие составляет 14 $м^3$ (5,3%).

Лучший рост культур ели, особенно молодых, обеспечен применением правильных приемов агротехники, систематическим уходом за лесными культурами (прополки, рыхление почвы в первые годы жизни) [9], [11] и др., равномерным размещением по площади и рациональным ее использованием, лучшим освещением и др.

Все сказанное еще раз подтверждает мнение ряда исследователей о преимуществе лесных культур ели перед естественными ельниками.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. М. Бородин. Значение лесных культур в повышении производительности лесов. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1965. [2]. А. М. Бородин. О роли лесных культур в повышении производительности лесов. Сб. «Вопросы повышения про-

Возраст, лет	Состав	Полнота		Класс бонитета	Средние		Число стволов, шт.	Видовое число
		абсолютная, $м^2$	относительная*		высота, *м*	диаметр, *см*		
10	10Е	—	—	IV	1,1	—	6375	—
20	10Е	17,40	1,12/1,16	III	5,4	7,1	4394	0,573
30	10Е	22,17	1,11/0,98	II	10,4	11,8	2034	0,536
40	10Е	24,33	0,97/0,90	II	14,3	15,1	1359	0,525
50	10Е	25,60	0,89/0,86	II	16,9	17,2	1104	0,521
60	10Е	26,47	0,85/0,84	II	18,6	18,6	973	0,517
70	10Е	27,05	0,84/0,83	II	19,8	19,6	894	0,517

* Относительные полноты определены по таблицам: в числителе — по нашим, со-стандартным таблицам Н. В. Третьякова.

Возраст, лет	Состав по элементам леса	Ярус						Таксационные пока		
		высота, *м*	полнота		класс бонитета	число стволов, шт.	запас на 1 *га*, $м^3$	порода	средние	
			абсолютная, $м^2$	относительная					высота, *м*	диаметр, *см*
20	71Е29П	4,2	14,04	0,90	III	9584	50	Ель Пихта	4,8 4,2	4,6 3,8
30	73Е27П	9,6	16,39	0,91	III	2684	102	Ель Пихта	9,3 8,6	10,0 8,7
40	74Е26П	12,3	22,95	0,92	II	1799	150	Ель Пихта	12,8 11,0	13,6 10,9
50	75Е25П	14,4	25,80	0,95	II	1425	188	Ель Пихта	14,9 13,0	16,2 13,0
60	76Е24П	16,1	28,50	1,00	II—III	1192	227	Ель Пихта	16,6 14,6	18,7 14,9
70	77Е23П	17,6	30,54	1,00	III	997	260	Ель Пихта	18,1 16,0	21,0 16,8
80	78Е22П	19,1	32,01	0,99	III	898	293	Ель Пихта	19,6 17,4	23,3 18,5
90	79Е21П	20,4	33,15	0,99	III	742	321	Ель Пихта	20,9 18,7	25,1 20,4
100	80Е20П	21,7	34,11	0,98	III	670	344	Ель Пихта	22,1 19,9	26,6 22,0
110	80Е20П	22,6	34,91	0,98	III	623	366	Ель Пихта	23,1 20,8	27,8 23,3
120	81Е19П	23,4	35,46	0,98	III	589	380	Ель Пихта	23,8 21,6	28,7 24,3

Таблица 1

Элементарный запас, $м^3$	Запас на 1 *га*, $м^3$	Среднее изменение запаса		Периодический отпад		Общая производительность		
		общее, $м^3$	периодическое, $м^3$	запас, $м^3$	накопление запаса отпада, $м^3$	запас, $м^3$	прирост	
							средний, $м^3$	периодический, $м^3$
—			—	—	—		—	—
3,09	53	2,65		—	—	53	2,65	5,00
5,57	123	4,10	7,00	34	34	157	5,23	10,40
7,50	182	4,55	5,90	43	77	259	6,47	10,20
8,80	225	4,50	4,30	47	124	349	6,86	9,00
9,62	254	4,24	2,90	48	172	426	7,10	7,70
10,24	277	3,96	2,30	39	211	488	6,96	6,20

ставленным для высокополнотных (1,0) естественных ельников; в знаменателе — по

Таблица 2

затели элемента леса

число стволов, шт.	сумма площадей сечений, $м^2$	видовое число	элементарный запас, $м^3$	запас на 1 *га*, $м^3$	среднее изменение запаса		периодический отпад		общая производительность		
					общее, $м^3$	периодическое, $м^3$	запас, $м^3$	накопление запаса отпада, $м^3$	запас, $м^3$	прирост	
										средний, $м^3$	периодический, $м^3$
6000	9,96	0,729	3,50	35	1,75	—	—	—	35	1,75	—
3584	4,07	0,876	3,68	15	0,75	—	-	—	15	0,75	—
1802	14,15	0,561	5,22	74	2,47	3,90	5	5	79	2,63	4,40
882	5,24	0,626	5,38	28	0,93	1,30	4	4	32	1,06	1,70
1171	16,98	0,516	6,60	112	2,80	3,80	13	18	130	3,25	5,10
628	5,97	0,574	6,31	38	0,95	1,00	11	15	53	1,32	2,10
940	19,35	0,493	7,35	142	2,84	3,00	31	49	191	3,82	6,10
485	6,45	0,547	7,15	46	0,92	0,80	13	28	74	1,48	2,10
799	21,66	0,485	8,05	174	2,90	3,20	33	82	266	4,43	6,50
393	6,84	0,528	7,70	53	0,88	0,70	12	40	93	1,55	1,90
680	23,51	0,475	8,60	202	2,89	2,80	31	113	315	4,50	5,90
317	7,03	0,517	8,27	58	0,83	0,50	12	52	110	1,57	1,70
586	24,97	0,471	9,24	231	2,89	2,90	26	139	370	4,91	5,50
262	7,04	0,506	8,80	62	0,78	0,40	11	63	125	1,56	1,50
529	26,19	0,468	9,78	256	2,85	2,50	24	163	419	4,66	4,90
213	6,96	0,498	9,30	65	0,72	0,30	11	74	139	1,54	1,40
491	27,29	0,460	10,16	277	2,77	2,10	24	187	464	4,64	4,50
179	6,82	0,491	9,77	67	0,67	0,20	11	85	152	1,52	1,30
463	28,11	0,457	10,55	297	2,70	2,00	20	207	504	4,58	4,00
160	6,80	0,486	10,11	69	0,63	0,20	10	95	164	1,49	1,20
444	28,72	0,454	10,80	310	2,58	1,30	20	227	537	4,48	3,30
145	6,74	0,483	10,43	70	0,58	0,10	10	105	175	1,46	1,10

дуктивности лесов», вып. 17, изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [3]. Д. Вуевский. Таксационная структура сосняков искусственного происхождения. Сборник трудов Белорусского лесотехнического института, вып. VI, Гомель, 1940. [4]. М. В. Давидов. К вопросу о бонитировании насаждений быстрорастущих пород. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964. [5]. М. В. Давидов. Бонитет как единица таксационной классификации. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1968. [6]. М. В. Давидов. Дифференцированное бонитирование и его роль в проблеме продуктивности лесов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1971. [7]. М. Л. Дворецкий, А. С. Шереметьев. Составление таблиц хода роста дубовых насаждений типа леса дубняк снытьевый. Сборник студенческих работ, вып. 1. Йошкар-Ола, 1951. [8]. А. Д. Дударев, В. В. Успенский. Ход роста и товарная структура культур сосны Тамбовской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970. [9]. В. Т. Макаров, Н. П. Ремезов. Почвоведение с основами земледелия (учебное пособие для университетов). Изд. Московского университета, М., 1966. [10]. В. И. Рубцов. Культуры сосны в лесостепи (их рост и производительность). Изд-во «Лесная промышленность», М.,1969. [11]. В. П. Тимофеев. Закономерности формирования сосновых насаждений естественного и искусственного происхождения. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1965. [12]. Н. В. Третьяков. Методика учета текущего и среднего приростов древостоев. Сборник трудов ЦНИИЛХ «Вопросы лесной таксации», Гослестехиздат, Л. 1937.

Поступила 10 января 1972 г.

УДК 634.0.5

ФОРМУЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВАРИАЦИИ ПЛОЩАДЕЙ СЕЧЕНИЙ

С. Н. СВАЛОВ

Московский лесотехнический институт

Дедуктивно-математическим методом выведена формула зависимости коэффициента вариации площадей сечений c_g от коэффициента вариации диаметров стволов того же древостоя c_d и показателей формы кривой распределения диаметров: асимметрии α_d и эксцесса i_d. Составлена таблица значений коэффициента вариации площадей сечений с точностью 0,1.

При наличии рядов распределения диаметров стволов деревьев обычный способ расчета дисперсии s_g^2 и коэффициента вариации c_g для ряда площадей сечений с теми же значениями диаметров сводится к перегруппировке вариант по классам площадей сечений с дальнейшим вычислением данных статистических показателей. Чтобы избежать этих трудоемких операций, целесообразно выразить s_g^2 и c_g через статистические показатели ряда диаметров.

М. Продан [1] предлагает приближенно оценивать c_g через коэффициент вариации ряда диаметров c_d по формуле

$$c_g \simeq 2c_d \simeq 100\,\frac{2s_d}{\bar{d}}, \qquad (1)$$

где s_d — среднее квадратическое отклонение ряда диаметров;

$\bar{d}$ — средняя ряда диаметров.

Ниже дан дедуктивно-математический вывод точной формулы для расчета s_g^2 и c_g через статистические показатели ряда диаметров.

Пусть имеется ряд значений диаметров $d_1, d_2, \ldots, d_n$, полученных в результате n равноточных измерений, для которых рассчитаны основные статистические показатели: средняя ряда $\bar{d}$, дисперсия s_d^2, коэффициент вариации c_d, показатели асимметрии α_d и эксцесса i_d.

Средняя арифметическая ряда площадей сечений $\bar{g}$ определяется по формуле

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{\pi d_i^2}{4}}{n} = \frac{\frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n}. \qquad (2)$$

Так как средняя из n наблюденных значений величины d_i^2 в равенстве (2) есть средний квадратический или средний диаметр древостоя d_g, то можно записать

$$g = \frac{\pi d_g^2}{4}. \qquad (3)$$

Средний квадратический диаметр d_g можно определить через средний арифметический $\bar{d}$ по известной формуле [1]

$$d_g = \sqrt{\bar{d}^2 + s_d^2}, \qquad (4)$$

где s_d^2 — дисперсия ряда диаметров.

Статистическая дисперсия ряда площадей сечений s_g^2, выраженная через диаметры стволов, имеет вид

$$s_g^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\pi d_i^2}{4} - \frac{\pi d_g^2}{4}\right)^2}{n}. \qquad (5)$$

Приведем выражение (5) к другому виду

$$s_g^2 = \frac{\left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \sum_{i=1}^{n} (d_i^2 - d_g^2)^2}{n} = \frac{\left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \sum_{i=1}^{n} (d_i^4 - 2d_i^2 d_g^2 + d_g^4)}{n} =$$

$$= \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^4}{n} - \frac{2d_g^2 \sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^{n} d_g^4}{n} \right) = \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^4}{n} - d_g^4 \right). \qquad (6)$$

Среднее арифметическое величины d_i^4 в равенстве (6) сходится по вероятности с математическим ожиданием $\mathbf{M}[d^4]$, а величину d_g^4 определяем по формуле (4), откуда

$$s_g^2 = \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 [\mathbf{M}[d^4] - (\bar{d}^2 + s_d^2)^2] = \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 (\mathbf{M}[d^4] - \bar{d}^4 - 2\bar{d}^2 s_d^2 - s_d^4). \qquad (7)$$

Для определения математического ожидания $\mathbf{M}[d^4]$ через статистические показатели ряда диаметров разложим третий μ_{3d} и четвертый μ_{4d} центральные моменты ряда диаметров по биному Ньютона:

$$\mu_{4d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (d_i - \bar{d})^4}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (d_i^4 - 4d_i^3\bar{d} + 6d_i^2\bar{d}^2 - 4d_i\bar{d}^3 + \bar{d}^4)}{n} =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^4}{n} - \frac{4\bar{d} \sum_{i=1}^{n} d_i^3}{n} + \frac{6\bar{d}^2 \sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n} - \frac{4\bar{d}^3 \sum_{i=1}^{n} d_i}{n} + \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{d}^4}{n} =$$

$$= \mathbf{M}[d^4] - 4\bar{d}\,\mathbf{M}[d^3] + 6\bar{d}^2\,\mathbf{M}[d^2] - 4\bar{d}^3\mathbf{M}[d] + \bar{d}^4. \qquad (8)$$

Аналогичным образом разложим третий центральный момент

$$\mu_{3d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (d_i - \bar{d})^3}{n} = \mathbf{M}[d^3] - 3\bar{d}\mathbf{M}[d^2] + 3\bar{d}^2\mathbf{M}[d] - \bar{d}^3. \qquad (9)$$

e_d	Показатель асимметрии ряда								
	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4
20	37,3	37,7	38,1	38,5	38,8	39,2	39,6	40,0	40,3
21	38,9	39,4	39,8	40,2	40,7	41,1	41,5	41,9	42,3
22	40,6	41,1	41,6	42,0	42,5	42,9	43,4	43,8	44,3
23	42,2	42,8	43,3	43,8	44,3	44,8	45,2	45,7	46,2
24	43,8	44,4	44,9	45,5	46,0	46,6	47,0	47,6	48,1
25	45,4	46,0	46,6	47,2	47,8	48,4	48,9	49,5	50,1
26	47,0	47,6	48,3	48,9	49,5	50,1	50,7	51,4	52,0
27	48,5	49,2	49,9	50,6	51,2	51,9	52,6	53,2	53,8
28	50,0	50,8	51,5	52,2	52,9	53,6	54,3	55,0	55,7
29	51,5	52,3	53,1	53,8	54,6	55,4	56,1	56,8	57,6
30	52,9	53,8	54,6	55,5	56,3	57,1	57,9	58,6	59,4
31	54,4	55,3	56,2	57,0	57,9	58,8	59,6	60,4	61,2
32	55,8	56,7	57,7	58,6	59,5	60,4	61,3	62,2	63,0
33	57,2	58,2	59,2	60,2	61,1	62,1	63,0	63,9	64,8
34	58,5	59,6	60,6	61,7	62,7	63,7	64,7	65,6	66,6
35	59,8	61,0	62,1	63,2	64,2	65,3	66,3	67,3	68,3
36	61,6	62,3	65,5	64,6	65,8	66,9	68,0	69,0	70,1
37	62,4	63,7	64,9	66,1	67,3	68,4	69,6	70,7	71,8
38	63,7	65,0	66,3	67,5	68,8	70,0	71,2	72,3	73,5
39	64,9	66,3	67,6	68,9	70,2	71,5	72,7	74,0	75,1
40	66,1	67,6	69,0	70,3	71,7	73,0	74,3	75,5	76,8

Из уравнения (8) находим значение $\mathbf{M}[d^4]$

$$\mathbf{M}[d^4] = \mu_{4d} + 4\bar{d}\mathbf{M}[d^3] - 6\bar{d}^2\mathbf{M}[d^2] + 4\bar{d}^3\mathbf{M}[d] - \bar{d}^4. \qquad (10)$$

Математическое ожидание $\mathbf{M}[d^3]$ определяем через третий центральный момент

$$\mathbf{M}[d^3] = \mu_{3d} + 3\bar{d}\mathbf{M}[d^2] - 3\bar{d}^2\mathbf{M}[d] + \bar{d}^3. \qquad (11)$$

Заменяя математические ожидания $\mathbf{M}[d^2]$ и $\mathbf{M}[d]$ их значениями $(\bar{d}^2 + s_d^2)$ и $\bar{d}$ и подставляя значение $\mathbf{M}[d^3]$ в уравнение (10), получим

$$\mathbf{M}[d^4] = \mu_{4d} + 4\bar{d}\mu_{3d} + 6\bar{d}^2 s_d^2 + \bar{d}^4. \qquad (12)$$

Таким образом, возвращаясь к формуле (7), имеем

$$s_g^2 = \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \left(\mu_{4d} + 4\bar{d}\mu_{3d} + 6\bar{d}^2 s_d^2 + \bar{d}^4 - \bar{d}^4 - 2\bar{d}^2 s_d^2 - s_d^4\right) =$$

$$= \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \left(\mu_{4d} + 4\bar{d}\mu_{3d} + 4\bar{d}^2 s_d^2 - s_d^4\right), \qquad (13)$$

но

$$\mu_{3d} = \alpha_d s_d^3, \qquad (14)$$

$$\mu_{4d} = (i_d + 3) s_d^4, \qquad (15)$$

где α_d — показатель асимметрии ряда диаметров;
i_d — показатель эксцесса ряда диаметров.

Таблица 1

диаметров α_d			Поправка на эксцесс i_d						
0,5	0,6	0,7	−0,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
40,7	41,1	41,4	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	0	0,1	0,1
42,7	43,1	43,5	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	0	0,1	0,1
44,7	45,1	45,6	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	0,1	0,1
46,7	47,1	47,6	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	0,1	0,1
48,6	49,1	49,6	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	0,1	0,1
50,6	51,1	51,7	−0,2	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	0,1	0,1
52,5	53,1	53,7	−0,2	−0,2	−0,1	−0,1	−0,1	0,1	0,1
54,5	55,1	55,7	−0,2	−0,2	−0,1	−0,1	−0,1	0,1	0,1
			−0,3	−0,2	−0,2	−0,1	−0,1	0,1	0,1
56,4	57,1	57,7	−0,2	−0,2	−0,1	−0,1	−0,1	0,1	0,1
58,3	59,0	59,7	−0,3	−0,2	−0,2	−0,1	−0,1	0,1	0,1
60,2	60,9	61,7	−0,3	−0,3	−0,2	−0,1	−0,1	0,1	0,1
			−0,4	−0,3	−0,2	−0,2	−0,1	0,1	0,1
62,0	62,8	63,6	−0,3	−0,3	−0,2	−0,1	−0,1	0,1	0,1
63,9	64,7	65,6	−0,4	−0,3	−0,2	−0,2	−0,1	0,1	0,1
			−0,4	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,1
65,7	66,6	67,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,2	−0,1	0,1	0,1
			−0,4	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
67,5	68,5	69,4	−0,4	−0,3	−0,2	−0,2	−0,1	0,1	0,1
69,3	70,3		−0,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
		71,3	−0,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,1
71,1	72,1	73,1	−0,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
72,9	73,9	75,0	−0,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
			−0,6	−0,5	−0,4	−0,2	−0,1	0,1	0,2
74,6	75,7	76,8	−0,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
			−0,6	−0,5	−0,4	−0,2	−0,1	0,2	0,2
			−0,6	−0,5	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
76,3	77,5	78,6	−0,5	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,1	0,2
			−0,7	−0,5	−0,4	−0,2	−0,1	0,2	0,3
			−0,7	−0,5	−0,4	−0,2	−0,1	0,2	0,2
78,0			−0,6	−0,5	−0,4	−0,2	−0,1	0,2	0,2
	79,2	80,4	−0,6	−0,4	−0,3	−0,2	−0,1	0,2	0,2

Следовательно, дисперсия ряда площадей сечений

$$s_g^2 = \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 (i_d s_d^4 + 4\bar{d}\alpha_d s_d^3 + 4\bar{d}^2 s_d^2 + 2s_d^4). \qquad (16)$$

Имея дисперсию s_g^2 и среднюю арифметическую площадь сечения g, определим коэффициент вариации площадей сечений c_g по формуле

$$c_g = \frac{\sqrt{s_g^2}}{g} \cdot 100 = \frac{100\,\frac{\pi}{4}\sqrt{i_d s_d^4 + 4\bar{d}\alpha_d s_d^3 + 4\bar{d}^2 s_d^2 + 2s_d^4}}{\frac{\pi}{4}\left(\bar{d}^2 + s_d^2\right)} =$$

$$= \frac{100 s_d^2 \sqrt{i_d + \frac{4\bar{d}\alpha_d}{s_d} + \frac{4\bar{d}^2}{s_d^2} + 2}}{\bar{d}^2\left(1 + \frac{s_d^2}{\bar{d}^2}\right)} =$$

$$= \frac{100\left(\frac{c_d}{100}\right)^2}{1 + \left(\frac{c_d}{100}\right)^2} \sqrt{i_d + \frac{4\alpha_d 100}{c_d} + \frac{4 \cdot 100^2}{c_d^2} + 2}\,. \qquad (17)$$

Обозначая величину $\frac{100}{c_d}$ через τ (c_d — коэффициент вариации ряда диаметров), получим

$$c_g = \frac{100}{1+\tau^2}\sqrt{i_d + 2 + 4\tau(\alpha_d + \tau)}. \qquad (18)$$

Таким образом, зная три статистических показателя ряда диаметров, по формуле (18) можно рассчитать коэффициент вариации ряда площадей сечений. Для нормального распределения ряда диаметров, то есть при $\alpha_d = i_d = 0$, формула (18) примет вид

$$c_g = \frac{100}{1+\tau^2}\sqrt{4\tau^2 + 2}, \quad \tau = \frac{100}{c_d}. \qquad (19)$$

Следовательно, для нормальных рядов распределения диаметров для определения c_g достаточно знать только c_d.

Анализируя формулу (18), можно заметить, что показатель эксцесса i_d ввиду незначительности (обычно $|i_d| < 1$) почти не влияет на c_g. Показатель асимметрии α_d имеет больший вес, так как умножается на величину 4τ. С учетом данных положений составлена таблица коэффициентов вариации площадей сечений c_g для рядов распределений диаметров, не имеющих значительных аномалий (табл. 1). Входами в таблицу являются коэффициент вариации c_d и показатель асимметрии α_d ряда диаметров, дана также поправка на показатель эксцесса ряда диаметров i_d. В случае, если ряды распределений диаметров значительно отличаются от нормального, или при повышенной точности исследований рекомендуется пользоваться формулой (18).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Von Dr. M. Prodan. Holzmesslehre. Sauerlander, Frankfurt am Main, 1965.

Поступила 6 декабря 1971 г.

УДК 634.0.5

К ВОПРОСУ О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ СТВОЛА ДУБА В ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

З. И. АКАЕМОВА, Д. К. ИОАННО, А. Д. ИОАННО

Саратовский сельскохозяйственный институт

Предлагается математическая модель для вычисления площади поперечного сечения стволов дуба и приводится сравнение с фактическими значениями.

Как известно, поперечные сечения стволов деревьев не представляют собой простейших геометрических фигур. Большинство авторов [1], [2], [4] отмечают, что близки к истинным площади сечения, вычисленные по формулам круга, а более точно — эллипса. Поскольку в основные таксационные формулы входит величина площади поперечного сечения ствола, например $g_{1.3}$, то задача более точного определения формы, в первую очередь, именно этого сечения остается актуальной. В последние годы ряд авторов [3], [5], [6], [7] отмечают существенное влияние районов расположения лесов на таксационные показатели, поэтому представляет интерес уточнение формул площадей поперечных сечений стволов, в частности, дуба в Саратовской области.

Еще в 1877 г. О. Симони [9] показал, что древесный ствол не может быть телом вращения, поскольку образующая горизонтальных поперечных сечений стволов деревьев должна описываться уравнением

$$\left(\frac{x}{a_0}\right)^m + \left(\frac{y}{b_0}\right)^n = 1, \qquad (1)$$

где x и y — текущие координаты точки образующей кривой;

$2a_0 = a$; $2b_0 = b$; a и b — большая и малая оси (наибольший и перпендикулярный ему диаметр) фигуры;

m и n — положительные дроби с четным числителем и нечетным знаменателем (параметры кривой).

Естественно, что такая форма площади сечения ствола не будет точна для каждой особи, но для деревьев одной породы можно указать значения параметров m и n, определяющие некоторую осредненную форму поперечного сечения ствола, характерную для данной породы и места лесонасаждений. Поэтому мы поставили задачу определить параметры m и n, а тем самым и математическую модель поперечных сечений для стволов дуба.

Мы использовали метод сравнения фактической (планиметрированной) площади сечения экспериментальных срезов стволов с расчетной площадью фигуры (1) при тех же размерах осей a и b. Для вычисления площади фигуры (1) введем параметр t

$$x = \frac{a}{2}\cos^{\frac{2}{m}} t; \quad y = \frac{b}{2}\sin^{\frac{2}{n}} t.$$

Тогда, в силу симметричности, площадь квадранта ($^1/_4\, g$) фигуры, ограниченной кривой (1), найдем из соотношения

$$\frac{1}{4} g = \frac{ab}{2m}\int_0^{\pi/2} \sin^{\frac{2}{n}-1} t \cdot \cos^{\frac{2}{m}-1} t \cdot dt.$$

Этот интеграл приводится к интегралу Эйлера первого рода, который вычисляется через В-функцию в виде

$$g = \frac{ab}{m} \cdot \mathrm{B}\left(\frac{1}{n}+1; \quad \frac{1}{m}\right).$$

Выражая В-функцию через Г-функцию, окончательно получим формулу для определения площади поперечного сечения ствола.

$$g = ab\,\frac{\Gamma\left(\frac{1}{m}+1\right)\cdot\Gamma\left(\frac{1}{n}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{m}+\frac{1}{n}+1\right)} \qquad (2)$$

или

$$g = ab \cdot \Phi(\Gamma).$$

Из формулы (2) можно найти выражение Г-функций от искомых параметров m и n через геометрические размеры сечения в виде

$$\Phi(\Gamma) = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{m}+1\right)\cdot\Gamma\left(\frac{1}{n}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{m}+\frac{1}{n}+1\right)} = \frac{g}{ab}. \qquad (3)$$

Таким образом, имея ряд экспериментальных значений величин a, b и соответствующей им площади сечения g данного среза ствола, полу-

чаем уравнения значений Г-функций в зависимости от обратных величин параметров m и n. Из этих уравнений могут быть найдены значения искомых параметров и уравнение поперечного сечения ствола.

В качестве экспериментального материала мы использовали замеры по 27 срезам на высоте 1,3 *м* (без коры) модельных стволов дубовых низкоствольных лесонасаждений Вязовского учебно-опытного лесхоза Саратовской области, средний диаметр которых находился в пределах от 7,5 до 16,5 *см*.

Величины осей a и b определяли как значения максимального и перпендикулярного ему диаметров среза, которые замеряли штангенциркулем с точностью до 0,01 *см*. Площадь среза без коры измеряли с помощью планиметра фирмы «Швабе» и комбинированного интегратора ХЗМИ типа «КИ-3» с точностью до 0,1 *см*^{2}.

Планиметрировали непосредственно срез дерева без выкопировки на кальку. Для этого планиметр устанавливали на тонком листе стекла, под которым помещали измеряемый образец. Для устранения возможного проскальзывания ролика планиметра стекло покрывали прозрачной пленкой канифоли. Показания планиметра тарировали по мерному квадрату. Такой метод дает значительно меньшую широту варьирования результатов замера одного и того же образца.

Данные обрабатывали общепринятыми методами математической статистики и считали репрезентативными, если достоверность доверительного интервала превышала 95% ($P < 0{,}05$).

Подставляя данные замеров и результаты их обработки в формулу (3), получаем

$$\Phi(\Gamma) = 0{,}818 \pm 0{,}004.$$

Решение этого уравнения дает четыре пары возможных значений параметров m и n: $\left(\frac{390}{155} \text{ и } 2\right)$; $\left(\frac{26}{11} \text{ и } \frac{24}{11}\right)$; $\left(\frac{184}{81} \text{ и } \frac{20}{9}\right)$; $\left(\frac{22}{9} \text{ и } \frac{22}{9}\right)$, которые определяют четыре равновеликие по площади фигуры (1).

Координатное построение фактической огибающей и кривых, рассчитанных по формуле

$$y = \frac{b_0}{a_0^{m/n}} \sqrt[n]{a_0^m - x^m},$$

показало, что наименьшую сумму квадратов отклонений от фактической имеет кривая со значениями $m = \frac{390}{155} \approx 2{,}516$ и $n = 2$, то есть

$$\left(\frac{x}{a_0}\right)^{2.516} + \left(\frac{y}{b_0}\right)^2 = 1. \qquad (4)$$

Таким образом, фигуру, ограниченную кривой (4), можно считать математической моделью поперечного сечения ствола дуба (на высоте 1,3 *м*) для данного района лесонасаждений.

Точность формулы (4) оценивали по величине относительной разности в площади сечения фактической и расчетной

$$\pm \Delta\% = \frac{g_р - g_ф}{g_ф} \cdot 100\%,$$

где $g_р$ — значение площади, рассчитанное по формуле (2) в соответствии с (4);

$g_ф$ — фактический замер площади данного среза.

Одновременно сравнивали с фактическими замерами и результаты вычисления площади сечений как круга (по среднему диаметру), а также и по формуле эллиптического сечения.

Результаты статистической обработки полученных вариационных рядов относительных отклонений расчетных значений от фактических приведены в табл. 1.

Таблица 1

Статистический показатель	Фактическое значение	Расчетные значения для различных форм сечения		
		по формуле (4)	круг	эллипс
Среднее значение площади сечения M, $см^2$	95,7	95,7	91,8	91,8
Ошибка среднего m_x, $см^2$	0,1	2,8	6,5	4,7
Точность средней $P_{\bar{x}}$	0,01	0,03	0,07	0,05
Среднее относительное отклонение от фактического, %	—	—0,062	—4,10	—3,82
Максимальное отклонение, %				
положительное	—	+3,89	—	—
отрицательное	—	—4,46	—8,23	—8,36

Следует отметить, что средние отклонения расчетных значений площади поперечного сечения ствола — по формуле (2) — изменялись в зависимости от величины среднего диаметра (табл. 2).

Таблица 2

Статистический показатель	Средний диаметр ствола на 1,3 *м*, *см*		
	до 8	8—12	12—16
Среднее значение площади сечения M, $см^2$	49,0	78,9	143,1
Ошибка среднего m_x, $см^2$	0,4	1,62	2,38
Среднее отклонение от фактического, %	—1,59	—0,45	+0,46

По полученным данным можно сделать следующие выводы.

Существующие методы вычисления площади поперечного сечения ствола как площади круга или эллипса для дубовых низкоствольных насаждений Вязовского района Саратовской области дают значительно заниженные результаты, что подтверждает существование иной формы поперечного сечения стволов *.

Форма поперечного сечения окоренного ствола дуба на высоте 1,3 *м* более точно описывается уравнениями (2) и (4), которые в первом приближении можно считать и соответствующей математической моделью этого сечения.

Форма поперечного сечения ствола дуба — параметры m и n в уравнении (4) — находится в определенной зависимости от величины сечения. Можно ожидать, что она изменяется по высоте ствола и зависит также от условий местопроизрастания. Однако этот вывод требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. П. Анучин. Лесная таксация. Гослесбумиздат, М., 1966. [2]. В. Я. Добровлянский. К вопросу об определении объема срубленных деревьев. Известия Лесного института, вып. 13, 1915. [3]. Д. И. Менделеев. Работы по сельскому хозяйству и лесоводству. Изд. АН СССР, М., 1954. [4]. Е. С. Осетров. К вопросу о способах определения площади сечения. Известия Лесного института, вып. 13, 1915.

* И. В. Юров [8] для дубовых насаждений Приморского края отмечал завышение расчетных значений.

[5]. В. Г. Рубцов, Л. Н. Крестьяшин. О таксационном районировании лесов. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1970. [6]. Н. Т. Смирнов. О методе В. К. Захарова по составлению таблиц объемов и сбега. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [7]. А. С. Царьков. Изменение таксационных показателей сосновых культур при равной высоте. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970. [8]. И. В. Юров. Определение площадей поперечных сечений и объемов стволов пихты и дуба. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1965. [9]. O. Simony. Gestalte den Querschnitt des Baumstammes. Z. blatt f. ges. Forstwesen, H. 6, 1877.

Поступила 16 декабря 1971 г.

УДК 631.547.1 : 632.935.41

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА СКОРОСТЬ ПРОРАСТАНИЯ И ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ХВОЙНЫХ ПОРОД

А. И. ГОЛЯДКИН

Казахский сельскохозяйственный институт

Изложены результаты опыта по озвучиванию импульсным ультразвуком семян сосны обыкновенной, лиственницы сибирской и ели Шренка. Отмечено увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян, интенсивности дыхания и длины корешков. Достоверность выводов подтверждается дисперсионным анализом.

Вопрос о влиянии ультразвуковых колебаний на различные биологические объекты сравнительно давно изучают биофизики. Установлено стимулирующее действие ультразвука на всхожесть семян сельскохозяйственных культур. В меньшей степени изучено действие этого фактора на семена древесных пород. Между тем, повышение посевных качеств семян древесных пород — проблема актуальная, поскольку всхожесть их ниже, чем семян могих сельскохозяйственных растений, а стоимость и трудоемкость сбора выше.

В настоящей статье излагаются результаты проведенных в 1970 г. на лесохозяйственном факультете КазСХИ опытов по озвучиванию импульсным ультразвуком слабой интенсивности семян сосны обыкновенной, ели Шренка и лиственницы сибирской. В работе использован ультразвуковой генератор УТС-1, развивающий интенсивность ультразвука 1,4 *вт/см*^{2} в импульсном режиме с частотой следования импульсов — 50 *гц*. Рабочая частота — 880 *кгц*. Активная площадь излучателя ультразвука — 10 *см*^{2}. Образцы отбирали по стандартной методике (ГОСТ 13056.1—67).

Семена сосны обыкновенной были собраны в Семипалатинском лесхозе, ели Шренка — в Алма-Атинском, лиственницы сибирской — в Больше-Нарымском лесхозе Восточно-Казахстанской области. Отобранные сухие семена помещали в стеклянный сосуд, наполненный водопроводной водой (которую предварительно выдерживали в течение 20 *мин* до исчезновения видимых пузырьков воздуха, специальной дегазации не производили).

В верхней части сосуд имел сужение, диаметр которого обеспечивал беспрепятственное прохождение ультразвукового излучателя, но препятствовал всплытию семян выше его активной зоны, после погружения излучателя в воду. Озвучивание семян производили с экспозициями 5; 10; 15; 20 *мин*. После этого семена выдерживали в водопроводной воде с температурой +18° в течение 24 *час*, а затем проращивали в аппарате по 100 шт. в двух повторностях для каждой породы и экспозиции озвучивания. Контролем служили семена, выбранные из этой же партии, не подвергавшиеся озвучиванию.

Рендомизация опыта достигалась размещением лож с семенами в аппарате для проращивания по схеме «латинский квадрат», контролем за постоянством температуры (+25°) и освещенности (70 *лк*). Проросшие семена учитывали на 3-й, 5-й, 7-й, 10-й, 15-й и 20-й день с начала проращивания.

Таблица 1

Древесная порода	Экспозиция, *мин*	Процент проросших семян в дни учета (среднее из 200)					
		3-й	5-й	7-й	10-й	15-й	20-й
Сосна	5	81	88	91	92	92	—
	10	73	89	89	91	91	—
	15	86	90	92	92	92	—
	20	82	88	91	92	92	—
Контроль		71	78	82	87	87	—
Лиственница	5	15	26	38	49	50	—
	10	9	19	31	43	47	—
	15	6	20	31	43	50	—
	20	4	19	37	51	55	—
Контроль		7	22	33	40	44	—
Ель	5	—	32	51	64	65	71
	10	—	30	63	74	77	81
	15	—	47	68	77	81	84
	20	—	46	66	77	80	82
Контроль		—	32	54	67	68	70

Динамику прорастания семян иллюстрируют данные табл. 1, из которой видно, что ответной реакцией семян рассматриваемых древесных пород на воздействие ультразвука явилось увеличение энергии прорастания семян (процент проросших семян на 7-й день) и лабораторной всхожести (процент проросших семян на 15—20-й день в целом).

В некоторых вариантах опыта энергия прорастания семян сосны увеличилась по сравнению с контролем на 12%, лиственницы — на 15%, ели — на 26%, лабораторная всхожесть соответственно на 6, 25 и 20%.

Однако достаточно четкой связи между динамикой прорастания семян и экспозицией озвучивания установить не удалось, следовательно, говорить об «оптимальной» экспозиции озвучивания семян не представляется возможным. Так, у семян сосны все используемые в опыте экспозиции озвучивания обусловили увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести. У семян лиственницы стимулирующий эффект воздействия ультразвуком проявился с первых дней проращивания при минимальной экспозиции озвучивания (5 *мин*), понижение энергии прорастания относительно контроля наблюдалось при средних экспозициях (10 и 15 *мин*), а наибольшее увеличение лабораторной всхожести обнаружено при максимальной (20 *мин*) экспозиции. У семян ели стимулирующий эффект вырисовывается достаточно четко при экспозиции 15 *мин*, озвучивание же в течение 5 *мин* оказало скорее угнетающее действие.

Анализ табл. 1 показывает, что во всех случаях к концу периода проращивания стимулирующий эффект озвучивания весьма ощутим, но в зависимости от экспозиции проявляется в различное время. Причина этого явления еще не ясна, по-видимому, оно связано с толщиной семенных покровов, а также с энергетическим уровнем физического фактора воздействия и качественным уровнем метаболических процессов семени.

В табл. 2 приведены некоторые итоговые данные дисперсионного анализа (двухфакторный комплекс), выполненного по результатам проращивания семян на 7-й, 10-й и 20-й день. Эти материалы позволяют считать бесспорным стимулирующее воздействие пульсирующего ультразвука малой интенсивности на энергию прорастания семян (вероят-

ность более 99%), а также тот факт, что рассматриваемые в опыте породы обладают все же специфической реакцией на продолжительность озвучивания (сила влияния фактора взаимодействия между породой и экспозицией озвучивания — 67,5%).

Таблица 2

Факторы	Отношение дисперсий	Табличные значения критерия Фишера при значимости, %		Сила влияния фактора, %
		5	1	
Порода	43,9	3,40	5,61	9,3
Экспозиция	65,3	3,01	4,72	20,7
Их взаимодействие	106,4	2,51	3,67	67,5
Случайные	—	—	—	2,5

Механизм биологического действия ультразвука еще не раскрыт. По мнению ряда исследователей [1], [2], [3], ультразвук вызывает нарушение целостности семенных покровов, увеличивает проницаемость клеточных оболочек и «расшатывает» субмикроскопические структуры оболочек зародыша, что приводит к ускорению процесса набухания семян и общей активности метаболических процессов в семени. Стремясь усилить действие ультразвука на семена наших древесных пород, имеющих относительно плотные семенные покровы, дегазацию контактирующей воды намеренно не проводили. Это давало дополнительную возможность использовать энергию, выделяющуюся при разрыве кавитационных пузырьков, для местных повреждений семенных покровов. Такой процесс, описанный отмеченными авторами, можно, применительно к семенным покровам, назвать «кавитационной скарификацией» по аналогии с термином, уже широко известным в лесосеменном деле.

Помимо увеличения энергии прорастания и лабораторной всхожести, возрастала интенсивность дыхания проросших семян, предварительно подвергшихся озвучиванию. Так, при озвучивании в течение 15 *мин* интенсивность дыхания проросших семян сосны увеличилась на 33,3%, лиственницы — на 60,0%, ели — на 33%. Обмер 100 корешков, развившихся из семян этих пород после проращивания их в течение 7 дней, позволил отметить увеличение длины корешка по сравнению с контролем (достоверность различий по критерию Стьюдента на 10%-ном уровне значимости).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. И. Жатов. Влияние ультразвуковых колебаний на изменение посевных качеств семян, роста и развития растений. Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. Изд-во «Наука», М., 1964. [2]. К. Е. Овчаров. Физиологические основы всхожести семян. Изд-во «Наука», М., 1969. [3]. И. Е. Эльпинер. О действии ультразвуковых волн на растительные клетки. Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. Изд-во «Наука», М., 1964.

Поступила 1 декабря 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.232(252.63)

ВЫРАЩИВАНИЕ КУЛЬТУР СОСНЫ НА НИЗИННОМ БОЛОТЕ

В. К. ПОДЖАРОВ, А. А. ЩУРЕВИЧ
БелНИИЛХ

Рассмотрены приживаемость, сохранность и рост культур сосны на плохо осушенных низинных болотах в Белоруссии для трех способов подготовки почвы на закустаренных и раскорчеванных участках и при разной обработке рядов.

Увеличение объемов мелиоративных работ в Полесской низменности ведет к накоплению в гослесфонде Белоруссии осушенных площадей. Среди них значительное место занимают осушенные безлесные низинные болота, качество осушки которых зависит от выраженности рельефа, характера подстилающих пород и местоположения. Обычно низинные болота распространены на плоских водоразделах в верховьях малых рек с тяжелыми почвообразующими породами, где самотечный сброс избыточных вод весьма затруднен.

Изложенное побудило нас разработать агротехнику создания и выращивания культур сосны на таких площадях. Объектом работ, проведенных в 1967—1970 гг., служило безлесное низинное болото в Василевичском лесхозе, осушенное в 1962 г. Оно представляло собой сильно закустаренный сенокос с незначительным количеством кочек и единично растущими березами. В составе кустарников преобладает ива ушастая, занимающая около 60% площади, в травяном покрове — осоки, вейник болотный, сабельник, изредка пушица. Степень покрытия 100%, средняя высота 50—60 *см*. Естественное возобновление древесных пород идет очень плохо и, как правило, только березой пушистой, в результате чего формируется березовое редколесье.

Почва торфяно-болотная, развивающаяся на осоковом торфе глубиной 100—120 *см*, степень разложения в корнеобитаемой толще около 40%, подостлана оглеенным песком и ниже суглинком. Уровни грунтовых вод колеблются от +40 (апрель) до —125 *см* (сентябрь).

Культуры создавали на закустаренной и расчищенной от кустарников площадях. Способы подготовки почвы — создание валов, сплошная вспашка и нарезка пластов. Испытывали посев и посадку одно- и двухлетним материалом, с применением различных способов ухода.

Почву готовили в сентябре 1967 г. На раскорчеванном участке производили сплошную вспашку плугом ПБН-75 на глубину 40—50 *см* и формировали валы двухотвальным плугом ПКЛ-70. Первый способ обработки существенно улучшает воздушно-физические свойства почвы, но не обеспечивает сброса поверхностных вод. В результате культуры сильно вымокают. Формирование валов возможно за 1 и 2 прохода плуга. Высота их от исходной поверхности болота в первом случае 25 *см*, во втором 40 *см*. Расстояние между ними от 1,6 до 2,0 *м*. Посадка сеянцев в гребень высоких валов полностью защищает их от вымокания и выжимания. В последующие годы валы под воздействием грунтовых и поверхностных вод деформируются и к осени третьего года в среднем уменьшаются на 5 *см*.

При наличии кустарников формировали валы и нарезали пласты теми же плугами. Здесь вал образуется уже за 3 прохода. В первый

Способ подготовки почвы	Возраст посадочного материала, лет	Срок посадки	Приживаемость и сохранность, % (числите			
			обработка симазином			ок
			1	2	3	1
						С расчистки
Создание валов	1	Весна	97/12	90/29	88/55	87/12
	1	Осень	64/13	43/22	—	51/12
	2	Весна	71/18	70/27	70/45	35/18
Вспашка	1	Весна	95/11	90/25	70/39	89/10
	1	Осень	46/13	23/22	—	43/12
	2	Весна	44/18	37/27	34/41	50/17
Целина	1	Весна	94/11	42/22	18/23	90/13
	1	Осень	16/12	—	—	34/13
	2	Весна	51/17	25/26	15/37	63/19
						Без расчис
Создание валов	1	Весна	97/10	91/27	49/45	81/11
	1	Осень	31/12	25/18	—	26/10
	2	Весна	75/20	70/32	49/52	44/18
Нарезка пластов	1	Весна	85/11	72/24	44/38	69/11
	1	Осень	25/11	21/17	—	19/10
	2	Весна	44/20	44/30	34/45	30/18
Целина	1	Весна	83/10	36/22	31/30	66/10
	1	Осень	10/12	—	—	8/10
	2	Весна	36/18	25/30	14/37	25/19

проход только сдираются кустарники на линии прохода плуга, во второ формируется пласт с многочисленными отвалами в борозду и за тре тий — более или менее приемлемый вал высотой около 30 *см*. Тем н менее, пробки, отвалы и пропуски занимают около 32% его длины Такую подготовку почвы нельзя признать удовлетворительной. Запаш ка кустарника в вал возможна только при движении агрегата в од

Таблица 1

и средние высоты культур сосны, *см* (знаменатель) при различной обработке в возрасте, лет

шивание		отаптывание			без ухода		
2	3	1	2	3	1	2	3
площади							
70/27	70/42	81/10	62/25	60/36	80/10	60/21	59/33
46/20		48/11	46/17	—	40/9	31/14	—
35/29	35/43	57/17	57/26	52/37	11/18	11/26	11/41
71/23	24/30	85/8	82/25	54/37	77/8	66/24	60/36
34/17	—	37/11	29/18	—	10/—	6/—	—
50/23	32/30	52/18	52/26	44/39	49/15	42/26	37/41
79/20	40/28	82/10	45/22	14/32	63/10	48/19	12/20
—	—	9/12	—	—	—	—	—
45/25	12/34	45/15	36/21	3/30	22/15	6/25	3/26
площади							
64/26	61/37	80/11	72/25	64/37	62/11	55/27	41/51
22/19		23/10	20/20	—	18/9	15/11	—
42/27	42/40	34/20	29/33	29/52	18/23	11/31	9/68
58/25	51/37	69/11	53/23	53/34	61/11	41/22	35/38
16/15	—	16/10	12/14	—	10/10	9/14	—
24/28	17/55	27/17	20/23	20/40	28/18	24/26	19/45
32/20	12/27	59/10	9/22	4/31	46/11	—	—
—	—	2/10	—	—	—	—	—
15/30	12/38	20/16	9/26	3/32	15/19	8/34	5/36

ном направлении, а это связано с холостыми прогонами в обратную сторону, что резко снижает производительность машины. Следует отметить, что половина рабочего времени уходит на удаление кустарника и дернины, мешающих движению самого трактора.

Нарезка пластов плугом ПБН-75 на закустаренной площади возможна за один проход. Но эти пласты представляют отдельные глыб-

ки торфа шириной около 80 *см* и высотой до 40 *см*, за которыми идет полоса необработанной почвы около 0,5 *м*. При посадке культур глыбы разламываются от удара сажального меча, а в летние засухи просыхают ниже уровня завядания. Проложенная плугом борозда узкая и глубокая, сильно обрушивается при подсыхании торфа и дождях. Припаханные кустарники быстро отрастают и сильно притеняют посадки.

Приживаемость, сохранность и рост культур зависят от многих факторов и прежде всего от способа подготовки почвы. Расчистка площади от кустарников и мелколесья существенно улучшает условия жизни высаженных растений. К осени третьего года (табл. 1) отпад культур, высаженных однолетними сеянцами (с химическим уходом) составил на валах 12%, при вспашке — 30%. В опыте без ухода он увеличился на валах до 51% и на пластах до 56%. Средние высоты на валах соответственно равнялись 55 и 45 *см*, приросты по высоте 26 и 18 *см*, диаметры корневой шейки 1,2 и 1,0 *см*.

В год создания культур независимо от способа подготовки почвы приживаемость и сохранность посадок высоки. Но уже после первой перезимовки отпад увеличивается на валах до 7%, а на целине до 52%. К третьему году при посадке без подготовки почвы сохраняется лишь 18% высаженных растений. Уже в первый год высота и прирост на валах несколько выше, чем при вспашке и на целине. В последующем разрыв увеличивается и к осени второго года высота на валах достигла 29 *см*, а прирост 17 *см*, при вспашке — 25 и 14 *см*, а на целине 22 и 11 *см*. Эти же показатели к осени третьего года соответственно равнялись: 55 и 26 *см*, 39 и 14 *см*, 23 и 1 *см*.

Следовательно, лучший способ подготовки почвы на таких лесокультурных площадях — создание высоких микроповышений в форме свальных валов высотой 30—40 *см* от исходной поверхности почвы. Культуры на них растут даже лучше, чем на минеральной почве в условиях B_2, где средняя высота сосны равна в первый год — 11 *см*, во второй — 25 *см* и в третий — 43 *см*.

Выяснение преимуществ того или иного метода создания культур показало полную непригодность посевов в этих условиях. К осени первого года сохранялось при расчистке площади: на валах — 59, при вспашке — 37, на целине — 20% посевных мест с наличием хотя бы одного сеянца. Эти же показатели в условиях закустаренности равны: 37, 15 и 4%. Но даже на лучших вариантах к осени третьего года сохраняется не более 5—11% полноценных посевных мест. Основные причины гибели на валах и пластах — заглушение сорняками, при вспашке и на целине — вымокание.

Лучший срок посадки — весна. Культуры осеннего производства независимо от способа подготовки почвы имеют большой отпад, который к осени второго года составляет: на валах — 57, при вспашке — 77, на целине — 100%. Это объясняется тем, что при посадке осенью растения не успевают укорениться, имеют слабую связь с почвой и легко выжимаются.

На успешность облесения осушенных болот существенно влияет возраст посадочного материала. В условиях Белоруссии лучше других приживаются и сохраняются первосортные однолетние сеянцы сосны, значительно хуже двухлетние. Некоторое преимущество крупномерный материал имеет в условиях закустаренности и сильного развития сорняков. На валах раскорчеванной площади средняя высота культур, посаженных однолетними сеянцами, уже на второй год выше, чем двухлетними, которые до осени третьего года сохраняют высоту 6—7 *см*.

В условиях низинного болота на рост культур влияет травяной покров. Уже в первый год валы сплошь покрываются густым ковром болотного разнотравья высотой около 50 *см* (череда, вербейник, дербенник, зюзник, лютик, омежник водный, сабельник, шлемник и др.). Основания крупностебельных растений перевиты подмаренниками. Высокое стояние грунтовых вод и затопление понижений на сплошной вспашке приводят к тому, что в первый год покрывается растительностью около 10% площади, на второй — 50% и третий — 100%. Посадки по целине уже в первый год находятся под воздействием густого покрова из осок и болотных злаков. На нераскорчеванном участке к угнетающему влиянию травяного покрова добавляется затеняющее действие кустарников. Все это показывает, что успешное выращивание культур сосны немыслимо без ухода.

Испытание разных способов ухода показало, что лучшие результаты дает обработка рядков сосны гербицидами типа симазин и родокор в дозах 10—15 *кг* действующего вещества на 1 *га*. Опрыскивание лучше производить весной одновременно с посадкой культур. Оно обеспечивает существенное изреживание сорняков и относительно высокую чистоту рядков в течение двух лет, что способствует повышению сохранности на 10—27% и существенному улучшению роста.

Отаптывание, проведенное 18 раз в течение двух лет, не дает ощутимых результатов на расчищенном участке и несколько повышает сохранность культур при наличии кустарников. Самое осторожное удаление сорняков косой приводит к скашиванию 5—10% саженцев. Такой отпад сосны по механическим причинам в совокупности с высокой трудоемкостью самой операции не позволяет рекомендовать подобный метод ухода.

Проведенные исследования показывают, что при соблюдении соответствующей агротехники можно выращивать полноценные культуры сосны даже на недостаточно осушенных низинных болотах.

Поступила 30 ноября 1971 г.

УДК 622.85

РОСТ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ ПОРОД НА ЗЕМЛЯХ, ВЫШЕДШИХ ИЗ-ПОД ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК

В. Г. ЖЕРЕБЦОВ, В. А. ПЕТРЕНКО

Днепропетровское областное управление лесного хозяйства и лесозаготовок

Рассматривается возможность выращивания древесных и кустарниковых пород на разрушенных степных почвах Украины в зависимости от строения корневых систем и биологии, сложившейся под воздействием экологических условий.

Вопрос о восстановлении плодородия почв на землях, вышедших из-под горных разработок, и возврате их в состав продуктивных земель изучается Днепропетровским управлением лесного хозяйства и лесозаготовок.

Объектом изучения в 1966—1970 гг. был земельный массив бывшего Александровского карьера площадью 230 *га*, вышедший более 10 лет назад из-под открытых горных разработок марганцевых руд и расположенный в южной части Днепропетровской области, в условиях сухой степи Украины на границе обыкновенного и южного черноземов.

Среднегодовое количество осадков — 401 *мм* со значительными колебаниями в разные годы. Испаряемость в 1,5 раза превышает количество выпадающих осадков.

Почва на массиве разрушена и смешана с безжизненными горными породами. Преобладают лёссовидные суглинки, имеются красно-бурые суглинки, глины, крупнозернистый песок с включением глинистых частиц (конгломератная порода). Встречаются небольшие площадки с остатками плодородной почвы или марганцевых руд.

Для определения физических и химических свойств почвогрунта были выкопаны ямы и взяты образцы с глубины 0—50 *см* через каждые 10 *см*. Результаты анализа двух характерных образцов приведены в табл. 1 (физические свойства) и в табл. 2 (химические свойства).

Таблица 1

№ образцов	Гигроскопическая влага	Потери при обработке HCl, %	Количество фракций, % на сухую почву						Сумма фракций	
			1—0.25 *мм*	0,25—0,05 *мм*	0,05—0,01 *мм*	0,01—0,005 *мм*	0,005—0,001 *мм*	<0.001 *мм*	>0,01 *мм*	<0,01 *мм*
1	0,78	0,30	96,74	0,49	0,20	0,14	0,04	2,08	97,74	2,26
2	1,00	0,84	92,60	1,40	1.46	0,84	0,96	1,80	96,40	3,60

Таблица 2

№ образцов	Фосфор подвижный (P_2O_5) по Чирикову, *мг* на 100 *г* почвы	Калий обменный (K_2O) по Масловой, *мг* на 100 *г* почвы	Азот общий, %	Азот нитратный, %	Гумус, %
1	29,6	12,0	0,08	0,23	0,41
2	47,4	26,5	0,08	0,27	0,11

Наличие подвижного фосфора превышает норму более чем в 2 раза. Избыточное содержание фосфора, по-видимому, связано с бывшими залежами марганца. Содержание обменного калия на одном участке повышенное, на втором высокое. Азота общего — 25% нормы. Наличие гумуса незначительное (1,4 и 5,1% нормы). В почвогрунте нет нужного соотношения между питательными веществами.

При выкопке ям и раскопке корневых систем не оказалось ни дождевых червей, роль которых огромна в образовании структуры почвы, ни личинок полезных жуков, которые превращают опад в перегной в три раза быстрее, чем микроорганизмы. Не обнаружены личинки майского и июньского хрущей и проволочника. Это означает, что в почвогрунте не происходит активного процесса почвообразования. Правда, на корнях сеянцев акации белой, желтой, лоха и дрока обнаружены клубеньковые бактерии.

Процесс восстановления почвы путем самозарастания протекает чрезвычайно медленно. Так, на отвалах 13-летней давности травянистая растительность очень редкая, не имеющая практического значения. Такое небольшое накопление гумуса (0,1—0,4%) показывает, что для полного восстановления плодородия почвы потребуются столетия.

Посадки лесокультур на массиве производятся ежегодно, начиная с 1966 г. Агротехника подготовки почвы, посадки и ухода обычная. В 1970 г. в культурах каждой породы на пробных площадях были обмерены высоты, диаметры деревцев, выкопаны средние экземпляры, обмерены и сфотографированы корневые системы у них. Показатели роста каждой породы на лёссовидном суглинке приведены в табл. 3, а на песке с глиной — в табл. 4.

Таблица 3

Порода	Год посадки	Высота, *м*		Диаметр, *мм*		Корневая система среднего сеянца			
						вертикальная		горизонтальная	
		от — до	среднего сеянца	от — до	среднего сеянца	количество корней	длина корня, *м*	количество корней	длина корня, *м*
А. Породы с развитой вертикально-горизонтальной системой									
Акация белая	1966 1968	2—4 1,5—2,7	3 2	20—40 7—20	30 15	— 1	— 1,3	— 5	— 0,7—1,8
Акация желтая	1966 1968	1,0—2,2 1,0—1,5	1,8 1,3	10—25 6—20	20 10	— 2	— 0,9—1 0	— 2	— 1,0—1,3
Лох узколистный	1966	1,8—2,5	2,0	20—45	30	1	1,0	9	0,9—1,2
Клен татарский	1966	0,4—1,0	0,8	4—10	6	3	0,6—0,9	—	—
Смородина золотистая	1966	0,5—1,4	0,8	2—8 (в кусте 5 стволиков)	4	2	0,5—0,6	3	0,3—0,4
Бирючина	1966	0,3—0,7	0,5	2—5 (в кусте 4 стволика)	3	5	0,3—0,7		—
Свидина	1966	0,5—1,0	0,7	4—10	6	1	0,4	—	—
Скумпия	1966	0,4—0,7	0,5	6—15	7	2	0,4—0,5	—	—
Б. Породы с неразвитой вертикально-горизонтальной системой									
Дуб черешчатый	1966	0,1—0,6	0,3	3—10	5	1	0,4	—	—
Ясень зеленый	1966	0,5—1,3	1,0	7—15	10	1	0,6	—	—
Клен остролистный	1966	0,3—0,8	0,6	4—30	10	1	0,9	5	0,1—0,2
Гледичия обыкновен.	1966	0,4—0,7	0,5	8—15	10	1	0,2	3	0,2—0,3
Яблоня лесная	1966	0,3—0,8	0,6	6—10	8	4	0,6—0,7	2	0,2—0,4
Груша обыкновен.	1966	0,4—0,9	0,7	8—15	10	1	0,6	—	—
Можжевельник вергинский	1966	0,4—0,9	0,6	6—12	10	2	0,3—0,4	—	—
Шелковица черная	1966	0,6—1,3	0,7	6—20	10	1	0,7	2	0,3—0,4
Шиповник	1966	0,7—1,3	0,5	6—15	7	2	0,4—0,5	—	—
В. Породы с горизонтальной корневой системой									
Липа мелколистная	1966	0,3—0,7	0,5	4—30	10	—	—	7	0,4—0,6
Сосна крымская	1966	0,3—0,9	0,5	10—40	20	—	—	5	0,2—0,3
Тополь черный	1966	1,0—1,8	1,4	8—15	10	—	—	2	1,0—1,3
Абрикос обыкновен.	1966	0,4—0,8	0,6	5—9	7	—	—	1	1,0
Бузина красная	1966	0,1—0,4	0,3	2—6	5	—	—	1	0,8

Таблица 4

Порода	Год посадки	Высота, *м*		Диаметр, *мм*		Корневая система среднего сеянца			
						вертикальная		горизонтальная	
		от — до	среднего сеянца	от—до	среднего сеянца	количество корней	длина корня, *м*	количество корней	длина корня, *м*
А. Породы с разветвленной вертикально-горизонтальной системой									
Вяз мелколистный	1969	0,8—1,9	1,2	5—20	10	5	1—1,5	—	—
Сосна обыкновенная	1966	0,5—1,4	1,2	15—30	2	1 вертикальный. 2 якорных	1,3 0,8—0,9	1	2,3
Дрок	1966	0,5—1.0	0,8	2—7	5	1	0,5	—	—

Породы группы А имеют развитую вертикально-горизонтальную систему, не изменившуюся под воздействием почвогрунта. В первый год роста корни проникают в слои, не подверженные ежегодному иссушению. Корневые окончания тонкие, нежные и разветвленные. Корни некоторых пород (акация белая, желтая, лох, дрок) заселены клубеньковыми бактериями. Ризосфера занимает глубокие и поверхностные слои почвогрунта. Рост надземных частей протекает вполне нормально. Так, высота 5-летней акации белой 3 *м*, акации желтой (растущей одним стволиком, как дерево третьей величины) — 2 *м*, лоха — 2 *м*.

Породы группы Б сохранили вертикально-горизонтальную систему, однако она не получила развития. Корни 5-летних деревцев не вышли из слоев почвогрунта, подверженных иссушению. Корневые окончания у большинства пород грубые, слабо разветвленные. Рост надземных частей медленный, состояние угнетенное. Так, 5-летний дуб кустится, имеет высоту — 0,30 *м*, длину корня — 0,40 *м*, что соответственно в 5 и 15 раз меньше, чем у дуба на обыкновенном черноземе. Аналогичен рост ясеня зеленого (высота 1 *м*), клена остролистного (0,5 *м*) и других пород (табл. 3).

У пород группы В произошли резкие изменения в строении корневых систем: у них сформировались поверхностные корни, постоянно находящиеся в слоях, подверженных иссушению. Эти породы могут жить за счет влаги атмосферных осадков, но рост их крайне неудовлетворителен и состояние неустойчиво. Так, 5-летняя липа мелколистная высотой 0,5 *м* не имеет вертикального корня, кустится, растет, как кустарник.

Сосна крымская, тополь черный, абрикос и бузина красная растут аналогично.

Результаты наблюдений дают основание считать, что породы группы А перспективны, а групп Б и В бесперспективны при создании насаждений на разрушенных почвогрунтах с преобладанием лёссовидных суглинков.

У пород, произрастающих в степи, под воздействием климата и почвенно-грунтовых условий выработалась приспособляемость к экологическим условиям. Она выражается в раннем распускании листьев, цветении, созревании семян, ином формировании корневых систем, в скачкообразном росте в высоту при резком суточном колебании температур, в сбрасывании листьев в жаркий период, в способности переносить недостатки влаги, излишек освещения, высокие температуры. Семена этих пород — надежный посевной материал.

Наши исследования показали следующее.

1. На разрушенных почвах удовлетворительно растут древесные и кустарниковые породы, способные формировать глубокую разветвленную корневую систему, и в особенности те породы, рост которых связан с жизнью и деятельностью клубеньковых бактерий. Выращивание их на разрушенных почвах — первая фаза восстановления плодородия и структуры почвы, за которой возникает возможность создавать насаждения таких пород, как дуб и плодовые.

2. Сеянцы для лесокультур на разрушенных почвах следует выращивать из семян только местного сбора.

3. Недопустима посадка лесокультур на разрушенных почвах без надлежащего учета биологических свойств древесных пород и особенностей почвогрунта.

Поступила 23 декабря 1971 г.

УДК 634.0.284

ПОДСОЧКА СОСНЫ И ОБРАЗОВАНИЕ СУХОСТОЯ

М. П. КОВАЛЕНКО

УкрНИИЛХА

Изучено влияние длительной обычной подсочки 70—80-летних сосновых насаждений I—Iа классов бонитета на образование сухостоя. Установлено, что 10-летняя подсочка с нагрузкой деревьев каррами в пределах 35—75% увеличивала отпад в 5—10 раз по сравнению с отпадом неподсоченных участков.

Степень влияния подсочки сосны на жизнедеятельность насаждений мало изучена, особенно в Украинском Полесье — главной базе подсочного промысла республики.

Один из показателей снижения жизнедеятельности насаждений в связи с подсочкой — повышенный отпад деревьев, сопровождающийся уменьшением густоты крон, пожелтением хвои и поселением стволовых вредителей.

Для изучения влияния подсочки на образование сухостоя мы на протяжении 10 лет систематически наблюдали за отпадом деревьев на постоянных пробных площадях с нагрузкой деревьев каррами на 35; 45; 55; 65 и 75% от окружности ствола и на площадях без подсочки.

Пробные площади были заложены в Тетеревском лесхоззаге Киевской области в чистых 70—80-летних сосновых насаждениях естественного происхождения, I—Iа классов бонитета. Условия местопроизрастания — свежая суборь, средняя высота насаждений 28 *м*, средний диаметр 28,5 *см*, полнота — 0,7—0,8.

Первые шесть лет подсочку вели нисходящей гладкой каррой, затем четыре года — восходящей ребристой. Как и на производстве, подсачивали деревья диаметром 20 *см* и толще. На каждой пробной площади было известно количество подсоченных сосен в каждой ступени толщины и неподсоченных (тонкомерных и с различными дефектами стволов и крон). На контрольных площадях, где подсочки не было, условно выделяли такие же категории деревьев. Это дало возможность относить сухостой в соответствии с причиной отпада в ту или другую группу.

Общий отпад древостоя по количеству стволов на всех пробных площадях за десятилетний период подсочки представлен в табл. 1, из

Таблица 1

Нагрузка деревьев каррами, %	Общее количество деревьев на начало подсочки	Количество подсоченных деревьев	Количество подсоченного тонкомера	Распределение отпада в зависимости от причины отпада								Всего срублено стволов	
				подсочка		поражение стрекой и подсочка		естественный отпад неподсоченного тонкомера		механические повреждения			
				шт.	% к количеству подсоченных деревьев	шт.	% к количеству подсоченных деревьев	шт.	% к общему количеству	шт.	% к общему количеству	шт.	% к общему количеству
75	471	454	17	32	7,0	8	1,7	2	0,4	17	3.6	59	12,5
65	501	463	38	25	5,4	7	1,5	1	0,8	24	4,8	60	12.0
55	445	411	34	22	5,4	12	2.9	9	2,0	22	4,9	65	14,6
45	443	404	39	20	5,0	3	0 7	1	0,2	32	7,2	56	12.6
35	463	417	46	16	3,8	2	0 5	7	1,5	23	5,0	48	10,4
Итого	2323	2149	174	115	5,4	32	1,5	23	1,1	118	5.2	288	12.4
На участках с подсочкой													
В среднем на 1 *га*	464	430	34	23	5,4	6	1,5	5	1,1	24	5,2	58	12.4
%				39,0	—	12,0	—	8,0	—	41.0	—	100	—
На участках без подсочки (контроль)													
В среднем на 1 *га*	453	413*	40	3	0 7	3	0.7	5	1,1	21	4.6	32	7,0
%			—	9,4	—	9,4	—	15,6	—	65,6	—	100	

* Количество деревьев, условно подлежащих подсочке. В табл. 1—3 приведены данные, средние из двух повторностей.

которой видно, что на площадях с подсочкой усохло 12,4% от общего количества деревьев, а на контрольных участках только 7%.

Из общего количества сухостоя, срубленного на подсоченных и контрольных участках, наибольший процент (41,0 и 65,6) приходится на деревья, усохшие в результате различных механических повреждений (бурелом, снеголом, грозобой). В абсолютных величинах этот отпад, как и естественный отпад неподсоченного тонкомера на подсоченных участках и в контроле, был почти одинаковым. Отпад, связанный непосредственно с подсочкой насаждений, на первых участках составлял 39,0% общего и 5,4% количества подсоченных деревьев, тогда как на контроле отпад этой категории деревьев составлял соответственно только 9,4 и 0,7%. Следовательно, сухостоя на участках с подсочкой было в 7,7 раза больше, чем на контроле.

Кроме того, причиной отпада подсоченных сосен было поражение серянкой. Отпад деревьев этой категории на участках с подсочкой был в два раза больше, чем на участках без подсочки.

Показатели среднего отпада довольно убедительно свидетельствуют о влиянии подсочки на увеличение образования сухостоя. Это влияние тем сильнее, чем больше нагрузка деревьев каррами. Так, если при минимальной нагрузке (35%) отпад составлял 3,8%, то при максимальной (75%) он достигал 7,0% всего количества подсоченных на 1 *га* деревьев. Он превышал контрольный соответственно в 5 и 10 раз (табл. 1), а по массе выбранной древесины в 7 и 12 раз.

Таблица 2

Нагрузка деревьев каррами, %	Общее количество подсоченных деревьев, шт.	Распределение отпада по годам подсочки								Всего за 10 лет	
		третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	шт.	%
75	454	2	4	8	3	4	2	6	3	32	7,00
65	463	—	4	8	3	1	2	4	3	25	5,40
55	411	1	4	4	4	2	3	3	1	22	5,40
45	404	1	4	2	3	2	7	—	1	20	5,00
35	417	1	—	1	1	3	1	5	4	16	3,84
Итого	2149	5	16	23	14	12	15	18	12	115	5,35
На участках с подсочкой											
В среднем на 1 *га*	430	1.0	3,2	4,6	2,8	2,4	3,0	3,6	2,4	23	
%		0,23	0,75	1,07	0,65	0,56	0,70	0,83	0,56	5,35	
На участках без подсочки (контроль)											
В среднем на 1 *га*	413	—	1	1	1	—	—	—	—	7	
%		—	0,24	0,24	0,24					0,72	

Примечание. В первый и второй годы подсочки не было сухостоя.

Образование сухостоя в связи с подсочкой начиналось на третьем году подсочки и, как это видно из табл. 2, в дальнейшем заметно не возрастало даже при максимальных нагрузках (65—75%). Это свидетельствовало о большой устойчивости к подсочке сосны в Украинском Полесье. Качественный анализ отпада показал, что как в подсоченных, так и в неподсоченных насаждениях в первую очередь усыхали тонкомерные, слаборазвитые и больные серянкой деревья, но усыхание шло в первых насаждениях несколько интенсивнее и постепенно охватывало деревья высших классов роста, более толстые.

Таблица 3

Нагрузка деревьев каррами, %	Общее количество подсоченных деревьев	Распределение отпада по ступеням толщины, *см*										Всего за 10 лет	
		20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	шт.	%
75	454	18	9	4			1		—	—	—	32	7,00
65	463	13	7	4	—	—	—	1	—	—	—	25	5,40
55	411	18	3	1	—	—	—	—	—	—	—	22	5,40
45	404	13	5	—	2	—	—	—	—	—	—	20	5,00
35	417	8	4	3	—	1	—	—	—	—	—	16	3,84
Итого	2149	70	28	12	2	1	1	1	—	—	—	115	5,35
На участке с подсочкой													
В среднем на 1 *га*	430	14	5,6	2,4	0,4	0,2	0,2	0,2	—	—	—	23	5,35
%		60,90	24,37	10,38	1,74	0,87	0,87	0,87		—	—	100	—
На участке без подсочки (контроль)													
В среднем на 1 *га*	413	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0,73
%		67,00	33,00	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—

Как видно из табл. 3, на участке с подсочкой в среднем суммарном отпаде 60,9% составляли деревья наименьшей ступени толщины — 20 *см*, 24,4% — 24-сантиметровой и 10,4% — 28-сантиметровой. Деревья, диаметр которых был больше среднего диаметра насаждений, даже при больших нагрузках (65—75%) отпада почти не давали. По отношению к количеству деревьев в ступенях 20 и 24 *см* отпад соответственно составлял 23,1 и 5,8%. А из 100 подсоченных сосен среднего диаметра на 1 *га* насаждения за 10 лет подсочки усохло всего 2,4%.

Ослабленные подсочкой деревья повреждались теми же основными энтомовредителями, что и неподсоченные сосны: большим и малым сосновыми лубоедами, долгоносиками и усачами. Но встречаемость их на первых была несколько больше.

Количество «остриженных» побегов в подсоченных насаждениях увеличилось с повышением нагрузки и всегда было больше, чем в насаждениях без подсочки. При нагрузке 35; 45; 55; 65 и 75% их количество в среднем за 9 лет наблюдений составляло соответственно 141, 180, 241, 282 и 460% по отношению к контролю. В целом же размеры «стрижки» в пределах указанных нагрузок были незначительны: 24—78 побегов на 100 $м^2$ площади против 17 побегов на контроле. Следовательно, даже длительная интенсивная подсочка не оказывает существенного влияния на изменение санитарного состояния насаждений.

По результатам исследований можно заключить, что 10-летняя подсочка с нагрузкой деревьев каррами от 35 до 75% окружности ствола способствует повышенному образованию сухостоя в подсоченной части насаждения. Процесс образования сухостоя на подсоченных и неподсоченных участках не различается, то есть отпад идет в первую очередь за счет тонкомерных и отставших в росте деревьев, но происходит значительно интенсивнее и постепенно охватывает более толстые деревья высших классов роста и тем интенсивнее, чем больше нагрузка деревьев каррами.

При длительной подсочке наибольший отпад давали деревья тонкомерные (20, 24 и частично 28 *см*), тогда как толстые деревья отпада почти не имели.

Учитывая характер и динамику образования сухостоя, следовало бы деревья тоньше среднего включать в подсочку не ранее, чем за 5 лет до главной рубки. Но, принимая во внимание, что деревья толщиной 20 и 24 *см* составляют значительную часть древостоя (32—40%) и что отпад их при 10-летней подсочке все же незначителен (23,1 и 5,8% от числа деревьев в ступени), эти деревья, чтобы не уменьшать и так уже ограниченную сырьевую базу подсочного промысла на Украине, можно подсачивать при испытанных нагрузках в условиях свежей субори в течение всего 10-летнего периода эксплуатации.

Поступила 7 июня 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 624.138

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ КАРБОНАТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УКРЕПЛЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ФОСФАТНЫМИ И АЛЮМОФТОРФОСФАТНЫМИ ВЯЖУЩИМИ

В. М. КНАТЬКО, Э. А. СЕЛЕЗНЕВА

Московский лесотехнический институт

Исследовано влияние естественных карбонатов на эффективность укрепления грунтов фосфатными и алюмофторфосфатными вяжущими. Установлено, что отрицательное влияние карбонатов на прочность укрепленного грунта можно существенно снизить с помощью добавок соляной кислоты, а также увеличением промежутка времени между приготовлением и уплотнением смеси до 4 *час*.

Как указывалось нами ранее [2], [4], разложение естественных карбонатов при обработке грунтов фосфорной кислотой оказывает отрицательное влияние на процесс структурообразования в укрепляемых грунтах. Выделяющийся углекислый газ разуплотняет материал, который приобретает микро- и макропористую структуру в результате равномерного распределения включений пузырьков газа.

С целью детального изучения отмеченного отрицательного влияния карбонатов на процесс укрепления грунтов фосфатными и алюмофторфосфатными вяжущими и разработки способов его исключения или ограничения в заданных пределах, выполнены соответствующие опыты. Был приготовлен ряд грунтовых смесей. В качестве контрольной смеси использовали грунт, содержащий природных карбонатов около 1% по весу. Другие грунтовые смеси отличались от контрольной содержанием карбонатов, равным 2; 3; 5 и 7%. Для приготовления этих смесей использовали карбонатный лёсс (содержащий до 28% карбонатов) и контрольный грунт, соотношение которых по весу варьировали соответственно указанному выше содержанию карбонатов в получаемых смесях.

Учитывая, что на процесс укрепления грунтов фосфатными вяжущими отрицательное влияние оказывает разрушение природных карбонатов кислотой, мы использовали два пути: метод дополнительного химического воздействия на укрепляемый карбонатный грунт с помощью небольших добавок кислоты более сильной, чем фосфорная (например, соляной) с тем, чтобы ускорить процесс разложения карбонатов в ходе приготовления смеси; технологический прием, заключающийся в выборе рациональной продолжительности временного интервала между технологическими операциями, связанными с приготовлением смеси и ее уплотнением.

Результаты испытаний на прочность образцов, изготовленных из грунтовых смесей и обработанных добавками фосфорной и соляной кислот (табл. 1), показывают, что по мере увеличения содержания карбонатов в грунтовой смеси прочность материала снижается в различной степени в зависимости от вида использованных фосфорных кис-

Таблица 1

Добавка HCl, % от веса грунта	Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов, *кГ/см²*, при содержании карбонатов в исходной грунтовой смеси, % по весу			
	1	3,6	5	7
0	18/15	13/11	3/р	—/р
Одновременное внесение добавок HCl и H_3PO_4				
1	30/26.5	26/22	7/р	—/р
2	35/30	32/27	10/6	—/р
Внесение H_3PO_4 через 24 *часа* после обработки HCl				
1	32/28	28/25	10/8	—/р
2	38/33	33/30	16/16	—/9

Примечание. В числителе данные о прочности образцов, укрепленных экстракционной H_3PO_4 в дозировке 5% от веса грунта; в знаменателе — технической H_3PO_4 в той же дозировке; р — разрушение образцов после погружения в воду. Насыщение образцов водой производили путем погружения в воду на 24 *часа* после 28-часового выдерживания в эксикаторе.

лот, а также величины добавок соляной кислоты. Лучшие результаты, полученные для смесей, обработанных экстракционной фосфорной кислотой, обусловлены наличием в ней примеси H_2SiF_6, что увеличивает ее активность как реагента [1].

При внесении в грунтовую смесь добавок соляной и фосфорной кислот отмечается определенное положительное влияние дополнительного химического реагента. Прочность образцов укрепленного грунта возрастает примерно в 1,8—2 раза, благодаря добавкам соляной кислоты. Положительная роль соляной кислоты четко проявляется как в случае повышенного, так и пониженного содержания карбонатов в смеси. Увеличение добавок соляной кислоты от 1 до 2% приводит к существенному повышению прочности материала. При этом рациональность внесения большей добавки соляной кислоты становится особенно очевидной при содержании карбонатов в грунте более 3,0%.

Внесение фосфорной кислоты через сутки после обработки грунтовых смесей соляной кислотой дает повышение прочности и водоустойчивости материала по сравнению с одновременным внесением кислот. Поэтому применение одновременного или раздельного внесения реагентов (HCl и H_3PO_4) должно решаться в конкретных условиях с учетом необходимости экономии реагентов или трудозатрат.

По данным математической обработки полученных результатов были выведены корреляционные зависимости (рис. 1), оценивая которые, можно сказать, что применение метода дополнительного химического воздействия на карбонатные грунтовые смеси вполне рационально. При сравнении ординат приведенных кривых также становится очевидным, что по мере увеличения содержания карбонатов в грунтовой смеси для более полного их разложения необходимо увеличивать и дозировки соляной кислоты. Так, при дозировке HCl, равной 2%, проч-

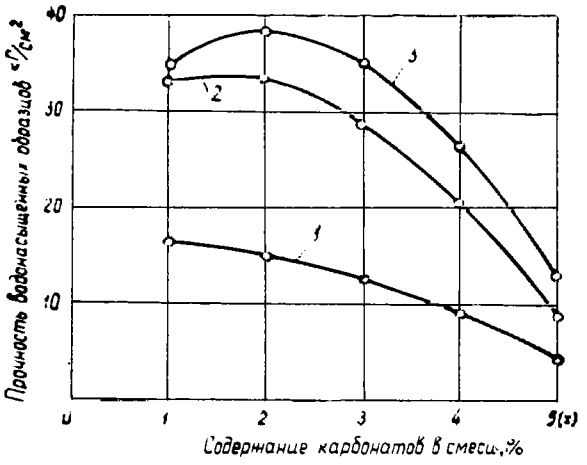


Рис. 1.
1 — HCl — 0%; 2 — HCl — 1%;
$\sigma = -2{,}02x^2 + 6{,}175x + 28{,}52$;
3 — HCl — 2%;
$\sigma = -3{,}12x^2 + 13{,}2x + 24{,}04$.

ность материала для интервала содержания карбонатов в смеси 1—3% снижается медленнее, чем при 1%-ной дозировке.

В табл. 2 приведены физико-механические свойства грунтофосфатных образцов в зависимости от содержания карбонатов в исходных смесях: W — весовое водопоглощение образцов эксикаторного хранения; $\sigma_э$ и $\sigma_в$ — предел прочности при сжатии образцов соответственно эксикаторного хранения и водонасыщенных; $K_в$ — коэффициент водоустойчивости образцов, равный $\frac{\sigma_в}{\sigma_э}$.

Добавки соляной кислоты существенно повышают водоустойчивость материала: коэффициент водоустойчивости примерно в 1,5—2 раза выше, чем у аналогичных образцов из смесей, не обработанных соляной кислотой. Водопоглощение материала снижается примерно в 2—3 раза. Из табл. 1 и 2 следует, что добавки соляной кислоты одинаково полезны как в случае использования технической, так и экстракционной фосфорной кислоты.

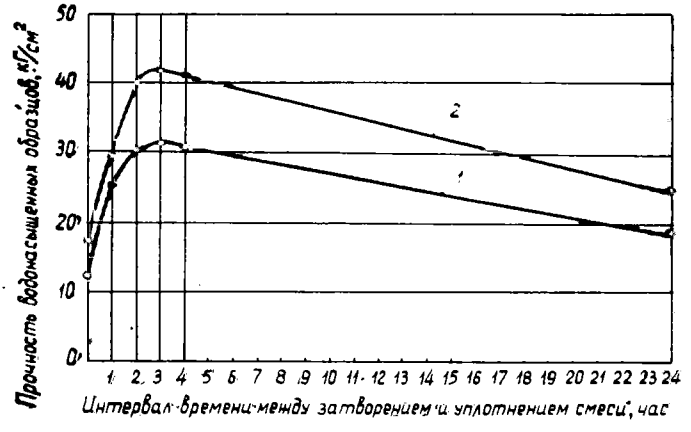


Рис. 2.
1 — HCl — 1%; 2 — HCl — 2%.

Таблица 2

Состав грунтовой смеси, % по весу		Содержание карбонатов в грунтовой смеси, % по весу	Добавка HCl, % от веса грунта	W, %	$\sigma_э$, *кГ/см²*	σ_W, *кГ/см²*	$K_в$
тяжелый пылеватый суглинок (малокарбонатный)	лёсс карбонатный						
100	—	1,0	—	1,8/2,1	68/58	25/22	0,37/0,38
95	5	2,0	—	2,1/2,4	65/53	21/20	0,33/0,37
90	10	3,0	—	2,5/2,6	59/49	17/15	0,28/0,30
100	—	1,0	1,0	0,64/0,72	58/50	30/29	0,6/0,58
95	5	2,0	1,0	0,78/0,81	54/48	28/28	0,6/0,58
90	10	3,0	1,0	0,82/0,89	46/44	22/24	0,58/0,50
80	20	5,0	1,0	—	27/—	—	—
95	5	2,0	2,0	0,86/0,77	37/45	22/24	0,7/0,64
90	10	3,0	2,0	0,95/0,95	32/42	19/20	0,66/0,62
80	20	5,0	2,0	1,2/0,99	15/15	8,1/8,1	0,5/0,5

Примечание. В числителе данные о физико-механических свойствах образцов, укрепленных экстракционной H_3PO_4 в дозировке 5% от веса грунта; в знаменателе — технической H_3PO_4 в той же дозировке. Соляную и фосфорную кислоты вносили в грунтовые смеси одновременно. Перед испытанием образцы выдерживали в эксикаторе в течение 28 суток, а затем погружали в воду на 24 *часа*. Содержание карбонатов в лёссе составляло 28% по весу.

Для исследования эффективности технологического приема уменьшения отрицательного влияния природных карбонатов на процесс укрепления грунтов алюмофторфосфатными вяжущими была использована грунтовая смесь, содержащая 3% карбонатов. Добавки кислот в грунтовую смесь вносили одновременно (дозировка H_3PO_4 экстракционной — 5%). Всего было испытано 12 смесей, отличающихся содержанием соляной кислоты и интервалами времени между технологическими операциями. Результаты испытаний приведены на рис. 2. Из полученных данных видим, что продолжительность интервала между затворением смеси и ее уплотнением имеет существенное значение для процесса укрепления грунта с использованием добавок кислот. Оптимальная продолжительность временного интервала между затворением и уплотнением грунтофосфатной смеси, содержащей природные карбонаты, находится в пределах 2—4 *час*. При интервале свыше 4 *час* прочность материала существенно снижается в результате разрушения формирующихся связей вяжущего, процесс схватывания которого отмечается согласно нашим исследованиям [3] в данный промежуток времени. При обработке карбонатного грунта фосфорной кислотой без добавок HCl рассматриваемый интервал времени возрастает примерно в 2 раза (4—8 *час*), что можно объяснить замедленным процессом разложения карбонатов этой кислотой, как более слабой, чем HCl.

Выполненные эксперименты подтверждают практическую возможность укрепления карбонатных грунтов фосфатными вяжущими. Однако повышенное содержание карбонатов в укрепляемых грунтах вынуждает применять дополнительные добавки сильных кислот (например, HCl) для интенсификации процесса их разрушения. При этом рационально также использовать оптимальный временной интервал между технологическими операциями (приготовления и уплотнения смеси), который следует устанавливать на основании лабораторных опытов с конкретными грунтовыми смесями.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. М. Кнатько, Э. А. Селезнева, А. А. Долгов. Исследование эффективности добавок экстракционной фосфорной кислоты для укрепления глинистых грунтов. Труды ВАУ ГА № 39, Исследования по вопросам эксплуатации аэропортов, Л., 1969. [2]. Н. Ф. Мищенко, В. М. Кнатько и др. Стабилизация и укрепление грунтов в аэродромном и дорожном строительстве. Изд. ЛВИКА им. А. Ф. Можайского, Л., 1963. [3]. Н. Ф. Мищенко, В. М. Кнатько и др. Химическое укрепление грунтов в аэродромном и дорожном строительстве. Гл. IV, изд-во «Транспорт», М., 1967. [4]. Технические указания по укреплению грунтов на аэродромах гражданской авиации (ВСН 23—65, гл. VII). РИО МГА, М., 1966.

Поступила 8 февраля 1971 г.

УДК 625.282

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОВОЗОВ ТУ-4 В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Б. Д. ВАСИЛЬЕВ-КОЗЛОВ, Н. И. КУЗНЕЦОВ, Б. К. МИКИТЮК

Архангельский лесотехнический институт

Приведены основные неисправности деталей силовой передачи тепловоза ТУ-4 и показатели их безотказности по результатам исследования, проведенного в леспромхозах Архангельской области в 1969—1970 гг.

Введение и использование количественных критериев надежности машин позволяет производить их анализ и сравнительную оценку, предъявлять обоснованные требования к конструкции узлов и агрегатов, системе ремонта и технического обслуживания, определять потребное количество запасных частей и агрегатов, разрабатывать действенные мероприятия, направленные на повышение их надежности.

В настоящей работе приведены результаты изучения надежности силовой передачи тепловозов ТУ-4 в условиях Севера. Данные по отказам узлов и деталей силовой передачи тепловозов собирали в Вельском, Подюжском, Северодвинском, Верхне-Лупьинском, Дмитриевском, Лавельском, Красноборском леспромхозах Архангельской области и Шуйско-Виданском объединения «Кареллеспром».

В зимний период эксплуатации наибольшее отрицательное влияние на надежность тепловозов оказывают низкие температуры, сильные ветры, снежные заносы, туманы, повышенная влажность воздуха. Продолжительность зимнего периода превышает 200 дней в году. Вследствие недостаточной хладностойкости материалов, резкого ухудшения работы сварных швов и крепежных деталей и ряда других причин в зимний период наблюдаются более частые поломки конструкционных элементов. С понижением температуры резко ухудшаются эксплуатационные качества горюче-смазочных материалов, что вызывает повышенный износ деталей. Из-за сильных ветров и низких темпе-

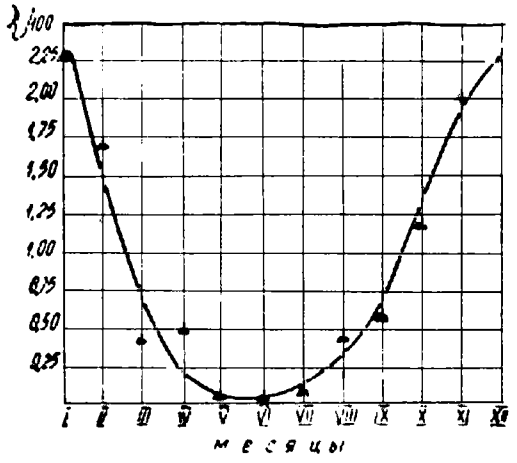


Рис. 1.

ратур снижается работоспособность водительского и обслуживающего персонала, в результате снижается качество вождения и обслуживания тепловозов.

На рис. 1 показано изменение параметра потока отказов λ силовой передачи тепловоза ТУ-4 в течение года. Как видно из рисунка, наибольшее количество отказов происходит в зимний период эксплуатации: январь, февраль, март и октябрь, ноябрь, декабрь.

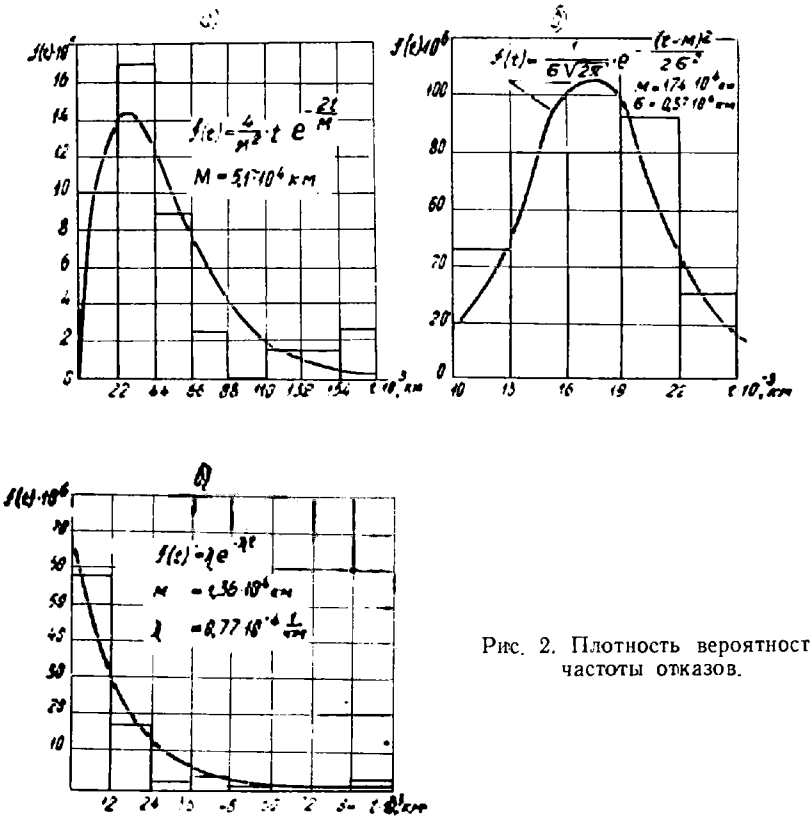


Рис. 2. Плотность вероятности частоты отказов.

Во время наблюдений за работой тепловозов в леспромхозах Архангельской области в 1969—1970 гг. было зарегистрировано, систематизировано и обработано методами теории вероятности и математической статистики около 600 отказов по 29 тепловозам. Фиксировали характер неисправностей, причины их возникновения, методы устранения, трудоемкость, последствия, наработку до отказа (в километрах пробега) и др. Затем определяли статистическую частоту отказов и вероятность безотказной работы в зависимости от пробега, устанавливали закон распределения наработки до отказа, вычисляли математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и другие числовые характеристики [2], [3].

Установлено, что различные детали, узлы и агрегаты силовой передачи тепловоза ТУ-4 имеют разные законы распределения частоты отказов: экспоненциальный, нормальный и Эрланга. Примеры указанных законов приведены на рис. 2. В большинстве наблюдаемых случаев наработка до отказа подчинялась экспоненциальному закону распределения.

Этому закону следуют отказы деталей: муфты реверса и вилки переключения КПП, ведущей шестерни, хвостовика и подшипника № 206 привода питательного насоса (рис. 2, *в*), крестовины, игольчатого подшипника, вилки, фланцев и карданной передачи, а также узлов: КПП, привода питательного насоса, карданной передачи и осевого редуктора. Отказы этих узлов и деталей чисто случайны, внезапны и практически не зависят от срока эксплуатации. Они обусловлены не закономерными износами, старением, изменением свойств материала или другими физическими процессами, протекающими во времени, а являются результатами перегрузок, несоответствия режимов эксплуатации расчетным, дефектов или неправильного выбора материала. Экспоненциальный закон распределения отказов может быть также следствием неправильной эксплуатации и недостатков в обслуживании тепловоза.

Отказы проходного вала с фланцем осевого редуктора следуют нормальному закону (рис. 2, *б*), фрикционных дисков КПП — закону Эрланга (рис. 2, *а*). Отказы проходного вала с фланцем осевого редуктора и фрикционных дисков вызваны закономерными очень интенсивными износами, что наглядно видно из данных рис. 3. Период нормальной работы фрикционных дисков, соответствующий минимальному уровню параметра потока отказов, незначителен: от $7 \cdot 10^4$ до $14 \cdot 10^4$ *км* пробега.

В табл. 1 приведены сведения о количестве отказов, математическом ожидании наработки на отказ в километрах пробега и законе ее

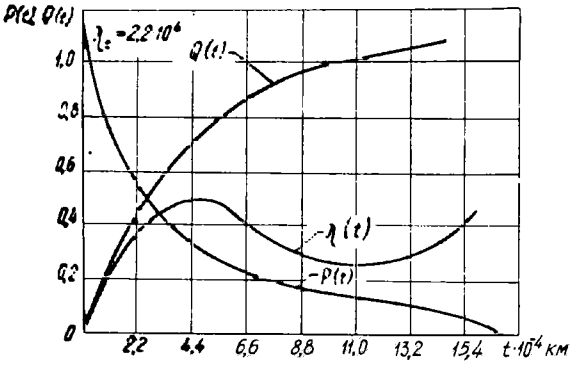


Рис. 3. Вероятность безотказной работы $P(t)$, параметр потока отказов $\lambda(t)$ и вероятность отказов $Q(t)$ фрикционных дисков КПП.

Таблица 1

Наименование детали	Количество отказов детали	Математическое ожидание отказа *M*, *км* пробега	Закон распределения
КПП			
Фрикционные диски	47	51200	Эрланга
Муфта реверса	40	48700	Экспоненциальный
Вилка переключения	38	64500	„
Привод питательного насоса			
Ведущая шестерня и хвостовик	86	15000	„
Подшипник № 206	33	13600	„
Карданная передача			
Крестовина	32	40000	„
Игольчатый подшипник	41	22000	„
Вилка	35	38000	„
Фланец	21	40200	„
Осевой редуктор			
Проходной вал с фланцем	27	17356	Нормальный

распределения у наиболее слабых деталей силовой передачи тепловозов ТУ-4. Как видно из этой таблицы, математическое ожидание наработки на отказ колеблется в пределах от 13 600 (подшипник № 206 привода питательного насоса) до 64 500 *км* пробега (вилка переключателя КПП). При среднетехнической скорости около 11 *км/час* это соответствует 1230 и 5850 *час* работы тепловоза.

Из 593 зафиксированных отказов 50 видов 459 отказов, или 77% общего их числа, представляли всего 14 видов. Таким образом, частота отказов тепловоза ТУ-4 определяется, в основном, неудовлетворительной работой нескольких деталей. Наименование этих видов отказов, их количество, процентное распределение приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вид неисправности	Количество отказов	% от общего количества отказов
Износ боковой поверхности проточки зубчатой муфты вала реверса	40	6,75
Износ боковой поверхности вилки переключения реверса	38	6,42
Излом вилок карданного шарнира	18	3,02
Излом крестовин карданного шарнира	32	5,40
Поломка игольчатых подшипников карданной передачи	41	6,91
Деформации вилок карданной передачи	19	3,20
Износ золотника электрогидравлического вентиля	13	2,20
Ослабление пружин, износ клапанов клапанной коробки	17	2,87
Поломка шестерни и хвостовика углового редуктора 50—356—00	86	14,5
Износ игольчатых подшипников карданного вала привода насосов	23	3,88
Износ шлицев фланца выходного вала осевого редуктора	25	4,22
Износ шлицев проходного вала осевого редуктора	27	4,56
Поломка подшипника № 206	33	5,58
Коробление фрикционных дисков 1-й ступени	47	7,93
Итого	459	77,44

Анализ причин отказов, мероприятия по их снижению и рекомендации заводу-изготовителю рассмотрены нами ранее [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Васильев-Козлов, Б. К. Микитюк. Анализ причин отказов узлов и деталей силовой передачи тепловоза ТУ-4. Труды АЛТИ, вып. XXVI, Архангельск, 1971. [2]. Е. С. Павлович и др. Методика определения показателей надежности локомотивов. ОИИЖТ, Омск, 1968. [3]. Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. Курс теории вероятности математической статистики для технических приложений. Изд-во «Наука», М., 1969.

Поступила 6 декабря 1971 г.

УДК 634.0.378.3

ВТОРИЧНЫЕ ТЕЧЕНИЯ В ОТКРЫТЫХ РУСЛАХ И СПОСОБ ИХ УЧЕТА ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

А. Л. РАДЮК

Сибирский технологический институт

Дан анализ физической картины, возникающей при взаимодействии смежных потоков с разными гидравлическими параметрами. Предложены расчетные зависимости, позволяющие учитывать влияние вторичных течений на изменение гидравлических параметров основного потока.

В инженерной практике довольно часто приходится встречаться с водотоками, в которых резко разнятся продольные скорости по ширине потока. Причины этого могут быть разными: неоднородная шероховатость русла, резкое изменение глубин в смежных отсеках (русла с полигональным поперечным профилем) и т. д. Эти условия способствуют проявлению кинематического эффекта, открытого проф. Г. В. Железняковым в 1947 г.*.

При слиянии потоков, обладающих различными продольными скоростями, по линии их соприкосновения начинают проявляться силы турбулентной вязкости, особенно заметно при слиянии потоков под углом друг к другу.

Под действием сил вязкости поверхность соприкосновения двух смежных потоков с разной продольной скоростью становится волнообразной, а это приводит к образованию вихрей. Так возникает вторичное течение, которое, согласно данным проф. А. С. Офицерова, может быть классифицировано как течение фрикционного типа. Наличие вторичного течения вносит определенные изменения в структуру смежных потоков, что влечет некоторое изменение и гидравлических параметров.

На современном этапе наших познаний о вторичных течениях теоретический анализ — дело весьма трудное, поэтому в основу рассмотрения данного вопроса был положен эксперимент.

Опыты были проведены в лесосплавной лаборатории Сибирского технологического института. Были исследованы прямолинейные прямоугольные русла с неоднородной шероховатостью по ширине потока, а также русло с полигональным поперечным профилем. Исследовали водотоки с параллельным расположением смежных отсеков (угол

* Г. В. Железняков. Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии. Гидрометеоиздат, М., 1950.

встречи потоков с разной продольной скоростью равен нулю), а также направленных под углом друг к другу.

Необходимость исследования косо направленных отсеков вполне очевидна, так как довольно часто встречаются такие условия, при которых практически невозможно расположить прорезь (или полосу расчистки) на регулируемом участке реки строго параллельно динамической оси потока основного русла. В этом случае динамическая ось потока основного русла и прорези (полосы расчистки от крупных камней) расположены под некоторым углом. Кинематическая картина при этом еще более сложна, а поперечный массообмен более интенсивен.

Исходное состояние потока при лабораторных опытах соответствовало равномерному спокойному режиму движения. Геометрические и гидравлические параметры моделей были приняты в соответствии с натурными данными по рекам Сибири.

Выполненные исследования показали, что при слиянии потоков с разной продольной скоростью в силу указанных причин возникают вихри с вертикальной осью вращения, которые затем перемещаются в сторону больших скоростей. Вторичное течение (в данном случае фрикционного типа) нарушает закон гидростатического распределения давлений. Возникающее компенсационное течение направлено на восстановление нарушенного равновесия и таким образом замыкает вторичное течение.

Вихревые объемы заполняются жидкостью обоих смежных отсеков, поэтому в русле, где имеет место градиент продольных скоростей, наблюдается постоянный поперечный массообмен между смежными отсеками потока.

Влияние смежных отсеков друг на друга диаметрально противоположно. Массы жидкости, переместившиеся из правого отсека в левый *, имеют меньшую продольную скорость, чем массы потока левого отсека. Они тормозят поток левого отсека, вызывая уменьшение его скоростей, так как значительная часть энергии потока левого отсека затрачивается на преодоление сопротивления обтекания вихрей и на сообщение массам жидкости дополнительной продольной скорости. Массы жидкости, переместившиеся из левого отсека в правый, оказывают обратное влияние на поток правого отсека, то есть скорости увеличиваются. Из сказанного следует, что процессы массообмена между смежными отсеками потока сопровождаются значительными потерями энергии, учитываемыми с помощью специальных коэффициентов φ и ψ. Скоростной коэффициент (коэффициент Шези) C для правого и левого отсеков, с учетом взаимодействия потоков, определится соответственно по формулам вида

$$C_п = C_{о.п} \cdot \psi; \tag{1}$$

$$C_л = C_{о.л} \cdot \varphi, \tag{2}$$

где $C_п$ — коэффициент Шези правого отсека с учетом взаимодействия смежных потоков;

$C_л$ — то же левого отсека;

$C_{о.п}$ — коэффициент Шези правого отсека без учета взаимодействия смежных потоков (плоский поток);

$C_{о.л}$ — то же левого отсека;

φ, ψ — коэффициенты, учитывающие влияние взаимодействия потоков соответственно в правом и левом отсеках.

* Будем считать, что правый отсек имеет меньшую продольную скорость потока, чем левый. Отсеки ориентированы по направлению течения потока.

Значения коэффициентов ψ и φ, применительно к руслам с неоднородной шероховатостью по ширине потока, могут быть определены по формулам

$$\psi = \left[1 + (0{,}10\varepsilon^2 + 0{,}015)\left(\frac{H}{K_s}\right)^4 \cdot e^{-\frac{4H}{3K_s}}\right] \cdot K_1; \quad (3)$$

$$\varphi = \left[1 + (0{,}18\varepsilon - 0{,}208)\left(\frac{H}{K_s}\right)^4 \cdot e^{-\frac{4H}{3K_s}}\right] \cdot K_2, \quad (4)$$

где ε — относительная ширина левого отсека (отношение его ширины к полной ширине русла);

H — глубина наполнения русла;

K_s — эквивалентная шероховатость правого отсека (отсек с повышенной шероховатостью);

e — основание натурального логарифма;

K_1, K_2 — коэффициенты, учитывающие угол встречи потоков смежных отсеков (соответственно правого и левого).

Расчетные зависимости (3) и (4) справедливы при $\varepsilon = 0{,}1 \div 0{,}8$. При параллельном расположении потоков в смежных отсеках (угол встречи равен нулю) численное значение коэффициентов K_1 и K_2 равно единице. При углах встречи потоков, отличных от нуля, численная величина осредненных коэффициентов K_1 и K_2 в первом приближении может быть определена по данным табл. 1.

Таблица 1

Угол встречи потоков, °	K_1	K_2
2—5	1,03	0,95
6—10	1,06	0,90
12—18	1,09	0.81
19—25	1,14	0,75

Значения коэффициентов взаимодействия для русел с полигональным поперечным профилем, при условии параллельного расположения потоков в смежных отсеках, можно принять соответственно равными: $\psi' = 1{,}02 \div 1{,}12$; $\varphi' = 0{,}80 \div 0{,}97$. Влияние угла встречи потоков на величину коэффициентов ψ' и φ' здесь не рассматривается.

Проведенные исследования показали, что поперечный массообмен между смежными отсеками связан с большими потерями энергии потока, в результате чего пропускная способность всего русла в целом может снижаться на 20—30%, а «гладкого отсека» (левый отсек) — до 40% и более. Вполне понятно, что проявление кинематического эффекта нельзя не учитывать при гидравлических расчетах водотоков со сложным сечением.

Все сказанное свидетельствует о том, что требуется дальнейшее глубокое изучение условий возникновения вторичных течений в руслах более сложных очертаний в плане и по поперечному сечению, количественная оценка этих явлений и т. д. Это предмет дальнейших наших исследований. Накопление экспериментального материала, возможно, позволит подойти к теоретическому решению данного вопроса.

Поступила 27 мая 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.383.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОПРОФИЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ УСОВ И ИХ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А. С. ВИШНЯКОВ

СевНИИП

Приведены результаты исследования микропрофилей лесовозных усов с различными типами покрытий, статистические характеристики и оценка воздействия микропрофиля на автомобиль.

Решение задач по определению допустимых скоростей движения по неровной дороге, осевых нагрузок и прочности дорожных одежд неразрывно связано с развитием теории взаимодействия автомобиля и дороги и, в частности, теории вертикальных колебаний подвески подвижного состава. Колебания движущегося автомобиля в основном возникают под влиянием дорожных неровностей, непрерывная последовательность которых составляет микропрофиль дороги. В настоящее время имеются значительные экспериментальные материалы по микропрофилям автомобильных дорог общего пользования [5], [3], [2], [7]. Имеются также данные по микропрофилям горных дорог [1] и трелевочных волоков [4].

В настоящей работе приводятся материалы о ровности лесовозных усов с покрытиями трех различных типов. Характеристика участков продольного профиля приведена в табл. 1. Для каждого типа покрытия на трех участках замерен также поперечный микропрофиль.

Таблица 1

Тип покрытия	Количество участков	Суммарная протяженность, *м*
Грунтохворост на поперечном настиле	5	1550
Ленточное покрытие ЛД-5	10	1500
Колейное железобетонное	2	1400

Покрытие из грунтохвороста на поперечном настиле выполнено следующим образом. На спланированное земляное полотно укладывают поперечный накат из бревен диаметром 20—25 *см* и длиной 5 *м*, затем хворостяную выстилку толщиной 5—10 *см* и засыпают местным грунтом.

Покрытие ЛД-5 представляет два гибких колесопровода, состоящих из щитов, соединенных металлическими шарнирами. Покрытие уложено на хворостяную подушку толщиной 10—15 *см*.

Колейное железобетонное покрытие состоит из плит П-2,5. Толщина песчаной подушки, уложенной на спланированное земляное полотно, 15—25 *см*.

Слабость основания на усах обусловливает большую деформацию покрытия. Реальный (силовой) профиль дороги при прокатывании по нему колеса автомобиля резко отличается от профиля дороги без нагрузки. Поэтому измеряли силовые неровности, представляющие профиль пути, построенный по нагруженному покрытию. Нагрузку создавали специальной тележкой, которую буксировали автомобилем с

остановками через определенные интервалы, равные шагу записи. меры и вес тележки позволяли имитировать нагрузку на покрытие ло 9 *Т*, создаваемую автомобилями типа МАЗ и КрАЗ на заднюю

Профиль получали дискретным методом с помощью стандар нивелира, реек и металлической мерной линейки. На дорогах с по тием ЛД-5 и железобетонными плитами рейки устанавливали н средственно на покрытие рядом с колесом нагрузочной тележки. участках с покрытием в виде грунтохвороста колесо находилось н лее, поэтому рейку устанавливали на специальных площадках, за ленных на оси тележки.

Длину участка выбирали из условий съемки и с учетом соотв вия распределения неровностей закону нормального распределе для дорог с покрытием ЛД-5 — 150 *м*, в виде грунтохвороста — 350 с колейным железобетонным — 700 *м*. На покрытии ЛД-5 шаг за равнялся 0,35 *м*, то есть половине длины щита, для остальных — 0, Опытные участки выбирали предпочтительно на горизонтальных стках дороги. После обработки данных нивелирования отфильтров ли низкочастотные составляющие случайной функции (уклона), влияющие на плавность хода автомобиля [3].

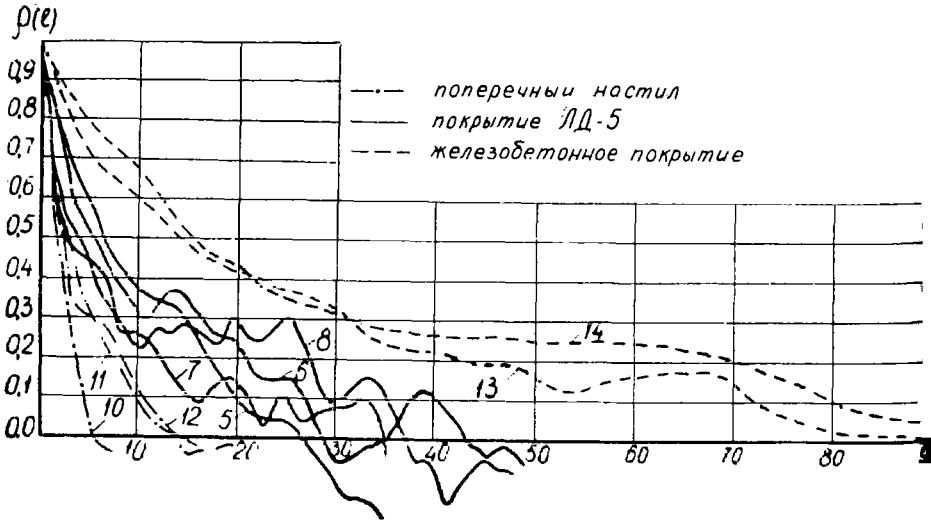


Рис. 1.

Математические ожидания, дисперсии, нормированные коррел ционные функции и спектральные плотности возмущающих функц вычисляли на ЭВМ Минск-32*. На рис. 1 представлено несколько но мированных корреляционных функций микропрофилей трех исслед ванных типов дорог.

Для аппроксимации корреляционной функции использовали а литическое выражение [6]

$$\rho(l) = e^{-\alpha|l|}\left(1 + b|l| + \sum_{k=1}^{m} a_k \cdot \sin \beta_k |l|\right),$$

* Программа составлена кафедрой сухопутного транспорта леса АЛТИ.

где α — коэффициент, характеризующий затухание;

β_k — коэффициент, характеризующий колебательный процесс,

$$\beta_k = \frac{\pi \cdot k}{L};$$

$1 + b\,|l|$ — полином, вводимый для улучшения сходимости ряда Фурье на границах;

m — число гармоник, зависящее от принятой точности аппроксимации;

a_k — коэффициенты ряда Фурье.

Данная зависимость позволяет аппроксимировать корреляционную функцию с любой точностью. По этому выражению удобно также составлять единую для всех участков программу для ЭВМ. Число гармоник характеризует количество основных длин неровностей и в каждом случае принимается в зависимости от вида экспериментальной кривой. Основным условием при выборе числа гармоник служила удовлетворительная аппроксимация при положительной спектральной плотности воздействия. На рис. 2 показана нормированная корреляционная функция шестого дорожного участка, аппроксимированная с точностью до 5 гармоник (кривая I) и до 15 гармоник (кривая II).

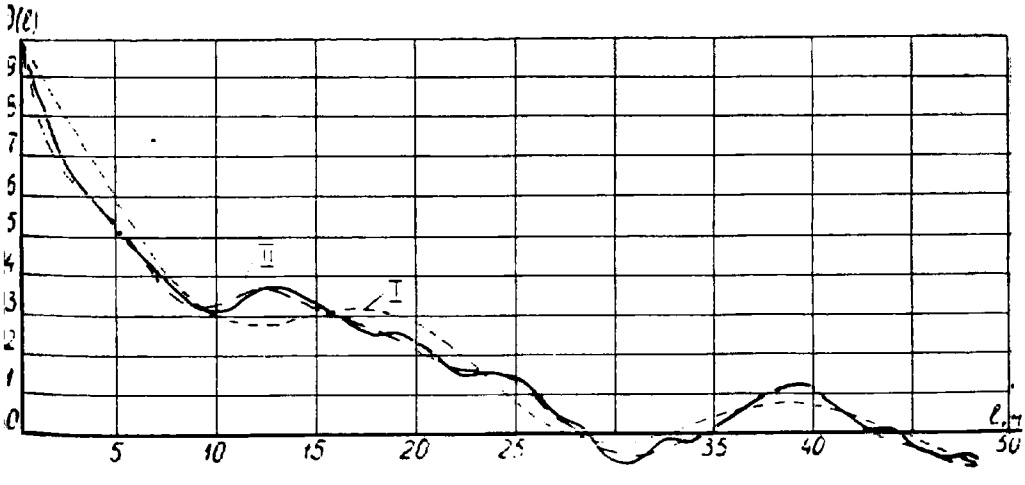


Рис. 2.

Анализ полученных материалов показывает, что в пределах рассмотренных типов временных автомобильных лесовозных дорог корреляционные функции (а следовательно, и спектральный состав) микропрофилей значительно различаются. Вместе с тем между корреляционными функциями, характеризующими рассмотренные типы дорог, выявляется достаточно ясная граница.

Дорогам с покрытием в виде грунтохвороста на поперечном настиле соответствуют корреляционные функции с наиболее крутым наклоном кривых (для них характерны короткие и высокие неровности), с покрытием ЛД-5 — пологие кривые, из железобетонных плит — наиболее пологие. Последним дорогам присущи длинные неровности значительной высоты.

В табл. 2 представлены статистические характеристики продольных и поперечных микропрофилей обследованных участков: дисперсия $Д$, среднеквадратическое отклонение σ, длина аппроксимирован-

Таблица 2

№ участка	Тип покрытия	Д, см²	σ, см	α, 1/см	b, 1/см	k	L, м
		Продольный профиль					
1	ЛД-5	56,00	7,49	0,1653	—0,022	2	24,5
2		81,57	9,03	0,0476	—0,047	2	52,5
3		28,13	5,30	0,3247	—0,880	2	14,0
4		41,33	6,43	0,1237	—0,446	2	35,0
5		48,49	6,96	0,1226	—0,479	6	35,0
6		63,77	7,99	0,0908	—0,172	5	48,65
7		32,24	5,68	0,099	—0,074	2	35,0
8		34,97	5,91	0,0713	—0,097	2	48,65
18		27,39	5,23	0,3127	—0,383	6	10,5
19		69,83	8,36	0,1208	—0,201	6	11,5
9	Грунтохворост на поперечном настиле	65,94	8,12	0,0437	—0,019	6	70,0
10		34,72	5,89	0,6154	—0,642	6	7,0
10А		25,91	5,09	0,8075	—0,629	2	5,5
11		104,98	10,25	0,2837	—0,193	4	15,5
12		75,98	8,72	0,2358	—0,204	6	20,0
13	Колейное железобетонное	58,15	7,63	0,0407	—0,155	2	90,0
14		84,57	9,20	0,0287	—0,005	6	90,0
		Поперечный профиль					
15	ЛД-5	34,15	5,84	0,2352	—0,391	6	17,5
16	Грунтохворост на поперечном настиле	65,80	8,11	0,1485	—0,173	6	25,0
17	Колейное железобетонное	19,61	4,43	0,1734	—	2	—

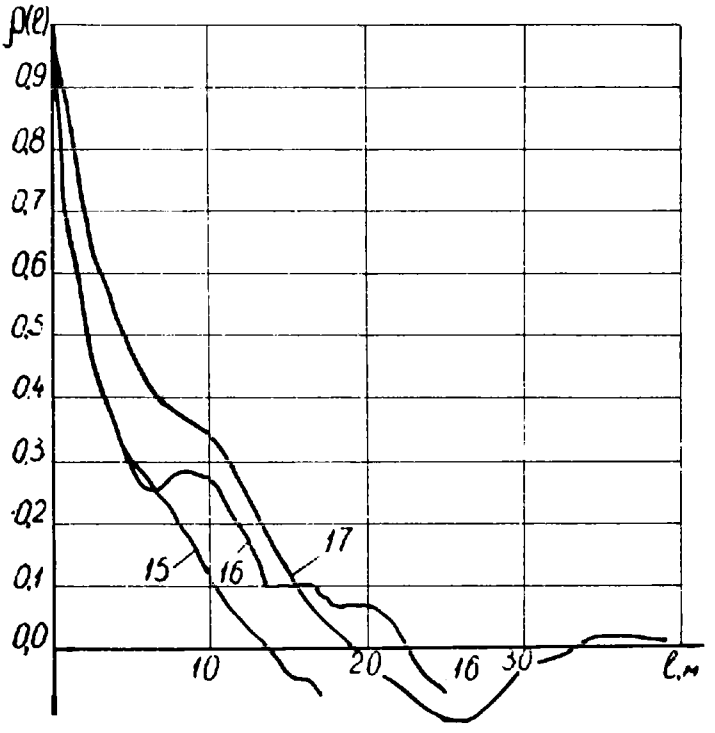


Рис. 3.

ного участка корреляционной функции L и некоторые коэффициенты аппроксимирующей зависимости [5].

Нормированные корреляционные функции поперечного профиля, рассчитанные тем же методом, что и для продольного, представлены на рис. 3. Из графиков видно, что поперечный профиль обладает малой корреляционной связью, то есть имеет короткие неровности. Наибольшие по высоте поперечные неровности присущи дорогам с поперечным настилом, затем с покрытием ЛД-5 и с колейным железобетонным.

В теории случайных функций установлена связь между корреляционной функцией и спектральной плотностью. В комплексной форме эта зависимость выражается формулой Винера — Хинчина

$$S_\omega = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} R(\tau)\cdot e^{i\omega\tau}\cdot d\tau, \qquad (2)$$

где $R(\tau)$ — ненормированная корреляционная функция.

В нашем случае спектральная плотность при аппроксимации корреляционной функции в виде (1) выразится формулой [6]

$$S_\omega = \frac{Д}{\pi}\left[\frac{a\cdot v}{\alpha^2\cdot v^2+\omega^2} + \frac{b\cdot v\,(\alpha^2\cdot v^2-\omega^2)}{(\alpha^2\cdot v^2+\omega^2)^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{\pi\cdot v}{L}\sum_{k=1}^{m} a_k\cdot k\,\frac{\alpha^2\cdot v^2-\omega^2+\frac{\pi^2\cdot k^2\cdot v^2}{L^2}}{(\alpha^2\cdot v^2+\omega^2)^2+\frac{\pi^2\cdot k^2\cdot v^2}{L^2}\left(2\alpha^2\cdot v^2-2\omega^2+\frac{\pi^2\cdot k^2\cdot v^2}{L^2}\right)}\right]. \qquad (3)$$

Спектральная плотность воздействия характеризует распределение дисперсии по частотам. Для сравнения воздействия исследованных типов дорог рассмотрим нормированные спектральные плотности трех участков при скорости движения 10 *км/час* (рис. 4). Как видно, на участке с покрытием из грунтохвороста (участок 10) кривая энергетического спектра почти не изменяется и приближается к кривой спектра «белого шума». Кривая 8 (участок с покрытием ЛД-5) имеет два заметных максимума, вследствие этого расширяется частотный диапазон, на протяжении которого можно ожидать увеличение колебаний автомобиля. Наиболее круто изменяется кривая для участка дороги с железобетонным покрытием (кривая 14), что свидетельствует о плотности дисперсии в низкочастотной части энергетического спектра.

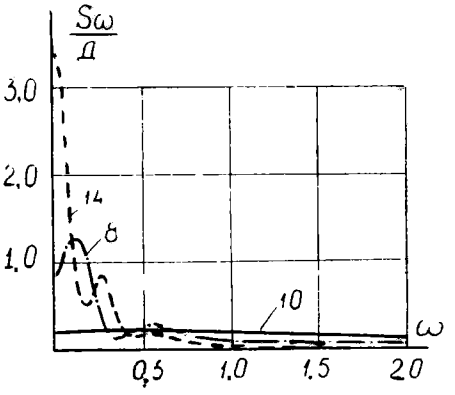


Рис. 4.

Зная спектральную плотность воздействия микропрофиля и все параметры автомобиля, можно определить величины его колебаний и ускорений и динамическое воздействие на путь. Известно, что высота неровностей и их длина по-разному влияют на энергетический спектр и колебания автомобиля.

Таблица 3

№ участка	Дисперсия неровностей, $см^2$	Дисперсия колебаний кузова, *см*, при скорости *v*, *км/час*				$\frac{Д_{v=20}}{Д_{v=5}}$
		5	10	15	20	
10	34,72	41,88	47,80	51,85	62,57	1,50
5	48,49	50,38	52,64	54,75	56,78	1,12
14	84,57	83,36	86,37	88,43	90,24	1,08

Влияние дисперсии неровностей микропрофиля на колебания подрессоренных масс МАЗ-509 показано в табл. 3.

Из таблицы видно, что несмотря на более пологую корреляционную функцию и узкую спектральную плотность, участок 14 (железобетонное покрытие) вызывает значительные колебания подрессоренной массы, так как обладает большой дисперсией высот неровностей.

Высота неровностей влияет на спектральную плотность и колебания автомобиля линейно, поэтому при увеличении скорости на дорогах с частотным спектром наблюдается резкое увеличение колебаний. Дисперсия колебаний кузова участков 10; 5; 14 при скорости движения 20 *км/час* выше соответственно в 1,5; 1,12; 1,08 раза, чем при скорости 5 *км/час*. Отсюда следует, что ускорения колебаний масс кузова и колеса, а следовательно, и динамические усилия в системе дорога — автомобиль будут расти еще более круто.

На рис. 5 представлены графики, характеризующие максимальные динамические воздействия (без учета статической нагрузки) на путь от заднего колеса автомобиля МАЗ-509 для различных типов лесовозных усов при разных скоростях движения.

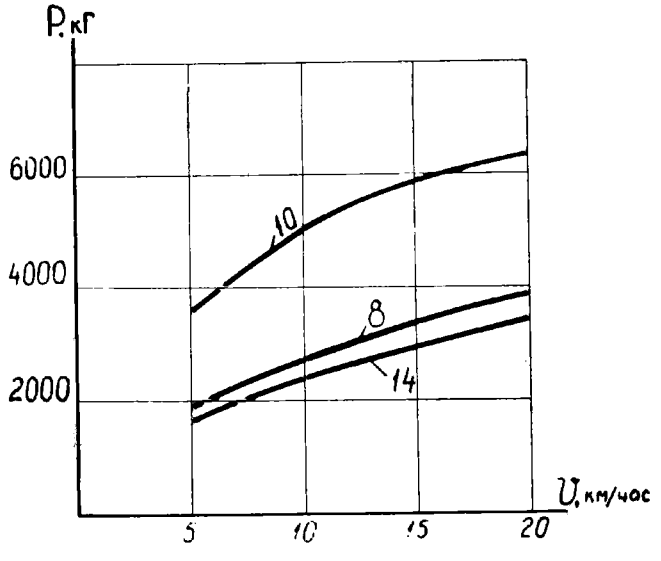


Рис. 5.

Сравнение данных табл. 3 и рис. 5 позволяет наглядно определить, что высота неровностей влияет пропорционально на энергетический спектр и величину колебаний масс кузова и колеса. Длина неровностей оказывает более сильное и сложное влияние на энергетический спектр, а следовательно, на скорость и ускорение колебаний автомо-

биля. Если по данным табл. 3 участок 14 имеет худшие показатели ввиду большой дисперсии неровностей, то по динамическому воздействию на путь, наоборот, лучшие. При движении же на дороге с покрытием в виде поперечного настила динамическая добавка воздействия на путь довольно значительна даже при скорости движения 5 *км/час*.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Г. Гастев, Н. И. Библюк, Б. В. Билык. Исследование статистических характеристик микропрофиля горных лесовозных автомобильных дорог. Межведомственный сборник II, «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность», Киев, 1965. [2]. И. Г. Пархиловский. Исследование вероятностных характеристик поверхностей распространенных типов дорог и их сравнительный анализ. Труды семинара по подвескам автомобилей, вып. 15, НАМИ, 1968. [3]. Я. М. Певзнер, А. А. Тихонов. Результаты обследования микропрофилей основных типов автомобильных дорог. Труды семинара по подвескам автомобилей, вып. 8, НАМИ, 1965. [4]. Ю. Е. Рыскин. Особенности микропрофиля трелевочных волоков и их статистических характеристик. Труды ЦНИИМЭ, 103, Химки, 1970. [5]. А. А. Сплаев. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин. Машгиз, 1963. [6]. Б. В. Уваров, В. В. Щелкунов, В. И. Жабин. О характеристиках случайных функций. Труды АЛТИ, вып. XXVIII, Архангельск, 1971. [7]. Н. Н. Яценко, О. К. Прутчиков. Плавность хода грузовых автомобилей. М., 1969.

Поступила 16 декабря 1971 г.

УДК 656.35

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОМЕТРИИ ПРОВИСАНИЯ КАНАТОВ

Л. В. КОРОТЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Дан метод расчета угла α между касательной к кривой провеса ненагруженного сосредоточенной нагрузкой каната (нити) и горизонталью по силе натяжения каната T.

При расчете трелевочных тросовых установок, канатных подвесных дорог, кабельных кранов и гибких нитей различного назначения по методу параболы угол α между касательной к кривой провеса ненагруженного сосредоточенной нагрузкой каната (нити) и горизонталью (рис. 1) определяют обычно по известной формуле

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\beta + \frac{g(l-2x)}{2H\cos\beta}, \qquad (1)$$

где β — угол между хордой кривой провеса троса AB и горизонталью, *град*;

g — вес 1 *пог. м* каната, *кГ*;

l — величина пролета, *м*;

x — расстояние от оси ординат до интересующей нас точки M на кривой провеса каната, считая по линии, параллельной оси абсцисс, *м*;

H — горизонтальная составляющая силы натяжения каната T, *кГ*.

Практическое пользование этой формулой нередко затрудняется тем, что значение составляющей H бывает неизвестно и не может быть замерено прямым способом. В некоторых случаях, особенно при тросовой трелевке леса, требуется, наоборот, определить саму составляющую H по углу α. Однако аналитический способ расчета величины этого угла при неизвестной силе H отсутствует.

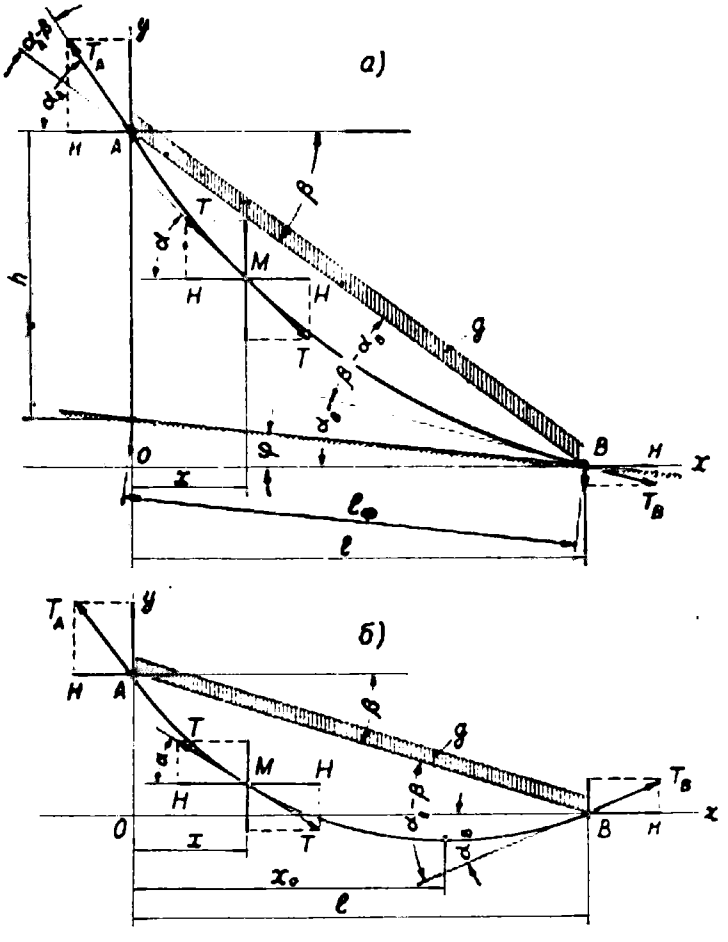


Рис. 1.

Величина угла α может быть вычислена не только по составляющей H, но и по взаимосвязанной с ней через этот угол силе натяжения каната T, которая либо известна (например, тяговое усилие в тросе лебедки канатной трелевочной установки), либо легко может быть замерена. Поэтому для определения угла α при неизвестной H выразим величину этого угла через известное усилие T.

Из рис. 1 $H = T\cos\alpha$. Тогда формулу (1) можно переписать в таком, несколько преобразованном, виде:

$$\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta = \frac{g(l - 2x)}{2T\cos\alpha\cdot\cos\beta}. \qquad (2)$$

Из тригонометрии известно, что

$$\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos\alpha\cdot\cos\beta}. \qquad (3)$$

Приравняв правые части двух последних равенств и сделав необходимые сокращения и преобразования, получим довольно простую формулу для определения угла α через силу натяжения каната T

$$\sin(\alpha - \beta) = \frac{g(l - 2x)}{2T}. \quad (4)$$

При $x = 0$ $\sin(\alpha - \beta) = \sin(\alpha_A - \beta) = \frac{gl}{2T_A}$. При $x = \frac{l}{2}$ $\sin(\alpha - \beta) = 0$, $\alpha - \beta = 0$ и $\alpha = \beta$, что говорит о справедливости полученной формулы. При $x = l$ $\sin(\alpha - \beta) = \sin(\alpha_B - \beta) = -\frac{gl}{2T_B}$, или $\sin(\beta - \alpha_B) = \frac{gl}{2T_B}$.

В случае трелевки леса по полуподвесной одномачтовой системе (рис. 1, *а*)

$$l = l_ф \cos\varphi, \quad (5)$$

где $l_ф$ — фактическое расстояние между пачкой и мачтой, *м*;
φ — уклон волока, *град.*

Угол β в формуле (4) в общем случае определится из соотношения (рис. 1, *а*)

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{h \quad l_ф \sin\varphi}{l} = \frac{h}{l} \pm \operatorname{tg}\varphi, \quad (6)$$

где h — высота подвески или крепления каната на более высокой опоре над уровнем земли, *м*.

При $\varphi = 0$ или разности высот опор, равной h (рис. 1, *б*),

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{h}{l}. \quad (7)$$

При $\alpha = 0$ по формуле (4) можно с более высокой точностью найти абсциссу вершины провеса каната (вершину параболы) x_0 — рис. 1, *б*

$$x_0 = \frac{l}{2} + \frac{T}{g}\sin\beta. \quad (8)$$

Полученная нами формула (4) многократно использована в научных исследованиях по тросовой трелевке леса и рекомендуется для практического применения при расчете канатных установок и гибких нитей вообще по методу параболы.

Поступила 28 декабря 1971 г.

УДК 621.4

РАБОТА ДВИГАТЕЛЯ Д-75Т НА СЖИЖЕННОМ ГАЗЕ

Ш. М. ГОХМАН, Н. А. ГУЦЕЛЮК, В. Д. КОНЫШЕВ, Н. Н. СТРАТОНОВИЧ

Уральский лесотехнический институт

Исследованы параметры двигателя Д-75Т, переведенного на питание сжиженным газом, и показана возможность и целесообразность такого перевода.

Газовые двигатели имеют преимущество перед двигателями жидкого топлива по таким показателям, как моторесурс, срок службы картерного масла, токсичность отработанных газов, затраты на ремонт и эксплуатацию. Они более экономичны и имеют высокую удельную литровую мощность.

Главлеспромом было предложено «Свердлеспрому», совместно со Свердловским научно-исследовательским институтом лесной промышленности и Уральским лесотехническим институтом исследовать рабо-

ту двигателей лесотранспортных машин на сжиженном газе. Сотрудники кафедры тяговых машин УЛТИ изучали работу двигателя Д-75Т, переведенного на питание сжиженным газом.

Из всех известных способов использования газа в дизелях [1], [2] для транспортных средств наиболее целесообразно переоборудование дизелей для работы по чисто газовому процессу. Такие двигатели позволяют наиболее полно использовать все преимущества газового топлива, а по показателям работы они мало отличаются от специальных газовых двигателей. К тому же отсутствует необходимость в двух системах топливоподачи. Переоборудование Д-75Т в газовый с искровым зажиганием заключалось в демонтаже топливного насоса высокого давления, форсунок, топливного фильтра и топливопроводов высокого и низкого давления. Вместо этого на двигателе было установлено батарейное зажигание. Привод прерывателя-распределителя осуществлялся от валика привода топливного насоса. В гнездах форсунок установлены свечи зажигания. Всасывающий коллектор заменен специальным коллектором с газовым смесителем. Система питания двигателя для снабжения сжиженным газом состояла из двух баллонов, от которых газ под высоким давлением поступал к испарителям, омываемым теплой водой системы охлаждения. Для снижения давления газа после испарителя установлен редуктор, от которого газ через счетчик расхода поступает к смесителю. Давление газа контролировалось манометрами высокого и низкого давления. В системе питания двигателя была использована серийная газовая аппаратура автомобиля ГАЗ-51Ж.

Двигатель испытывали на специально оборудованном стенде с гидротормозом типа Д-4. Температуру воды на входе и выходе из двигателя контролировали с помощью термометров. Разрежение во всасывающей трубе определяли ртутным манометром. Угол опережения зажигания замеряли моментоскопом. Температуру выхлопных газов замеряли термопарами и регистрировали на самопишущем милливольтметре. Для поддержания оптимальной температуры масла стенд оборудован специальным масляным радиатором. Перед испытанием переоборудованного двигателя была снята внешняя скоростная характеристика двигателя, работающего на дизельном топливе. При этом получены следующие значения основных параметров: мощность $N_{e\,пот} = 76{,}4$ *л. с.* (при числе оборотов коленчатого вала $n = 1500$ *об/мин*), крутящий момент $M_{кр\,max} - 38{,}2$ *кГм* (при $n = 1150$ *об/мин*), удельный расход топлива $g_e = 194$ *г/э. л. с. ч* при $N_{e\,пот}$. Эти параметры были приняты за 100% для сравнения с аналогичными параметрами этого же двигателя, переведенного на питание сжиженным газом.

Использовали газ следующего состава (%): этан-этилен — 2,5; пропан-пропилен — 88,6; бутан-бутилен — 8,9. Степень сжатия принимали равной 7,1; 8,1; 9,1; 9,6. Необходимое изменение степени сжатия достигалось постановкой прокладок соответствующей толщины между головкой блока и блоком. Оптимальное значение степени сжатия составило 9,1.

На расход топлива, как известно, сильно влияют параметры газового смесителя, в частности, диаметры распылителя и диффузора. Для определения оптимальных значений этих параметров испытаны двигатели с различными диаметрами диффузора (30,5; 32,5; 34,0 *мм*) и распылителя (11,3; 13,0 и 14,5 *мм*); степень сжатия 9,1; $n = 1500$ *об/мин*. Результаты приведены в табл. 1. При работе двигателя с диффузором 34 *мм* наблюдалась детонация.

Таблица 1

Диаметр диффузора, *мм*	Диаметр распылителя, *мм*	Мощность, *л. с.*	Удельный расход, *г/э.л.с.ч*	Разрежение во всасывающем коллекторе	Температура выхлопных газов, °С
30,5	11,3	58,0	295	95,6	432
	13.0	85,6	224	86,8	524
	14,5	84,2	228	91,2	499
32,5	11,3	83,2	176	76	527
	13,0	89,9	200	71	518
	14,5	88,2	213	74,4	512

Наилучшие по мощности и удельному расходу топлива результаты получаются для диаметра диффузора 32,5 *мм*. Применение распылителя диаметром 13 *мм* дает наибольшую мощность, а диаметром 11,3 *мм* — наибольшую экономичность.

При использовании газового двигателя (по сравнению с дизельным) в варианте наибольшей мощности мощность увеличивается на 17,7%, а удельный расход топлива на 3,2%; в варианте наибольшей экономичности мощность повышается на 8,9%, а удельный расход топлива снижается на 7%. С точки зрения получения максимальной мощности наилучшими параметрами для степени сжатия 9,1 являются: диаметр диффузора 32,5 *мм*, распылителя — 13 *мм*. Для этих условий была снята внешняя характеристика двигателя (рис. 1).

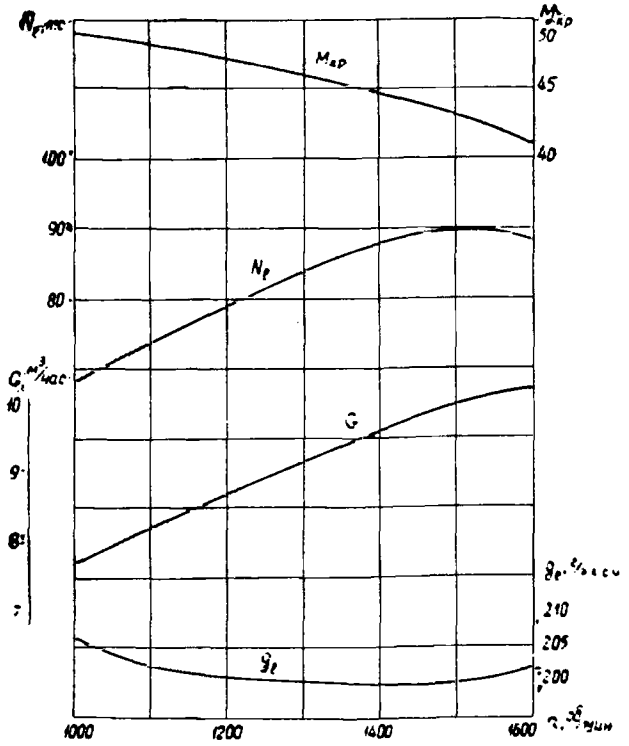


Рис. 1.

Эти результаты получены для двигателя Д-75Т, камера сгорания которого была изменена путем увеличения выходного отверстия пред-

камеры. Испытания двигателя на сжиженном газе без изменения формы камеры сгорания проводили со степенями сжатия 8,84 и 7,94. При степени сжатия 8,84 двигатель развивал максимальную мощность 82,5 *л. с.*, во время работы наблюдалась сильная детонация; при сжатии 7,94 — 78,5 *л. с.*, детонация наблюдалась только в случае больших нагрузок. Таким образом, детонация наступает при меньшей степени сжатия, чем у двигателя с измененной камерой сгорания.

Увеличение мощности двигателя, работающего на газе, сопровождается повышенным теплообразованием. С целью проверки соответствия системы охлаждения двигателя новым условиям работы его испытывали на трех скоростных режимах: 1000, 1250 и 1500 *об/мин*. Угол опережения зажигания подбирали оптимальным для каждого режима. Температуру воздуха поддерживали в пределах 35—40°С. Время работы двигателя отсчитывали с момента, когда температура воды в системе охлаждения достигала 85°С. Опыт заканчивали, если температура воды повышалась до 100°С или появлялась сильная детонация.

Результаты испытаний показали, что при $n = 1000$ *об/мин* перегрев двигателя наступал через 51 *мин*, а при $n = 1250$ *об/мин* — через 38 *мин*.

Во время работы на этих режимах наблюдалась детонация, которая появлялась при температуре воды около 95°С. У двигателя, работающего на режиме максимальной мощности ($n = 1500$ *об/мин*), температура воды в системе охлаждения повышалась до 98°С в течение 6 *мин*, и дальнейшая работа оказывалась невозможной из-за сильной детонации, признаки которой появлялись уже при температуре воды 85—90°С.

Таким образом, на режиме максимальной мощности система охлаждения не обеспечивала продолжительной нормальной работы двигателя.

Тот факт, что детонация наблюдалась на умеренном температурном режиме системы охлаждения, можно объяснить наличием местных перегревов стенок камеры сгорания из-за неудовлетворительного отвода тепла от них с охлаждающей водой. Для увеличения коэффициента теплоотдачи от поверхностей деталей было решено увеличить скорость движения охлаждающей воды в водяной рубашке двигателя. С этой целью была повышена производительность водяного насоса путем наращения числа оборотов.

Необходимое повышение производительности определяли из условия сохранения температурного режима системы охлаждения на уровне, установленном заводом для дизеля (95°С). Учитывая одновременное увеличение производительности вентилятора и соответствующее повышение коэффициента теплопередачи в радиаторе, перепад температур в последнем принимали неизменным.

Теплоотдача в охлаждающую воду возрастала пропорционально эффективной мощности, то есть на 17%. Число оборотов крыльчатки

Таблица 2

Параметры	Стандартный привод	Измененный привод
Диаметр ведущего шкива, *мм*	146	170
Диаметр ведомого шкива, *мм*	90	90
Число оборотов ведущего шкива, *об/мин*	1500	1500
Число оборотов ведомого шкива (крыльчатки), *об/мин*	2430	2840
Передаточное отношение	1,62	1,89

насоса было повышено в 1,17 раза в связи с увеличением диаметра ведущего шкива ременной передачи. Некоторые параметры системы охлаждения с серийным и измененным приводом даны в табл. 2.

Двигатель с измененной системой охлаждения работал на режиме максимальной мощности продолжительное время (более 1 *часа*) при температуре окружающего воздуха 38—40°С. Температура охлаждающей воды на выходе из двигателя установилась на уровне 95°С. Во время работы двигателя с модернизированной системой охлаждения детонация практически отсутствовала.

Результаты приведенных исследований позволяют сделать вывод о целесообразности перевода двигателя Д-75Т на питание сжиженным газом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. К. Коллеров. Газовые двигатели поршневого типа. Изд-во «Машиностроение», Л., 1968. [2]. Б. Н. Семенов. О переводе двигателей с воспламенением от сжатия на сжиженный газ. Журн. «Автомобильная промышленность» № 8, 1961.

Поступила 23 февраля 1972 г.

УДК 656.065.3

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ НОРМ РАСХОДА ТОПЛИВА УЗКОКОЛИЙНЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

А. В. ДУРОВ, Ю. Н. КРАСИЛЬНИКОВ, О. Д. ОРЛЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

В статье излагается методика определения параметров, входящих в уравнение для расчета исходных норм расхода топлива для тепловозов с механической передачей, и порядок расчета этих норм. Разработанная методика была использована для определения исходных норм расхода топлива тепловозами ТУ6 и позволила получить результаты, достаточно близкие к опытным данным.

Для тепловозов широкой колеи с электропередачей и электровозов разработаны теоретические основы методики нормирования расхода топлива и электроэнергии [4] и создана инструкция по применению норм [3], в основу которой положены средняя техническая скорость движения и вес поезда. Весьма скудный материал по тягово-теплотехническим качествам узкоколейных тепловозов [5] затрудняет нормирование расхода топлива. Условия эксплуатации узкоколейных тепловозов характеризуются односторонностью грузопотоков, неполным использованием полезной грузоподъемности прицепного состава и тяговых качеств тепловозов, худшим состоянием и более трудным профилем пути, относительно малой длиной перегонов, худшей организацией использования тепловозов. Средняя техническая скорость движения узкоколейных тепловозов на магистрали составляет 20—30 *км/ч* [6], [2], а дизели тепловозов работают преимущественно с неполной нагрузкой, что отрицательно влияет на их топливную экономичность.

В связи с этим необходимо разработать методику аналитического определения расхода топлива для узкоколейных тепловозов при поездной работе. Предлагаемая методика основана на установлении исходных норм, согласно уравнению [1]

$$n_0 = \frac{2{,}34 \cdot W_0}{\eta} \cdot \frac{P+Q}{Q} \; кГ/10^4 \; Ткм, \tag{1}$$

где P — вес тепловоза, T;
Q — вес состава брутто (только вагонов), T;
η — общий к.п.д. тепловоза, отнесенный к ободу колес;
W_0 — основное удельное сопротивление движению поезда, $кГ/T$.

Исходные нормы относятся к движению тепловоза по прямому горизонтальному участку пути с постоянной скоростью [1].

Использование уравнения (1) в практических расчетах для тепловозов узкой колеи осложняется отсутствием данных о величине общего к.п.д. в зависимости от определяющих его параметров. Ниже приводится методика определения η применительно к тепловозам, снабженным механической передачей. Для этого необходимо иметь: кинематическую схему силовой передачи и ее общие передаточные числа на всех передачах, внешнюю и нагрузочную характеристики дизеля, тяговую характеристику тепловоза, а также к.п.д. силовой передачи на каждой ступени.

Значение η находят из уравнения

$$\eta = \beta \cdot \eta_e \cdot \eta_п, \tag{2}$$

где β — коэффициент, учитывающий расход мощности дизеля на привод вспомогательных механизмов;
η_e — эффективный к.п.д. дизеля;
$\eta_п$ — к.п.д. силовой передачи.

Величину η_e рассчитывают по уравнению

$$\eta_e = \frac{632 \cdot N_e}{G_т \cdot h_н} = \frac{632}{g_e \cdot h_н}, \tag{3}$$

где N_e — эффективная мощность дизеля, *л. с.*;
$h_н$ — низшая теплотворность дизельного топлива ($h_н = 10000 \div 10\,300$ *ккал/кГ*);
$G_т$, g_e — часовой (*кГ/ч*) и удельный $\left(\frac{кГ}{э.\ л.\ с.\ ч}\right)$ расходы топлива.

Величина η_e является основным сомножителем в уравнении (2), определяющим η, а следовательно, и исходную норму n_0, так как она подвергается наибольшему изменению в зависимости от нагрузочного и скоростного режимов работы дизеля. Удельный расход топлива g_e, обратно пропорциональный величине η_e, обычно представляют графиком зависимости g_e от оборотов дизеля n (*об/мин*) и степени его загрузки % N_e

$$\%N_e = \frac{N_e}{N_{e\,max}} \cdot 100. \tag{4}$$

Число оборотов дизеля, соответствующее данной нагрузке его, можно подсчитать, исходя из следующего. Скорость тепловоза v (*км/ч*) определяется через диаметр колес $D_к$ (*м*) и число их оборотов $n_к$ (*об/мин*) по выражению

$$v = \frac{\pi D_к \cdot 60}{1000} \cdot n_к = 0{,}1884 \cdot D_к n_к. \tag{5}$$

Обозначив общее передаточное число от дизеля к колесам тепловоза через $i = \frac{n}{n_к}$ и подставив значение $n_к$ в формулу (5), получим

$$n = \frac{v \cdot i}{0{,}1884 \cdot D_к}. \tag{6}$$

Подставляя в формулу (6) величину i, подсчитанную для различных ступеней коробки передач, получим обороты дизеля, соответствующие данной скорости движения (с учетом включенной передачи) и его загрузке % N_e.

Коэффициент β в формуле (2) характеризует затраты мощности $N_в$ на привод вспомогательных механизмов как самого дизеля (вентилятор, воздухоочиститель, глушитель и др., обычно демонтируемые при испытании двигателя), так и всего тепловоза (компрессор и пр.).

$$\beta = \frac{N_e - N_в}{N_e} = 1 - \frac{N_в}{N_e}. \qquad (7)$$

Коэффициент $\eta_п$ в уравнении (2) учитывает механические и гидравлические потери в силовой передаче тепловоза при передаче мощности от дизеля к колесам

$$\eta_п = \frac{N_к}{\beta N_e} = \frac{\beta N_e - N_п}{\beta N_e} = 1 - \frac{N_п}{\beta N_e}, \qquad (8)$$

где $N_к$ — касательная мощность, *л. с.*;

$N_п$ — мощность, потерянная в силовой передаче, *л. с.*

Величина $\eta_п$ может быть определена аналитически с учетом последовательно-параллельного распределения мощности или сопоставлением величин крутящего момента дизеля M_e по внешней скоростной характеристике и момента на колесах $M_к$ по тяговой характеристике тепловоза, полученной экспериментально, из соотношения

$$\eta_п = \frac{M_к}{M_e \cdot \beta \cdot i} = \frac{F_к \cdot D_к}{2M_e \cdot \beta \cdot i}, \qquad (9)$$

где $F_к$ — максимальная касательная сила тяги на данной передаче, *кГ*.

Отметим, что величины $\eta_п$, найденные последним способом, дают наиболее точные результаты (табл. 1).

Таблица 1

Серия тепловоза	Марка дизеля	N_e, *л. с.*	M_e, *кГм*	$\eta_п$	W'_0, *кГ/Т*
МД54	Д54	54	36	0,79 — 0,81	$W'_0 = 3{,}7 + 0{,}08v$
ТУ6	АМ41	90	45	0,75 — 0,8	$W'_0 = 3{,}6 + 0{,}018v + 0{,}0032v^2$

Из таблицы следует, что в широком диапазоне скоростей, крутящих моментов на колесах и передач коэффициент $\eta_п$ изменяется незначительно (0,75—0,81) и в расчетах может быть практически постоянным для данной серии тепловоза.

Величина W_0 в уравнении (1) определяется по формуле

$$W_0 = (W'_0 P + W''_0 Q)\frac{1}{P + Q} \ кГ/Т, \qquad (10)$$

где W'_0 и W''_0 — основное удельное сопротивление движению тепловоза и прицепного состава, *кГ/Т*.

Величины W'_0 и W''_0 находят по графикам $W'_0 = f_1(v)$ и $W''_0 = f_2(v)$ или по эмпирическим формулам [6], приведенным в

табл. 1. Для вагонов-сцепов ЦНИИМЭ — АВЗ, снабженных подшипниками скольжения, W_0'' определяется по уравнению [1]

$$W_0'' = 0{,}94 + 0{,}21v \quad кГ/Т. \tag{11}$$

Все расчеты по установлению исходных норм расхода топлива выполняются для прямого горизонтального участка пути при средних технических скоростях от 5 *км/ч* до максимальной (с интервалом через 5 *км/ч*). Вес состава (брутто) берется от 20 *Т* до наибольшего, определяемого по тяговой характеристике при движении тепловоза на данной передаче с заданной скоростью, по выражению

$$Q = \frac{F_к}{W_0} - P.$$

Порядок расчета исходных норм расхода топлива для различных Q и v рекомендуется следующий.

1. Для принятой скорости движения по графикам $W_0' = f_1(v)$, $W_0'' = f_2(v)$ или приведенным выше формулам определяем W_0' и W_0''. Зная вес состава Q и тепловоза P, по уравнению (10) подсчитываем W_0.

2. Касательная мощность тепловоза

$$N_к = \frac{(P+Q)\cdot W_0}{270}\cdot v \ л.\ с.$$

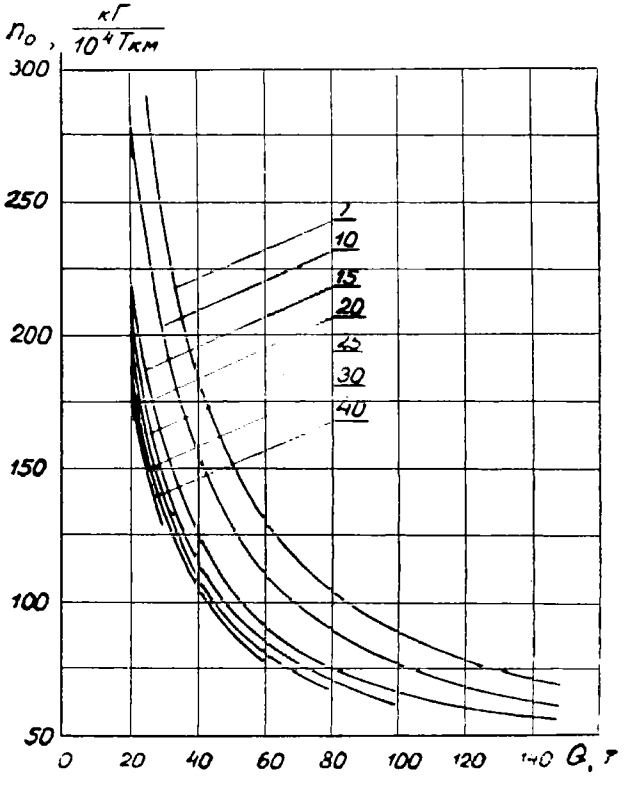


Рис. 1. Расход топлива на 10^4 *Ткм* тепловозом ТУ6 при движении по прямому горизонтальному участку пути в зависимости от веса поезда и скорости движения (цифры у кривых — скорость движения).

3. Используя приведенные выше рекомендации, в соответствии с кинематической схемой тепловоза находим $\eta_п$.

4. Для принятой скорости по уравнению (8) определяем мощность N_e, необходимую для движения поезда весом $P + Q$. В расчетах можно принимать $\beta = 0{,}90 - 0{,}95$.

5. Число оборотов дизеля, соответствующее принятой скорости и его загрузке при движении тепловоза на данной передаче, вычисляем по формуле (6).

6. Зная обороты дизеля, по его внешней скоростной характеристике $N_e = f(n)$ определяем мощность при полной нагрузке $N_{e max}$, а затем по соотношению (4) находим степень загрузки дизеля $\% N_e$.

7. По графику $g_e = f(\% N_e, n)$ устанавливаем g_e, а по уравнению (3) — η_c

8. Общий к.п.д. тепловоза η определяем по формуле (2). Подставляя в выражение (1) величины P, Q, η и W_0, подсчитываем норму n_0.

Все результаты подсчетов заносим в таблицу, по данным которой строим график $n_0 = f(Q, v)$ — теплотехнический паспорт тепловоза.

Разработанная нами методика была использована для определения исходных норм расхода топлива тепловозами ТУ6 (рис. 1) и позволила получить результаты, достаточно близкие к опытным данным [6], [2].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. В. Дуров. Об эксплуатационной топливной экономичности лесовозных узкоколейных тепловозов при поездной работе. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [2]. А. В. Дуров, Ю. Н. Красильников, О. Д. Орленко, Н. Н. Смирнов. Инструкция по применению временных технических норм расхода топливо-смазочных материалов для лесовозных узкоколейных тепловозов. Архангельск, 1970. [3]. Инструкция по техническому нормированию расхода электрической энергии и топлива тепловозами на тягу поездов. Изд-во «Транспорт», 1968. [4]. В. С. Молярчук. Теоретические основы методики нормирования расхода топлива и электроэнергии для тяговых средств транспорта. Изд-во «Транспорт», 1966. [5]. Правила тяговых расчетов для поездной работы. Изд-во «Транспорт», 1969. [6]. Разработка норм расхода топлива для узкоколейных тепловозов ТУ5 и ТУ6. Отчет по теме НИСа АЛТИ, 1970.

Поступила 23 февраля 1972 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.047.3.56.001 : 51

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ В КАМЕРАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В. Ф. СМОЛИН

Ленинградская лесотехническая академия

На основании закона сохранения массы вещества, экспериментальных исследований и принятых допущений составлено математическое описание процесса сушки древесины в камерах непрерывного действия. Приведены решения полученных уравнений и соответствующие выводы.

Математическое описание камеры непрерывного действия основано на законе сохранения массы вещества и дополнено экспериментальными данными.

В соответствии со специфическими свойствами и условиями сушки древесины приняты следующие допущения: 1) пиломатериал входит в камеру и выходит из нее непрерывно со скоростью, установленной в соответствии с выбранным режимом сушки $v = l_{кам} / \tau_{суш}$; 2) в поперечном сечении камеры параметры сушильного агента распределены равномерно; 3) отношение массы влаги к рассматриваемому объему пиломатериала считаем удельным влагосодержанием $u = m/V$.

Функция удельного влагосодержания древесины в любом сечении камеры зависит от времени и координаты $u(\tau;\ x)$. Цель нашей работы найти уравнение, которому удовлетворяет эта функция. Сформулируем специфические особенности, определяющие закономерность процесса сушки в камере непрерывного действия.

Выделим в камере сечениями x_1, x_2 участок и в рассматриваемом объеме штабеля пиломатериала определим количество содержащейся влаги в момент времени τ_1

$$m = \int_{x_1}^{x_2} u(\tau_1;\ x)\, S\, dx; \tag{1}$$

количество влаги в момент времени τ_2 на этом же участке

$$m' = \int_{x_1}^{x_2} u(\tau_2;\ x)\, S\, dx, \tag{2}$$

где S — площадь пиломатериала в рассматриваемом сечении штабеля.

Во время процесса сушки можно изменить влажность пиломатериала и параметры сушильного агента. Поток влаги через сечение камеры с течением времени меняется. За промежуток времени τ_1, τ_2 через сечение x_1 входит следующее количество влаги, перемещающееся вместе со штабелем с определенной скоростью движения, установленной режимом сушки:

$$m_1 = \int u(\tau;\ x_1)\, Sv\, d\tau\,; \tag{3}$$

через сечение x_2 за тот же промежуток времени выходит количество влаги:

$$m_2 = \int^{\tau_2} u(\tau;\ x_2)\, Sv\, d\tau_2\,. \tag{4}$$

В результате воздействия сушильного агента на древесину из нее выделяются пары влаги. Интенсивность их выделения — сложная функция свойств пиломатериала, параметров сушильного агента и ряда других факторов процесса сушки

$$j = f\left(W;\ \rho;\ t;\ \vartheta;\ \varphi;\ \omega;\ \frac{dp}{d\tau};\ \frac{du}{d\tau};\ \frac{d\vartheta}{d\tau}\right).$$

В свою очередь, входящие сюда зависимости — функция координаты и времени, то есть $j = f_1(\tau;\ x)$. Эту функцию определяют из экспериментальных данных, полученных путем непрерывного взвешивания контрольного пакета пиломатериала (при заданных условиях сушки) в каждой зоне нахождения штабеля, где одновременно измеряются все параметры агента — температура, относительная влажность и скорость. Зная влагосодержание (исходное и конечное) на любом участке камеры, можно определить интенсивность испарения влаги из древесины на каждом участке за промежуток времени $\Delta\tau$

$$j(\tau;\ x) = \frac{u_{\text{н}}(\tau_1;\ x) - u_{\text{к}}(\tau_1 + \Delta\tau;\ x)}{u_{\text{н}}(\tau_1;\ x)\,\Delta\tau}\,. \tag{5}$$

Количество испарившейся влаги на участке x_1, x_2 за промежуток времени τ_1, τ_2

$$m_3 = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \int_{x_1}^{x_2} u(\tau;\ x)\, S\, dx \cdot j(\tau;\ x)\, d\tau. \tag{6}$$

Эта величина зависит от имеющегося количества влаги в рассматриваемом объеме и от параметров сушильного агента.

С помощью выражений (1) — (6) определяют потоки влаги при сушке пиломатериала в камере непрерывного действия.

Составим уравнение материального баланса для любого участка камеры. В интегральной форме имеем

$$\int_{x_1}^{x_2} u(\tau_1;\ x)\, Sdx + \int_{\tau_1}^{\tau_2} u(\tau;\ x_1)\, Svd\tau - \int_{\tau_1}^{\tau_2} u(\tau;\ x_2)\, Svd\tau -$$

$$- \int_{\tau_1}^{\tau_2} \int_{x_1}^{x_2} u(\tau;\ x)\, Sdx \cdot j(\tau;\ x)\, d\tau = \int_{x_1}^{x_2} u(\tau_2;\ x)\, Sdx. \tag{7}$$

Перегруппируем члены уравнения (7), перепишем их в форме приращений и разделим все члены уравнения на $\Delta\tau\ \Delta x$. На основании теоремы о среднем получим математическую модель камеры по каналу влагосодержания древесины в дифференциальной форме

$$\frac{\partial u(\tau;\ x)}{\partial\tau} + \frac{\partial u(\tau;\ x)}{\partial x}\, v = -u(\tau;\ x)\, j(\tau;\ x). \tag{8}$$

Этому уравнению соответствует следующее решение:

$$u(\tau;\ x) = \exp\left\{-\int_0^x \frac{j(\tau;\ x)}{v}\,dx\right\} u\left(\tau - \frac{x}{v};\ 0\right), \tag{9}$$

где $\frac{x}{v}$ — продолжительность нахождения данного штабеля в камере в соответствии с изменением входящей влажности $u\ (0,\ \tau)$.

Рассуждая аналогично, представим влагосодержание d сушильного агента как количество влаги в объеме абс. сухого воздуха. При движении агента через штабеля пиломатериала величина d зависит от температуры и скорости, а последние параметры — от времени и координаты, отсюда $d = f\ (\tau,\ x)$.

Интенсивность процесса сушки с учетом параметров сушильного агента в камере в зависимости от температуры

$$j_t(\tau;\ x) = [u(\tau;\ x) - d(\tau;\ x)]\, j_1(t); \tag{10}$$

в зависимости от скорости

$$j_\omega(\tau;\ x) = [u(\tau;\ x) - d(\tau;\ x)]\, j_2(\omega), \tag{11}$$

где u и d — влагосодержание древесины и сушильного агента;
$j_1(t)$ и $j_2(\omega)$ — коэффициенты насыщения сушильного агента в зависимости от температуры и скорости (определяются из эмпирических зависимостей и экспериментальных данных).

Подставим значения коэффициентов интенсивности (10), (11) в уравнение (7) и на основании предыдущих рассуждений получим математическую модель по каналу влагосодержания сушильного агента в объекте; совместно с уравнением (8) имеем систему уравнений для камеры непрерывного действия

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial u(\tau;\ x)}{\partial \tau} + v(\tau)\,\frac{\partial u(\tau;\ x)}{\partial x} = -u(\tau;\ x)\,[u(\tau;\ x) - d(\tau;\ x)]\, j_1 \\ &\frac{\partial d(\tau;\ x)}{\partial \tau} + \omega(\tau)\,\frac{\partial d(\tau;\ x)}{\partial x} = u(\tau;\ x)\,[u(\tau;\ x) - d(\tau;\ x)]\, j_1. \end{aligned}\right| \tag{12}$$

Если в камере установлены регуляторы, тогда коэффициенты интенсивности зависят только от координаты (стационарный режим)

$$j_1 = j_t(x) = j_t(t) \text{ или } j_2 = j_\omega(x) = j_\omega(\omega).$$

Отсюда систему уравнений (12) можно представить для решения в виде их суммы

$$\frac{\partial [u_0 + d]}{\partial \tau} + v(\tau)\,\frac{\partial u}{\partial x} + \omega(\tau)\,\frac{\partial d}{\partial x} = 0, \tag{13}$$

а решение при $u\ (\tau;\ 0) = u_0$; $d\ (\tau;\ l) = d_0$; $u\ (\tau_2;\ l) = u_к$ имеет вид

$$d(\tau;\ x) = \frac{(u_0 + d_0)\exp\left\{-\int_0^x \frac{dx}{v + \omega}\right\}}{u(\tau;\ x)}. \tag{14}$$

В заключение можно сказать, что эмпирико-аналитическим методом нами получена простая математическая модель камеры, удобная для инженерных исследований и расчетов, которая соответствует закономерности изменения влагосодержания древесины и сушильного агента в объекте в функции температуры и скорости. Решение полученных уравнений показывает, что модель объекта можно реализовать на

простых вычислительных машинах. Соответствие математического описания с допущенной точностью реальному объекту позволит сформулировать задачу оптимального выбора режима и управления.

Поступила 23 ноября 1971 г.

УДК 674.812

НЕУПРУГОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ АСИММЕТРИЧНЫХ ЦИКЛАХ НАПРЯЖЕНИЙ

Л.А. БЯЛЬСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Описана методика и даны результаты исследований относительного рассеяния энергии в прессованной древесине при асимметричных циклах напряжений.

Использование прессованной древесины в узлах и деталях механизмов различного назначения приводит к необходимости исследовать свойства этого конструкционного материала в условиях динамических нагрузок.

Если в условиях статического нагружения можно пренебречь несовершенной упругостью материала, то при действии ударных и вибрационных нагрузок отклонения свойств материала от идеальной упругости часто имеют решающее значение. Известно, что эти отклонения, называемые также внутренним трением, ведут к ограничению резонансных амплитуд при колебаниях упругих систем и к снижению напряжений при ударах в системах с распределенными параметрами [2].

В деталях машин, как правило, возникают асимметричные циклы напряжений, так как полезные нагрузки от веса конструкции создают постоянные статические напряжения наряду с динамическими, появляющимися при работе механизмов. Поэтому изучение неупругого сопротивления прессованной древесины при асимметричных циклах напряжений имеет большое практическое и теоретическое значение.

Исследование выполнено нами на специальной установке, разработанной для изучения внутреннего трения в неметаллических материалах типа древесины и пластмасс [1]. Опыты проводили на консольных образцах (размерами $4 \times 30 \times 300$ *мм*) из прессованной древесины березы марки ДПО с объемным весом $\gamma = 1{,}1$ *г/см*^{3} и влажностью $W \approx 8$—10% в соответствии с ГОСТом 9629—66. К свободным концам образцов крепился груз, масса которого во много раз превышала массу рабочей части образца. Это позволило рассматривать образец с грузом как систему с одной степенью свободы.

В процессе испытаний масса груза оставалась постоянной, а величина статических напряжений в заделанном сечении менялась в зависимости от угла наклона образца к вертикали. Подобная методика проведения испытаний обеспечила постоянство частот колебаний при всех уровнях статических напряжений [2].

Динамические напряжения создавались при отклонении образца на требуемое расстояние от положения равновесия путем внезапного снятия нагрузки. При этом статические напряжения менялись от 0 (симметричный цикл напряжений) до 150 *кГ/см*^{2}. При собственных частотах колебаний образцов в диапазоне 7,52—8,33 *гц* динамические напряжения составляли 90; 190; 280 и 370 *кГ/см*^{2}.

Нами была исследована область напряжений, наиболее свойственная деталям из прессованной древесины в эксплуатационных условиях. Колебания регистрировались на фотобумаге с помощью светолучевого осциллографа Н-700. В качестве меры внутреннего трения в прессованной древесине был принят коэффициент поглощения ψ (относительное рассеяние энергии) [2]. Всего в экспериментах было записано 144 осциллограммы затухающих колебаний.

Результаты определения величин коэффициента поглощения, полученные при расшифровке осциллограмм, были обработаны методами математической статистики. Статистические величины относительного рассеяния энергии в ДПО при симметричных и асимметричных циклах напряжений приведены в табл. 1.

Таблица 1

$\sigma_{дин}$, $кГ/см^2$	$\psi \cdot 10^4$ при $\sigma_{ст}$, $кГ/см^2$								$\Delta\psi$, %
	0		50		100		150		
	M	$\pm\sigma$	M	$\pm\sigma$	M	$\pm\sigma$	M	$+\sigma$	
90	669	9,5	717	14	723	14	636	11	11
190	723	10,8	708	8,3	677	6,7	588	6,7	12
280	761	10,1	734	9,5	705	8,8	591	7,1	13
370	796	11,5	768	11,3	741	8,8	627	9,0	13

Примечание. M — среднее арифметическое отклонение; $\pm\sigma$ — среднее квадратическое отклонение; $\Delta\psi$ — уменьшение коэффициента поглощения в процентах по отношению к симметричному циклу напряжений.

Выводы

1. Относительное рассеяние энергии в прессованной древесине березы при асимметричных циклах напряжений, когда статические напряжения равны или превосходят динамические напряжения по величине, убывает в первом приближении по линейному закону. Дальнейший рост динамических напряжений при том же уровне постоянных напряжений ведет к незначительному снижению величины коэффициента поглощения.

2. Влияние асимметрии циклических напряжений на демпфирующие свойства прессованной древесины выражается в снижении энергетических потерь при циклическом деформировании в среднем на 11—13%. По данным аналогичных опытов с натуральной древесиной сосны, проведенных Я. Я. Улпе [3], снижение коэффициента поглощения составило в среднем 10%.

3. Величина относительного рассеяния энергии в прессованной древесине березы составляет в среднем 6—8% при симметричных и асимметричных циклах напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. А. Бяльский. Установка для исследования демпфирующей способности прессованной древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [2]. Е. С. Сорокин. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем. Госстройиздат, М., 1960. [3]. Я. Я. Улпе. Гистерезисные потери в дереве при асимметричном цикле. В сб. «Вопросы динамики и динамической прочности», вып. II, изд-во АН Латвийской ССР, 1954.

Поступила 22 июня 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 674-419.3

ВЛИЯНИЕ ВИДА И СВОЙСТВ КЛЕЕВ НА ВЕЛИЧИНУ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КЛЕЕВЫХ ШВАХ ПРИ ФАНЕРОВАНИИ

Л. С. ГЛУХИХ, О. В. ГУЛЯЕВА, В. М. ФОКИНА

Уральский лесотехнический институт

В статье изложены методика и результаты экспериментальных исследований взаимосвязи жесткости и прочности сосновых пиломатериалов при изгибе.

Для изучения влияния вида клея на величину внутренних напряжений в клеевых швах при фанеровании выбраны клеи на основе смол МФ-17, МФ и УКС (отвердитель — 10%-ный раствор щавелевой кислоты, 15 вес. частей на 100 вес. частей смолы) и поливинилацетатная эмульсия (ПВА).

Внутренние напряжения измеряли тензометрическим способом [2] при фанеровании еловых образцов (размерами 150×100×20 *мм*) строганым шпоном ясеня при температуре плит пресса 20°С. Вид и характеристики клеев представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вид клея	Характеристика клея		
	вязкость по ВЗ-4, *сек*	pH	концентрация, %
К-17	100—120	3,7—3,9	59—61
МФ	60	3,45	59
УКС	120—125	4,0—4,15	62,8
ПВА	100—105	4,8—4,9	47,5

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие изменения относительных внутренних напряжений в клеевых швах во времени при фанеровании еловых образцов с применением клеев на основе смол.

Относительная величина внутренних напряжений

$$\sigma_{отн} = \frac{\sigma_{абс} \cdot E_{ст}}{E} \ кГ/см^2, \qquad (1)$$

$\sigma_{абс}$ — абсолютная величина внутренних напряжений;

$E_{ст}$ — модуль упругости стальной балки равного сопротивления, на которой производилось тарирование датчиков ($E_{ст} = 2 \cdot 10^6$ *кГ/см*^{2});

E — модуль упругости клееных образцов.

Из рис. 1 видно, что наибольшие относительные напряжения регистрируются в клеевом шве, полученном при фанеровании с использованием клея УКС, наименьшие — с применением клея К-17.

Смолы МФ-17, МФ и УКС незначительно отличаются друг от друга составу [4], но из-за наличия пластификатора (диэтиленгликоля)

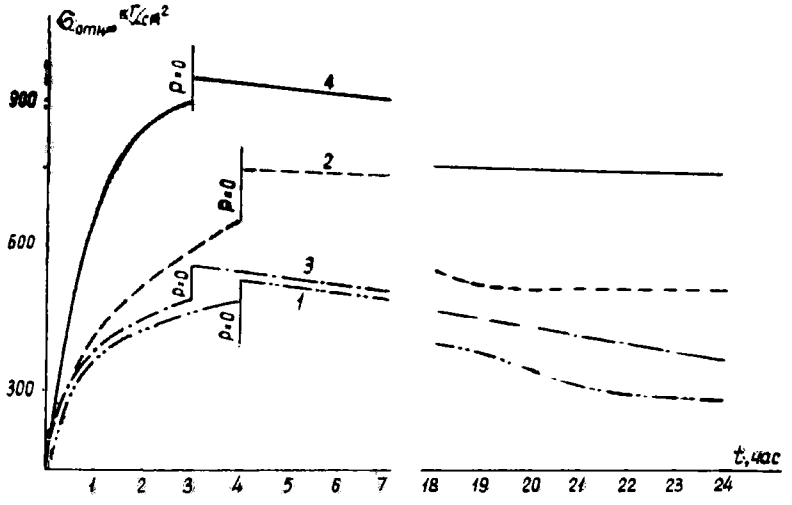


Рис. 1.
1 — МФ-17; 2 — МФ; 3 — ПВА; 4 — УКС.

в смоле МФ-17 клей на ее основе дает возможность получить при фанеровании наименее напряженный клеевой шов.

Одновременно с измерениями внутренних напряжений в клеевых швах для использованных клеев определяли модуль упругости и предел прочности при растяжении. Размеры и форму образцов брали по ГОСТу 11262—65. Состав клеев и их показатели (концентрация, вязкость, pH среды) соответствовали тем, которые применяли при фанеровании. Модули упругости, пределы прочности при растяжении клеевых пленок и соответствующие им значения относительных внутренних напряжений в клеевых швах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вид клея	Модуль упругости E, $кГ/см^2$	Предел прочности σ, $кГ/см^2$	Время отверждения клея, *час*	Отвердитель	Относительные внутренние напряжения, $кГ/см^2$
К-17	7100	5,72	24	10%-ный раствор щавелевой кислоты	294
МФ	9580	18,35	24	Тот же	519
УКС	10770	30,30	24	Ортофосфорная кислота	790
ПВА	—	51,00	48	—	377

Значения модулей упругости и пределов прочности (табл. 2), на наш взгляд, позволяют лишь косвенно судить о зависимости внутренних напряжений в клеевом соединении от физико-механических свойств клея. Эти значения определены при испытаниях клеевых пленок, полученных изолированно от древесины в условиях (температура, время отверждения), имитирующих условия формирования клеевого шва. Для клеев одной химической природы (в данном случае карбамидных) зависимость относительных внутренних напряжений в клеевых швах от модуля упругости клеевых материалов может быть аппроксимирована так:

$$\sigma_{отн} = (132{,}1E_к - 673{,}7)\ кГ/см^2, \qquad (2)$$

где $E_к$ — модуль упругости клеевого материала, $кГ/см^2$.

Абсолютные внутренние напряжения в клеевых швах при фанеровании с применением разных клеев также отличаются друг от друга ($\sigma_{абс}$ = 25,1 $кГ/см^2$ для УКС; 17,55 $кГ/см^2$ — для МФ; 9,93 $кГ/см^2$ — для К-17; 15,99 $кГ/см^2$ — для ПВА). Модули упругости клееных образцов (E, $кГ/см^2$) определены по общепринятой методике при испытаниях еловых образцов, фанерованных с одной стороны строганым шпоном ясеня с применением клеев МФ, К-17, УКС и ПВА. Значения модулей упругости приведены в табл. 3.

Таблица 3

Вид клея	Модуль упругости клееных образцов E, $кГ/см^2$	
	расчетный	принятый
К-17	87 846	$87{,}8 \cdot 10^3$
УКС	88 072	$88{,}1 \cdot 10^3$
МФ	87 961	$87{,}9 \cdot 10^3$
ПВА	84 848	$84{,}8 \cdot 10^3$

Влияние состава клея на величину напряжений в клеевом шве исследовали при фанеровании еловых образцов холодным способом с применением клея К-17. Данные по составу рабочих растворов клея приведены в табл. 4.

Таблица 4

Количество 10%-ного раствора щавелевой кислоты, вес. части	pH среды	Концентрация, %	Вязкость по ВЗ-4, *сек*
20	3,45—3,6	56—58	80—90
15	3,7—3,9	59—61	100—120
10	4,7	61,8	120—140

Примечание. Во всех случаях взято 100 вес. частей смолы МФ-17; концентрация смолы 70%.

На рис. 2 показано изменение внутренних напряжений во времени в клеевых швах при фанеровании еловых образцов с применением клея К-17, содержащего щавелевую кислоту. Наименьшие относительные внутренние напряжения ($\sigma_{отн}$ = 133,0 $кГ/см^2$) наблюдаются в клеевом шве при фанеровании с использованием клея, содержащего минимальное (из проверенных) количество отвердителя (10 вес. частей 10%-ного раствора щавелевой кислоты). С увеличением количества отвердителя в клее наблюдается рост внутренних напряжений в соединении. (Аналогичные результаты приведены в одной из работ [3]). Но чем больше 10%-ного раствора щавелевой кислоты вводится в смолу, тем большее количество воды наносится на поверхность древесины перед склеиванием. Этому соответствуют большие деформации разбухания, следствием чего являются внутренние напряжения в клеевом шве. Можно предположить, что разные значения относительных внутренних напряжений (кривые *1, 2, 3* на рис. 2) объясняются не различными физико-механическими свойствами клеев, а неодинаковыми по величине влажностны-

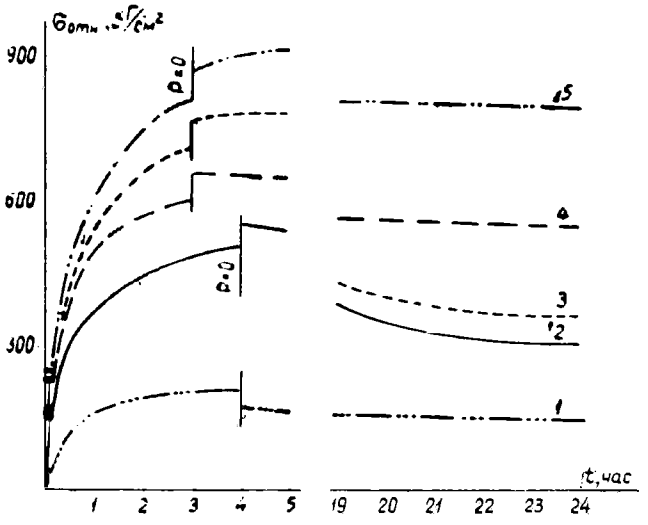


Рис. 2.

1 — 10 вес. частей 10%-ной кислоты; *2* — 15 вес. частей 10%-ной кислоты; *3* — 20 вес. частей 10%-ной кислоты; *4* — 7,5 вес. частей 20%-ной кислоты; *5* — 3,75 вес. частей 40%-ной кислоты.

ми деформациями при нанесении на древесину клеев разной концентрации.

Для проверки этого предположения были измерены внутренние напряжения при фанеровании еловых образцов с применением клея К-17, содержащего постоянное количество отвердителя (1,5 *г* щавелевой кислоты на 100 вес. частей смолы). Отвердитель вводили в смолу в виде водных растворов разной концентрации, что позволило менять концентрацию клея (процент сухого остатка) при постоянном количестве отвердителя. Состав и концентрация клея К-17 при введении в смолу постоянного количества отвердителя (1,5 вес. части) в растворах разной концентрации приведены в табл. 5. Результаты представлены также на рис. 2 (кривые *2, 4, 5*).

Таблица 5

Отвердитель		Количество воды, вводимой в клей, %	pH среды	Коэффициент рефракции клея	Процент сухого остатка клея
концентрация раствора, %	количество раствора, вес. части				
10	15	40,0	3,80	1,458	60,0
20	7,5	38,2	3,72	1,462	61,8
40	3,75	37,2	3,65	1,464	62,8

Наибольшие относительные внутренние напряжения регистрируются в клеевом шве (кривая *5*) при фанеровании с помощью клея, полученного при введении в смолу 3,75 вес. частей 40%-ного раствора щавелевой кислоты. Наименьшими напряжениями обладает клеевой шов (кривая *4*), полученный при фанеровании с применением клея, содержащего 15 вес. частей 10%-ного раствора щавелевой кислоты.

Следовательно, рост относительных внутренних напряжений наблюдается в соединениях, полученных с использованием клеев, имею-

щих более высокую концентрацию, и высказанное выше предположение о возможном возрастании внутренних напряжений с увеличением количества вводимой в клей воды не подтвердилось. Наоборот, возрастание количества воды в клее (уменьшение его концентрации) приводит к снижению внутренних напряжений.

В данном случае вода выполняет роль своеобразного пластификатора, замедляющего процесс снижения эластичности клея и этим сохраняющего способность клеевого соединения к релаксации напряжений. На величину напряжений в клеевом соединении влажностные деформации древесины оказывают меньшее влияние, чем концентрация клея и связанный с нею процесс поликонденсации последнего.

Приведенные в табл. 4 и 5 данные по составам и значения показателей клея дают возможность проследить также степень влияния некоторых из них (концентрация, pH среды) на величину внутренних напряжений в клеевом соединении.

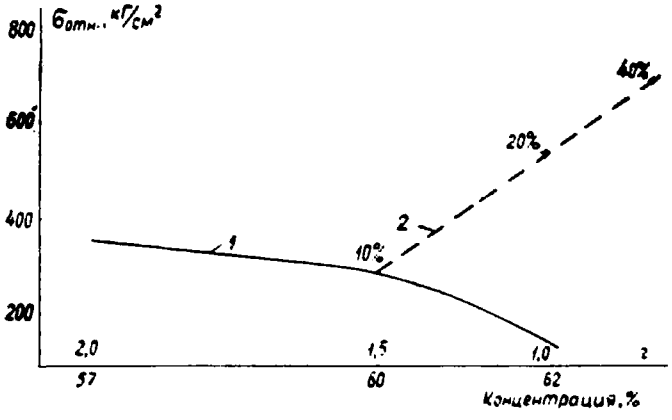


Рис. 3.

1 — при введении в клей 2; 1,5 и 1 *г* щавелевой кислоты в 10%-ном растворе; *2* — при введении 1,5 *г* щавелевой кислоты в 40%, 20%- и 10%-ном растворах.

Изменение относительных внутренних напряжений в клеевых швах с изменением концентрации клея изображено на рис. 3. Кривая *1* показывает, что с уменьшением концентрации клея (в изучаемых пределах) внутренние напряжения увеличиваются; кривая *2*, наоборот, показывает, что со снижением концентрации клея напряжения в соединениях уменьшаются. Вероятно, второй вывод можно считать более справедливым, так как в этом случае исследования проводили при постоянном количестве отвердителя.

На рис. 4 представлены кривые, характеризующие изменение относительных внутренних напряжений в клеевом шве с изменением pH среды. С повышением pH среды клеевого раствора, а следовательно, и с увеличением времени отверждения относительные внутренние напряжения в клеевом шве уменьшаются. При постоянном количестве отвердителя в клее с увеличением концентрации раствора отвердителя (кривая *2*) наблюдается меньшее снижение pH среды и более быстрый рост внутренних напряжений в клеевом шве.

Кривые, представленные на рис. 1, 2, 3 и 4, построены по точкам, значения которых определены как средние из 16—24 независимых на-

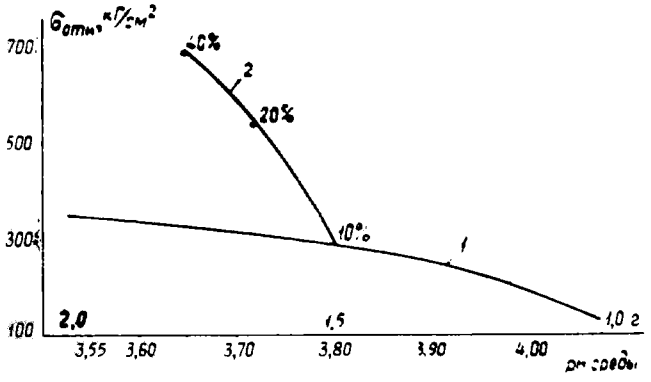


Рис. 4.

1 — при введении в клей 2; 1,5 и 1 *г* щавелевой кислоты в 10%-ном растворе; *2* — при введении 1,5 *г* щавелевой кислоты в 40%-, 20%- и 10%-ном растворах.

блюдений для каждой точки. Зависимость расхождений в каждой точке определена по критерию Ван дер Вардена [1].

Выводы

1. Клеевые материалы, обладающие большими значениями физико-механических показателей, способны в процессе склеивания создавать наиболее напряженные соединения при прочих равных условиях.
2. Увеличение содержания отвердителя в клеевом растворе приводит к росту внутренних напряжений в клеевых швах при фанеровании.
3. При постоянном количестве отвердителя в клее, вводимом в водных растворах различной концентрации, внутренние напряжения в клеевом шве растут с увеличением концентрации раствора отвердителя, а следовательно, с уменьшением количества воды в составе клея.
4. Увеличение концентрации клея приводит к росту внутренних напряжений в клеевом шве.
5. Снижение pH среды способствует увеличению внутренних напряжений в клеевом шве благодаря ускорению процесса поликонденсации смолы в процессе отверждения клея.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Л. Вандер Варден. Математическая статистика. М., ИЛ. 1960. [2]. Л. С. Глухих, В. Н. Петри. Метод измерения внутренних напряжений в клеевом шве и изучение характера изменений внутренних напряжений во времени. Сб. «Труды УЛТИ», XX, Свердловск, 1968. [3]. Л. С. Глухих, В. Н. Петри. Исследование зависимости внутренних напряжений в клеевом шве от состава рабочего раствора клея. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970. [4]. Г. А. Литвинцева и др. Химические материалы, применяемые в мебельной промышленности. М., 1968.

Поступила 19 ноября 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 674.038.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ЖЕСТКОСТИ И ПРОЧНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГИБЕ

А. Д. ГОЛЯКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В статье изложены методика и результаты экспериментальных исследований взаимосвязи жесткости и прочности сосновых пиломатериалов при изгибе.

На существовании корреляционной связи жесткости с прочностью основан вид неразрушающего контроля прочности конструкционных пиломатериалов — силовая сортировка. Изучение количественных характеристик тесноты связи и условий, необходимых для получения достоверных результатов при прогнозировании прочности сортиментов из древесины через их жесткость, имеет важное значение.

Исследования проведены нами на специальной экспериментальной установке, позволяющей определять жесткость и прочность пиломатериалов при их поперечном изгибе на двух вальцовых опорах путем нагружения с постоянной скоростью деформирования в одном сечении посредине пролета. В этих экспериментах относительную величину пролета l принимали равной двадцатикратной толщине h исследуемого материала, исходя из специальных исследований автора ($l = 18h$) и других рекомендаций* (l до $24h$).

При использовании пиломатериалов в целом виде очень важно знать минимальную прочность каждой доски. Для этого, по нашему мнению, нужно исследовать корреляционную связь жесткость — прочность наиболее ослабленных (из-за наличия пороков древесины) сечений каждой доски. Это было учтено методикой выбора сечений для испытаний. В каждой исследуемой доске визуально определяли наиболее слабое (сортообразующее) сечение. На расстоянии 100 ± 20 *см* от него намечались прочие сечения. Величина ± 20 *см* необходима для корректировки на близлежащие пороки. (Для получения дополнительных характеристик коэффициента корреляции r исследуемые пиломатериалы предварительно рассортировывали по сортам ГОСТа 8486—66).

Жесткость EI (или модуль упругости E**) пиломатериалов рассчитывали по соответствующим схеме изгиба формулам сопротивления материалов через прогиб, замеренный при разгрузке после однократного нагружения образцов в заранее принятом диапазоне нагружения $\sigma_и$ 180—60 *кГ/см*^{2}. (После замера прогиба доску нагружали до разруше-

* В. А. Баженов, В. П. Мигляченко, Н. С. Житарев. О влиянии на связь модуля упругости и предела прочности в древесине хвойных пиломатериалов некоторых факторов. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по современным проблемам древесиноведения Изд Белорусского технологического института, Минск, 1971.

** В данном случае модуль упругости — условная величина, являющаяся, в первую очередь, мерой прочности отдельных сечений досок. Включая в себя влияние пороков, эта величина может значительно отличаться от модуля нормальной упругости древесины.

ния). Образцы изгибали в горизонтальной плоскости; этим исключалось отрицательное влияние свободных концов досок на точность определения прогиба.

Один из вариантов применения силовой сортировки — отбор и рассортировка (по группам прочности) конструкционных пиломатериалов непосредственно в потоке лесопильного цеха. Исследования были начаты с сырых ($W > 30\%$) пиломатериалов, чтобы исключить отрицательное влияние некоторого варьирования влажности отдельных досок. Испытания пиломатериалов производили отдельными партиями не позднее чем через 24 *часа* после их выпиловки; этим имитировалась неразрывность процессов распиловки и сортировки.

В результате обработки экспериментальных данных, полученных при исследовании предела прочности и модуля упругости сырых сосновых пиломатериалов сечением 100×50 *мм*, соответственно для отборного, I, II и III сортов вычислены следующие коэффициенты корреляции:

$$r^{\circ}_{30} = 0{,}85 \pm 0{,}03; \qquad r''_{30} = 0{,}82 \pm 0{,}02;$$

$$r'_{30} = 0{,}81 \pm 0{,}02; \qquad r'''_{30} = 0{,}83 \pm 0{,}02.$$

Индекс 30 показывает, что влажность пиломатериалов выше предела гигроскопичности. Коэффициент корреляции r°_{30} можно рассматривать как коэффициент корреляции между жесткостью и прочностью чистой (без пороков) древесины, так как бо́льшая часть исследованных сечений пиломатериалов отборного сорта не содержала видимых пороков древесины. Основными пороками исследованных сечений пиломатериалов других сортов были сучки различного вида и состояния.

Уравнения связи, соответствующие описанным выше условиям эксперимента:

$$\sigma^{\circ}_{30} = 3{,}5 \cdot 10^{-3} E^{\circ}_{30} + 43 \pm 31 \ \frac{кГ}{см^2}; \qquad \sigma''_{30} = 3{,}8 \cdot 10^{-3} E''_{30} + 22 \pm 35 \ \frac{кГ}{см^2};$$

$$\sigma'_{30} = 4.2 \cdot 10^{-3} E'_{30} - 7 \pm 41 \ \frac{кГ}{см^2}; \qquad \sigma'''_{30} = 3{,}5 \cdot 10^{-3} E'''_{30} + 68 \pm 39 \ \frac{кГ}{см^2};$$

в этих формулах E имеет размерность $Т/см^2$.

Для прогнозирования прочности при изгибе сырых пиломатериалов сечением 100×50 *мм* с определенными допущениями можно предложить общее уравнение:

$$\sigma_{30} = 4 \cdot 10^{-3} E_{30} + 6 \pm 45 \ \frac{кГ}{см^2}.$$

В большинстве случаев древесину эксплуатируют в сухом или подсушенном состоянии. Поэтому важно знать связь жесткости сырых пиломатериалов с их прочностью в сухом состоянии. Логично предположить, что в этом случае теснота связи должна быть на уровне приведенных выше значений r. Эксперимент показал, что $r_{E_{30}-\sigma_7} = 0{,}75 \pm 0{,}03$ (индексом 7 обозначена влажность сухих пиломатериалов в процентах). Однако есть основания полагать, что истинное значение $r_{E_{30}-\sigma_7}$ выше рассчитанного. Наши образцы (пиломатериалы 0, I, II и III сортов) были высушены при жестком режиме; многие из них имели винтовую и поперечную покоробленность и небольшие трещины в области исследованных сечений, что явилось причиной увеличения варьирования как прочности, так и жесткости сухих пиломатериалов. (Средние квадратические отклонения модуля упругости образцов в сыром и сухом состояниях соответственно равны 15 и 21 $Т/см^2$).

Величина коэффициента корреляции между модулями упругости сухих и сырых пиломатериалов — $r_{E_{30}-\sigma_7} = 0{,}89 \pm 0{,}02$, между модулем упругости и пределом прочности сухих пиломатериалов $r_{E_7-\sigma_7} = 0{,}81 \pm 0{,}02$, а уравнения связи имеют следующий вид:

$$E_7 = 1{,}16E_{30} + 9 \pm 9 \ \frac{T}{см^2};$$

$$\sigma_7 = 5{,}7 \cdot 10^{-3} E_7 - 85 \quad 85 \ \frac{кГ}{см^2}.$$

При исследовании жесткости и прочности сырых пиломатериалов сечением 150×50 *мм* при $l = 20h$ получены такие результаты:

$$r^{\circ}_{30} = 0{,}56; \quad r'_{30} = 0{,}65; \quad r''_{30} = 0{,}75; \quad r'''_{30} = 0{,}89.$$

Рассматривая динамику изменения величины коэффициента корреляции от сорта к сорту, можно заметить, что наличие пороков древесины не только не ухудшает тесноту связи между жесткостью и прочностью пиломатериалов, а скорее, наоборот, улучшает ее.

При изучении прочности пиломатериалов сечением 150×50 *мм* были замечены различные виды разрушения. У части образцов разрушение начиналось в растянутой зоне, как и у большинства образцов сечением 100×50 *мм;* в этих случаях стрелка силомера до самого момента разрушения образцов (P_{max}) показывала почти равномерное приращение напряжений, что свидетельствовало о прямолинейной связи деформации с напряжением вплоть до предела прочности. У другой части образцов разрушение начиналось со сжатых волокон (складки в сжатой зоне). Такое разрушение происходило при пластическом деформировании. (Стрелка силомера замедляла свое движение, подходя к P_{max}). Очевидно, с увеличением ширины досок снижается эффект поддерживания сильно нагруженных сжимаемых волокон со стороны менее нагруженных. Разрушение образцов происходит постепенно, начиная с наружных волокон сжатой зоны. В качестве расчетного разрушающего усилия фиксируется ложное значение P_{max}, что отрицательно сказывается на точности определения корреляционной связи жесткость — прочность. Сказанное подтверждается результатами обработки раздельных выборок образцов сечением 150×50 *мм,* разрушившихся при упругом и пластическом деформировании: $r_у = 0{,}86$; $r_{пл} = 0{,}53$. По аналогии были сделаны выборки среди образцов сечением 100×50 *мм.* Коэффициент корреляции между модулем упругости и пределом прочности при упругом разрушении составил 0,88, а при неупругом 0,80 (чисто пластического разрушения для досок сечением 100×50 *мм* не наблюдалось).

На основании сказанного выше можно сделать следующий вывод: для получения наилучшей связи жесткости с прочностью при изгибе для досок шириной более 100 *мм* величина пролета должна быть менее 20 толщин. В этом случае увеличится градиент перепада напряжений в изгибаемом образце, в результате чего повысится эффект поддерживания более нагруженных волокон и сечений со стороны менее нагруженных; большая часть волокон «опасного» сечения одновременно достигает своих предельных деформаций, что, в свою очередь, даст возможность более точно фиксировать разрушающее усилие, соответствующее жесткости. Дополнительные исследования жесткости и прочности пиломатериалов сечением 150×50 *мм* на пролете 90 *см* ($18h$) подтвердили предположения: $r^{\circ}_{30}{}'' = 0{,}86$, то есть выше, чем при испытаниях на пролете, равном $20h$.

Таким образом, силовая сортировка конструкционных пиломатериалов с достаточной точностью может обеспечить прогнозирование их прочности без разрушения.

Поступила 10 января 1972 г.

УДК 634.0.82 : 674.824

К РАСЧЕТУ НИЖНИХ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ ВЗРЫВАЕМОСТИ ДРЕВЕСНОЙ ПЫЛИ

Т. К. ЕФРЕМОВА, В. А. МИТУСОВ

Уральский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта

Теоретически и экспериментально обоснована величина нижнего концентрационного предела взрываемости древесной пыли разных пород и определены основные факторы, обусловливающие ее взрывоопасные свойства.

Взрываемость аэровзвесей промышленных пылей обусловливается, прежде всего, физико-химическими свойствами материалов и содержанием в них химически активных веществ. В частности, взрывчатость угольной пыли, в основном, определяется степенью метаморфизма углей, характеризуемой выходом летучих веществ (в процентах на горючую массу).

Существуют предельные значения выхода летучих, ниже которых угольная пыль перестает быть взрывчатой. По данным ряда авторов [4], [9], эти значения равны 10—12%.

Американские исследователи Хартман, Якобсон и Уильямс [7] считают, что взрывчатость угольной пыли растет линейно с увеличением выхода летучих веществ. Другие авторы, в частности, В. Кравец [4], показали, что взрывчатость угольной пыли резко увеличивается с возрастанием выхода летучих только до 20—25%. При дальнейшем повышении содержания летучих веществ взрывчатость остается постоянной или возрастает очень медленно. Ученые, изучающие процессы горения пылевидного топлива [3], объясняют это тем, что выделяющиеся в большом количестве летучие образуют вокруг пылевой частицы оболочку пламени, «перехватывающую» кислород и уменьшающую его доступ к поверхности частицы, в результате чего взрывчатость пыли снижается.

Сравнительный анализ элементарного состава угольной, торфяной и древесной пыли (табл. 1) и продуктов их пирогенетического разложения показывает, что древесина отличается как наибольшим выходом летучих компонентов, так и наибольшим содержанием кислорода в исходном материале (отношение O : C близко к единице, тогда как у углей эта величина в несколько раз меньше). Значит, воспламенение древесной пыли определяется не столько диффузией кислорода к веществу, сколько кинетикой пирогенетического разложения с выделением летучих и кислорода из исходного материала.

Однако во взрыве древесной пыли принимают участие не все летучие, а только часть их, поскольку за время взрыва пылевые частицы не успевают полностью прогреться.

Действительно, если предположить, что пылевые частицы имеют сферическую форму, то в этом случае дифференциальное уравнение прогрева такой частицы без учета конвекции имеет вид

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r}, \qquad (1)$$

где T — температура, °К;

τ — время, *сек;*

λ — коэффициент теплопроводности, $\frac{вт}{м \cdot К}$;

ρ — плотность частицы, $кг \cdot м^{-3}$;

r — радиус, *м;*

c — удельная теплоемкость, $\frac{дж}{кг \cdot К}$.

Начальное условие

$$T|_{r=0} = 0.$$

Граничное условие

$$T|_{r=R} = \frac{dT}{d\tau} \cdot \tau.$$

При взрыве пылевого облака величина $\frac{dT}{d\tau}$ очень быстро увеличивается и за короткий промежуток времени достигает десятков тысяч градусов в секунду, что ведет к повышению разности температур между поверхностью сферы шара и его центром

$$\Delta T = \frac{\partial T}{d\tau} \cdot \frac{R^2 \cdot c\rho}{6\lambda}. \qquad (2)$$

Иными словами, за это время частицы пыли успевают прогреться лишь с поверхности и поэтому теряют только часть летучих.

При рассмотрении двух смежных сферических частиц пыли — горящей *а* и негорящей *б* (рис. 1) видно, что для воспламенения частицы *б* между горящей оболочкой частицы *а* и поверхностью частицы *б* должно существовать определенное критическое расстояние, при котором обеспечивается передача необходимого количества тепла для прогрева и разложения частицы *б*.

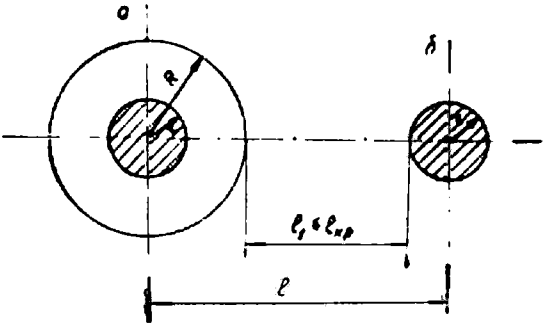


Рис. 1. Условие возможности распространения взрыва в пылевом облаке.

Исходя из распределения температуры по Карслоу и Джегеру [2], [5], [8]

$$T = T_s \, erfc \frac{l_1}{2\sqrt{\tau_0 \cdot a}} \qquad (3)$$

и объема газовой атмосферы вокруг отдельно взятой частицы

Таблица 1

Образец	Элементарный состав, %					Выход летучих на горючую массу, %
	C	H	O	O/C	H/C	
Донецкие клареновые угли	91,2—82,4	4,55—5,55	4,25—12,05	0,046—0,146	0,05—0,068	5—30
Бурые угли	79,5—65,3	3,8—5,1	16,7—29,6	0,21—0,37	0,048—0,078	35—45
Торф	55,0	6,0	39,0	0,7	0,11	50
Древесина	44—50	5,5—6,4	40,6—41,9	0,87—0,9	0,125—0,13	60—80

Таблица 2

Образец	Влажность, %	Зольность, %	Содержание, %				Суммарный выход летучих, %	Гранулометрический состав, %, по фракциям, мм					
			C	H	O	S		менее 50	50—63	63—100	100—160	160—200	200—315
Ель	7,06	0,64	47,38	5,63	38,17	0,01	78,72	28,5	22,0	21,5	20,3	1,6	3,1
Сосна	5,15	0,55	45,60	5,73	38,55	0,03	76,81	30,5	21,5	20,5	19,5	2,8	3,2
Лиственница	6,3	0,45	45,30	5,52	39,09	0,02	74,37	31,3	25,1	20,1	20,2	2,0	1,3
Кора сосны	5,5	2,12	45,23	5,44	37,71	0,01	71,24	29,5	21,5	19,5	15,5	9,4	4,6
» ели	4,4	2,7	44,95	4,86	39,88	0,06	64,13	28,8	28,2	20,3	17,4	3,0	2,3
Лигнин	4,8	2,2	58,71	5,71	27,55	0,30	63,28	25,2	26,7	19,8	18,3	5,1	4,6

$$V = k_0 \frac{4}{3} \pi r^3 \rho v^{\text{г}}, \tag{4}$$

где T_s — средняя температура источника воспламенения, °К;
τ_0 — время горения, *сек;*
T — минимальная температура самовоспламенения пылевого облака, °К;
r — радиус частицы, *м;*
ρ — плотность древесины, $кг \cdot м^{-3}$;
$v^{\text{г}}$ — выход летучих веществ, %;
a — коэффициент температуропроводности;
k_0 — коэффициент пропорциональности, учитывающий неполноту выхода летучих и зависящий от суммарной энергии активации и коэффициента температуропроводности,

можно определить расстояние до той точки пространства, где температура достигает значений, равных минимальной температуре самовоспламенения. Коэффициент температуропроводности

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \; м^2 \; сек^{-1}.$$

По данным А. К. Славянского и В. Н. Пиялкина [6], энергия активации для древесины изменяется в пределах 78000—109000 $\frac{дж}{моль}$ $\left(18600—26000 \; \frac{кал}{моль}\right)$.

Принимая коэффициент температуропроводности древесной пыли равным $1{,}07 \cdot 10^{-7} м^2 \cdot сек^{-1}$ и предельные значения энергии активации, можно вычислить критическое расстояние, при котором возникает взрыв.

Исходя из изложенных выше теоретических рассуждений и зная критическое расстояние между частицами и их размер, можно определить концентрацию нижнего предела взрываемости древесной пыли

$$z = \frac{4\pi r^3 \rho}{3\left[l_{\text{кр}} + r\sqrt{(1 + k_0 \rho v^{\text{г}}) \frac{1}{3}\pi} + r\right]} \; г \cdot м^{-3}. \tag{5}$$

Для пыли размером 100 *мкм* нижний предел взрываемости, вычисленный по формуле (5), равен 30 $г \cdot м^{-3}$.

Чтобы уточнить нижние пределы взрываемости, полученные расчетным путем, необходимо сравнить их с экспериментальными данными, поскольку до настоящего времени имеются ориентировочные показатели по взрываемости древесной пыли.

Исследования по определению взрывчатых свойств пыли проводили в пылевзрывной камере, представляющей собой герметически закрывающийся металлический цилиндр, объемом 0,004 $м^3$ с термостатированными стенками. Тепловым источником воспламенения служила спираль из нихрома, обмазанная огнеупорной глиной, с температурой нагрева до 1370°К.

Температуру контролировали и регулировали хромель — алюмелевыми термопарами с потенциометрами постоянного тока. Давление, развиваемое при взрыве, фиксировалось тензометрическим датчиком, сигналы которого записывались со скоростью движения фотобумаги 50 *мм/сек* на осциллографе Н-102 через многоканальный электронный усилитель УТЧ-1. Для отсчета времени использовали отметчик времени П-104. Навеску распыляли воздухом, впускаемым в цилиндр с избыточным давлением 0,3 $н/см^2$.

Эксперименты проводились с древесной пылью, взятой с Тавдинского лесокомбината и Алапаевского ДОКа (цехи выработки древесной муки) и имеющей физико-химические показатели и гранулометрический состав, представленные в табл. 2. За основу была взята методика Всесоюзного научно-исследовательского института противопожарной обороны [1], в которую внесены соответствующие коррективы в связи с более широкими задачами исследований.

Результаты представлены на рис. 2, из которого видно, что нижний предел взрываемости для полидисперсного состава древесной пыли — около 35 $г \cdot м^{-3}$.

Найденная минимальная взрывчатая концентрация, полученная экспериментально, убедительно подтверждает достоверность приведенных выше теоретических рассуждений, в результате которых нижний предел установлен равным 30 $г \cdot м^{-3}$.

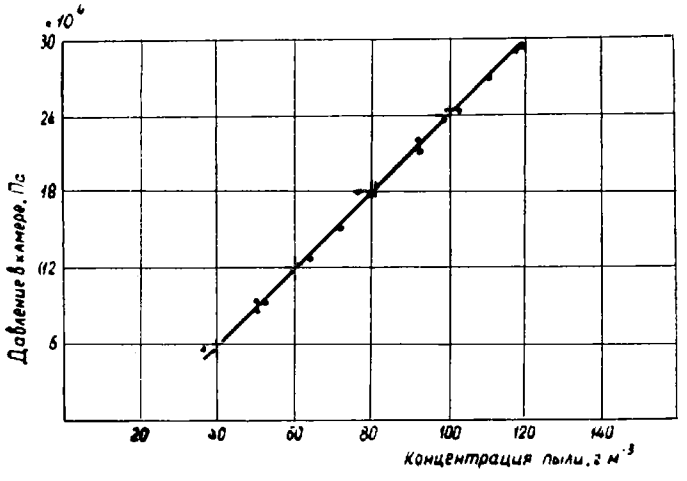


Рис. 2. Зависимость давления, развиваемого при взрыве древесной пыли, от ее концентрации.

При математической обработке полученных экспериментальных данных с использованием корреляционного анализа было получено уравнение, выражающее зависимость интенсивности взрыва от концентрации пылевого облака

$$P = -63120 + 2950\sigma,$$

где P — давление в камере, *Па;*

σ — концентрация пыли в воздухе, $г \cdot м^{-3}$.

Указанная зависимость выведена для концентрации пыли в диапазоне 35 ÷ 200, где число 35 $г \cdot м^{-3}$ соответствует нижнему концентрационному пределу взрываемости, а величина 200 $г \cdot м^{-3}$ обусловлена данными эксперимента.

Вполне вероятно, что в более широком диапазоне взрывоопасных концентраций ($\sigma > 200$) квазилинейная интерполяция функции $P = f(\sigma)$ может быть аппроксимирована экспоненциальной зависимостью типа

$$P = A(\sigma) \exp\left[\frac{(\sigma - \sigma_1)(\sigma - \sigma_2)}{B(\sigma_1 \sigma_2)}\right]$$

при условии обращения показателя экспоненты в нуль при $\sigma = \sigma_1$ и $\sigma = \sigma_2$, то есть в точках, соответствующих нижнему и верхнему пределам взрываемости.

Проведенные экспериментальные исследования убедительно доказывают, что элементарный состав пыли и выход летучих действительно оказывают влияние на взрывчатые свойства древесной пыли. Так, анализ представленных на рис. 3 кривых показывает, что с увеличением выхода летучих минимальная температура инициатора взрыва снижается. Для исследуемых пылей температура источника воспламенения, способного вызвать взрыв пылевого облака, уменьшается примерно на 100° во всем диапазоне опытов для пород с бо́льшим выходом летучих. Наименьшую температуру воспламенения, равную 980—1000°К, имеют пылевоздушные смеси при концентрации древесной пыли около 170 $г \cdot м^{-3}$ и выходе летучих 78,7%.

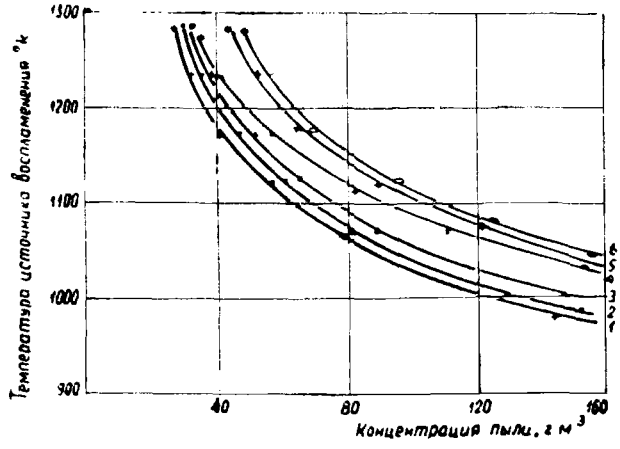


Рис. 3. Изменение температуры воспламенения аэровзвеси древесной пыли в зависимости от выхода летучих и концентрации пылевого облака.

1 — ель $v^г = 78{,}7\%$; *2* — сосна $v^г = 76{,}81\%$; *3* — лиственница $v^г = 74{,}37\%$; *4* — кора сосны $v^г = 71{,}24\%$; *5* — кора ели $v^г = 64{,}13\%$; *6* — лигнин $v^г = 63{,}28\%$.

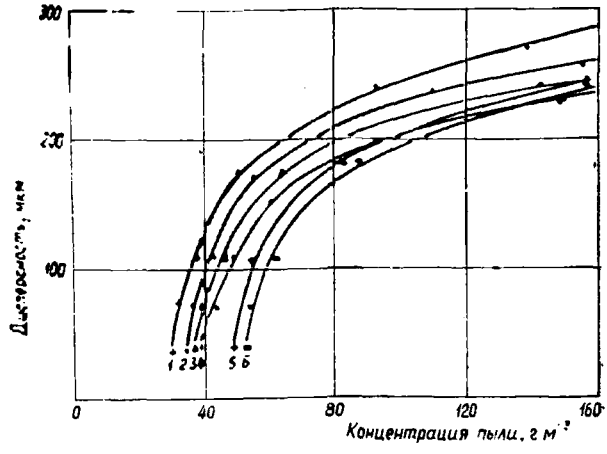


Рис. 4. Влияние дисперсного состава древесной пыли на величину ее нижнего концентрационного предела взрываемости. Обозначения *1, 2, 3, 4, 5, 6* те же, что на рис. 3.

Экспериментально было доказано влияние дисперсности пыли на ее взрывчатые свойства (рис. 4). Наиболее взрывоопасны фракции пыли 120 *мкм* и менее. Кроме того, было определено влияние ряда других факторов на взрывчатость пыли. Так, исследования показали, что наличие смолистых веществ активизирует взрывчатые свойства пыли. Примесь коры и увеличение влажности снижают взрывчатые свойства пыли.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования позволили определить зависимость для подсчета нижних концентрационных пределов взрываемости древесной пыли (эту зависимость можно использовать и для других горючих пылей с учетом их физико-химических параметров), а также установить, что основной фактор, определяющий взрывоопасность аэровзвесей древесной пыли при фиксированном размере пылевых частиц, — элементарный состав пыли и выход летучих, которые непосредственно обусловливают минимальную температуру воспламенения пылевого облака и нижний предел взрываемости пыли. Остальные факторы значительно меньше влияют на взрывчатость древесной пыли.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Временная инструкция по определению нижних пределов взрываемости аэровзвесей твердых веществ. № 20—65, М., 1966. [2]. М. Г. Годжелло. Взрывы промышленных пылей и их предупреждение. Изд-во МКХ РСФСР, 1952. [3]. Б. В. Канторович. Введение в теорию горения и газификации твердого топлива, Металлургиздат, М., 1960. [4]. В. И Кравец. Исследование взрываемости каменноугольной пыли и способов предупреждения и локализации ее взрывов. Бюллетень МакНИИ, 1967, № 16. [5]. А. В. Лыков. Теория теплопроводности. Изд-во «Высшая школа», М., 1967. [6]. В. Н. Пиялкин, А. К. Славянский. Исследование процесса пиролиза древесины методом термогравиметрического анализа. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1966. [7]. Хартман, Якобсон, Уильямс. Лабораторные испытания взрываемости американских углей. «Revue de L' Industrie Minerale». 1954, № 615. [8]. Л. Н. Хитрин. Физика горения и взрыва. Изд-во Московского Государственного университета, 1957. [9]. В. Цыбульский. Исследование предельных взрывоопасных концентраций угольной пыли. Труды Главного горного института Польши, 1954.

Поступила 3 мая 1971 г.

УДК 674.815-41

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ ПОРОДЫ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. В. ГАМОВ

Брянский технологический институт

Показано, что использование расчетных формул позволяет предугадать при различных условиях влияние породы древесины на прочность плит, а также выявить все основные факторы, обусловливающие это влияние.

Структурно-механический анализ позволяет выявить причины, влияющие на прочность плит, изготовленных из различных древесных пород.

Известно, что объемный вес и начальная прочность — важные свойства древесины, зависящие от ее породы. Чем меньше объемный вес древесины, тем больше волокон приходится на каждую единицу объема готовой плиты и, следовательно, выше прочность плит (при их

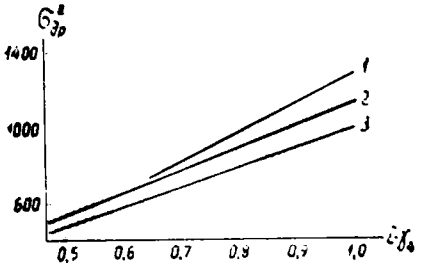


Рис. 1.

1 — береза; *2* и *3* — *ель*.

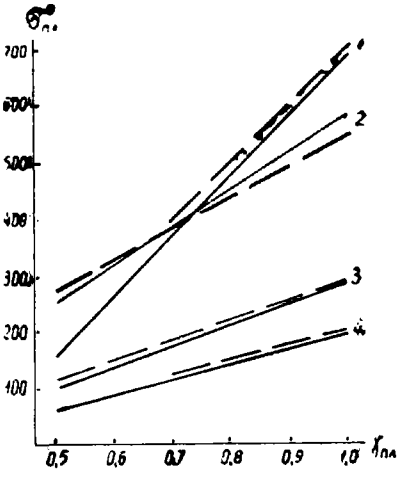


Рис. 2.

одинаковом объемном весе). Однако необходимо учитывать, что волокна разных древесных пород имеют различную прочность и что при значительной степени упрессовки древесных частиц отчетливее проявляется их деструкция. Это означает, что при одном и том же объемном весе прочность древесных частиц из разных пород, имеющих различную степень упрессовки, не всегда одинакова. Доказательством служит график зависимости предела прочности при статическом растяжении древесных частиц вдоль волокон от их объемного веса (рис. 1). Сечение частиц до упрессовки составляло 3×0,15 *мм* (кривые 1, 3) и 3×0,3 *мм* (кривая 2).

У березовых частиц 1 и у еловых 3 — одинаковые объемные веса, но разная прочность (для ели — значительно больше, чем для березы) из-за различной степени упрессовки.

В производстве древесностружечных плит ель — наиболее легкая порода, а береза — наиболее тяжелая. Исследуем влияние объемного веса плит, изготовленных из этих пород, на их прочность, а также изучим факторы, обусловливающие это влияние. С этой целью рассмотрим рис. 2, выражающий зависимость предела прочности при статическом растяжении древесностружечных плит плоского прессования с дезориентированными частицами вдоль плоскости от их объемного веса. Характеристика плит следующая: у плит 1 и 2 размеры частиц 35×3×0,15 *мм*, у плит 3 и 4 — 20×3×0,3 *мм*; плиты 1 и 4 — березовые, 2 и 3 — еловые; класс шероховатости древесных частиц $\nabla\partial = 3 \div 7$; содержание смолы (марки М19—62) в плитах 8%; концентрация смолы 50%; толщина плит 16 *мм*. Штриховыми линиями на графике обозначены теоретические значения, а сплошными — экспериментальные.

Кривые 1 и 2 графика (рис. 2) определяли по формуле

$$\sigma_{пл}^{\parallel} = 0{,}54\left(1 - \frac{s}{Hi}\right)\sigma_{др}, \qquad (1)$$

так как для этих плит выполнимо граничное условие

$$l > \frac{5{,}7\sigma_{др}^{\parallel} s}{\sigma_{ск} i}. \qquad (2)$$

В этих формулах:

$\sigma^{\parallel}_{нл}$ — предел прочности при статическом растяжении древесностружечных плит плоского прессования с дезориентированными частицами вдоль плоскости, *кГ/см²*;

s — толщина древесных частиц до упрессовки, *мм;*

l — длина частиц, *мм;*

H — толщина плит, *мм;*

$\sigma^{\parallel}_{др}$ — предел прочности при статическом растяжении древесных частиц вдоль волокон, *кГ/см²* (значения $\sigma^{\parallel}_{др}$ для исследуемых плит приведены на рис. 1);

$\sigma_{ск}$ — предел прочности склеивания частиц при скалывании, *кГ/см²;*

i — степень укладки древесных частиц (безразмерный коэффициент).

Величину i вводят в формулы с целью учета толщины частиц при их упрессовке для любых объемных весов плит

$$i = \frac{(1 - p)\gamma_{пл} - p\gamma_{к}}{\gamma_{ч}}, \qquad (3)$$

где p — содержание клея в стружке в пересчете на сухие продукты (в относительных единицах);

$\gamma_{пл}$ — объемный вес плит при влажности 8%, *г/см³*;

$\gamma_{к}$ — плотность клеевой пленки при влажности 8%, *г/см³*;

$\gamma_{ч}$ — объемный вес натуральной древесины частиц при влажности 8%, *г/см³*.

Из формулы (3) выражение $i\gamma_{ч}$ при $i \geqslant 1$ представляет собой объемный вес частиц, находящихся в плите. Вывод формул (1) — (3) произведен нами ранее [1], [2].

Размеры древесных частиц у плит 1 и 2 (рис. 2) одинаковы. Для березовых плит 1 при объемном весе $\gamma_{пл} = 0{,}7$ *г/см³* величина $i = 1{,}04$ (табл. 1), то есть между частицами устанавливается тесный контакт. Для еловых плит 2 такой контакт имеет место при $\gamma_{пл} = 0{,}5$ *г/см³* (табл. 1) или при $i = 1$.

Таблица 1

Порода древесины	Связь между расчетными параметрами по формуле (3)		
	объемный вес плит $\gamma_{пл}$	объемный вес частиц в плите $i\gamma_{ч}$	степень укладки частиц i
Ель	0,5	0,44	1,00
	0,6	0,55	1,25
	0,7	0,66	1,50
	0,8	0,77	1,75
	0,9	0,88	2,00
	1,0	0,98	2,23
Береза	0,7	0,655	1,04
	0,8	0,770	1,22
	0,9	0,876	1,39
	1,0	0,982	1,56

В плитах 2 в интервале объемных весов 0,5—1,0 *г/см³* полностью используются прочностные свойства древесины, то есть прочность плит определяется прочностью древесных частиц. В плитах 1 при $i \leqslant 1$ ($\gamma_{пл} \leqslant 0{,}7$ *г/см³*) вследствие плохого контакта между частицами происходит разрушение по поверхностям склеивания. Чем меньше величина i, тем слабее взаимный контакт частиц и тем ниже прочность плит.

Прочность плит 1 при $i \geqslant 1$ ($\gamma_{пл} \geqslant 0{,}7$ *г/см*^{3}) определяется прочностью частиц. Так как прочность березовых частиц выше, чем еловых (рис. 1), то прочность плит 1 при $i > 1$ ($\gamma_{пл} > 0{,}7$ *г/см*^{3}) больше прочности плит 2, что в действительности подтверждается теоретическими и экспериментальными данными (рис. 2).

Прочность плит 3 и 4 рассчитывали по формуле

$$\sigma''_{пл} = 0{,}095 \left(\frac{i}{s} - \frac{1}{H}\right) \sigma_{ск} l, \tag{4}$$

так как эти плиты удовлетворяют граничному условию

$$l \leqslant \frac{5{,}7 \cdot \sigma''_{др} s}{\sigma_{ск} \cdot i}. \tag{5}$$

У плит 3 и 4 одинаковые размеры частиц. Произведя сравнительный анализ прочности еловых плит 3 и березовых 4, можно прийти к выводу, что на разницу значений их прочности влияет, в основном, величина i. Например, при $\gamma_{пл} = 1{,}0$ *г/см*^{3} для плит 3 величина $i = 2{,}23$, $\sigma_{ск} = 19{,}8$ *кГ/см*^{2}, для плит 4 значение $i = 1{,}56$, $\sigma_{ск} = 20{,}2$ *кГ/см*^{2}. В случае использования формулы (4) при расчете прочности плит 3 и 4 мы убеждаемся в том, что разница значений прочности этих плит определяется величиной i, так как остальные компоненты равны или почти равны между собой.

Теоретические расчеты прочности плит производили только лишь при $i \geqslant 1$, потому что при $i < 1$ очень трудно учесть величину поверхности контакта древесных частиц, а следовательно, и значение $\sigma_{ск}$.

Зависимость между $\gamma_{пл}$ и $\sigma_{пл}$, установленная теоретически и экспериментально, в диапазоне рассматриваемого изменения объемных весов плит близка к функциональной, так как коэффициент корреляции в среднем составляет 0,97 ± 0,02.

Резюмируя, отметим, что при выполнении граничного условия (2) прочность древесностружечных плит из наиболее тяжелой породы выше, чем из легкой. В случае же соблюдения граничного условия (5) зависимость обратная: прочность плит из наиболее легких пород выше прочности плит из наиболее тяжелых пород.

Структурный анализ дает возможность использовать математический аппарат, в частности, для получения заданной прочности плит, изготовленных из различных древесных пород, и прогнозировать выбор оптимальных решений.

Анализ приведенных формул и полученных теоретических и практических результатов показывает, что при различных условиях порода древесины частиц по-разному влияет на прочность плит.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. В. Гамов. Экспериментально-теоретические исследования зависимости прочности древесностружечных плит от их толщины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [2]. В. В. Гамов. Структурно-механические свойства древесностружечных плит. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970.

Поступила 17 мая 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 674.817-41

МЕТОД РАСЧЕТА КОМБИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАСС ЗАДАННОГО ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА

П. М. ГРИГОРЬЕВ

Уральский лесотехнический институт

Метод расчета позволяет определять весовые количества исходных масс, при соединении которых обеспечивается заданный фракционный состав комбинированной массы. Если известен фракционный состав и весовые количества исходных масс, вошедших в комбинированную массу, можно расчетным путем определить фракционный состав последней. Решение производится при помощи системы линейных уравнений.

Для получения твердых древесноволокнистых плит можно использовать одновременно несколько древесных масс, отличающихся одна от другой фракционным составом, степенью помола и геометрическими характеристиками волокна [3]. Чтобы составить композиции из различных древесных масс, необходимо определить их фракционный состав по методике, описанной в ГОСТе 1783—42, степень помола (по ГОСТу 1640—54) [1] и геометрические характеристики волокна.

В настоящей статье предлагается метод расчета комбинированной древесной массы с заданным фракционным составом из нескольких исходных масс, дается математическое выражение поставленной задачи и способ его решения. По этому методу автором проведено исследование древесных масс, являющихся отходом целлюлозно-бумажного производства, и составлена комбинированная масса с заданным фракционным составом.

Комбинированная древесная масса должна содержать вполне определенное количество различных фракций. Для этого необходимо назначить потребное процентное содержание отдельных фракций в ней и так подобрать весовые количества исходных древесных масс, чтобы назначенное процентное содержание было обеспечено. Количество назначаемых фракций должно быть на единицу меньше количества исходных древесных масс для того, чтобы систему уравнений решить относительно X.

Если количество исходных древесных масс обозначить через n, а количество желаемых (назначенных) фракций через m, то

$$m = n - 1.$$

Необходимо математически выразить зависимость между весовым содержанием данных фракций в исходных массах и весовым содержанием исходных древесных масс в комбинированной массе, при котором обеспечивается заданное процентное содержание желаемых фракций.

Напишем систему линейных уравнений для составления комбинированной массы из нескольких исходных древесных масс

$$\left.\begin{array}{l} P_{11}X_1 + P_{12}X_2 + \cdots + O_{1n}X_n = P_1C \\ P_{21}X_1 + P_{22}X_2 + \cdots + P_{2n}X_n = P_2C \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ P_{m-11}X_1 + P_{m-12}X_2 + \cdots + P_{m-1n}X_n = P_{m-1}C \\ P_{m1}X_1 + P_{m2}X_2 + \cdots + P_{mn}X_n = P_mC, \end{array}\right| \qquad (1)$$

где C — вес абс. сухого волокна комбинированной массы в единице продукции (известная величина), *кг;*

$P_1, P_2 ..., P_{m-1}$ — содержание основных фракций в комбинированной массе (заданные величины), %;

P_m — содержание остальных фракций в комбинированной массе, %;

$P_{11}, P_{12}, ... P_{1n}$ — содержание фракции P_1 в исходных массах, %;

$P_{21}, P_{22}, ..., P_{2n}$ — содержание фракции P_2 в исходных массах, %;

$P_{m-11}, P_{m-12}, ..., P_{m-1n}$ — содержание фракции P_{m-1} в исходных массах, %;

$P_{m1}, P_{m2} ... P_{mn}$ — содержание остальных фракций в исходных массах, %;

$X_1, X_2, ..., X_n$ — искомое количество исходных древесных масс, *кг.*

$$P_m = 100 - (P_1 + P_2 + \cdots + P_{m-1});$$

$$P_{m1} = 100 - (P_{11} + P_{21} + \cdots + P_{m-11});$$

$$P_{m2} = 100 - (P_{12} + P_{22} + \cdots + P_{m-12});$$

$$P_{mn} = 100 - (P_{1n} + P_{2n} + \cdots + P_{m-1n}).$$

Данную систему линейных уравнений (1) целесообразно решать методом Гаусса. (Этот метод удобен для решения системы линейных уравнений с несколькими неизвестными при помощи электронных цифровых машин.) Сущность его в том, что составляют расширенную матрицу из коэффициентов при неизвестных и из свободных членов. Затем ее приводят к ступенчатому виду и вместо системы линейных уравнений рассматривают систему с расширенной матрицей.

Пример. Составить комбинированную древесную массу из трех исходных масс для изготовления твердых древесноволокнистых плит. Вес абс. сухого волокна, потребного на одну плиту размером 470 × × 470 × 3,5 *мм*, $C = 633$ *г*. Принимаем, что в комбинированной массе содержание фракции № 8 — 70%, фракции № 25 — 10%, остальных фракций — 20%. Определить весовое количество древесного волокна каждой из исходных масс (X_1, X_2, X_3) в комбинированной массе.

Фракционный состав исходных древесных масс, с которыми автор провел ряд опытов, приведен в табл. 1.

Таблица 1

№ фракции	Содержание фракций, %, в исходной древесной массе		
	№ 1	№ 2	№ 3
8	39,7	88,2	35,0
25	22,7	1,7	30,0
50	1,1	0,5	10,0
100	1,4	1,7	5,0
Мелочь	35,1	8,9	20,0

Решение. Принимаем: количество массы № 1 — X_1, массы № 2 — X_2, массы № 3 — X_3. Коэффициенты при неизвестных возьмем из табл. 1 и подставим их в систему уравнений

$$39{,}7X_1 + 88{,}2X_2 + 35{,}0X_3 = 70 \cdot 633$$

$$22{,}7X_1 + 1{,}7X_2 + 30{,}0X_3 = 10 \cdot 633$$

$$37{,}6X_1 + 10{,}1X_2 + 35{,}0X_3 = 20 \cdot 633.$$

Напишем расширенную матрицу

$$B = \begin{array}{ccc|c} 39{,}7 & 88{,}2 & 35{,}0 & 44310 \\ 22{,}7 & 1{,}7 & 30{,}0 & 6330 \\ 37{,}6 & 10{,}1 & 35{,}0 & 12660. \end{array}$$

Для удобства свободные члены отделены вертикальной чертой. После некоторых преобразований расширенная матрица принимает следующий вид:

$$B_1 = \begin{array}{ccc|c} 39{,}7 & 88{,}2 & 35{,}0 & 44310 \\ 0 & -48{,}73 & 10{,}0 & -19005 \\ 0 & 0 & -13{,}27 & -\ 660. \end{array}$$

Аналогично преобразовываем систему линейных уравнений

$$\left.\begin{aligned} 39{,}7X_1 + 88{,}2X_2 + 35{,}0X_3 &= 44310 \\ -48{,}73X_2 + 10{,}0X_3 &= 19005 \\ -13{,}27X_3 &= 660. \end{aligned}\right\}$$

Двигаясь снизу вверх, последовательно находим: $X_3 = 50$, $X_2 = 400$, $X_1 = 183$. Произведем проверку:

$$X_1 + X_2 + X_3 = C;$$
$$183 + 400 + 50 = 633.$$

Если использовать две исходные массы, то система уравнений принимает более простой вид. В этом случае имеем два уравнения, решать которые также удобнее с помощью определителей по правилу Саррюса.

Система линейных уравнений будет совместной и определенной только тогда, когда значения коэффициентов при свободных членах будут находиться в области, ограниченной верхним и нижним пределами. При любом фракционном составе исходных масс верхний предел значения принимаемой фракции в комбинированной массе должен быть численно меньше максимального содержания данной фракции в исходной массе; соответственно нижний предел должен находиться выше минимального содержания принимаемой фракции в исходной массе

$$\lim P_{1max} < (P_{11},\ P_{12},\ P_{13})_{max};$$
$$\lim P_{1min} > (P_{11},\ P_{12},\ P_{13})_{min};$$
$$\lim P_{2max} < (P_{21},\ P_{22},\ P_{23})_{max};$$
$$\lim P_{2min} > (P_{21},\ P_{22},\ P_{23})_{min};$$
$$\lim P_{3max} \quad (P_{31},\ P_{32},\ P_{33})_{max};$$
$$\lim P_{3min} > (P_{31},\ P_{32},\ P_{33})_{min}.$$

За указанными пределами система не имеет смысла. Если процентное содержание выбранной основной фракции в комбинированной массе равно процентному содержанию данной фракции в какой-либо одной исходной древесной массе, то их фракционный состав совпадает и практически в производство должна поступать одна эта исходная древесная масса. Кроме этого, при составлении комбинированной мас-

сы иногда приходится руководствоваться чисто практическими соображениями. Например, в качестве исходных принимают две массы, одну из которых используют с целью утилизации отходов, а другую в качестве добавки для получения оптимального фракционного состава.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. Х. Ласкеев. Фракционирование древесной массы. Материалы ВНИИБа, вып. XXXVI, Госбумиздат, 1948. [2]. Л. Я. Окунев. Высшая алгебра. Изд-во «Просвещение», 1966. [3]. Н. Я. Солечник. Производство древесноволокнистых плит. Гослесбумиздат, М., 1963.

Поступила 22 февраля 1972 г.

УДК 674.028

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ ГНУТОКЛЕЕНЫХ БЛОКОВ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССФОРМАХ С ЭЛАСТИЧНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАВЛЕНИЯ

П. В. КОСТРИКОВ, Р. А. БОГАТЫРЕВ, М. А. ЧЕРНОУЦАН

Конструкторский проектно-технологический институт
Минмебельдревпрома Молдавской ССР

Излагается способ прессования гнутоклееных блоков с помощью гидравлических прессформ. Показано влияние давления на прочность гнутоклееных деталей.

Для получения гнутоклееных деталей сложной формы (с несколькими углами перегиба) жесткие прессформы малопригодны. Чтобы иметь возможность получить гнутоклееные детали двоякой кривизны линейных и плоскостных форм, на экспериментальном комбинате «Фанеродеталь» (г. Бендеры, Молдавской ССР) совместно с учеными Конструкторского проектно-технологического института внедряется способ прессования гнутоклееных деталей, в основу которого положена эластичная передача давления гидравлическими пресскамерами.

Сущность способа заключается в следующем. Шпон прессуют и склеивают в прессформе, у которой формообразующий элемент — только пуансон. На рабочей поверхности матрица имеет плоские эластичные камеры. Рабочая среда (жидкость) во время работы под необходимым давлением подается последовательно в камеры. Под действием давления, создающегося в камерах, шпон независимо от формы и размеров в процессе прессования прижимается к пуансону с равномерным давлением по всей площади.

Гидравлические прессформы могут быть двух видов: однокамерные — для одновременной передачи давления на всю поверхность и многокамерные — для последовательной передачи давления на отдельные участки.

Принцип действия однокамерной гидравлической прессформы показан на рис. 1. Процесс прессования деталей состоит из трех этапов. Первый — пуансон *1* поднят, пакет листов шпона *2* с нанесенным на внутренние слои клеем укладывается на матрицу *3*. Второй этап — пуансон опускается, пакет шпона изгибается и занимает место между пуансоном и матрицей. Третий этап — рабочая жидкость (масло) под давлением через трубку *4* поступает в гидравлическую камеру *5*. Мембрана *6* прижимает пакет шпона к пуансону с равномерно распределенным давлением, необходимым для склеивания деталей.

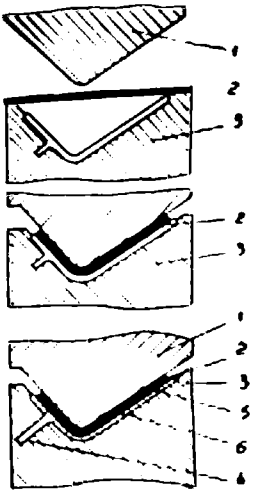


Рис. 1.

Многокамерные прессформы рекомендуется применять при изготовлении деталей сложного профиля. Принцип действия таких прессформ поясним на примере выклеивания Л-образных блоков (рис. 2).

На рис. 2, *а* пакет шпона заданной толщины с нанесенным клеем изогнут пуансоном и свободно входит в матрицу; при этом расстояние между пуансоном и матрицей несколько больше толщины пакета, а давление в камерах отсутствует. При подаче масла давление вначале создается в горизонтальной камере (рис. 2, *б*), потом в камерах, расположенных на углах блока (рис. 2, *в*) и, наконец, в боковых (рис. 2, *г*). Каждую группу камер подводят к отдельным золотникам, посредством которых регулируется необходимое давление.

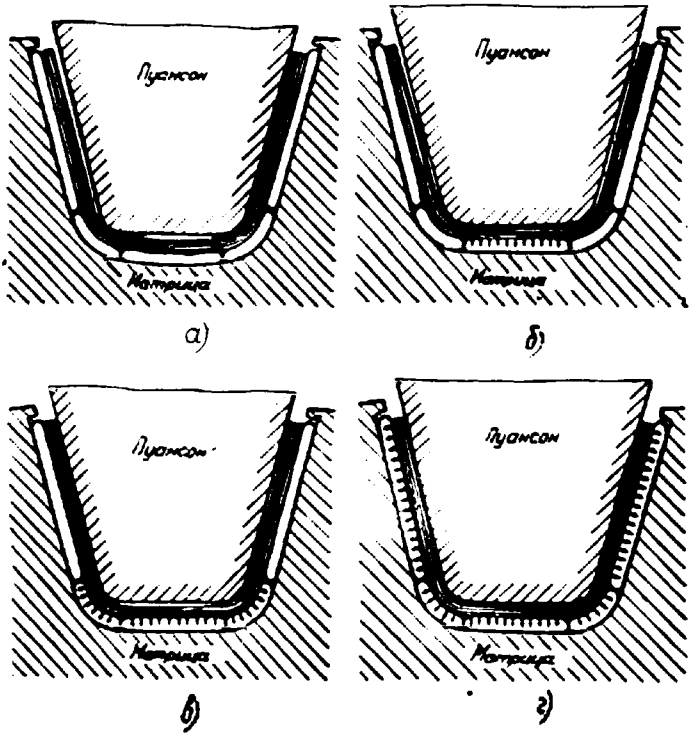


Рис. 2.

В таком положении производится технологическая выдержка под нагревом, после окончания которой давление в камерах снимается, пуансон поднимается в исходное положение. Склеенный блок выгружают из прессформы.

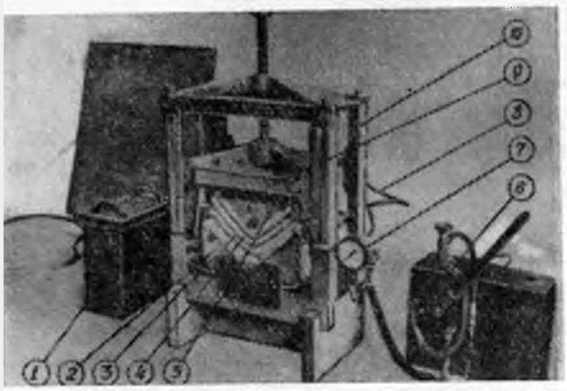


Рис. 3.

1 — трансформатор; *2* — матрица; *3* — гидравлические камеры; *4* — блок; *5* — пуансон; *6* — насос; *7* — манометр; *8* — гидропривод; *9* — подвижная траверса; *10* — пресс.

При проектировании гидравлических прессформ и прессовании гнутоклееных блоков необходимо знать величину удельного давления, при котором пакет шпона принимает нужный угол изгиба и одновременно склеивается.

Величину оптимального давления в гидрокамерах определяли экспериментально на специальной установке (рис. 3). На ней прессовали блоки уголкового профиля из березового шпона толщиной 1,15 *мм*, имеющего начальную влажность 8—10%. В пакете было 19 листов шпона; клей на основе смолы М 19-62 и УКС (в соотношении 1 : 1), имеющий вязкость 90 *сек* по вискозиметру ВЗ-4. Расход клея 130 *г/м*^{2}. Температура рабочей поверхности прессформы при электроконтактном обогреве 110—120°С. Продолжительность прессования 50 *сек* на 1 *мм* толщины пакета. Технологическая выдержка блоков после склеивания до начала выпиливания образцов около 30 *час*. Все указанные факторы в процессе прессования оставались постоянными.

Эффективность давления оценивали показателем предела прочности при междуслойном отрыве σ_r во время разгиба криволинейного участка образцов. В качестве контроля определяли предел прочности при скалывании по клеевому шву $\tau_{\cdot к}$ и предел прочности при растяжении вдоль волокон во время сгиба криволинейного участка образцов σ_θ [1].

Влияние удельного давления на изменчивость средних значений предела прочности при междуслойном отрыве σ_r (σ_r — основной показатель прочности гнутоклееных деталей в их криволинейной части) оценивали с помощью дисперсионного анализа [2], [3].

Результаты испытаний гнутоклееных образцов на прочность при междуслойном отрыве приведены в табл. 1.

Эксперименты проводили для 7 вариантов удельного давления, в каждом варианте опыт повторяли 8 раз.

Как видно из табл. 1, факторы, вызывающие изменчивость средних значений предела прочности σ_r, принадлежат к одному источнику (давлению), следовательно, имеем простую группировку.

Число факторов, принадлежащих к одному источнику изменчивости, $p = 7$. Под действием каждого фактора наблюдалось $n_g = 8$ значений величины σ_r, выраженной в общем виде через X_g.

Таблица 1

Удельное давление, кгс/см²	σ_r								ΣX	$\bar{X}$
$P_1 = 2$	27,8	35,6	35,6	37,1	28,6	37,2	33,0	47,6	282,5	35,3
$P_2 = 4$	52,0	53,0	49,0	55,0	51,6	52,2	48,0	50,7	411,8	51,5
$P_3 = 5$	45,2	45,7	43,2	44,5	43,6	45,6	46,2	50,0	364,0	45,5
$P_4 = 6$	41,0	52,0	47,5	50,0	50,6	66,0	50,1	45,7	402.9	50,9
$P_5 = 8$	36,8	38,2	55,0	40,5	53,5	39,0	40,0	61,5	369,0	46,1
$P_6 = 10$	47,7	54,5	44,4	56,7	55,0	76,0	51,0	55,5	441,8	55,2
$P_7 = 20$	35,8	33,0	41,5	38,0	42,5	42,0	48,7	43,0	323,7	40,5

Вначале проверим так называемую нулевую гипотезу, которая состоит в том, что величина удельного давления не влияет на прочность гнутоклееных деталей. Для упрощения расчетов каждое показание эксперимента σ_r (табл. 1) уменьшим на 40, то есть на величину, близкую среднему значению $\bar{X}$. Вычисления средних значений и сумм квадратов для данных табл. 1 приведены в табл. 2.

Удельное давление, кгс/см²	X_{gh}					
$P_1 = 2$	— 12,2	— 4,4	— 4,4	— 2,9	— 11,4	— 2,8
$P_2 = 4$	+ 12,0	+ 13,0	+ 9,0	+15,0	+ 11,6	+ 12,5
$P_3 = 5$	+ 5,2	+ 5,7	+ 3,2	+ 4,5	+ 3,6	+ 5,6
$P_4 = 6$	+ 1,0	+ 12,0	+ 7,5	+10,0	+ 10,6	+ 26,0
$P_5 = 8$	— 3,2	— 1,8	+15,0	+ 0,5	+ 13,5	— 1,0
$P_6 = 10$	+ 7,7	+ 14,5	+ 4,4	+16,7	+ 15,0	+ 36,0
$P_7 = 20$	— 4,2	— 7,0	+ 1,5	— 2,0	— 2,5	+ 2,0

Примечание. Через X_{gh} обозначена величина h-го члена в g-й группе; n_g во

Общая сумма квадратов

$$Q = \sum_{g=1}^{P} \sum_{n=1}^{n_g} X_{gh}^2 - n\bar{X}^2 = 6520{,}19 - 56\,(6{,}3)^2 = 4297{,}75; \qquad (1)$$

сумма квадратов между факторами

$$Q_A = \sum_{g=1}^{P} n_g \bar{X}_g^2 - n\bar{X}^2 = 3619{,}84 - 2222{,}44 = 1397{,}40; \qquad (2)$$

сумма квадратов внутри факторов

$$Q_R = \sum_{g=1}^{P} \sum_{n=1}^{n_g} X_{gh}^2 - \sum_{g=1}^{P} n_g \bar{X}_g = 6520{,}19 - 3619{,}84 = 2900{,}35. \qquad (3)$$

Данные дисперсионного анализа приведены в табл. 3.

Чтобы оценить влияние давления прессования на прочность гнутоклееных деталей, вычислим расчетный критерий

$$F_{расч} = \frac{S_A^2}{S_R^2} = \frac{232{,}9}{59} = 3{,}95. \qquad (4)$$

Найдем табличный (критический) критерий при числе степеней свободы 6 и 49 [2]; при 10%-ном уровне значимости $F_{кр} = 2{,}30$, при 2%-ном уровне $F_{кр} = 3{,}19$. Так как $F_{расч} > F_{кр}$, то гипотеза о том, что давление прессования не влияет на прочность гнутоклееных деталей, отвергается.

Выяснив при помощи дисперсионного анализа, что прочность гнутоклееных деталей зависит от удельного давления, исследуем влияние каждой величины давления в отдельности. Оцениваем такое влияние при помощи критерия t.

Расчетное значение критерия определяем по формуле

$$t_{расч} = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{S_R} \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}, \qquad (5)$$

где $\overline{X}_1$ и $\overline{X}_2$ — средние значения прочности сравниваемых факторов (величины давления);

n_1 и n_2 — числа наблюдений по факторам, то есть $n_1 = n_2 - \ldots = n_g = 8$.

Таблица 2

		ΣX_{gh}	$\bar{X}_g$	ΣX^2_{gh}	$n_g \bar{X}^2_g$
— 7,0	+ 7,6	— 37,5	— 4,7	440,53	176,72
+ 8,0	+10,7	+ 91,8	+11,5	1088,30	1058,00
+ 6,2	+10,0	+ 44,0	+ 5,5	269,75	242,0
+10,1	+ 5,7	+ 82,9	+10,4	1221,11	865,28
0,0	+21,5	+ 44,5	+ 5,6	883,63	250,88
+11,0	+15,5	+120,8	+15,1	2449,04	1024,08
+ 8,7	+ 3,0	+ 4,5	+ 0,6	167,83	2,88
			+ 6,3	6520,19	3619,84

всех случаях равно 8, сумма $n_g = 56$.

Таблица 3

Оценка рассеяния (изменчивость)	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Оценка дисперсии
Общая	$Q = 4297{,}75$	$\nu = n - 1 = 55$	$S^2 = \frac{Q}{n-1} = 77{,}8$
По факторам	$Q_A = 1397{,}40$	$\nu = p - 1 = 6$	$S^2_A = \frac{Q_A}{p-1} - 232{,}9$
Внутри факторов . .	$Q_R = 2900{,}35$	$\nu = n - p = 49$	$S^2_R = \frac{Q_R}{n-p} - 59{,}2$

Для практических целей достаточно 5%-ного уровня значимости вероятность 95%). Если $t_{расч} > t_{кр}$, то расхождение между средними величинами следует признать существенным.

Сравним средние значения показателя σ_r (табл. 1) при $P_1 = 2$ *кгс/см²*, $\overline{X}_1 = 35{,}3$ и $P_2 = 4$ *кгс/см²*, $\overline{X}_2 = 51{,}5$.

По формуле (5) для $\nu = 49$ определим

$$t_{расч} = \frac{35{,}3 - 51{,}5}{\sqrt{49}} \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 8}{8 + 8}} = 4{,}65.$$

При 5%-ном уровне значимости $t_{кр} = 2{,}0$, а при 1%-ном уровне $t_{кр} = 2{,}6$. Сравнение показывает, что $t_{расч} > t_{кр}$.

Из приведенного анализа делаем вывод, что расхождение между указанными средними значениями показателей прочности весьма существенно (ибо $t_{расч} > t_{кр}$ даже при 1%-ном уровне значимости), то есть давление P_2, равное 4 *кгс/см²*, существеннее влияет на прочность гнутоклееных деталей, чем $P_1 = 2$ *кгс/см²*.

Сравним средние значения показателя σ_r при $P_2 = 4$ *кгс/см²*, $\overline{X_1} = 51{,}5$ и $P_5 = 8$ *кгс/см²*, $\overline{X_2} = 46{,}1$

$$t_{расч} = \frac{51.5 - 46.1}{\sqrt{49}} \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 8}{8+8}} = 1{,}55, \quad t_{расч} < t_{кр}.$$

Сравним средние значения показателя σ_r при $P_2 = 4$ *кгс/см²*, $\overline{X_1} = 51{,}5$ и $P_6 = 10$ *кгс/см²*, $\overline{X_2} = 55{,}2$

$$t_{расч} = \frac{51{,}5 - 55{,}2}{\sqrt{49}} \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 8}{8+8}} = 1{,}06; \quad t_{расч} < t_{кр}.$$

Получаем, что давление прессования, равное 5—20 *кгс/см²*, не оказывает существенного влияния на прочность гнутоклееных деталей по сравнению с давлением 4 *кгс/см²*. Следовательно, разность между рассматриваемыми средними значениями σ_r можно считать несущественной.

Результаты механических испытаний образцов, обработанные методом вариационной статистики, представлены на рис. 4. Данные испытаний согласуются с изложенным выше анализом.

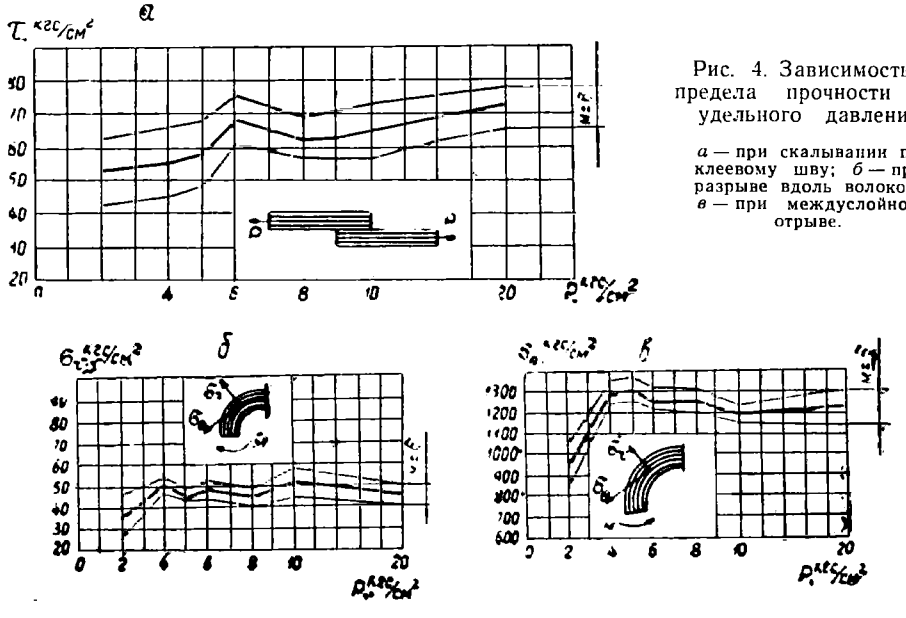


Рис. 4. Зависимость предела прочности от удельного давления.

а — при скалывании по клеевому шву; *б* — при разрыве вдоль волокон; *в* — при междуслойном отрыве.

Давление прессования до 4 *кгс/см²* влияет на прочность гнутоклееных деталей, а начиная с 4 *кгс/см²* и выше — не влияет.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. В. Костриков, Д. И. Шилькрут, Р. А. Богатырев, М. П. Юкина. Расчет на прочность гнутоклееных деталей. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 11, 1970. [2]. А. К. Митропольский. Механика статистических вычислений. Физматгиз, 1961. [3]. Г. Шеффе. Дисперсионный анализ (перевод с англ.). Физматгиз, М., 1963.

Поступила 4 октября 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.86

ОБРАЗОВАНИЕ 3,4-БЕНЗПИРЕНА ПРИ ПИРОГЕННОМ РАСПАДЕ ЧАСТЕЙ ДЕРЕВА И НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ

А. А. ЛИВЕРОВСКИЙ, Э. И. ШМУЛЕВСКАЯ, Л. С. РОМАНОВСКАЯ, Е. И. ПАНКИНА, В. Н. КУН

Ленинградская лесотехническая академия

П. П. ДИКУН, Л. Д. КОСТЕНКО

НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова

Установлено, что 3,4-бензпирен образуется при пиролизе всех частей дерева — стволовой части, коры, корней, ветвей, а также при пиролизе основных элементов древесины — целлюлозы, лигнина.

Установлено, что «дым», который применяется для копчения пищевых продуктов, содержит активный канцероген — 3,4-бензпирен, переходящий в копчености. Противодействие этому явлению — неотложное и существенное для здоровья человека дело.

Ранее [2] нами было показано, что 3,4-бензпирен генерируется при термолизе всех древесных пород, практически применяемых для копчения пищевых продуктов. Существовавшая ранее точка зрения, что этот углеводород образуется только при высокой температуре, неверна [3]. Следующий цикл исследований, результаты которого мы публикуем ниже, имел целью выяснить вопрос о выходе 3,4-бензпирена из морфологических частей дерева и из некоторых компонентов древесины.

Методика эксперимента

Пиролиз частей дерева, предварительно измельченных до размеров 20×20×15 *мм* и высушенных в сушильном шкафу, производили в лабораторной реторте объемом 2,5 *л*, нагреваемой муфельной печью. Температуру в зоне пиролиза контролировали с помощью трех термопар, вмонтированных в карманы кожуха в нижней и средней частях реторты и на выходе из нее. Внутри реторты температура не превышала 550°С. Для улавливания продуктов пиролиза реторту соединяли через холодильник с приемником, сообщавшимся далее с электрофильтром.

Образцы целлюлозы, лигнина и стеринов подвергали пиролизу в кварцевой колбе, шар которой почти полностью погружался в сплав Вуда с температурой не выше 400—430°С.

Из продуктов пиролиза делали эфирные вытяжки, которые высушивали сернокислым натрием; после этого растворитель полностью отгоняли на кипящей водяной бане. Оставшуюся смолистую часть подвергали первичной очистке от различных примесей на колонке из окиси алюминия. Полученные бензольные элюаты упаривали на водяной бане и фракционировали с помощью тонкослойной хроматографии на незакрепленном слое окиси алюминия. Выделенные фракции элюиро-

*

вали с адсорбента серным эфиром. Качественное и количественное определение 3,4-бензпирена производили по методике, основанной на использовании квазилинейчатых спектров флуоресценции [1].

Результаты исследования

Первый этап нашей работы — определение содержания 3,4-бензпирена в продуктах пиролиза разных частей дерева. Были взяты образцы стволовой части, коры, корней и ветвей двух елей из Лисинского лесхоза. Характеристика деревьев: высота ствола 5 *м*, диаметр на высоте груди 70 *мм*, возраст 15 лет.

Таблица 1

Материал	Номер дерева	Количество 3,4-бензпирена, γ/г абс. сухой древесины
Стволовая часть		
щепа с корой	1	0,58
» »	1	0,59
щепа без коры	2	1,08
» »	2	0,93
Кора	1	0,34
	2	0,66
Корни с корой	1	0,37
	1	0,97
	2	1,85
	2	1,0
Ветви	1	0,22
	2	0,23

Полученные экспериментальные данные (табл. 1) показали, что все элементы дерева в процессе пиролиза могут служить источником 3,4-бензпирена. В пиролизатах из ветвей и коры найдено меньшее содержание этого углеводорода, чем в пиролизате стволовой части дерева. Наблюдаются и значительные расхождения в содержании 3,4-бензпирена в продуктах, полученных из одной и той же морфологической части разных экземпляров деревьев и даже при анализе образцов одного и того же дерева.

На следующем этапе нашей работы мы изучали пиролиз составных частей древесины и ставили задачей выяснить, какие компоненты древесины при этом можно считать ответственными за образование полициклических углеводородов. Были исследованы целлюлоза и лигнин, являющиеся основными компонентами древесины, а также фитостерин. Последним мы занимались, исходя из следующих соображений. Предыдущие наши работы показали, что генерация 3,4-бензпирена происходит при сравнительно низких температурах. Распад химических компонентов древесины можно было рассматривать с позиций гипотезы о молекулярных перегруппировках, в частности, по правилу «наименьшей молекулярной деформации». С этой точки зрения наиболее вероятны превращения в полициклические углеводороды смоляных кислот и стеринов. Нативные смоляные кислоты при воздействии температуры превращаются в абиетиновую кислоту; последняя как термически неустойчивая частично переходит в ретен, перегруппировку которого в 3,4-бензпирен достаточно легко представить. Но при полном доказательстве ответственности смоляных кислот за образование полициклических углеводородов эти кислоты не могут существенно решить рассматриваемый вопрос. Нашими исследованиями показано, что 3,4-бензпирен и его дериваты генерируются и из лиственной древе-

ины, не содержащей нативных смоляных кислот. Более обещающей та типотеза казалась по отношению к стеринам. Хотя стеринов в древесине немного, но они присутствуют и в лиственной, и в хвойной древесине.

В первую очередь были исследованы образцы холоцеллюлозы — углеводного комплекса, включающего целлюлозу, гемицеллюлозы и полиуроновые кислоты. Этот комплекс — основная составная часть древесины. Холоцелллозу получали путем обработки еловых опилок свежеприготовленной 10%-ной перуксусной кислотой, которую синтезировали из равных объемов уксусного ангидрида и перекиси водорода [4]. Осадок холоцеллюлозы промывали горячей водой до отрицательной реакции на перекись водорода, затем горячей смесью спирта и ацетона и высушивали до постоянного веса. Использованная для пиролиза холоцеллюлоза содержала 0,33% лигнина, 2,39% веществ, экстрагируемых эфиром, и 6,10% воды.

Опыты, проведенные с холоцеллюлозой при атмосферном давлении и в вакууме, а также с холоцеллюлозой, предварительно проэкстрагированной эфиром, показали, что 3,4-бензпирен образуется во всех случаях (табл. 2).

Таблица 2

Исходный материал	Условия пиролиза	Количество 3,4-бензпирена, γ/г абс. сух. продукта
Холоцеллюлоза	При нормальном давлении	0,0011
	При вакууме (5 *мм* рт. ст.)	0,0054
	» »	0,0077
Холоцеллюлоза, экстрагированная эфиром	При нормальном давлении	0,0047
Целлюлоза $\alpha = 94,5$ %	» »	0,061
	» »	0,052
	При вакууме (5—7 *мм* рт. ст.)	0,072
	» »	0,023
Целлюлоза, проэкстрагированная эфиром, $\alpha = 94,5$%	При нормальном давлении	0,15
Целлюлоза $\alpha = 87$%	» »	0,006
	» »	0,011
	При вакууме (5—7 *мм* рт. ст.)	0,0004
	» »	0,06
Целлюлоза $\alpha = 87$%, проэкстрагированная эфиром	При нормальном давлении	0,005
Хлопковая целлюлоза $\alpha = 98$%	» »	0,010
	При вакууме (5—7 *мм* рт. ст.)	0,038
	» »	0,066
Лигнин Канского завода	При нормальном давлении	0,38
	» »	0,18
	При вакууме (2—4 *мм* рт. ст.)	0,29
Лигнин Ленинградского завода	При нормальном давлении	0,415
	» »	0,245
	При вакууме (2 - 4 *мм* рт. ст.)	0,55
	» »	0,38
Лигнин щелочной	При нормальном давлении	0,446
	» »	0,579
Фитостерин, дистиллят	» »	0,78
Пек	» »	1,94

Далее проводили опыты с целлюлозой различной степени очистки. Фактически были взяты образцы с содержанием α-целлюлозы 94,5 и 87%, а также природная целлюлоза, не подвергавшаяся никаким химическим воздействиям, с содержанием α-целлюлозы 98%. Первый образец (α = 94,5%) был получен из партии целлюлозы, сваренной на Красногородской бумажной фабрике методом сульфит-сульфатной варки. Целлюлоза имела следующие характеристики: содержание α-целлюлозы 94,5%, количество веществ, экстрагируемых эфиром, 0,29% и влаги 5,5%. Второй образец — небеленая целлюлоза сульфитной варки Калининградского ЦБК № 1. Она содержала 87% α-целлюлозы, 19,1% влаги и 1,31% веществ, экстрагируемых эфиром. И, наконец, третий образец — гигроскопическая вата, содержащая 98% α-целлюлозы. Как видно из табл. 1, все образцы целлюлозы, в том числе и проэкстрагированные эфиром, дают 3,4-бензпирен при пиролизе, проводимом в вакууме и при атмосферном давлении. Были подвергнуты пиролизу и образцы лигнинов Канского и Ленинградского заводов, а также щелочного лигнина. Лигнин Канского завода получен гидролизом еловых опилок 41%-ной соляной кислотой, лигнин Ленинградского завода — гидролизом еловых опилок 5%-ным раствором серной кислоты. Перед использованием опилки промывали водой для удаления ионов Cl' и SO_4'' и высушивали до 3%-ной влажности. Щелочной лигнин мы получали в лабораторных условиях при обработке еловой щепы 5%-ным водным раствором NaOH с последующим подкислением щелочного раствора 12%-ной соляной кислотой, промыванием выделившегося осадка водой до отрицательной реакции на Cl' и высушиванием. Влажность этого лигнина 3%.

Наконец, в качестве еще одного возможного источника образования 3,4-бензпирена был проверен фитостерин, содержание которого в древесине доходит до 3%. Фитостерин — индифферентное кристаллическое вещество, являющееся смесью нескольких стеринов; выделяют его из сульфатного мыла, полученного в процессе варки целлюлозы. После перекристаллизации из изопропилового спирта использованный образец имел температуру 135—137°С, содержал 97% фитостерина и 1,05% влаги. Пиролиз этого компонента древесины привел к самому высокому выходу 3,4-бензпирена (табл. 2).

Результаты, полученные в опытах с частями дерева и некоторыми элементами древесины, интересно сопоставить с данными определения содержания 3,4-бензпирена в исходном материале, не подвергавшемся пиролизу. Исходные образцы экстрагировали в аппарате Сокслета эфиром и в полученном после удаления эфира остатке определяли содержание 3,4-бензпирена. Из данных табл. 3 видно, что 3,4-бензпирен обнаружен в доступных для измерения количествах лишь в еловых и ольховых опилках; в фитостерине обнаружены следы этого углеводорода; в других материалах он не найден.

Таблица 3

Образец	Навеска, г (абс. сухая)	Количество 3,4-бензпирена, γ г абс. сухого продукта
Еловые опилки	271	0,0022
Ольховые „	131	0,0005
Холоцеллюлоза	500	Не обнаружено
Целлюлоза α=94,5%	500	„ „
„ α = 87%	500	„ „
Фитостерин	20	Следы

Итак, можно заключить, что 3,4-бензпирен, присутствующий в продуктах пиролиза, не является следствием прямой возгонки из исходной древесины; он возникает в результате процесса пиролиза. Этот углеводород образуется при пиролизе всех составных элементов древесины. Наиболее значительный выход получен для образцов лигнина; в пиролизатах холоцеллюлозы и целлюлозы, за исключением одного образца, определены незначительные количества 3,4-бензпирена.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. П. Дикун. Вопросы онкологии. Т. 5, 12, Изд-во «Медицина», 1959. [2]. П. П. Дикун, А. А. Ливеровский, Э. И. Шмулевская, Н. Д. Горелова, Л. Н. Парфентьева, Р. М. Вздорникова. Современные проблемы онкологии. Изд-во «Медицина», 1965, 48—53. [3]. П. П. Дикун, А. А. Ливеровский, Э. И. Шмулевская и др. Вопросы онкологии. Изд-во «Медицина», 1967, 80—85. [4]. А. В. Оболенская, В. И. Щеголев и др. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. Изд-во «Лесная промышленность», 1965.

Поступила 12 апреля 1971 г.

УДК 547.562 : 631.571

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА СКОРОСТНОГО ПИРОЛИЗА КОРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

Э. Д. ЛЕВИН, Н. А. ЧУПРОВА, З. П. БЕЛИКОВА

Сибирский технологический институт

Разработан оптимальный режим пиролиза коры во взвешенном состоянии и тонком слое с использованием ротатабельного плана Бокса второго порядка.

В настоящее время в ряде стран внесены предложения по использованию коры хвойных пород [5], [6], [7], [9]—[18] в виде топлива, удобрений, в качестве компонента при производстве древесностружечных плит, источника некоторых ценных веществ, сырья для газификации и пиролиза.

Имеются предложения как «химического», так и «нехимического» использования коры. Если подходить к коре не только как к обременительному отходу, но и как к потенциальному сырью для ряда химических производств, то предпочтение следует отдать предложениям первой группы. Это следует уже из того, что суммарная стоимость получаемых из коры продуктов значительно превысит ту, которую она будет иметь в случае нехимического использования.

Из химических способов переработки коры наиболее перспективен ее пиролиз. В связи с резким возрастанием спроса на дисперсный малосернистый высокоуглеродистый материал целесообразно осуществлять пиролиз скоростным методом. Наиболее простой вариант — разработанный в Сибирском технологическом институте метод пиролиза во взвешенном состоянии и тонком слое [3].

С целью разработки оптимального режима пиролиза нами проведены исследования по ротатабельному плану Бокса второго порядка. В качестве критерия оптимизации был выбран выход смолы. Полученная при пиролизе коры лиственницы сибирской смола содержит ряд ценных фенолов. Путем простой дистилляции из нее удается извлечь достаточно эффективный антиокислитель, содержание которого в смоле мало меняется при изменении условий пиролиза. Чтобы извлечь

антиокислитель из обычных лесохимических смол, получаемых в печах и ретортах, где осуществлен слоевой процесс, смолы необходимо подвергать повторному пиролизу. Эта операция исключается в случае пиролиза во взвешенном состоянии и тонком слое, что говорит о его преимуществе по сравнению со слоевым пиролизом.

Качество масел отстойной смолы, которые можно использовать как антиокислитель, было проверено на установке окисления в ЦНИЛХИ и оказалось достаточно высоким. В маслах содержится ортодиоксибензолов 7,7%; не растворимых в бензоле веществ 12,6%; кислорода, поглощаемого циклогексаном за 5 *час* окисления, 4,9 *мл*.

При постоянных влажности и составе сырья выход смолы при пиролизе зависит от температуры пиролиза и продолжительности пребывания парогазов в реакционной зоне, то есть от скорости их движения.

Количество кислорода, вносимого в реторту с сырьем при постоянных производительности, крупности и установившемся гидравлическом режиме, постоянно, поэтому данный фактор можно исключить из анализа. В реальных процессах одновременно изменяются оба установленных параметра, и нахождение глобального оптимума чрезвычайно сложно.

Для решения задачи оптимизации необходимо использовать экстремальные методы исследования, планируя эксперимент одним из разработанных способов. Выбор метода планирования весьма важен, так как принятый план при минимальном количестве опытов должен обеспечить нахождение искомого оптимума. В последнее время предложено несколько планов, которые по своим свойствам близки к Д-оптимальным [8]. В данном случае, то есть при двухфакторном планировании, целесообразно использовать ротатабельный план Бокса, так как по некоторым показателям он превосходит даже Д-оптимальный план. Были приняты следующие обозначения: X_1 — температура пиролиза; X_2 — производительность установки; X_0 — фиктивная переменная.

Поскольку скорость движения парогазов связана с температурой пиролиза (за счет изменения выхода и объема парогазов), то, не производя опытов, нельзя подсчитать эту скорость. Поэтому в качестве X_2 принята производительность установки по сырью, которая определяет и количество образующихся при пиролизе парогазов.

В соответствии с планом для точек квадрата действительные X_i принимают кодовые обозначения ± 1, а для звездных точек

$$\alpha = 2^{\frac{k-p}{4}},$$

где k — число факторов;

p — число линейных эффектов, приравненных к эффектам взаимодействия. В нашем случае полного факторного эксперимента $p = 0$, тогда

$$\alpha = 2^{\frac{k}{4}} = 1{,}414.$$

Нулевая точка имеет координаты 450°С и 1,2 *кг/час* (для крупнолабораторной установки).

В точках квадрата интервалы варьирования X_1 равны 50°, X_2 — 0,8 *кг/час*. В точках звезды интервалы варьирования определяются по величине α. При проведении опытов по оптимизации режима пиролиза наряду с выходами смолы изучены выходы надсмольной воды, что позволило описать поверхность отклика для выхода надсмольной воды.

Для остальных продуктов пиролиза поверхность отклика не находили, так как выход полукокса монотонно убывает, а выход газов монотонно возрастает. Уравнение, описывающее зависимость выхода полукокса от температуры пиролиза, опубликовано ранее [2].

Матрица планирования эксперимента и результаты ее реализации представлены в табл. 1. Поскольку все опыты дублировались, каждое из значений Y_1 и Y_2 является средним. Были вычислены коэффициенты регрессии [1].

Уравнения регрессии, описывающие поверхности отклика, представляют собой полиномы второй степени

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2, \quad (1)$$

принимающие вид для выхода смолы

$$Y_1 = 9{,}71 + 1{,}46X_1 + 1{,}52X_2 - 2{,}31X_1^2 + 1{,}87X_2^2 + 0{,}95X_1X_2; \quad (2)$$

для выхода надсмольной воды

$$Y_2 = 22{,}6 - 0{,}14X_1 - 0{,}65X_2 - 4{,}4X_1^2 + 0{,}12X_2^2 + 0{,}65X_1X_2. \quad (3)$$

Таблица 1

№ опыта	X_0	Планирование		X_1^2	X_2^2	X_1X_2	Y_1	Y_2
		X_1	X_2					
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	16,3	22,2
2	+1	+1	−1	+1	+1	−1	10,8	22,7
3	+1	−1	+1	+1	+1	−1	11,4	18,2
4	+1	−1	−1	+1	+1	+1	9,7	21,3
5	+1	−1,414	0	2,0	0	0	0,3	13,2
6	+1	+1,414	0	2,0	0	0	4,3	8,6
7	+1	0	−1,414	0	2,0	0	8,9	20,5
8	+1	0	+1,414	0	2,0	0	12,4	19,4
9	+1	0	0	0	0	0	7,4	24,1
10	+1	0	0	0	0	0	9,1	23,1
11	+1	0	0	0	0	0	9,1	19,1
12	+1	0	0	0	0	0	10,6	24,5
13	+1	0	0	0	0	0	12,3	22,8

Адекватность представления результатов эксперимента полиномами второй степени проверяли путем нахождения критерия Фишера F и сравнения его с табличным значением [1].

Для смолы расчетный критерий Фишера составил 6,04, для надсмольной воды — 5,33. При доверительной вероятности 95% для нашего случая табличный критерий Фишера равен 6,59 [1]. Сравнение его с вычисленными значениями показывает, что математические модели, полученные в результате опытов, адекватны.

Далее с целью нахождения оптимума приводим уравнение к канонической форме [1]. Вычисляем новое начало координат

$$X_1 = 0{,}22; \quad X_2 = -0{,}46.$$

Эти значения X_i указывают на то, что центр эксперимента оказался вблизи центра фигуры, представляющей поверхность отклика; это видно и из величины $Y_S = 9{,}71$.

Определяем корни канонического уравнения

$$B_{11} = -2{,}32; \quad B_{22} = 1{,}9.$$

Уравнение в канонической форме имеет вид

$$Y - Y_S = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2$$

или в явной форме

$$Y - 9{,}71 = -2{,}32X_1^2 + 1{,}9X_2^2.$$

Из анализа величин B_{11} и B_{22} видно, что поверхность отклика представляет собой гиперболический параболоид ($B_{11} < 0$; $B_{22} > 0$), а точка S (центр фигуры) является «минимаксом». Для окончательного нахождения искомого оптимума по выходу смолы на уравнение (2) накладываются следующие ограничения: 1) X_1 меняется от $-\alpha$ до $+\alpha$; 2) X_2 меняется от $-0{,}45\alpha$ до $+0{,}45\alpha$.

Это вытекает из следующего: 1) при $X_1 < -\alpha$ пиролиз почти не идет, а при $X_1 > -\alpha$ выход смолы незначителен; 2) при $X_2 > +0{,}45\alpha$ имеет место унос дисперсной твердой фазы в конденсационную аппаратуру, а при $X_2 < -0{,}45\alpha$ слишком низка интенсивность процесса, что экономически не оправдано.

Решение уравнения (2) с указанными ограничениями осуществлено с помощью ЭВМ. При этом установлено, что $X_1 = 500°C$, $X_2 = 1700$ *г/час*. Выходы продуктов пиролиза при оптимальном режиме в расчете на абс. сухую кору следующие: полукокс 31,22%; отстойная смола 10,5%, надсмольная вода 13,7%; сырой бензол 1,98%; газ и потери 42,6%. Это установлено из опытов, проведенных в указанных оптимальных условиях. Влажность коры 20—25%; через сито с размером отверстий 2,5 *мм* проходило 53% сырья, а содержание фракции, проходящей через отверстия 20—5 *мм*, равно 19,6%. Потери составляют 2%. Выход растворимой смолы равен 3% от абс. сухой коры. Целесообразность пиролиза при «жестком» режиме (выход газа 40,6%; потери 2,0%) обоснована ранее [4].

Таким образом, с использованием ротатабельного плана Бокса второго порядка нами разработан оптимальный режим пиролиза коры во взвешенном состоянии и тонком слое. Этот режим характеризуется следующими параметрами: температура пиролиза 490—520°C, скорость движения парогазов в реторте 160—200 $м^3/м^3 \cdot час$ (найдена по производительности установки). Проверка этих рекомендаций на производственной установке малой мощности (до 200 *кг/час* по исходному сырью) подтвердила их обоснованность.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ю. П. Адлер. Введение в планирование эксперимента. Изд. «Металлургия», М., 1969, стр. 102, 103, 107, 153. [2]. Э. Д. Левин, Н. А. Чупрова. Материалы конференции по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Изд. СО АН СССР, Красноярск, 1965. 87. [3]. Э. Д. Левин, Н. А. Чупрова, Г. А. Малков. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 3, 1966, 15. [4]. Э. Д. Левин. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1970. [5]. В. А. Лямин, Н. Д. Авакян, В. А. Выродов. Труды ЛТА, № 72, 1955, 97. [6]. В. А. Лямин. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 3, 1965. [7]. Л. Н. Мусихин, И. П. Уваров, О. С. Загармистер. «Химическая переработка древесины». Реферативная информация, № 12, 1966. [8]. Сб. «Новые идеи в планировании эксперимента». Под ред. В. В. Налимова. Изд. «Наука», М., 1969. [9]. Н. Я. Солечник, А. Г. Жученко. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1966, 139. [10]. «Химическая переработка древесины». Реферативная информация, № 29, 1969, 20. [11]. М. М. Цывин, Г. В. Балахонкина, Ю. Д. Ширяева, И. Н. Сергеева. «Химическая переработка древесины». Реферативная информация, № 5, 1965. [12]. В. А. Шишкин, Л. А. Панченко. «Химическая переработка древесины». Реферативная информация, № 33, 1969, 12. [13]. Австрийский патент, кл. 89 в, 6 № 263661, заявлен. 9, 07.65. [14]. Патент США, кл. 202—10 № 3186923, заявлен 12.06.61, опубл. 1.06.65. [15]. Шведский патент, кл. 80 в 21/4 № 201851, заявлен 13.07.62. [16]. H. P. Dahm. Korsk Ikosind, 17, № 11, 451, 1963. [17]. U. Kramer. Holzforschung und Holzverwertung 19, № 1, 11, 1954. [18]. Pissaro Mariano. Notes Forest, № 16, 5, 1961.

Поступила 11 мая 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.813

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА БЕНЗИНОВОГО ЭКСТРАКТА СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ХВОИ

Н. К. ЧЕРНЫШЕВА, А. Л. АГРАНАТ, Р. А. БАРАНОВА, Ф. А. МЕДНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приводится описание технологической схемы комплексной переработки бензинового экстракта смолистых веществ хвои. Дан средний выход биоактивных продуктов из хвои.

Опыт работы Проблемной лаборатории по использованию живых элементов дерева в области переработки хвойной лапки показал возможность комплексной переработки бензинового экстракта смолистых веществ хвои. При этом, помимо хвойной хлорофилло-каротиновой пасты, в одном технологическом потоке можно получить такие ценные продукты, как хлорофиллин натрия, эфирное масло, провитаминный концентрат, воскообразные вещества.

Все эти препараты успешно испытаны в лечебной и профилактической медицине. Препарат хлорофиллина натрия применяется для лечения желудочно-кишечных заболеваний, детской лейкопении, лучевых поражений кожи и крови, а также как биоактивная добавка в парфюмерно-косметических изделиях [2]. Эфирное масло из хвои служит сырьем для производства препарата «Пинабин», применяемого при лечении почечно-каменных болезней [4]; среднюю и легкую фракции эфирного масла используют в парфюмерии и косметике. Провитаминный концентрат из хвои — исходное сырье для получения фитола и витамина Е медицинского и кормового назначения, этот препарат можно применять как самостоятельное лечебное средство при поражениях кожи и других заболеваниях, как биоактивную добавку в корма и т. д. [5]. Хвойный воск применяется в косметике. Кислотная фракция смолистых веществ хвои служит сырьем для получения так называемой бальзамической пасты, которая может быть использована в косметике.

Разработанная в лаборатории технология получения хлорофиллина натрия [1], [3] впервые была освоена в 1968 г. химцехом Лисинского учебно-опытного лесхоза (Ленинградская область). В 1969—1970 гг. в этом химцехе были смонтированы опытные установки для отработки технологических режимов получения раствора хлорофиллина натрия, тяжелого эфирного масла (ТЭМ), провитаминного концентрата, кислотной фракции и др.

В настоящее время в указанном химцехе (после получения достоверных технологических параметров на опытных установках) освоена и действует следующая технологическая схема комплексной переработки бензинового экстракта смолистых веществ хвои (рис. 1). Бензиновый экстракт из экстрактора *3* через фильтр *6* закачивается в отстойник *7*. (На этом рисунке: *1* — грузовая тележка; *2* — вальцы; *4* — выносной подогреватель). Отстаивание продолжается в течение 8—10 *час* при температуре 10—20°С. Затем экстракт фильтруется через фильтр *8* для отделения воскообразных продуктов, которые собираются в промежуточную емкость; после удаления остатков раствори-

теля в одном из реакторов воскообразные продукты сплавляют и разливают в формы. Освобожденный от воскообразных продуктов экстракт направляется в реактор *9*, где нагревается до 60—70°С и при перемешивании обрабатывается 30%-ным водным раствором едкого натра до устойчивой щелочной реакции. Затем приливается небольшое количество воды, и смесь отстаивается до четкого разделения оранжевого бензинового раствора неомыляемых продуктов и зеленого водно-щелочного слоя продуктов омыления.

Отстоявшийся бензиновый раствор неомыляемых через гребенку сливается в сборники *11, 18*. Омыленные продукты трижды промываются бензином при 60—65°С при перемешивании и собираются в промежуточную емкость *10*, откуда подаются в реактор *12* для подкисления. Здесь продукты обрабатываются 15%-ным водным раствором серной кислоты при перемешивании и температуре 65—70°С. После отстаивания кислая вода сливается, а хлорофиллин-сырец промывается бензином. Бензиновые растворы жирных и смоляных кислот через гребенку поступают в сборник кислот *13*.

Не растворимый в бензине хлорофиллин-сырец выгружается из аппарата *12* и поступает в куб *14* для отгонки остатков бензина и эфирных масел глухим паром, а затем и острым при температуре до 100°С.

Пары бензина и эфирных масел поступают в конденсатор-холодильник *5*, а затем в приемник *24*. Конденсат из аппарата сливается, а в аппарат подается вода для промывки хлорофиллина-сырца. Сырец выгружают в промежуточную емкость *15*, взвешивают и снова загружают в аппарат *14*, куда дается расчетное количество (по сырцу) оводненного спирта и соды для нейтрализации сырца. Аппарат нагревают глухим паром. Температура 70—80°С, время нейтрализации 30—40 *мин*.

Нейтрализованный продукт после охлаждения в промежуточной емкости *15* поступает на нутч-фильтр *16*, соединенный через холодильник с вакуумным насосом. Холодильник улавливает брызги и конденсирует пары растворителя.

Фильтрат — спирто-водный раствор хлорофиллина натрия — собирается в вакуумном приемнике *17*, откуда поступает в сборник готовой продукции *24*. Бензиновый раствор жирных и смоляных кислот промывают водой и отстаивают в течение 10—12 *час*. Отстоявшуюся кислую воду вместе с воскообразными продуктами сливают. Промытый бензиновый раствор кислот закачивают в перегонный куб *22* для отгонки растворителя глухим и острым паром. Пары бензина и воды направляются в конденсатор-холодильник *5*, а оттуда во флорентину.

После отгонки растворителя смесь отстаивается. От кислот отделяется конденсат, а кислотная фракция собирается в сборник кислот *23*; эта фракция — исходное сырье для получения бальзамической пасты из хвои.

Бензиновый раствор неомыляемых смолистых веществ из сборника *18* насосом подается в промыватель *19*, где промывается водой. Промывные воды после отстаивания сливаются, а промытый раствор неомыляемых насосом подается в перегонный куб *20* для отгонки растворителя глухим паром, а затем и острым при температуре не выше 105°С. После прекращения отгонки смесь охлаждается, конденсат из аппарата сливается, а продукт — провитаминный концентрат — выгружается в сборник готовой продукции *2*.

В конце отгонки растворителя (от неомыляемых продуктов) в особую флорентину отбирается бензино-эфиромасличная фракция (регенерат) в отношении регенерат : вода, равном 1 : 25. Далее этот регене-

рат подвергается разгонке; он служит сырьем для получения средней фракции эфирного масла (СЭМ) и тяжелой (ТЭМ) [2].

Определен следующий средний выход биоактивных продуктов из одной тонны хвойной лапки: хлорофиллина натрия 160 *г*; провитаминного концентрата 4 *кг*; кислотной фракции 10 *кг*; хвойного воска 10 *кг*.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Р. А. Баранова, А. Л. Агранат, Ф. Т. Солодкий. Получение водно-растворимых производных хлорофиллина из хвои. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1965. [2]. Использование живых элементов дерева. Научные труды, № 119, вып. 1, Л., 1969. [3]. Ф. Т. Солодкий, А. Л. Агранат и др. Способ получения водно-растворимого хлорофиллина натрия. Авторское свидетельство № 105597, 1956. [4]. Ф. Т. Солодкий, А. Л. Агранат и др. Препарат для лечения желчно-каменной и почечно-каменной болезни. Авторское свидетельство № 1839000 от 29 апреля 1966 г. [5]. Н. К. Чернышова, А. Л. Агранат, Ф. Т. Солодкий. «Лесохимия и подсочка». Реферативная информация, № 5, ВНИИПИлеспром, 1970.

Поступила 26 июля 1971 г.

УДК 634.0.813

БЕТА-СИТОСТЕРИН И МЕТОДЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ФИТОСТЕРИНЕ

Э. И. ЛАРИНА, М. В. МУХИНА, В. Н. ПИЯЛКИН, А. Л. АГРАНАТ

Ленинградская лесотехническая академия
и Ленинградский химико-фармацевтический институт

Количественно определен β-ситостерин в фитостерине газо-жидкостной хроматографией на силиконовом эластомере SE-30, а также дана сравнительная оценка различных методов анализа β-ситостерина в образцах стеринов сульфатного мыла.

Среди стеринов растительного происхождения особый интерес представляет β-ситостерин, который используют для профилактики и лечения атеросклероза [3]; его можно получить из побочных продуктов сульфат-целлюлозного производства [6]. При окислении β-ситостерина хромовым ангидридом в присутствии концентрированной серной кислоты образуется Δ^5-дегидроэпиандростерон-17 — ценный промежуточный продукт для синтеза группы андрогенных гормонов [1]; для производства гормонов можно использовать также очищенный фитостерин, полученный из сульфатного мыла [5].

До настоящего времени β-ситостерин в фитостерине определяли дигитониновым методом [8], основанным на способности стероидных соединений, имеющих 3 β-гидроксильную группу при C_3, образовывать труднорастворимый комплекс с дигитонином. Разработанные в последнее время хроматографические [4] и фотометрические методы [2] дают возможность определить количество β-ситостерина в растительном сырье в присутствии примесей нестероидного характера.

В настоящем сообщении приводятся результаты качественного и количественного определения состава стеринов сульфатного мыла методом газо-жидкостной хроматографии на силиконовом эластомере SE-30. Эти результаты сравниваются с данными количественного определения β-ситостерина в фитостерине дигитониновым методом и хроматографией в тонком слое.

В табл. 1 представлены данные разделения стеринов сульфатного мыла методом ГЖХ. Из данных табл. 1 следует, что основную часть

Таблица 1

Образец	Содержание компонентов фитостерина, %				
	спирты			стерины	
	бегеновый	лигноцериновый	цетиловый	кампестерин	β-ситостерин
Очищенный фитостерин	2,5	4,0	—	8,6	67,2
Стериновая фракция из фитостерина-сырца*	2,26	2,61	0,45	8,0	67,5
β-ситостерин из молекулярного комплекса с мочевиной	—	—	—	6,5	78,2

* Фитостерин-сырец — продукт, содержащий высокомолекулярные спирты (стерины с примесью алифатических) и соединения, не растворимые в дихлорэтане.

стеринов сульфатного мыла составляет β-ситостерин; кроме того, в фитостерине обнаружены: кампестерин ($C_{28}H_{49}O$), близкий по строению к β-ситостерину, а также бегеновый, лигноцериновый и цетиловый спирты (рис. 1, 2, 3). Стерины, выделенные из молекулярного комплекса, наиболее чистые, так как они не содержат алифатических спиртов.

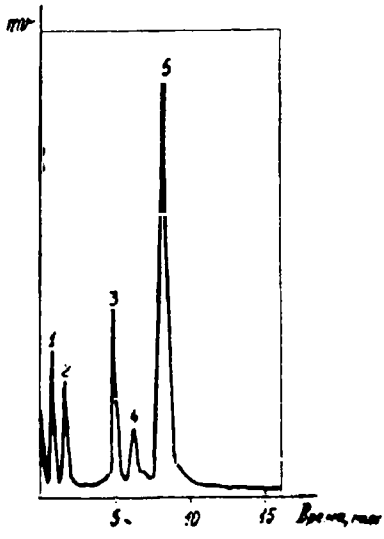


Рис. 1. Разделение очищенного фитостерина.

1 — бегеновый спирт; *2* — лигноцериновый спирт; *3* — холестерин (внутренний стандарт); *4* — кампестерин; *5* — бета-ситостерин.

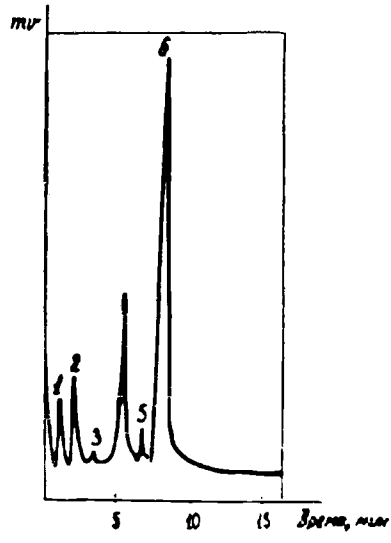


Рис. 2. Разделение стериновой фракции.

1 — бегеновый спирт; *2* — лигноцериновый спирт; *3* — цетиловый спирт; *4* — холестерин (внутренний стандарт); *5* — кампестерин; *6* — бета-ситостерин.

Разделение фитостерина на бумаге или в тонком слое сорбента не дает таких результатов. Так, при хроматографировании фитостерина в тонком слое силикагель — гипс в эфире и последующем проявлении хроматограммы ортофосфорной кислотой (1 : 1) удается обнаружить лишь два пятна с $R_f = 0{,}80$ и $R_f = 0{,}52$, из которых второе соответствует β-ситостерину.

Метод ГЖХ позволяет разделить стериновую фракцию на ряд компонентов, а также дает возможность оценить их количественно.

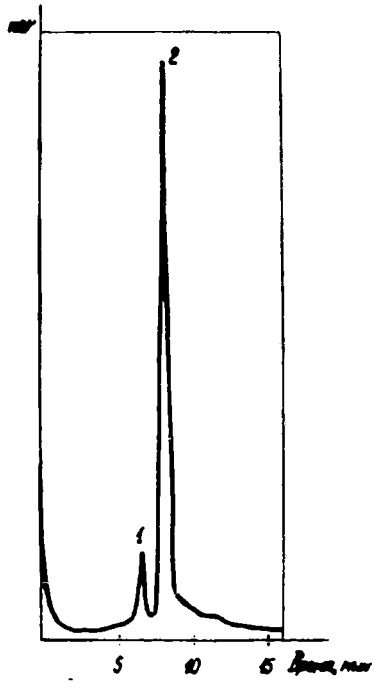


Рис. 3. Разделение бета-ситостерина из молекулярного комплекса.

1 — кампестерин; 2 — бета-ситостерин.

Данные количественного определения β-ситостерина в фитостерине различными методами представлены в табл. 2.

Как следует из данных табл. 2, при определении β-ситостерина дигитониновым методом получаются более высокие результаты; по-видимому, это объясняется тем, что в молекулярном комплексе с дигитонином наряду с β-ситостерином образуется также кампестерин, имеющий 3 β-гидроксильную группу при C_3. При определении β-ситостерина в фитостерине хроматографией в тонком слое сорбента влияние кампестерина на величине пятна β-ситостерина сказывается незначительно.

Таблица 2

Образец	Количество β-ситостерина, %, определенное методами		
	дигитониновым	ГЖХ	хроматографическим в тонком слое
Фитостерин очищенный	85,5	67,2	65,6
Стериновая фракция	73,3	67,5	63,7
β-ситостерин из молекулярного комплекса с мочевиной	95,5	78,2	91,1

Метод ГЖХ позволяет получить более достоверные сведения о количестве β-ситостерина в фитостерине, но для этого требуется сложная и дорогостоящая аппаратура. Для практического использования наиболее подходит, по-видимому, хроматографический метод в тонком слое, позволяющий определять β-ситостерин в присутствии других стеринов и примесей нестероидного характера.

Экспериментальная часть

Фитостерин очищенный. Фитостерин-сырец в количестве 10 *г* растворяли в 200 *мл* бензина, затем добавляли 25 *мл* 40%-ного этилового спирта и нерастворимый осадок твердых мыл отделяли декантацией. Такую обработку спиртом повторяли трижды, затем растворитель отгоняли. Остаток представляет собой белый кристаллический порошок с $T_{пл}$ = 122—126°. Выход очищенного фитостерина составлял 5,0 *г*.

Стериновая фракция. Фитостерин-сырец в количестве 5 *г* экстрагировали дихлорэтаном в аппарате Сокслета. Дихлорэтан отгоняли, а остаток перекристаллизовывали из этилового спирта. Стериновая фракция представляет собой белый кристаллический порошок с $T_{пл} = 110—114°$

β-ситостерин из молекулярного комплекса с мочевиной. Очищенный фитостерин в количестве 2 *г* растворяли в 20 *мл* ацетона и к полученному раствору добавляли 0,2 *г* мочевины. Реакционную массу перемешивали при 60° в течение 20 *мин*, выделившийся осадок комплекса отфильтровывали и разлагали путем кипячения с водой. При этом из молекулярного соединения выделялся β-ситостерин, который отфильтровывали и высушивали. Полученный продукт — белые кристаллы с $T_{пл} = 132—135°$, $[\alpha]_D = 32{,}6°$.

Хроматографический метод определения β-ситостерина в тонком слое

Силикагель марки КСК в количестве 4,2 *г* смешивали с 0,3 *г* гипса и 12 *мл* воды. Полученную смесь наносили на стеклянную пластинку размером 10×14 *см*, высушивали на воздухе и активировали в термостате 30 *мин* при 105°. На линию старта пластинки калиброванным стеклянным капилляром наносили 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 *мкг* раствора β-ситостерина в бензоле, а между ними три объема по 0,005 *мл*, содержащие 10,2 *мкг* исследуемого фитостерина.

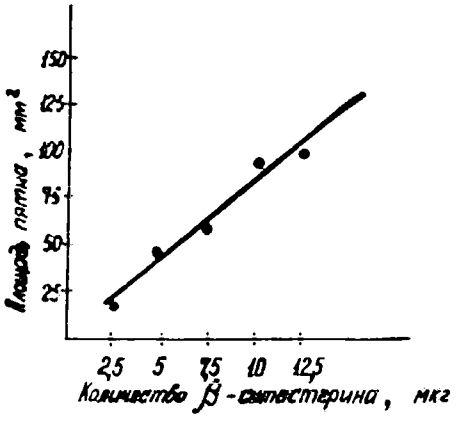


Рис. 4. Зависимость площади пятна бета-ситостерина от его количества.

Пластинку с нанесенными пробами хроматографировали в эфире и проявляли путем опрыскивания ортофосфорной кислотой (1 : 1) и последующего нагревания при 115° в течение 20 *мин*. При этом β-ситостерин проявлялся в виде серовато-сиреневых пятен с $R_f = 0{,}52$, площадь которых измеряли как произведение осей эллипса. По величине пятен эталонных растворов β-ситостерина строили калибровочную кривую (рис. 4), по которой определяли количество β-ситостерина в исследуемом образце фитостерина, *мкг*;

$$\% \ \beta\text{-ситостерина} = \frac{p \cdot 100}{m},$$

где p — количество β-ситостерина в фитостерине, найденное по калибровочной кривой, *мкг*;

m — количество фитостерина, нанесенное на хроматограмму, *мкг*.

Определение β-ситостерина методом ГЖХ

Газо-жидкостную хроматографию проводили на хроматографе фирмы Шимадзу модели GC-4 APFT с пламенноионизационным детектором. Фитостерин разделяли на компоненты в стеклянной колонке длиной 2 *м* и внутренним диаметром 4 *мм* при температуре 275°С. В качестве газа-носителя использовали гелий, который поступал в колонку со скоростью 35 *мл/мин*. Неподвижной жидкой фазой служил метилзамещенный силиконовый эластомер SE-30 фирмы «General Electric Co», нанесенный в количестве 1% к весу твердого носителя. Твердый носитель-хромосорб *G* с размером частиц 100—120 меш, силонизированный гексаметилдисилазоном. Температура детектора и инжектора 300°. Анализируемые образцы (2,5%-ный раствор стеринов в хлороформе) в количестве 3 *мкл* вводили непосредственно в хроматографическую колонку.

Процентное содержание β-ситостерина в фитостерине определяли методом внутренней стандартизации. В качестве внутреннего стандарта применяли холестерин (в количестве 15% от веса стериновой фракции), который по химическому строению и свойствам близок к β-ситостерину и проявляется на хроматограмме в виде пика, хорошо отделенного от остальных пиков. Алифатические спирты и β-ситостерин идентифицировали методом метки, а кампестерин — по литературным данным [7].

Таким образом, нами количественно определен β-ситостерин в различных образцах фитостерина сульфатного мыла методом газо-жидкостной хроматографии, а также дана сравнительная характеристика разных методов анализа -ситостерина в фитостерине сульфатного мыла.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. В. Васильева, А. М. Халецкий. ЖОХ, 33, 1963, 3831. [2]. Е. В. Ксенофонтова, М. В. Мухина, А. М. Халецкий. ЖОХ, 39, 1969. 913. [3]. К. А. Мещерская и др. Фармакология и токсикология. 5, 1961, 583. [4]. М. В. Мухина, Е. В. Ксенофонтова, А. М. Халецкий. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 5, 1969, 14. [5]. В. Б. Некрасова, Э. И. Ларина, А. Л. Агранат, Ф. Т. Солодкий. Использование живых элементов дерева. Научные труды ЛТА, № 119, 1969, 83. [6]. Ф. Т. Солодкий. Авторское свидетельство № 48963 и 56075 от 31.08.1936 и 30.09.1931. [7]. E. Fedeli, A. Znzani и др. Journ. Amer. Chem. Soc, 43, № 4, 1966, 254. [8]. A. Windaus. Z. physiol. Chem., 65, 110, 1910.

Поступила 15 марта 1971 г.

УДК 634.0.813

ВЫДЕЛЕНИЕ ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Б. Д. БОГОМОЛОВ, В. А. ПИВОВАРОВА, Н. Д. БАБИКОВА

Проблемная лаборатория Архангельского лесотехнического института

По методу Бьеркмана выделены лигноуглеводные комплексы (ЛУК) из древесины сосны. Максимальный выход ЛУК получен при 24 *час* размалывания. При ступенчатой экстракции наибольшее количество ЛУК извлекается на первой ступени.

Процессы делигнификации и вопросы определения количества лигнина в древесине необходимо связывать с проблемой лигноуглеводных

комплексов (ЛУК), в пользу существования которых в древесине накоплено много доказательств [1]. Однако учеными получены разноречивые данные как о типе химических связей между лигнином и углеводами, так и о том, с какими представителями углеводных компонентов связан лигнин.

Сотрудники Проблемной лаборатории АЛТИ на протяжении многих лет изучают химизм щелочных варок древесины сосны. Представляло интерес выделить лигноуглеводные комплексы из древесины сосны, изучить их свойства и попытаться определить, с какими представителями углеводов и в каком соотношении связан лигнин в ЛУК.

При выделении образцов мы применяли методику Бьеркмана и исследовали влияние продолжительности размола и ступенчатой экстракции на выход и свойства ЛУК. Древесную муку размалывали на эксцентриковой вибрационной мельнице конструкции ВНИИНСМ при амплитуде колебаний 4 *мм* с числом циклов 2700 в 1 *мин*. В одну дробильную камеру загружали 4 *г* древесной муки. Размол порций муки длился соответственно 12, 18, 24 и 30 *час*. ЛУК экстрагировали после извлечения лигнина Бьеркмана.

Каждую из четырех порций размолотой муки подвергали трехступенчатой экстракции диметилформамидом (ДМФ) при комнатной температуре в течение 30 дней (1-я ступень), 60 (2-я ступень) и 90 дней (3-я ступень) с модулем 15 на первой ступени и модулем 10 на второй и третьей ступенях экстракции.

Полученные экстракты обрабатывали по методу, предложенному Бьеркманом [3], то есть мельчайшие древесные частицы отделяли от экстракта центрифугированием, а затем экстракты упаривали досуха при вакууме. Остаток растворяли в водной уксусной кислоте (1 : 1 по объему) и раствор центрифугировали до абсолютной прозрачности и выпаривали досуха. Выделенный ЛУК очищали, переосаждая его из раствора ДМФ в смесь 1,2-дихлорэтана и этанола (2 : 1 по объему). Полученный осадок растворяли в водной уксусной кислоте и вновь ЛУК осаждали в ацетоне. После такой двухстадийной очистки ЛУК имел вид серовато-белого порошка. В зависимости от продолжительности размола и ступеней экстракции было выделено 11 препаратов ЛУК, характеристика которых дана в табл. 1.

Таблица 1

Продолжительность размола, *час*	Ступени экстракции	Выход ЛУК, % от исходной древесины	Содержание в ЛУК, %	
			лигнина Класона	метоксилов*
12	1	6,6	20,0	4,2
	2	1,7	17,2	3,9
	3	0,7	15,9	3,40
18	1	8,6	23,5	4,93
	2	2,8	21,8	4,90
	3	1,2	—	—
24	1	10,0	26,2	5,43
	2	4,1	22,8	5,0
	3	1,3	17,5	3,8
30	1	9,7	24,9	5,15
	2	3,8	19,7	4,42
	3	1,2	16,0	3,34

* По методу Фибока и Шваппаха [4].

Данные этой таблицы показывают, что увеличение продолжительности размола заметно повышает выход ЛУК, особенно при 12, 18, 24 *час* размола; при 30 *час* размола выход ЛУК остается примерно на

том же уровне, что и при размоле в течение 24 *час*. С увеличением продолжительности размола от 12 до 24 *час* в ЛУК повышается содержание лигнина Класона и метоксильных групп.

С возрастанием продолжительности размола все большая часть древесных компонентов становится доступной для извлечения нейтральными растворителями. Но, как отмечал еще Бьеркман [3], повышение выхода ЛУК имеет свою границу. Для наших условий размола (загрузка 4 *г*, частота 2700 *об/мин*) наибольший выход ЛУК получен при 24 *час* размола.

При ступенчатой экстракции наибольшее количество ЛУК (65—77% от всего ЛУК, полученного при трехступенчатой экстракции) экстрагируется из размолотой древесины на 1-й ступени экстракции в течение первых 30 дней; на следующих 2- и 3-й ступенях выход ЛУК значительно снижается. С увеличением числа ступеней экстракции препараты ЛУК содержат все меньшие количества лигнина и соответственно метоксильных групп (в пределах каждой продолжительности размола).

Бьеркман выделил ЛУК из древесины сосны Скотса, которую размалывали на вибрационной шаровой мельнице Национального бюро стандартов с частотой 1410 *об/мин*; порции древесной муки по 6 *г* размалывали в течение 48 *час*.

Таблица 2

Показатели	Наши результаты				Данные Бьеркмана [2]
	при продолжительности размола, *час*				
	12	18	24	30	48
Продолжительность экстракции, дни	30	30	30	30	165
Выход от исходной древесины, %	6,6	8,6	10,0	9,7	10,0
Содержание лигнина, % от ЛУК	20,0	23,5	26,2	24,9	31,0

Результаты наших опытов по выделению ЛУК сопоставлены с результатами, полученными Бьеркманом [2] (табл. 2). Из данных табл. 2 видно, что 10%-ный выход ЛУК получен нами при продолжительности размола 24 *часа* и экстракции в течение 30 дней (1-я ступень); Бьеркман получил такое же количество ЛУК за 48 *час* размола и 165 дней экстракции. Отсюда можно заключить, что размол на вибрационной мельнице конструкции ВНИИНСМа с числом оборотов 2700 в 1 *мин* более эффективен, чем на мельнице, использованной Бьеркманом и работающей с числом оборотов 1410 в 1 *мин*.

Таким образом, нами получены препараты ЛУК из древесины сосны (*Pinus silvestrus* L.), подвергнутой тонкому вибрационному размолу, путем ступенчатой экстракции ДМФ. Показано, что в исследованных условиях максимальный выход ЛУК достигается при 24-часовом размалывании. При трехступенчатой экстракции наибольшее количество ЛУК извлекается на первой ступени экстракции.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. О. П. Грушников, Н. Н. Шорыгина. Успехи химии, т. XXXIX, 1970, 1459. [2]. A. Björkman. Svensk Pappers Tidn., № 7, 1957, 243. [3]. A. Björkman. Svensk Pappers Tidn., № 9, 1957, 329. [4]. F. Viebock. A. Schwappach. Chem. Ber., 63, 1930, 2818.

Поступила 21 февраля 1972 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.813

ЭПОКСИНОВОЛАЧНЫЕ СМОЛЫ НА ОСНОВЕ ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ ФЕНОЛОВ

Г. Я. НОВИКОВ

Хабаровский политехнический институт

А. К. СЛАВЯНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрены способы получения из легкокипящих фенолов флотомасла эпоксиноволачных смол с содержанием эпоксигрупп 12—14%. Экспериментально показано, что получить ЭНС с содержанием ЭГ более 15% не удается.

Использованию лесохимических фенолов для синтеза термореактивных феноло-формальдегидных смол посвящено большое количество работ [1], [2], [3], [10], [11], [12]. Было показано, что трудность получения резольной смолы с достаточной скоростью и степенью отверждения заключается в малом количестве реактивных положений у суммарных фенолов и их фракций. Искусственное повышение реакционной способности их путем деметилирования связано с большими техническими трудностями. Поэтому до настоящего времени эти фенолы не нашли применения в производстве термореактивных смол.

Способность феноло-формальдегидных конденсатов к реакциям сшивания можно улучшить, присоединяя к фенольным гидроксилам реакционно-способные эпоксигруппы (ЭГ). Эпоксиноволачные смолы (ЭНС) на основе простейшего фенола выпускаются в промышленном масштабе. Для получения пространственного полимера достаточно ввести 1,5 ЭГ на структурную молекулу новолака [9].

Поскольку к исходному сырью для синтеза эпоксидных смол (ЭС) предъявляются жесткие требования чистоты и постоянства состава, мы изучили влияние способов переработки отстойной смолы Ашинского лесохимического комбината (АЛХК) на выходы и качественный состав получаемых фенолов [4], [6]. Фенолы выделяли из фенолсодержащего сырья путем обработки всех кислых продуктов щелочью с последующим разложением углекислотой только фенолятов. Фенолы выделяли из смолы и масел непрерывной, вакуумной периодической и периодической разгонки при атмосферном давлении, а также промышленных масел (легкого флотомасла, антиокислителя и тяжелого флотомасла), получаемых Ветлужским комбинатом (ВЛХК). Состав фенолов, определенный методом газо-жидкостной хроматографии, приведен в табл. 1.

Из большого количества опытов по синтезу ЭНС было установлено, что при эпоксидировании новолаков на основе низкокипящих фенолов можно достичь большей глубины эпоксидирования и ввести до 15% ЭГ к весу новолака. При применении высококипящих фенолов, содержащих, главным образом, метоксипроизводные двух- и трехатомных фенолов, или фенолов, выделенных из антиокислителя и тяжелого флотомасла ВЛХК, практически не удается получить ЭНС с содержанием ЭГ выше 8% [5], [7]. Увеличение температуры выше 80°С с целью достижения максимальной глубины эпоксидирования гидроксильных групп (ГГ) новолака вызывает быструю полимеризацию содержимого в реакционном сосуде. Даже быстрое повышение температуры до 70°С

Таблица 1

Компоненты	Содержание компонентов, %, в фенолах					
	смолы	масел			легкого флотомасла ВЛХК	антиокислителя
		непрерывной разгонки	периодической вакуумной разгонки при $P_{ост}$ = 5 *мм* рт. ст.	периодической разгонки при P – 1 *атм*		
Фенол и гомологи . . .	23,6	33,4	35,2	25,0	46,88	23,93
Пирокатехин и гомологи	8,7	—	6,0	13,0	—	—
Сумма одноатомных и двухатомных фенолов	32,3	33,4	41,2	38,0	46,88	23,93
Гваякол и гомологи . .	22,6	18,2	22,0	25,7	37,8	17,37
Диметиловый эфир пирогаллола и гомологи	37,7	46,5	26,9	25,6	7,6	29,05
Сумма метоксифенолов	60,3	54,7	48,9	51,3	45,4	46.42

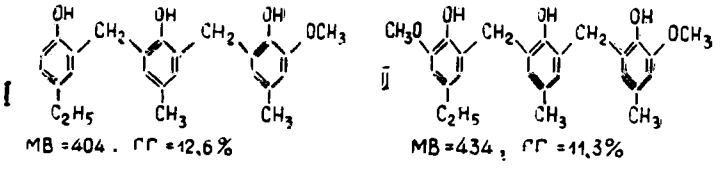
способствует образованию высокомолекулярного продукта, не растворимого в бутилацетате.

Известно [13], что метоксигруппа, находящаяся в о-положении к гидроксильной группе фенола, образует с ней внутримолекулярную водородную связь, что резко снижает реакционную способность фенольного гидроксила в некоторых химических реакциях.

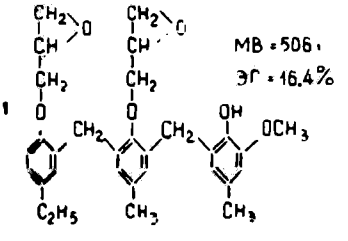
Низкую реакционную способность фенольного гидроксила у метоксифенолов в реакциях эпоксидирования можно проиллюстрировать следующим примером.

Из фенолов легкого флотомасла были синтезированы две ЭНС: 1) с содержанием ЭГ 14,4%; 2) с содержанием ЭГ 13,6%. Новолаки приготовлены при соотношении фенола и формальдегида 1:1 при температуре 65—75°С в течение 4 *час* с молекулярными весами (МВ) 329 и 308 соответственно и содержали 11,6% ГГ. Вероятность образования четырехкольчатых новолаков при данных условиях невелика. При эпоксидировании на 1 *моль* ГГ новолаков вводили 5 *молей* эпихлоргидрина и 1,1 *моля* NaOH в виде 50%-ного водного раствора при температуре 50—75°С в течение 5 *час*. Молекулярные веса полученных ЭНС 527 и 512.

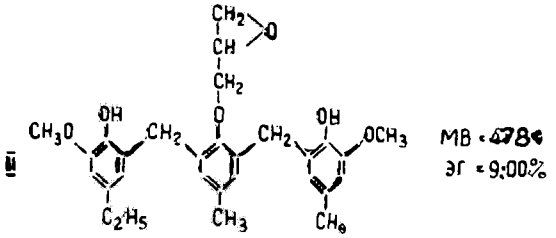
На основании состава фенолов легкого флотомасла (табл. 1) можно представить две примерные схемы строения полученного новолака (46,88% гомологов фенола и 45,4% метоксипроизводных, главным образом, гомологов гваякола):



При эпоксидировании всех гидроксилов в новолаке I, ЭНС должна содержать 26,2% ЭГ; учитывая низкую реакционную способность гидроксила у метилгваякола, строение смолы можно представить следующим образом:



По аналогии строение ЭНС из новолака II:



Поскольку вероятность обоих типов новолаков (I и II) примерно одинакова, то в получаемых ЭНС среднее содержание эпоксигрупп 12,7%.

Приближенная схема образования новолака и ЭНС из фенолов легкого флотомасла не учитывает всего многообразия факторов, влияющих на состав конечного продукта. Механизм образования эпоксидных смол очень сложен и до конца не изучен. Представленная картина усложняется многокомпонентностью примененных фенолов, образованием двух- и четырехкольчатых новолаков, невозможностью полной отгонки остаточного эпихлоргидрина от полученных олигомеров и т. п. Однако приведенные рассуждения и экспериментальные данные показывают, что на 2 *моля* новолака низкокипящих фенолов при эпоксидировании можно ввести, по крайней мере, не менее 3 эпоксигрупп (в среднем 1,5 ЭГ на молекулу новолака); этого вполне достаточно для получения термореактивной эпоксидной смолы.

Трехмеры на основе низкокипящих фенолов имеют лучшие физико-механические и химические свойства вследствие большой частоты сшивки и глубины отверждения [8]. По сравнению с ЭНС на основе простейшего фенола (марки ЭН-5 и ЭН-6) синтезированные смолы обладают большей удельной ударной вязкостью и меньшей теплостойкостью. По-видимому, это можно объяснить тем, что у лесохимических фенолов имеется большое количество заместителей, снижающих плотность упаковки макромолекул при отверждении и тем самым повышающих структурную пластификацию трехмеров; ударная вязкость при этом увеличивается. Полученные ЭНС хорошо растворяются в этилацетате, бутилацетате, ацетоне и других растворителях, тогда как смолы марок ЭН-5 и ЭН-6 плохо растворяются или совсем не растворяются даже в ацетоне.

Применение метоксифенолов в качестве исходного сырья для получения ЭНС нецелесообразно. Небольшое количество ЭГ не обеспечивает при отверждении получения трехмера с хорошими химическими и физико-механическими свойствами. Однако такие эпоксипроизводные с успехом могут применяться в композициях с промышленными эпоксидно-диановыми смолами марок ЭД-5 и ЭД-6.

Получение ЭНС на сухоперегонных заводах не потребует больших капиталовложений, значительно улучшит экономику предприятия; производимая продукция найдет большой спрос в различных отраслях хозяйства. Так, себестоимость 1 *т* ЭНС на основе суммарных фенолов для Ашинского лесохимкомбината не превысит 2000 руб. при стоимости фенолов 250 руб. за 1 *т* и эпихлоргидрина — 2200 руб. за 1 *т*.

За последние 5 лет стоимость эпихлоргидрина понизилась с 3600 руб. за 1 *т* до 2200 руб., стоимость дифенилолпропана повысилась с 1200 до 2200 руб. за 1 *т*. В ближайшие годы нефтехимическая промышленность значительно увеличит производство эпихлоргидрина из пропилена; стоимость его не превысит 1000 руб. за 1 *т*.

Переработку древесной смолы на предприятиях сухой перегонки с выпуском ЭНС на основе легкокипящих фенолов можно осуществить по следующей примерной схеме: легкие фракции масел (до 240°С), отделенные в вакуумной ректификационной колонне, направляются в отдел выделения фенолов и их перегонки, а затем очищенные фенолы идут на приготовление новолака в реактор; промытый и высушенный новолак поступает на эпоксидирование. Тяжелые фракции масел целесообразнее использовать для выпуска антиокислителя или ингибитора как товарных продуктов, являющихся в настоящее время остродефицитными.

Такая схема переработки древесной смолы с получением ценной эпоксиноволачной смолы на основе легкокипящих фенолов, по нашему мнению, наиболее эффективна и легко осуществима в производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. В. Гордон, Л. Н. Козловская, Л. Л. Коршун. О применении фенольных продуктов лесохимического происхождения в производстве древеснопластических масс. Сборник трудов ЦНИЛХИ, № 9, 1955. [2]. Б. К. Кордонская. Использование фенолов буковой древесины для получения феноло-формальдегидных смол и клеев. Киев, 1952. [3]. И. П. Лосев, Г. С. Петров, К. А. Андрианов, П. И. Панасюк. К вопросу использования древесной газогенераторной смолы для изготовления пластмасс. Журн. «Химическая промышленность» № 11, М., 1935. [4]. Г. Я. Новиков, В. Н. Пиялкин, А. К. Славянский. Исследование состава фенолов для синтеза полиэпоксидных смол. Материалы научно-технической конференции 1966 г., вып. 4, Л., 1966, 172. [5]. Г. Я. Новиков, В. Н. Пиялкин, А. К. Славянский. Получение полиэпоксидной смолы на основе фенолов пиролиза древесины. Использование отходов древесины методами пирогенетической и экстракционной переработки. Научные труды ЛТА, вып. 105, Л., 1966, 27. [6]. Г. Я. Новиков, Л. М. Ефимов, В. Н. Пиялкин. Сравнительная характеристика способов переработки смолы на выходы фенолов. Материалы научно-технической конференции 1967 г., ЛТА, Л., 1967, 94. [7]. Г. Я. Новиков, Т. И. Войцеховская, А. К. Славянский. Получение из лесохимических фенолов полиэпоксидных смол и их использование. Материалы научно-технической конференции 1967 г., ЛТА, Л., 1967, 97. [8]. Г. Я. Новиков, А. К. Славянский. Свойства эпоксиноволачных смол на основе лесохимических фенолов, отвержденных метилтетрагидрофталиевым ангидридом. Совершенствование методов пиролиза древесины и новые направления в использовании продуктов пиролиза. Научные труды ЛТА, № 132, Л., 1969, 50. [9]. А. М. Пакен. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы. Госхимиздат, Л., 1962. [10]. Г. С. Петров, С. Г. Маханьков. Креозоты древесных смол как сырье для производства бакелитов. Журн. «Промышленная органическая химия» № 4, 1936. [11]. В. Н. Пиялкин, А. К. Славянский. Изучение скоростного пиролиза древесины с целью повышения выхода и улучшения состава фенолов. Научные труды ЛТА, вып. 105, Л., 1966. [12]. И. П. Уваров, Л. В. Гордон. Древесные смолы. Гослесбумиздат, М., 1962. [13]. N. A. Puttnam. J. Chem. Soc., 1960, 5100.

Поступила 14 декабря 1971г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.813.13

КИНЕТИКА НЕКОТОРЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ПОМОЛА НА СКОРОСТЬ АЦЕТИЛИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ*

Л. Г. ХИЖНЯК, А. В. ФИНКЕЛЬШТЕЙН, А. В. БЫВШЕВ, В. Х. ЧИСПИЯКОВА

Сибирский технологический институт

Изучалась кинетика ацетилирования сульфатной кордной целлюлозы уксусным ангидридом в ледяной уксусной кислоте при 30°С. Установлено, что в интервале 17—67° ШР константа скорости ацетилирования проходит через минимум при помоле 46° ШР.

В настоящее время имеется возможность для химической переработки получать древесную целлюлозу высокой чистоты. Значительно труднее получить целлюлозу с высокой и воспроизводимой реакционной способностью, количественной характеристикой которой является скорость химической реакции.

Известно, что скорость реакции ацетилирования в большой степени зависит от структуры целлюлозного сырья, от той предварительной обработки, которой подвергалась целлюлоза перед этерификацией. Один из способов предварительной обработки, позволяющий надеяться на увеличение реакционной способности целлюлозы, — размол последней в водной среде. Во время размола происходит значительное (в несколько раз) увеличение внешней поверхности волокна из-за его продольного расщепления и фибрилляции, благодаря чему повышается адсорбция воды поверхностью волокна, его гидратация [4], [5]. Какой-либо существенной деструкции целлюлозы, сопровождающейся изменением степени полимеризации, не происходит [3].

В данной работе изучалось влияние размола на кинетику процесса ацетилирования древесной целлюлозы.

Объектом исследования служила сульфатная кордная целлюлоза Братского ЦБК, размолотая в пакетном гидродинамическом генераторе [2] до степени помола 17, 24, 32, 37, 46, 51, 60 и 67 градусов по Шоппер-Риглеру.

Пакетный гидродинамический генератор (рис. 1) для размола волокнистых материалов (типа целлюлозы) работает на принципе гидродинамического взаимодействия пульсирующего жидкостного потока и волокна целлюлозы. Волокнистая суспензия концентрацией 2—3% нагнетается насосом в распределительное звено генератора и, пройдя щели сопла, в виде плоских струй устремляется в корпус аппарата, встречая на своем пути пластины-резонаторы. Консольно закрепленные пластины в результате взаимодействия потоков находятся в состоянии вынужденных колебаний. При взаимодействии пульсирующей жидкости и волокна последнее расщепляется вдоль оси и подвергается сильному фибриллированию (рис. 2). Волокнистая масса, обработанная в гене-

* В. В. Луданов, И. В. Шишкина. «Лесной журнал» № 1, 1971, 104.

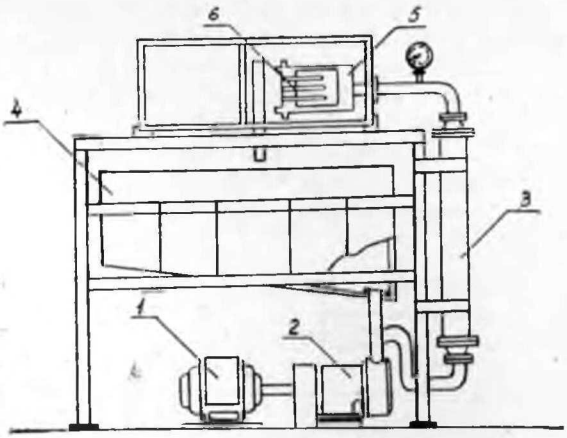


Рис. 1. Схема пакетного гидродинамического генератора.

1 — электродвигатель; *2* — насос; *3* — холодильник; *4* — приемная ванна; *5* — генератор; *6* — пластины.

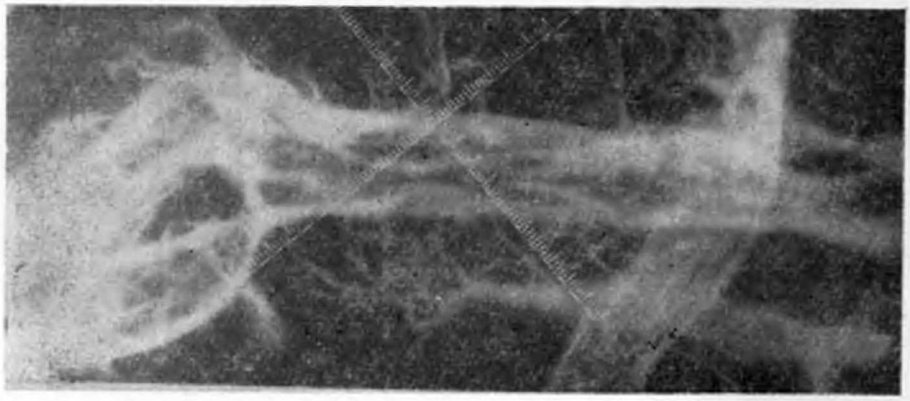


Рис. 2. Волокно целлюлозы, обработанное в пакетном генераторе.

раторе, содержит тонкие эластичные волокна, длина которых в процессе размола остается почти без изменения.

Размолотую до определенной степени целлюлозу, освобожденную от избытка влаги сцеживанием, в виде рыхлых отливок весом 2,5 *г* каждая, высушивали под вакуумом (остаточное давление 0,2 *кГ/см*^{2}) при температуре 20°С в присутствии $CaCl_2$ до влажности ~ 5%. Затем сухие отливки разрыхляли в дезинтеграторе, определяли их влажность; полученные образцы подвергали ацетилированию. Катализатором служила хлорная кислота в количестве 0,8% от веса целлюлозы, ацетилирующим агентом — уксусный ангидрид, растворителем — ледяная уксусная кислота при модуле 50 и объемном отношении уксусного ангидрида и уксусной кислоты 60 : 40.

Навеску целлюлозы (2 *г*) определенной степени помола и с известной влажностью помещали в термостатированную ацетилирующую смесь следующего состава: уксусного ангидрида 60 *мл;* уксусной кислоты 40 *мл*; хлорной кислоты $16 \cdot 10^{-3}$ *г*. Ацетилирование вели, периодически перемешивая, при постоянной температуре (30 ± 0,1°С) в течение определенного времени (от 5 до 180 *мин*). По истечении требуемого времени пробу высаживали в ледяную дистиллированную воду, отмывали до нейтральной реакции по метиловому оранжевому и высушивали

при 105°С до постоянного веса. В полученном ацетате по стандартной методике [6] определяли количество связанной уксусной кислоты и рассчитывали степень замещения и степень этерификации по известным формулам [1]. Для снятия одной кинетической кривой ацетилировали 10—15 проб.

Таким путем были подготовлены и проацетилированы образцы целлюлозы помолов 17, 24, 32, 37, 46, 51, 60 и 67°ШР. Экспериментальные данные процесса ацетилирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Продолжительность ацетилирования τ, *мин*	Степень этерификации γ при степени помола, °ШР							
	17	24	32	37	46	51	60	67
5	—	—	60		—	59	62	63
10	60	—	—	—	—	62	65	70
15	—	—	68	—	—	68	70	—
20	69	66	73	—	73	68	75	79
25	—	—	84	—	74	71	77	81
30	74	73	—	—	76	74	80	88
40	81	77	86	—	80	80	95	98
50	94	88	90	78	84	86	99	107
60	100	94	96	79	87	92	106	114
70	—	99	104	—	—	98	113	131
80	110	107	107	97	96	105	123	—
100	132	121	—	103	108	117	138	152
120	144	135	127	117	114	127	143	164
140	157	147	139	130	123	138	161	—
160	169	158	149	138	126	152	—	188
180	182	169	157	146	136	158	—	200
200	—	—	—	151	—	—	—	—

Зависимость константы скорости реакции ацетилирования от степени помола представлена на рис. 3, из которого видно, что в интервале

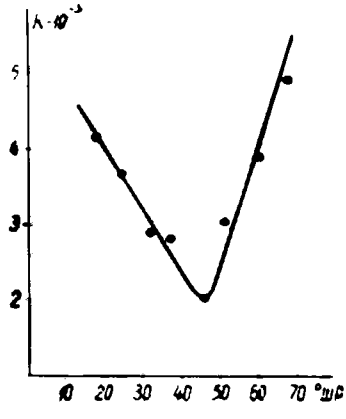


Рис. 3.

помола 17—46°ШР константа скорости падает, а далее, пройдя через минимум, начинает возрастать. По-видимому, это объясняется тем, что ацетилированию предшествуют операции отливки и сушки; во время последней операции освобожденные в результате водного размола гидратированные гидроксильные группы образуют прочные межмолекулярные связи, вследствие чего реакционная способность гидроксилов падает, константа скорости ацетилирования уменьшается.

Изменение скорости ацетилирования при дальнейшем увеличении степени помола (выше 46° ШР) пока не может быть объяснено. Возрастание скорости ацетилирования указывает на то, что мы имеем дело с процессами не диффузионного характера, так как в противном случае константа скорости процесса должна уменьшаться с увеличением степени помола, поскольку плотность упаковки целлюлозы в отливке с ростом помола возрастает. В нашем случае, начиная от 47°ШР, константа скорости ацетилирования возрастает с увеличением степени помола. Для объяснения этих фактов требуется провести специальные исследования.

Таким образом, нами изучена кинетика ацетилирования сульфатной целлюлозы различной степени помола при влажности образцов ~5%. Показано, что в интервале помолов 17—67°ШР константа скорости ацетилирования проходит через минимум при помоле 46°ШР.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Э. Л. Аким, Л. П. Перепечкин. Целлюлоза, ацетилцеллюлоза и ацетатные волокна. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1962. [2]. А. В. Бывшев Авторское свидетельство СССР № 160341. [3]. Д. С. Добровольский. Журн. «Бумажная промышленность» № 3, 1952, 11. [4]. Д. С. Добровольский. Журн. «Бумажная промышленность» № 4, 1962, 30. [5]. С. Н. Иванов. Журн. «Бумажная промышленность» № 3 и 4, 1952, 6, 13. [6]. Контроль производства химических волокон. Изд-во «Химия», М., 1967.

Поступила 15 ноября 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 62-52 : 621.928.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВОИЧНОГО КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОРТИРОВКИ

А. М. КИЛЯКОВ

СевНИИП

Обосновано правило взаимного согласования особенностей двоичного кодирования с технологической схемой сортировочного устройства, позволяющее уменьшить объем памяти системы управления процессом сортировки.

В одной из работ [1] указаны теоретически мыслимые пределы упрощения моделирующих систем управления процессом сортировки. В данной статье ставится задача — показать один из реальных и простых путей уменьшения объема памяти системы непосредственного моделирования для случая, когда технологическая схема сортировочного устройства задана и не меняется в течение достаточно большого промежутка времени. Такие сортировочные устройства существуют.

В системах управления процессом сортировки двоичный код применяют довольно широко. Л. С. Яковлев [3], по-видимому, впервые обратил внимание на полезность инверсирования двоичного кода в применении к задаче автоматизации сортировочных устройств. Полезные свойства двоичного кодирования еще более раскрываются, если его особенности тесно увязать с технологией сортировки. Существует следующее правило: в системах непосредственного моделирования, имеющих две кодирующие группы на ячейку, для кодирующих групп с бо́льшим номером не нужны те реле (элементы памяти), которые соответствуют только кодам транзитных сортиментов длиной больше величины зоны данного кармана. Покажем справедливость этого правила на конкретном примере.

Пусть технологическая схема сортировочного устройства соответствует данным табл. 1.

Из нашей работы [1] следует, что если не учитывать обсуждаемое правило, то для автоматизации такого сортировочного устройства необходима система с двумя кодирующими группами на ячейку, содержащая 180 или 175 реле (вариант системы без блокировки). Разница указанных цифр зависит от вида ключей шифратора: без фиксации или с фиксацией. Если же учесть, что шестиметровые сортименты, коды которых состоят из кодирующих реле РК первых трех разрядов, не могут вместиться в зоны первых десяти карманов, то приходим к выводу о возможности передачи этих кодов только по первым кодирующим группам системы. Эта возможность легко реализуется. В то же время, четырехметровые сортименты с избытком могут вмещаться в зоны, равные 5,5 *м*, следовательно, для них нужна вторая кодирующая группа, однако их коды, начиная с 7-го и кончая 10-м карманом, не содержат либо реле $РК_3$, либо реле $РК_3$ и $РК_2$, либо реле $РК_3$, $РК_2$, $РК_1$. Уже поэтому ясно, что указанные реле не нужны во вторых кодирующих

Таблица 1

№ карманов		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Реле-кодов	$РК_1$	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	$РК_2$	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	
	$РК_3$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1			
	$РК_4$	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1							
	$РК_5$	1	1															
Зона кармана, *м*		3,5		3,9	5,5							7,5						>7,5
Длина сортимента, *м*		2		2,75	4							6						>6

группах 7—10 ячеек. Более того, если исполняемая команда не заходит на память своей ячейки [2], то к указанной выше группе ненужных реле должны присоединиться реле $РК_3$ второй кодирующей группы шестой ячейки, реле $РК_2$ той же группы, но восьмой ячейки и реле $РК_1$ той же группы, но девятой ячейки.

Обратимся к третьему карману. В нем зона такова, что транзитные сортименты не могут уместиться в нее. Исполняемая команда, состоящая из реле первых четырех разрядов, в третью ячейку может не заходить. Поэтому в этой ячейке вторая кодирующая группа в принципе не нужна. Этот результат тоже соответствует указанному правилу. Для первых двух карманов вторые кодирующие группы нужны полностью, так как транзитный для них сортимент длиной 2,7 *м* вмещается в их зоны карманов, и код этого сортимента включает, как видим, все четыре реле от $РК_1$ до $РК_4$. Значит, указанное выше правило подтверждается еще раз.

Если наряду с изложенным учесть также, что в третьей и десятой ячейках не нужны реле переноса команд внутри ячеек, то к уже обоснованным 14 реле, соответствующим границам сплошных контуров табл. 1, добавятся еще 2. В результате систему управления на 17 адресов сброски можно выполнить из 164 или 159 реле в зависимости от типа ключей шифратора.

Изложенное позволяет сделать вывод, что наибольший эффект упрощения системы получается в том случае, если карманы продольного сортировочного устройства расположить так, чтобы последнему сортименту из группы сортиментов меньших длин соответствовал код адреса его сброски с максимальным числом нулей, причем ступень возрастания длины должна быть больше интервала между торцами пачек сортиментов в карманах, составляющих группу с меньшими длинами. Рассмотренное правило используют практически в сортировочном устройстве на Верховском нижнем складе Архангельской области.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. М. Киляков. О пределах упрощения моделирующих систем управления процессом сортировки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1971. [2]. А. М. Киляков. Автоматизация управления процессом сортировки бревен в поперечных технологических потоках. Сборник трудов СевНИИПа, вып, 3, Изд-во «Лесная промышленность», 1971. [3]. Л. С. Яковлев. Кодовая релейная система для телемеханического управления сбрасывателями сортировочных транспортеров. Сб. «Новые механизмы и приспособления для транспортировки, сортировки и разделки древесины», Гослесбумиздат, 1958.

Поступила 27 сентября 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 65.011.56

О ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ АСУ

Г. А. ЖОДЗИШСКИЙ

Ленинградский институт текстильной и легкой промышленности

Статья посвящена оценке точности работы вычислительных устройств, входящих в АСУ, при ненадежном приеме сообщений. В качестве критерия принято математическое ожидание квадрата погрешности. Полученные зависимости применены для оценки двух систем: программного управления перемещением и учета объемов лесоматериалов.

В настоящее время для ведущих предприятий лесной промышленности проектируются автоматические системы управления (АСУ). В состав таких систем входят как специализированные вычислители, осуществляющие централизованный учет, сортировку лесоматериалов, программное управление станками и агрегатами, так и универсальные ЦВМ — для итоговой обработки технико-экономической информации. Работа информационных и управляющих устройств связана с приемом и последующей обработкой потока сообщений, получаемых непосредственно на предприятиях. В сообщениях приведены данные об объеме поступающего сырья и выпущенной продукции на отдельных участках производства, количественные и качественные характеристики изделий, числа, несущие информацию о движении объектов, и т. д.

Данная статья посвящена оценке точности работы устройств, входящих в АСУ, при ненадежном приеме сообщений. Задача решается при следующих исходных положениях. Информация, поступающая на обработку, представляет последовательность непрерывных или дискретных величин, которые могут быть случайными. Сообщения, полученные в течение смены, упряга и т. п., являются конечной совокупностью N чисел $x_1, x_2, \ldots, x_N$. Пусть результатом их обработки при абсолютно надежном функционировании системы является функция $F_N(x_1, x_2, \ldots, x_N)$ либо в более общем случае — последовательность функций $F_k(x_1, x_2, \ldots, x_k)$, отвечающих текущему числу k полученных сообщений.

Погрешности системы отнесем к ненадежной работе блока приема сообщений от их источника, когда отдельные сообщения могут теряться и не участвовать в формировании функций F_k. Схема применима и к случаю, когда за потерю сообщений ответственны их источники (датчики и т. п.).

Работы многих авторов [1]—[4] посвящены вычислению погрешностей, вызываемых потерями сообщений. Предложен ряд оценок последствий потерь, в качестве которых применяется сумма потерянных сообщений [5], количество информации, связанное с теряемыми сообщениями [2], [3], и т. д.

Нами сделана попытка оценить последствия ненадежности приемного блока с учетом факта присутствия в системе вычислительного устройства, формирующего функции F_k. Поскольку результатом работы системы являются функции F_k (или одна функция F_N), то потери сообщений можно оценить по величине ошибки результата. Пусть в результате потерь на выходе получена последовательность F_k^*, отличающаяся

Рис. 1.

от истинных значений F_k. Погрешность вычисления текущего значения F_k

$$\delta_k = F_k - F_k^*. \tag{1}$$

В качестве погрешности вычисления всей совокупности функций примем средневзвешенное значение квадрата δ_k

$$d^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N} \delta_k^2. \tag{2}$$

В частном случае, когда представляет интерес только конечное значение F_N, ошибка

$$d^2 = \delta_N^2 = (F_N - F_N^*)^2. \tag{3}$$

Потеря сообщения — случайное событие; точные значения F_k заранее неизвестны, их можно задать только своими вероятностными характеристиками. Поэтому, в свою очередь, величина d^2 случайная. В качестве окончательного критерия точности системы в условиях ненадежности приема сообщений следует принять величину

$$D^2 = M\{d^2\}, \tag{4}$$

где M — символ математического ожидания.

Установим связь между вероятностными характеристиками x_k (если они случайны), вероятностями потери сообщений и критерием (4). Будем считать, что вероятность потерь очередных сообщений — величина постоянная $\xi < 1$, не зависящая от их порядкового номера, то есть последовательность событий «сообщение принято» и «сообщение потеряно» соответствует схеме испытаний Бернулли.

Рассмотрим группу событий, состоящих в потере некоторого количества сообщений, приняв при этом следующие обозначения: отсутствие потерь — U_0, потеря одного сообщения с порядковым номером i — U_i, потеря двух сообщений с номерами i и j — U_{ij} и т. д., потеря всех сообщений — $U_{1,2,\ldots N}$. События U_0, U_i, U_{ij} и т. д., отвечающие всем возможным сочетаниям значений индексов из N по 0, 1, 2,.., N, несовместны и образуют полную группу. Непосредственно из схемы Бернулли следует, что вероятности этих событий зависят только от числа потерянных сообщений (то есть от числа индексов в обозначениях U) и определяются формулами:

$$\begin{aligned} Q_0 &= (1-\xi)^N \\ Q_i &= \xi(1-\xi)^{N-1} \\ Q_{ij} &= \xi^2(1-\xi)^{N-2} \\ &\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots \\ Q_{1,2,\ldots,N} &= \xi^N. \end{aligned} \tag{5}$$

Функцию распределения вероятностей величины d^2 можно представить в виде

$$P = P_0(1-\xi)^N + \sum_i P_i \xi (1-\xi)^{N-1} +$$

$$+ \sum_{ij} P_{ij} \xi^2 (1-\xi)^N + \cdots + P_{1,2,\ldots,N} \xi^N, \qquad (6)$$

где $P_0, P_i, P_{ij}, \ldots, P_{1,2,\ldots,N}$ — суть условные функции распределения, вычисленные в предположении, что потеряно сообщений: 0, одно с номером i, два с номерами i и j и т. д. вплоть до последнего условия, заключающегося в потере всех сообщений.

Суммирование в формуле (6) распространяется на все возможные сочетания индексов. С учетом выражения (6) математическое ожидание величины d^2 можно записать в виде

$$D^2 = (1-\xi)^N D_0^2 + \xi(1-\xi)^{N-1} \sum_i D_i^2 + \xi^2 (1-\xi)^{N-2} \sum_{ij} D_{ij}^2 +$$

$$+ \cdots + \xi^N D_{1,2,\ldots,N}^2, \qquad (7)$$

где $D_0^2, D_i^2, D_{ij}^2, \ldots, D_{1,2,\ldots,N}^2$ — условные математические ожидания d^2 при указанных выше условиях.

Отметим, что при фиксированных номерах потерянных сообщений величины F_k^* и вслед за ними d^2 — известные функции определенного набора переменных x_k с заданными вероятностными характеристиками. Отыскание условных математических ожиданий сводится при этом к стандартным операциям по вычислению математических ожиданий функций нескольких случайных аргументов. Соответствующие формулы приведены в одной из книг [4].

При решении некоторых практических задач вычисления величины D^2 значительно упрощаются. Рассмотрим два распространенных частных случая.

1. Переменные x_k распределены равномерно и равноправно входят в функции F_k. Существенным становится только количество потерянных сообщений, а не их порядковые номера. Выражение (7) приобретает вид

$$D^2 = \sum_{s=0}^{N} D_s^2 C_N^s \xi^s (1-\xi)^{N-s}, \qquad (8)$$

где C_N^s — число сочетаний из N по s;

D_s^2 — условное математическое ожидание d^2, вычисленное в предположении, что потеряно s сообщений.

2. Сообщения x_k неслучайны. Формула (7) не претерпевает изменений, но условные математические ожидания D_i^2, D_{ij}^2 и т. д. вычисляются весьма просто, поскольку они совпадают с неслучайными значениями средневзвешенных квадратов погрешностей d_i^2, d_{ij}^2 и т. д. Это обстоятельство позволяет указать формулу для непосредственного вычисления D^2 в виде

$$D^2 = \xi(1-\xi)^{N-1} \sum_i d_i^2 + \xi^2 (1-\xi)^{N-2} \sum_{ij} d_{ij}^2 + \cdots + \xi^N d_{1,2,\ldots,N}. \qquad (9)$$

Для иллюстрации указанных случаев приведем два примера.

Пример 1. Система автоматического учета объемов лесоматериалов суммирует данные V_k о поступлении сырья по отдельным потокам и формирует результаты — итоги учета.

$$V_N = \sum_{k=1}^{N} V_k.$$

Определим средний квадрат ошибки δ_N вычисления величины V_N. Пусть V_k — независимые случайные величины, распределенные по нормальному закону с математическим ожиданием m_V и дисперсией σ_V^2. Погрешность δ_N, очевидно, совпадает с суммой потерянных величин V_k, общее число которых равно s,

$$\delta_N = \sum_{i=1}^{s} V_i.$$

При каждом фиксированном значении s ошибка δ_N распределена нормально с математическим ожиданием $m_\delta = sm_V$ и дисперсией $\sigma_\delta^2 = s\sigma_V^2$. Условное математическое ожидание погрешности при фиксированном значении s

$$D_s^2 = s^2 m_V^2 + s\sigma_V^2.$$

Подставляя значение D_s^2 в формулу (8), получим

$$D^2 = \sum_{s=1}^{N} C_N^s \xi (1-\xi)^N \left(s^2 m_V^2 + s\sigma_V^2\right).$$

Выполнив в последней формуле суммирование, найдем

$$D^2 = N\xi \left[(1-\xi)\, m_V^2 + \sigma_V^2\right].$$

Пример 2. Дано устройство управления перемещением некоторого рабочего органа по заданной программе. Пусть под действием системы управления рабочий орган перемещается последовательными шагами, причем его координаты F_k подчиняются соотношению

$$F_k = F_{k-1} + x_k,$$

где x_k — приращения координаты, заданные программой и являющиеся по принятой терминологии сообщениями.

В данном случае представляет интерес не только конечная координата F_N, но и все промежуточные, так что следует пользоваться формулой (7). Сообщения x_k не являются случайными, так как программа заранее известна. Считая ξ весьма малой величиной, в уравнении (7) пренебрегаем слагаемыми порядка ξ^2 и выше. Тогда

$$D^2 = \xi \sum_{i=1}^{N} d_i^2.$$

При пропуске сообщения с номерами i действительное значение координаты

$$F_k^* = \begin{cases} F_k & \text{при } k < i \\ F_k - x_i & \text{при } k \geqslant i, \end{cases}$$

следовательно,

$$\delta_k = \begin{cases} 0 & \text{при } k < i \\ x_i & \text{при } k \geqslant i \end{cases}$$

и согласно определению (2) получим

$$d_i^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=i}^{N} x_i^2 = \frac{N-i+1}{N}\, x_i^2.$$

Окончательное выражение для критерия

$$D^2 = \frac{\xi}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i^2 (N - i + 1);$$

в частности, когда задан линейный закон перемещения ($x_i = x$ при всех i)

$$D^2 = \frac{\xi (N + 1)}{2} x^2.$$

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. Д. Дубицкий. К оценке эффективности системы автоматического контроля. «Измерительная техника» № 7, 1963. [2]. В. А. Жожикашвили, Б. Г. Хорович. О вычислении вероятности характеристик процесса передачи информации для одного класса систем централизованного контроля. «Автоматика и телемеханика» № 6, 1966. [3]. М. И. Ланин. О вычислении вероятности потери сообщения в системе централизованного контроля. «Автоматика и телемеханика» № 3, 1962. [4]. В. С. Пугачев. Теория случайных функций. Физматгиз, 1962. [5]. О. В. Щербаков. К оценке количества потерянных требований из-за ненадежности обслуживающих приборов. «Автоматика и телемеханика» № 10, 1965.

Поступила 7 октября 1971 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.6

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СПЕЛОСТЬ НАСАЖДЕНИЙ

В. А. КАМАЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Дается понятие комплексной экономической спелости насаждений (КЭС). На основе показателей среднего и текущего приростов чистого дохода комплекса производств на рубль затрат и кубометр общего запаса насаждений определены возрасты КЭС в условиях сырьевой базы Братского ЛПК.

Интересы народного хозяйства требуют, чтобы в рубку главного пользования назначались насаждения такого возраста, когда может быть наибольшим доход от комплекса производств (лесовыращивания, лесозаготовок, лесопиления, изготовления технологической щепы), на рентабельность которых влияют размеры и качество лесных сортиментов. Выполнение данного требования, наряду с получением максимума продукции с единицы площади в единицу времени, — необходимые условия рационального использования земель Гослесфонда.

Сказанное положено в основу предлагаемого понятия комплексной экономической спелости (КЭС), достигаемой насаждением в возрасте, когда в среднем за год периода лесовыращивания на каждый рубль затрат комплекса производств приходится наибольший чистый доход.

Характерно, что понятие спелости леса дается с вневедомственных, народнохозяйственных позиций. В качестве показателя, по которому определяется возраст КЭС, принят показатель чистого дохода, исчисляемый как разность между стоимостью получаемой продукции и затратами на ее выращивание, заготовку и первичную обработку. Так как одна и та же сумма чистого дохода может быть получена при различном объеме затрат, чистый доход отнесен к сумме затрат указанного комплекса производств (на рубль затрат). Возможно использование и другого показателя — суммы чистого дохода, получаемого с 1 $м^3$ общего запаса насаждений.

Нами определены возрасты КЭС насаждений хвойных пород в условиях сырьевой базы Братского ЛПК. Затраты на выращивание насаждений рассчитаны по методике, предложенной проф. И. В. Ворониным [1]. В расчетах затрат на заготовку древесины использована методика расчета себестоимости, применяемая Гипролестрансом [3] при проектировании лесозаготовительных предприятий. Затраты на первичную обработку определены с использованием калькуляций себестоимости пиломатериалов и технологической щепы (из отходов лесопиления, балансовой и дровяной древесины), рассчитанных Гипробумом и Гипродревом для проекта Братского ЛПК. Продукция оценена по действующему прейскуранту оптовых цен на лесопродукцию [2].

При расчетах принято, что сортименты диаметром 20 *см* и более (пиловочник) используются для распиловки, а все остальное древесное сырье и отходы лесопиления дробятся на технологическую щепу. Учтены также изменение сортиментной структуры насаждения с увеличе-

Возраст, лет	Общий запас, $м^3$	Затраты на 1 *га*, руб.				Стоимость продукции, руб.
		лесовыращивание	лесозаготовки	первичная обработка	итого	
60	194	113	1387	582	2082	2637
70	220	126	1519	691	2336	3170
80	245	129	1644	793	2566	3680
90	265	132	1752	883	2767	4145
100	283	127	1848	959	2934	4570
110	296	121	1920	1017	3058	4908
120	307	116	1984	1063	3163	5188

нием возраста, выход бревен по сортам, пиломатериалов из них, процент выхода кондиционной технологической щепы из балансов, дров, отходов лесопиления и т. д.

Указанные расчеты ввиду их громоздкости и отсутствия оригинальных приемов в статье не приводятся. Заключительная стадия определения возрастов КЭС на примере насаждений сосны показана в табл. 1.

Сумма чистого дохода, получаемого при различных возрастах рубок главного пользования, определена как разность между стоимостью продукции и затратами комплекса производств. На основании этих данных вычислен чистый доход, получаемый на 1 руб. указанных затрат, и его средний и текущий приросты.

Средний прирост чистого дохода на 1 руб. затрат определен по формуле

$$ПД_{ср} = \frac{Д_a}{a},$$

где $ПД_{ср}$ — средний прирост чистого дохода на 1 руб. затрат в возрасте a лет;

$Д_a$ — чистый доход на 1 руб. затрат в возрасте a лет;

a — возраст насаждения, для которого производится расчет.

Текущий прирост определен как среднепериодический за 10 лет, предшествующих расчетному возрасту.

Возраст, в котором средний прирост чистого дохода на 1 руб. затрат достигает максимума, и есть возраст КЭС. С достаточной точностью его можно определить при помощи графика. Средний прирост чистого дохода достигает максимума в тот момент, когда его величина совпадает с величиной текущего прироста.

В табл. 2 приведены рассчитанные возрасты КЭС и возрасты технической спелости на пиловочник, определенные лесоустройством.

Таблица 2

Порода	Комплексная экономическая спелость, лет			Техническая спелость на пиловочник, лет
	по чистому доходу на 1 руб. затрат	по чистому доходу на 1 $м^3$ общего запаса	среднее (с округлением)	
Сосна	101	99	100	110
Лиственница .	122	118	120	110
Ель	111	111	110	100
Пихта	111	107	110	100

Данные табл. 2 показывают, что возрасты технической спелости на пиловочник мало отличаются от возрастов КЭС; результаты расчетов

Таблица 1

Общая сумма чистого дохода, руб.	Чистый доход на 1 руб. затрат, коп.			Чистый доход на 1 $м^3$ общего запаса, коп.		
	всего	прирост		всего	прирост	
		текущий	средний		текущий	средний
555	26,66	—	0,444	287	—	4,8
834	35,70	0,904	0,510	379	9,2	5,4
1114	43,41	0,771	0,543	455	7,6	5,7
1378	49,80	0,639	0,553	520	6,5	5,8
1636	55,76	0,596	0,558	578	5,8	5,8
1850	60,50	0,474	0,550	625	4,7	5,7
2025	64,02	0,352	0,534	660	3,5	5,5

с использованием чистого дохода на 1 руб. затрат и на 1 $м^3$ общего запаса близки. Последнее подтверждает правильность избранной методики.

Экономический эффект рубки насаждений в возрасте КЭС по сравнению с рубкой в любом ином возрасте выражается в получении народным хозяйством дополнительных сумм чистого дохода. Он определяется по формуле

$$Э = \left(\frac{Д_a}{A} N - Д_n\right) \cdot З_n,$$

где $Э$ — экономический эффект (дополнительно получаемый чистый доход);

A — возраст КЭС;

N — сравниваемый возраст рубки насаждений;

$Д_a$ — чистый доход на 1 руб. затрат при рубке насаждений в возрасте КЭС;

$Д_n$ — то же в возрасте N лет;

$З_n$ — затраты комплекса производств в возрасте N лет.

Например, при рубке 1 *га* сосновых насаждений в 100 лет (возраст КЭС) по сравнению с рубкой в возрасте 70 лет (количественная спелость) дополнительно получаемый чистый доход

$$Э = \left(\frac{55{,}76}{100} \cdot 70 - 35{,}70\right) \cdot 2336 = 78 \text{ руб.}$$

В пересчете на годичную лесосеку по сосновому хозяйству в сырьевой базе Братского ЛПК этот эффект составит 1,3 млн. руб. в год. Это говорит, в частности, о том, что при снижении возрастов рубок главного пользования до возраста количественной спелости с целью получения максимального выхода балансовой древесины для целлюлозных производств народное хозяйство будет нести значительные потери.

Таблица 3

Порода	Дополнительный чистый доход, руб., в возрасте рубки, лет							
	60	70	80	90	100	110	120	130
Сосна	142	78	31	12	КЭС	27	93	—
Лиственница .	287	224	146	87	38	4	ЭС	32
Ель	—	190	119	47	5	КЭС	36	—
Пихта	—	196	98	30	4	КЭС	47	—

В табл. 3 приведен дополнительно получаемый чистый доход при рубке 1 *га* насаждений в возрасте комплексной экономической спелости.

Данные наглядно показывают, что в случае, если рубка насаждений будет производиться ранее или позже возраста КЭС, народное хозяйство будет нести потери тем большие, чем больше отклонение от этого возраста. Следовательно, возрасты комплексной экономической спелости насаждений следует учитывать при обосновании возрастов рубок главного пользования.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. В. Воронин. Организация комплексных хозяйств в лесах первой и второй групп. ГЛБИ, М., 1962. [2]. Оптовые цены на лесопродукцию (включая дрова). Прейскурант № 07—03, Прейскурантгиз, М., 1967. [3]. Технико-экономические показатели для проектирования лесозаготовительных предприятий. Гипролестранс, ротапринт, Л., 1967.

Поступила 7 февраля 1972 г.

УДК 634.0.79

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ВНУТРИЗАВОДСКИХ ПРОПОРЦИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ЛЕСПРОМХОЗОВ

Е. С. РОМАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для измерения степени непропорциональности производственных мощностей леспромхозов предложены две формулы, отражающие как различие мощностей по фазам производства, так и фондоемкость (капиталоемкость) каждой фазы.

Идеальная пропорциональность или равенство производственных мощностей имеется только в проектах. Уже за время осуществления проекта происходят сдвиги в производительности на отдельных участках (вследствие прогресса на одних, недоделок на других и по иным причинам). Эти сдвиги неодинаковы, и равенство мощностей нарушается. Нередко сам проект допускает непропорциональность мощностей, предусматривая их резерв на тех фазах и операциях, где применяются громоздкое, дорогостоящее оборудование или сооружения, мощность которых трудно в дальнейшем увеличить. Эти два вида непропорциональности вполне нормальны, поскольку первый неизбежен, а второй целесообразен.

К сожалению, чаще непропорциональность возникает по другим причинам: из-за отставания в строительстве, монтаже оборудования, нерациональной технологии и организации производства. Некомплексность ввода и освоения мощностей неоднократно отмечалась в решениях КПСС и Правительства как один из факторов, сдерживающих расширение производства и улучшение его экономических показателей.

Некомплексность ввода и функционирования мощностей характерна и для лесозаготовительной промышленности. Большой разрыв в мощностях по фазам был отмечен нами ранее [2]. Было показано, что чаще всего мощности убывают в такой последовательности: мощность по трелевке; пропускная способность нижнего склада; провозная способность транспорта; мощность по наличию построенных дорог. Это ранжирование объективно подтвердило широкоизвестный факт, что самым узким местом в деятельности лесозаготовительных предприятий остается строительство лесовозных дорог. Однако констатировать неравенство мощностей и установить относительную обеспеченность

фаз производства — это лишь начало дела, так как здесь не измерена, не выражена степень, глубина диспропорций.

В лесоэкономической литературе вопрос об измерении пропорциональности (или непропорциональности) мощностей не ставился вообще. В общеэкономической литературе мы нашли более или менее конкретную постановку этого вопроса только у А. П. Сидорова [3]. Он предлагает коэффициент пропорциональности (равномерности), определяемый по формуле

$$K_п = \frac{Q}{Q_р},$$

где Q — действительные машино-часы, необходимые для выполнения производственной программы;

$Q_р$ — машино-часы, которые могут быть отработаны всеми имеющимися машинами за время работы «узкого места».

Из формулы видно, что измерение пропорциональности мощностей основано на загрузке оборудования. А. П. Сидоров пишет: «Равномерная загрузка свидетельствует о пропорциональности производственных мощностей, неравномерная загрузка — признак диспропорции».

Но далее А. П. Сидоров отмечает, что «этот коэффициент вполне пригоден для сводной оценки степени пропорциональности в мощности групп взаимозаменяемых рабочих мест каждого производственного подразделения и всех в целом, но с его помощью нельзя определить, насколько мощность одного подразделения больше или меньше мощности другого».

Таким образом, приведенный показатель непригоден для анализа пропорций мощностей лесозаготовительных предприятий, где под подразделениями следует понимать стадии (фазы) производства.

А. П. Сидоров далее вынужден довольствоваться в качестве мерила пропорциональности коэффициентом сменности, считая его «достаточно точным показателем, во всяком случае точнее и лучше рассмотренных показателей мощности и коэффициента пропорциональности».

Однако даже со всеми оговорками А. П. Сидорова для наших целей коэффициент сменности не годится. Дело в том, что его нельзя определить по отношению к построенным лесовозным путям и к нижнему складу. По подавляющему большинству нижних складов мощность выражается как пропускная способность, то есть по площади складирования и удельной емкости ($м^3/м^2$). Эти показатели пространственные, так же, как протяженность построенных путей, и для них, конечно, неприменим временной показатель — коэффициент сменности.

Итак, задача измерить пропорции мощностей упирается в другую — найти измеритель пропорциональности. По нашему мнению, для измерения пропорциональности мощностей можно привлечь показатели ритмичности (равномерности) выпуска продукции.

Простейший из них — коэффициент неравномерности, равный отношению максимального выпуска к минимальному. Если вместо выпуска продукции за разные периоды взять мощности по разным фазам на одну и ту же дату, это и будет некоторая характеристика непропорциональности мощностей. Например, на Нюбской ужд максимальной из фазовых мощностей была мощность по трелевке — 592 тыс. $м^3$, а минимальной — по вывозке — 271 тыс. $м^3$ (на 1/I 1971 г.). Отсюда коэффициент непропорциональности мощностей $\frac{592}{271} = 2{,}18$.

Но поскольку по лесозаготовительным предприятиям определяют от 4 до 6 показателей фазовых мощностей, отношение двух край-

них из них может оказаться нехарактерным. Так, на Липаковской ужд мощности были на 1/I 1971 г. следующие: по вывозке — 240 тыс. $м^3$; по трелевке — 260; по нижнему складу — 260; по построенным путям — 112 тыс. $м^3$. Отношение $\frac{\Phi_{max}}{\Phi_{min}} = \frac{260}{112} = 2{,}32$ показывает резкую непропорциональность, тогда как в действительности одна фаза сильно «оторвалась» от остальных. На Нюбской ужд коэффициент непропорциональности также завышен, ибо мощность по трелевке (592 тыс. $м^3$) тоже «оторвалась», но уже в верхнюю сторону (остальные фазовые мощности — 318 и 330 тыс. $м^3$).

Другие показатели, применяемые в статистике для выражения ритмичности (неритмичности) и которые можно было бы рекомендовать для измерения непропорциональности мощностей, — коэффициент вариации, среднее линейное или среднее квадратическое отклонение [1]. Но все эти показатели «равняются» на среднюю величину (показывают степень отклонения от средней), тогда как при сопоставлении мощностей их средняя не имеет самостоятельного значения. Если и пользоваться этими показателями, то только имея в виду отклонения от мощности по «ведущей» фазе.

Но на лесозаготовках для ведущей фазы — транспорта леса — определяют два показателя мощности: по построенным путям и по провозной способности. Они часто не совпадают, и неясно, с каким из них сопоставлять другие мощности.

Главное, однако, не в математико-статистической, а в экономической стороне вопроса. Хотя мощности по фазам выражены в одном измерителе ($м^3$) и сопоставимы, но далеко не равновесны. Так, мощность по нижнему складу может характеризовать попросту наличие свободной площадки с допустимыми уклонами, не требующей никаких затрат, кроме элементарной планировки, но имеются и нижние склады с большими вложениями в полуавтоматические линии, краны большой грузоподъемности и др. Мощность по трелевке определяется наличием трелевочных машин, что требует значительных вложений. Строительство путей лесовозных дорог связано с максимальными затратами (на ужд, автодорогах с железобетонным покрытием), но может быть и с нулевыми капиталовложениями (снежные дороги). Из этого разнообразия вариантов распределения капиталовложений трудно выделить одну ведущую фазу.

Отсюда мы делаем вывод [2], что общую мощность предприятия (дороги) нужно устанавливать не по какой-то одной фазе (будь то транспорт или современный полуавтоматизированный нижний склад), а по оптимальному сопряжению всех фаз. Точно так же и непропорциональность мощностей надо определять, сравнивая фазовые мощности как величины, взвешенные по стоимости их основных фондов.

Показателем непропорциональности или несопряженности мощностей может быть следующий:

$$K''_{н} = \frac{Б_{факт}}{\Phi_{min} \sum K_i + Б_{пр}},$$

где $Б_{факт}$ — фактическая балансовая стоимость основных промышленно-производственных фондов;

Φ_{min} — минимальная из фазовых мощностей;

K_i — удельные капиталоемкости по фазам, руб./$м^3$;

$Б_{пр}$ — балансовая стоимость фондов, не распределяемых по фазам (прочих).

Из всех фазовых мощностей берется минимальная потому, что только в объеме этой фазы возможен выпуск продукции по всему предприятию (дороге) без дополнительных капиталовложений.

Рассчитанный по приведенной формуле коэффициент непропорциональности (несопряженности) для ряда лесовозных дорог комбината «Котласлес» колеблется в пределах 1,01—1,58. Он, однако, представляется нам заниженным в связи с тем, что прочие основные фонды $Б_{пр}$ составляют нередко внушительную сумму, но на пропорции мощностей не влияют. Входя в числитель и в знаменатель коэффициента непропорциональности, они преуменьшают его, поскольку сами не зависят от степени соответствия мощностей.

Можно ожидать, что более точной мерой непропорциональности будет отношение

$$K_н = \frac{f}{\Sigma K_i},$$

где f — фактическая удельная фондоемкость лесопродукции по всем основным фондам, исключая прочие;

K_i — удельные капиталоемкости по фазам.

Фондоемкость f определяется по фактическому объему вывозки, а удельные капиталоемкости — по производственным мощностям фаз. Поскольку фактический объем вывозки не может быть больше мощностей, постольку величина коэффициента K не может быть меньше единицы.

Предложенный здесь коэффициент непропорциональности мощностей $K_н$ целесообразно ввести в «Расчетную карточку производственной мощности леспромхоза» (вместе с данными об основных фондах, необходимыми для расчета коэффициента). Это даст возможность более объективно оценивать состояние мощностей в леспромхозах и решать вопрос о направлении капиталовложений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Г. И. Бакланов и др. Статистика промышленности. Изд-во «Статистика», М., 1970. [2]. Е. С. Романов, С. А. Красавин. Основные фонды леспромхозов Севера. Северо-Западное книжное изд-во, Архангельск, 1971. [3]. А. П. Сидоров. Внутризаводские пропорции мощностей и эффективность производства. Изд-во «Экономика», М., 1968.

Поступила 21 февраля 1972 г

УДК 634.0.79

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СУЩНОСТИ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

С. В. ПОЧИНКОВ

ЦНИИМЭ

Рассмотрены три типа процесса поддержания мощностей лесозаготовительного производства на заданном уровне: стационарный, интенсивный и экстенсивный. Каждый тип отличается определенной структурой межотраслевых связей, которая предопределяет источники и порядок финансирования дорожного строительства в лесозаготовительной промышленности.

Известно, что дорожное строительство в лесозаготовительных предприятиях в основном ведется для поддержания их мощности на заданном уровне.

Проблема поддержания мощностей лесозаготовок как проблема непрерывного наращивания сети лесовозных дорог в экономическом аспекте впервые была поставлена М. В. Лайко и С. А. Красавиным [1]. Справедливо отметив явное несоответствие между ежегодной потребностью леспромхозов в наращивании сети лесовозных дорог и выделяемыми для этих целей капитальными ресурсами, авторы требовали коренного изменения порядка финансирования дорожного строительства в лесной промышленности, полагая, что направляемые на эти цели капиталовложения принадлежат к особому типу затрат, близких по характеру к затратам на реновационное возмещение основных фондов. Теоретического осмысливания это положение не получило. В своих рекомендациях М. В. Лайко и С. А. Красавин предлагали перевести финансирование дорожного строительства на долгосрочное кредитование.

П. Н. Казакевич и Т. С. Лобовиков [2] придерживаются несколько иной точки зрения. Считая, что в процессе транспортного освоения лесного массива непрерывно накапливаются основные фонды (лесовозные дороги), они утверждают, что единственный правомерный источник финансирования дорожного строительства, ведущегося в целях поддержания мощностей лесозаготовок, — прибыль лесозаготовительных предприятий.

Как первая, так и вторая концепции, на наш взгляд, не дают приемлемых практических решений.

Процесс поддержания мощностей лесозаготовительного производства может быть трех типов:

1) стационарный, когда при постоянных объемах лесозаготовительного производства остаются неизменными протяженность и технический уровень ежегодно строящихся лесовозных дорог;

2) интенсивный, когда объем дорожного строительства ежегодно увеличивается вследствие структурного улучшения сети дорог (растет удельный вес капитальных путей), повышения качества покрытий и т. д.;

3) экстенсивный, когда рост объемов дорожного строительства вызван ухудшением таксационных характеристик вновь осваиваемых лесных массивов.

Рассмотрим эти типы поддержания мощностей лесозаготовок с межотраслевых позиций. При стационарном типе лесозаготовительная отрасль ежегодно потребляет неизменный объем дорожно-строительной техники и материалов. Таким образом, поддержание мощностей лесозаготовок обеспечивается достигнутым ранее уровнем производства дорожно-строительных средств, и, следовательно, ежегодное наращивание сети лесовозных дорог не изменяет сложившихся межотраслевых пропорций, не требует привлечения дополнительных бюджетных ассигнований. Имеет место типичный процесс простого воспроизводства, когда вновь создаваемые основные средства, поступая в производство, компенсируют в эквивалентных размерах средства, выбывающие по причине физического износа. Характерная особенность лесовозных дорог заключается в том, что их физический износ протекает не по мере утраты эксплуатационных свойств (которые при своевременных ремонтах можно в принципе сохранять бесконечно долгое время), а в процессе истощения запаса древесины в примыкающих к ним лесных массивах. Лесовозная дорога только тогда является действующим средством производства, когда на тяготеющей к ней лесной площади имеется пригодный для эксплуатации запас древесины; с истощением его лесовозная дорога «снашивается». Ежегодное строительство лесовозных дорог, ведущееся в целях поддержания мощностей лесозаготовок, является, таким образом, следствием непрерывного их экономического

износа — амортизации. При этом сносившиеся (амортизировавшиеся) участки лесовозной дороги (магистрали или ветки), необходимые для дальнейшего освоения и эксплуатации лесного массива, по отношению к его участкам, разработка которых будет осуществляться в перспективе, выступают как бы в качестве даровых производственных средств (если в расчет не принимать затрат на их содержание и ремонт).

Отсюда очевидно, что: капиталовложения в строительство лесовозных дорог при стационарном типе поддержания мощностей лесозаготовок — капиталовложения компенсационного типа; источник финансирования этих вложений — амортизация лесовозных дорог; порядок определения амортизационных отчислений на реновацию лесовозных дорог должен быть таким, чтобы амортизационный фонд был достаточен для развития сети лесовозных дорог на достигнутом техническом уровне [3].

Легко видеть теперь, что ежегодное стационарное наращивание сети лесовозных дорог можно рассматривать как производственное накопление фондов только в учетном, бухгалтерском смысле; по своей же экономической сути этот процесс не изменяет фондоемкости лесозаготовительного производства. Непонимание этого положения, кстати говоря, порождает искаженное представление о себестоимости, фондоотдаче и рентабельности лесозаготовок, в значительной мере лишая эти важные экономические показатели как их информационного (учетного) значения, так и стимулирующей роли. В связи с этим и проблема ценообразования в лесной промышленности утрачивает ясность исходных методологических положений.

При интенсивном и экстенсивном наращивании сети лесовозных дорог должны ежегодно возрастать поставка дорожно-строительных средств и материалов в лесную промышленность и связанные с ней мощности дорожно-строительной индустрии в стране, что требует привлечения народнохозяйственных накоплений. Следовательно, фондоемкость лесотранспортного процесса возрастает, но экономическое содержание этого роста различно. В случае интенсивного развития, когда фондоемкость увеличивается в результате повышения технического уровня и плотности дорог, процесс носит характер расширенного воспроизводства, ибо дополнительные затраты на лесотранспорт в силу повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции лесозаготовок позволят высвободить часть трудовых и материальных ресурсов, использование которых в конечном счете даст прирост национального дохода страны. Поэтому источником финансирования затрат на прирост фондоемкости лесотранспорта должна служить прибыль лесозаготовительных предприятий или централизованные фонды вышестоящих производственных звеньев отрасли. При экстенсивном поддержании мощностей лесозаготовительного производства повышение фондоемкости лесотранспорта уже не сопровождается увеличением эффективности лесозаготовительного процесса. Так как фондоемкость в данном случае возрастает в силу объективных причин (изменение условий производства), то источником капитальных затрат, обеспечивающих этот рост, должны быть бюджетные ресурсы, как если бы лесозаготовки велись в данных условиях с самого начала.

В рамках отдельного лесозаготовительного предприятия преобладает стационарный тип поддержания мощностей, и, следовательно, строительство лесовозных дорог в основном должно финансироваться за счет амортизационных фондов. Отраслевые накопления следует привлекать в том случае, если дорога реконструируется (расширяется полотно, утолщается дорожная одежда и т. д.) или в плановый период

предусматривается сокращение расстояния между ветками по сравнению с годами, предшествующими освоению лесного массива.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. В. Лайко, С. А. Красавин. Изменить порядок планирования капиталовложений. Журн. «Лесная промышленность» № 6, 1962. [2]. П. Н. Казакевич, Т. С. Лобовиков. О затратах на поддержание производственных мощностей лесозаготовительных предприятий. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1970. [3]. С. В. Починков. Об амортизации лесовозных дорог. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970.

Поступила 1 февраля 1972 г.

УДК 634.0.79

ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ РАЗЛИЧИЙ В РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ЛЕСПРОМХОЗОВ

В. П. СТЯЖКИН

Тюменский НИИПлесдрев

Сообщается о результатах математико-статистического анализа влияния природных и других объективных факторов производства на уровень прибыли лесозаготовительных предприятий. Излагается метод определения дифференциального дохода леспромхозов с использованием уравнения регрессии по прибыли. Показывается степень различия в размере фондов экономического стимулирования по группам леспромхозов с различной рентабельностью и влияние дифференциации размера этих фондов на производительность труда и условия расширенного воспроизводства. Обосновывается необходимость выравнивания рентабельности леспромхозов.

Новые оптовые цены, введенные в 1967 г., явились хорошей основой для осуществления принципа расширенного воспроизводства в лесной промышленности, так как в них предусмотрена высокая норма накопления (20% к производственным фондам). Однако и при новых ценах далеко не все леспромхозы могут без финансовой помощи осуществлять расширенное воспроизводство, так как не всем из них обеспечено получение прибыли в необходимых для этого размерах. Из всего числа леспромхозов отрасли $^1/_8$ — убыточны, $^1/_4$ — малорентабельны (рентабельность до 10%), $^1/_3$ — среднерентабельны (10—30%), свыше $^1/_4$ — высокорентабельны. Почти 40% предприятий имеют рентабельность ниже минимального уровня (10%), необходимого для нормальной работы в новых условиях хозяйствования.

Каковы же причины столь резкой дифференциации леспромхозов по уровню рентабельности? Известно, что на результаты работы лесозаготовительных предприятий влияют природные, географические, технико-экономические и организационные факторы.

К. Маркс отмечал [1], что при эксплуатации неодинаковых по качеству природных ресурсов возникают различия в производительной силе труда. В результате оказывается разной индивидуальная стоимость производства продукта: меньшая в лучших, бо́льшая в худших условиях. При реализации продукции по общественным ценам, базирующимся на затратах в средних условиях производства, в одних случаях образуется положительная, в других отрицательная разность

между общественной и индивидуальной стоимостью. Эта разность есть дифференциальный доход. То, что он может быть не только положительной, но и отрицательной величиной, отмечал еще К. Маркс [1].

Дифференциация прибыли и рентабельности зависит не только от объективных факторов производства, но и от организационных, или субъективных. Выявление ведущей группы факторов имеет для практики принципиальное значение, поскольку от преобладающего воздействия той или иной группы на результаты работы предприятия зависит вопрос о том, нужно ли выравнивать рентабельность, чтобы смягчить отрицательное влияние различий в ней на финансовое состояние леспромхозов, и если нужно, то каким методом это лучше сделать. Кроме того, по мнению некоторых экономистов, различия в объективных факторах элиминируются попенной платой.

Чтобы ответить на вопросы, какие факторы являются причиной дифференциации прибыли и рентабельности и весь ли дифференциальный доход изымается с помощью попенной платы, методами многофакторного корреляционного и регрессивного анализа мы исследовали зависимость прибыли и дифференциального дохода от основных факторов производства. Поскольку дифференциальный доход входит составной частью в стоимость прибавочного продукта, выступающего в данном случае в форме прибыли, то именно прибыль и была взята в качестве функции. Исходным материалом послужили данные по 90 леспромхозам Урала и Западной Сибири за 1968 и 1969 гг. Уровень прибыли и дифференциального дохода лесозаготовительного производства определяется следующими факторами: X_1 — процент сосны в составе насаждений; X_2 — объем хлыста, *м*³; X_3 — процент выхода деловой древесины; X_4 — расстояние вывозки, *км*; X_5 — процент вывозки древесины к сплаву; X_6 — процент вывозки древесины к пунктам потребления; X_7 — процент вывозки древесины тракторами; X_8 — районный коэффициент к зарплате; X_9 — годовой объем вывозки, тыс. *м*³; X_{10} — средний грузооборот дорог, тыс. *м*³. Факторы $X_1 - X_3$ характеризуют природные условия; $X_4 - X_7$ — транспортные; $X_8 - X_{10}$ — технико-экономические. Полученное в результате расчета на ЭВМ уравнение регрессии имеет вид

$$Y = -421{,}8 + 0{,}911X_1 + 204{,}65X_2 + 12{,}71X_3 - 2{,}93X_4 -$$
$$- 1{,}18X_5 + 1{,}21X_6 - 3{,}10X_7 - 544{,}36X_8 + 0{,}48X_9 + 0{,}47X_{10}$$
$$(R - 0{,}87; \quad F = 20{,}4),$$

где Y — прибыль (убыток) *, коп./*м*³;
$X_1 - X_{10}$ — факторы;
R — множественный коэффициент корреляции;
F — критерий Фишера.

Включенные в уравнение регрессии объективные факторы оказывают существенное влияние на дифференциацию прибыли — они определяют 75% ($R^2 \cdot 100\%$) всей колеблемости ее уровня. Связь комплекса факторов с прибылью статистически достоверна с вероятностью 0,99. Об этом свидетельствует превышение $F_{факт}$ над $F_{табл}$ ($20{,}4 > 1{,}55$).

Проведенный количественный анализ взаимосвязи между прибылью и факторами позволяет сделать два важных вывода. Из того, что связь характеризуется высоким и значимым коэффициентом корреляции, следует, что, во-первых, дифференциация прибыли, а следова-

* Для элиминирования различий в уровне прибыли, обусловленных зональной дифференциацией оптовых цен на древесину, она была определена по всем 90 леспромхозам исходя из уровня цен одной зоны (Свердловской области).

тельно, и рентабельности объясняется прежде всего различиями объективных факторов, не зависящих от деятельности коллективов леспромхозов; во-вторых, попенная плата слабо отражает различия в объективных факторах и, следовательно, далеко не полностью изымает дифференциальный доход.

В качестве дополнительного довода в пользу второго утверждения можно указать на то, что коэффициенты регрессии при X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 значимы, чего не могло бы быть, если бы попенная плата полностью изымала дифференциальный доход, обусловленный этими факторами.

Дифференциальный доход в той части, в которой он не учитывается попенной платой, может быть рассчитан с помощью уравнения регрессии. Для этого вначале определяется расчетное значение прибыли $П_р$, а затем по формуле $Д = П_р - П_н$ исчисляется дифференциальный доход $Д$.

Эта формула выведена из предложенного К. Марксом для определения дифференциального дохода выражения $Д = Ц_о - Ц_н$ путем следующего преобразования:

$$Д = Ц_о - (С_н + П_н) = (Ц_о - С_н) - П_н = П_ф - П_н,$$

где $Ц_о$, $Ц_н$ — общественная и индивидуальная цена;
$С_н$ — индивидуальная себестоимость 1 $м^3$;
$П_н$ — нормативная прибыль, исчисленная в пропорции к индивидуальной себестоимости по нормативу, учтенному в оптовых ценах;
$С_н + П_н = Ц_н$ — индивидуальная цена;
$П_ф$ — фактическая прибыль.

При исчислении дифференциального дохода в качестве уменьшаемого следует брать вместо фактической $П_ф$ расчетную прибыль $П_р$. Этим элиминируются те различия в уровне искомого показателя, которые обусловлены влиянием субъективных факторов.

В табл. 1 приводятся данные расчета дифференциального дохода по группе леспромхозов объединения «Тюменьлеспром».

Таблица 1

Леспромхоз	Индивидуальная себестоимость $С_н^*$, коп.	Норма рентабельности, учтенная в ценах, % к себестоимости	Прибыль, коп.		Дифференциальный доход, коп.
			расчетная $П_р$	нормативная $П_н$	
Благоприятные условия					
Комсомольский	848	19,6	544	166	+378
Пионерский	725	19,6	418	142	+276
Советский	688	19,6	580	135	+445
Неблагоприятные условия					
Заводо-Уковский	1010	19,6	—189	198	—387
Обской	1046	19,6	—303	205	—508
Уватский	1046	19,6	—107	205	—312

* Для того чтобы при определении дифференциального дохода полностью элиминировать различия леспромхозов в субъективных факторах, нормативную прибыль исчисляли пропорционально не фактической, а расчетной себестоимости, отражающей влияние только объективных факторов. Размер статьи не позволяет привести здесь уравнение регрессии по себестоимости.

Анализ данных таблицы показывает, что дифференциальный доход может достигать значительной величины: в несколько раз больше или меньше нормативной прибыли. Приведенный пример характерен для многих комбинатов и объединений лесной промышленности.

Дифференциация леспромхозов на убыточные и высокорентабельные — результат проявления дифференциального дохода. Чтобы смягчить его отрицательное воздействие на экономику предприятий, на практике прибегают к перераспределению прибыли посредством изъятия ее у тех леспромхозов, которые работают в особо благоприятных условиях и получают дифференциальный доход, и передачи ее тем, которые находятся в неблагоприятных условиях и имеют дифференциальный убыток. Это, конечно, правильный подход, но беда в том, что размер изъятий и доплат должным образом не обосновывается. Сейчас существует практика ненормированного перераспределения прибыли. Потребности в прибыли на нужды расширенного воспроизводства и стимулирования труда производственных коллективов учитываются по-разному для убыточных и высокорентабельных леспромхозов. Размер доплат убыточным леспромхозам устанавливается ниже уровня действительной их потребности в прибыли. Вместе с тем у высокорентабельных предприятий дифференциальный доход изымается неполностью, и они незаслуженно используют прибыль сверх действительной потребности. В подтверждение такого неравенства в распределении прибыли можно привести данные за 1969 г. по двум группам леспромхозов Урала и Западной Сибири, в первую из которых включено 30 убыточных и низкорентабельных предприятий, во вторую — 14 высокорентабельных. В первой группе на 1 руб. затрат было использовано на хозрасчетные нужды 8,6 коп. прибыли, во второй — в 1,5 раза больше.

Неправильный подход к распределению и использованию прибыли объясняется недостаточным вниманием практических работников к такой важной экономической категории, как дифференциальный доход. Финансовые и плановые органы комбинатов и объединений обычно не анализируют и не соизмеряют, в какой мере убыточность или высокая рентабельность леспромхозов определяется качеством работы, а в какой — объективными условиями. Складывается порочное предубеждение, что убыточность обусловлена только плохой работой коллектива предприятия, и наоборот, высокая рентабельность — результат только хорошей работы производственного коллектива. Поскольку убыточность леспромхозов ставится им в вину, а высокая рентабельность — в заслугу, то при распределении прибыли первые необоснованно наказываются понижением размера доплат против потребности, вторые вознаграждаются оставлением в их распоряжении прибыли в большем размере, чем в среднем по кругу предприятий комбината.

Субъективный подход к оценке условий деятельности леспромхозов и волюнтаризм в вопросах перераспределения прибыли в новых условиях хозяйствования приводят к отрицательным последствиям. Из-за ограниченности в финансовых ресурсах не все леспромхозы могут вносить в бюджет плату за пользование производственными фондами. В результате темпы роста фондоотдачи в леспромхозах, освобожденных от платы за фонды, значительно ниже, чем по остальным леспромхозам. В 1969 г. в леспромхозах Урала и Западной Сибири, вносящих плату за фонды, темп роста фондоотдачи был на 8% выше, чем в леспромхозах, освобожденных от этих платежей.

Существующая практика освобождения убыточных леспромхозов от платы за фонды не стимулирует повышения эффективности использования фондов.

В новых условиях хозяйствования большое значение придается вопросам материальной заинтересованности. Предприятиям предоставлено право из части прибыли образовывать фонды экономического стимулирования. Но даже при одинаковом уровне хозяйствования леспромхозов размер этих фондов зависит от уровня рентабельности. Подтверждением этого могут служить данные табл. 2.

Таблица 2

Значения рентабельности, в группе %	Количество леспромхозов	Фонд материального поощрения, % к фонду заработной платы	Фонд развития производства, % к стоимости основных фондов
< 0	12	—	0,1
0—15	28	2,8	0,5
15—30	20	5,6	0,9
Свыше 30	17	7,5	1,3

Стимулирующая роль поощрительных фондов при разной их величине, как и следовало ожидать, оказалась неодинаковой. В 28 леспромхозах, отчисливших в 1969 г. в фонд материального поощрения более 5% к фонду зарплаты, рост комплексной выработки был на 13% выше, чем в 28 других, образовавших этот фонд в меньшем размере. Таким образом, отступление от принципа — равное вознаграждение за равный труд — неизбежно приводит к снижению производительности труда.

Приведенные примеры показывают, что в убыточных и малорентабельных леспромхозах экономические рычаги новой реформы (фонды стимулирования и плата за производственные фонды) действуют очень слабо. Причина тому — несовершенство механизма перераспределения дифференциального дохода. Чтобы обеспечить равные условия расширенного воспроизводства всем леспромхозам, создать для них одинаковую возможность стимулирования роста эффективности труда на основе новых методов хозяйствования, необходимо более решительно и серьезно, чем теперь, подходить к выравниванию различий в уровне рентабельности лесозаготовительного производства. Всем нормально работающим леспромхозам должны возмещаться обусловленные объективными факторами издержки производства и обеспечиваться получение прибыли в размере, необходимом для внесения платежей в бюджет, формирования фондов экономического стимулирования, покрытия убытков жилищно-коммунального хозяйства, содержания культурно-просветительных учреждений и т. д. В качестве инструмента научно обоснованного внутриотраслевого перераспределения прибыли в лесной промышленности (так же, как в угольной, железорудной, сланцедобывающей, соляной и др.) необходимо ввести систему расчетных цен. В некоторых комбинатах, где развито комбинирование лесозаготовок с деревообработкой, для этой цели можно применять метод «скидок — накидок». Опыт применения этого метода в комбинатах «Ленлес» и «Тюменьлес» показывает, что общее финансовое состояние, условия развития производства и образования фондов экономического стимулирования при этом заметно улучшаются. Данные о фондах экономического стимулирования за 1970 г. приведены в табл. 3.

Сравнивая показатели табл. 2 и 3, нетрудно заметить, что разрыв в размере фондов стимулирования между крайними и смежными группами леспромхозов значительно сократился. Возрос и размер фондов стимулирования во всех группах леспромхозов. Если там, где «скид-

Таблица 3

Значение рентабельности в группе, %		Количество леспромхозов	Фонд материального поощрения, % к фонду зарплаты	Фонд социально-культурных мероприятий, % к фонду зарплаты	Фонд развития производства, % к стоимости основных фондов
до выравнивания	после выравнивания (среднее)				
< 0	0,6	8	2,3	0,5	0,4
0—15	11,7	9	4,8	0,9	1,7
15—30	22,9	13	8,6	2,6	3,9
Свыше 30	35,2	12	7,9	2,7	2,5

ки — накидки» не применяются (табл. 2), убыточные леспромхозы практически не образовывали фондов стимулирования, то в условиях применения «скидок — накидок» в этой группе леспромхозов сформированы фонды материального поощрения и социально-культурных мероприятий в размере 2,3 и 0,5% к фонду зарплаты, а фонд развития производства — 0,4% к стоимости основных фондов.

Наблюдающийся все еще значительный разрыв в размере фондов стимулирования между крайними группами леспромхозов объясняется тем, что «скидки — накидки» были установлены небольшими, и выравнивание с их помощью оказалось явно недостаточным.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. К. Маркс, Ф. Энгельс. Сочинения. Т. 26, ч. II.

Поступила 17 февраля 1972 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.032.475.3 : 634.0.221.4

РОСТ ЛИСТВЕННИЦЫ ПОСЛЕ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК

А. В. АБАТУРОВ

Камчатская ЛОС

Приведены данные о росте лиственницы в багульниковых лиственничниках Камчатки после одно- и двухприемных выборочных рубок различной интенсивности.

При планировании и ведении лесного хозяйства необходимо стремиться к повышению продуктивности древостоев путем направленного использования почвенно-светового прироста. Имеющиеся немногочисленные работы по лиственнице отчасти характеризуют влияние рубок ухода на ее рост. Нами получены данные о росте лиственницы после одно- и двухприемных выборочных рубок различной интенсивности. Исследования проведены на Камчатке в лиственничниках багульниковых, являющихся основной сырьевой базой леспромхозов области.

Лиственничники багульниковые занимают ровные сухие пространства на водоразделах и в предгорной части. Почвы здесь сухоторфянистые, длительно-сезонно-мерзлотные. Насаждения послепожарного происхождения, одновозрастные, чистые, III—IV классов бонитета. Средняя высота 20—22 *м*. Подлесок редкий (жимолость, спирея, шиповник). В развитом кустарничковом покрове преобладает багульник. Травянистых растений насчитывается до 10—15 видов, но встречаются они редко и развиты слабо. Подрост лиственницы под пологом отсутствует.

Для насаждений этого типа леса характерно большое число стволов на 1 *га*, что связано с интенсивным заселением гарей лиственницей. При среднем диаметре 20—24 *см* стволов на 1 *га* может быть 1000 шт. и более, а в приспевающих и спелых древостоях обычно 700—900 шт. При этом различие в возрасте большинства деревьев не превышает 4—5 лет (период основного массового заселения гари древесной растительностью). Иногда встречаются насаждения этого типа леса, пройденные легким палом, после которого, наряду с частичным распадом материнского древостоя, появляется второе поколение (табл. 1, проба 6).

Перегущенность лиственничников багульниковых обусловливает хорошо выраженное разделение деревьев по классам роста и развития. Отставшие в росте деревья (ступеней толщины 8—16 *см*, а частично и 20 *см*) находятся под пологом. На протяжении всей жизни они угнетены, а к 180—200 годам выпадают из древостоя. Рост деревьев первого яруса также замедлен вследствие высокой сомкнутости крон. Годичный прирост их по диаметру в среднем за 10 лет составляет 1,8 *мм* и с 40—50 лет лишь незначительно колеблется около этой величины.

В связи с замедленным развитием лиственницы в таких насаждениях в интересах практики требуется установить более высокие границы возрастных категорий деревьев, чем по стандартной шкале. Так, по исследованиям В. А. Шамшина*, молодня-

№ пробной площади	Способ рубки	Количество приемов	До рубки			Вы	
			А, лет	число стволов, шт./*га*	запас, $м^3$	1-й число стволов	
						шт.	%
1	Сплошная	1	160	800		667	87
2	„	1	150	736	—	622	84
3	Выборочная	2	101	840	190	260	31
4	„	2	134	734	200	210	28
5	„	2	103	850	150	232	27
6	„	1	130—240	354	190	170	48

* В. А. Шамшин. Возраст рубки в лиственничниках Камчатки. Вопросы географии Камчатки, вып. 2, Петропавловск-Камчатский, 1964.

ками можно считать древостои в возрасте до 60 лет; средневозрастными — 61—120 лет; приспевающими — 121—160 лет; спелыми — 161—180 лет; перестойными — свыше 181 года.

В насаждениях, пройденных сплошной и выборочной рубками, нами было заложено 6 пробных площадей (табл. 1). Давность рубки — от 5 до 47 лет. Взяты 73 модельных дерева лиственницы для определения прироста по диаметру и высоте после рубки. Прирост по объему получен из таксационных показателей насаждений до и после рубки. При расчетах объемов использованы «Таблицы для таксации лесов на Камчатке» *. Анализ полученных данных проведен также с учетом числа вырубленных стволов по ступеням толщины, что, на наш взгляд, наиболее правильно отражает изменение условий среды в результате рубки.

На всех пробных площадях после рубки увеличился прирост по диаметру деревьев с 8-сантиметровой ступени толщины. Чем толще дерево, тем меньше относительное повышение прироста.

При разреживании высокополнотных насаждений (пробы 3—5) прирост возрос только у деревьев второго яруса. На пробе 6, где число деревьев в два раза меньше, усиление прироста отмечено до ступени 32 *см*.

На протяжении ствола прирост увеличивался неравномерно — с высотой изменение его меньше, особенно в верхней половине ствола.

Наибольшее увеличение прироста тонкомера наблюдалось после сплошной рубки в приспевающем насаждении (пробы 1, 2). Через 5—7 лет оставшийся на вырубке тонкомер толщиной 8—20 *см* образовал прирост по диаметру на высоте груди в 6 раз выше, чем до рубки. Некоторые деревья, имевшие в момент рубки диаметр 8 *см*, увеличили прирост в 10—14 раз.

После выборочных рубок (пробы 3—6) прирост повышается меньше. При вырубке 30—50% по числу стволов (до 70% запаса) наибольший прирост по диаметру составил 370% прироста до рубки. Второй прием не вызвал заметного изменения прироста.

Наиболее энергично прирост увеличивался в первые 7—10 лет. Максимума он достигал в одних случаях в первые 10 лет, в других — на 30-й год после рубки, что в значительной степени зависело от характера изреживания. Это хорошо видно на примере пробных площадей 3—5, изреженных приблизительно одинаково по числу стволов, но при различной выборке по ступеням толщины.

Максимальное увеличение прироста оставшейся части древостоя вызвала вырубка преимущественно верхнего яруса (проба 5 — 45% числа стволов и 73% запаса). В первые 5 — 10 лет прирост увеличился до 370% и продержался на этом уровне до момента исследований (45 лет после рубки). Значительно больший прирост, чем на пробах 3 и 4, был отмечен здесь и в ступени 8 *см*, хотя она вообще не разрежена.

При равномерном разреживании обоих ярусов (проба 4) прирост по диаметру увеличивался медленнее и достиг максимума (280%) только через 30 лет. К моменту исследований (38 лет после рубки) он составил 250%.

При выборке преимущественно второго яруса древостоя (проба 3) прирост по диаметру достиг максимума (260%) в первые 5—10 лет. В дальнейшем он мало изменился и через 47 лет после рубки составил 230% первоначального прироста.

Интересно проследить за изменением прироста в результате разреживания перестойного насаждения (проба 6). Здесь второй ярус на 110 лет моложе первого, а общее число деревьев в 2—2,5 раза меньше, чем в предыдущих случаях. После рубки, при которой были взяты в основном деревья второго яруса (48% числа стволов и 37% запаса), прирост по диаметру деревьев обоих ярусов все время увеличивался и

Таблица 1

Срублено						На год исследований			
прием		всего							
объем		число стволов		объем		*A*, лет	число стволов, шт. *га*	прирост, *м*³	запас, *м*³
	%	шт.	%	*м*³	%				
		-		-	—	165	133	—	30
—	—	—		—	—	157	114	—	15
50	26	296	35	60	31	148	544	90	222
60	30	298	40	100	50	172	436	106	206
60	40	384	45	110	73	148	466	142	182
70	37	—	—	—	—	160—270	196**	76	151

* Таблицы для таксации лесов на Камчатке. ДальНИИЛХ, Хабаровск, 1964.

** 12 деревьев лиственницы появились после выборочной рубки и к моменту исследований достигли 8 *см* по диаметру.

к моменту исследования (30 лет после рубки) достиг 280%. При этом прирост деревьев всех ступеней толщины изменялся одинаково.

У деревьев всех ступеней толщины, оказавшихся на свободе (после сплошной рубки) или в верхнем ярусе (при выборочной рубке), прирост по высоте в первый же год резко уменьшился и на 5—7-й год был уже в 2 раза меньше, чем до рубки. К 10 годам падение его прекратилось, затем он достиг первоначальной величины и превысил ее. К моменту исследования (через 40—45 лет после рубки) усиленный прирост компенсировал отставание первых лет, и в результате высоты деревьев лиственницы оказались в пределах III разряда (как и до рубки).

Деревья, оставшиеся после выборочной рубки во втором ярусе древостоя, в первые годы почти не изменили, а затем значительно превысили прирост, бывший до рубки. В дальнейшем, по мере смыкания крон деревьев верхнего яруса, рост в высоту деревьев второго яруса замедлился. При этом отмечались значительные колебания относительного и абсолютного приростов в зависимости от состояния дерева и его положения в древостое.

Усиленный рост оставшихся на площадях выборочной рубки деревьев лиственницы не только компенсировал прирост вырубленной части древостоя, но и восстановил вырубленный запас (за исключением пробы 6 — перестойное насаждение). При этом на пробных площадях 3 и 6 общая продуктивность осталась на прежнем уровне (табл. 2), на пробах 4 и 5 увеличилась на 50—70 $м^3$ (20—30%). Наибольший прирост по объему за время после рубки (142 $м^3$) получен на пробе 5.

Таблица 2

№ пробной площади	Продуктивность исходного насаждения					Продуктивность насаждения при выборочной рубке на год исследования		
	в год рубки		на год исследований					
	запас, $м^3$	средний прирост, $м^3$	период после рубки, лет	прирост, $м^3$	продуктивность, $м^3$	вырублено, $м^3$	запас, $м^3$	продуктивность, $м^3$
3	190	1,9	47	90	280	60	222	282
4	200	1,5	38	57	257	100	206	306
5	150	1,5	45	68	218	110	182	292
6	190	1,0	30	30	220	70	151	221

Товарность древостоев на площадях выборочной рубки была не ниже II класса, что типично в среднем для лиственничников Камчатки. Большая часть запаса деловой древесины приходится на ступени толщины 20—28 *см*, высок выход крупной и средней древесины. Так, на пробе 5 на эти же ступени толщины приходилось 90% вырубленного запаса деловой древесины.

Фаутность остающейся на вырубках части древостоя, по нашим предположениям, не должна увеличиваться, так как с улучшением условий роста и развития деревья становятся менее восприимчивыми к болезням. Исключение могут составить лишь деревья, поврежденные при рубке (10—15% остающихся деревьев при разработке лесосек методом узких лент). На рассмотренных площадях выборочной рубки фаутность древостоя в год исследований примерно такая же, как у вырубленной части.

Следовательно, с помощью выборочных рубок можно повысить производительность лиственничника багульникового и сходных с ним по динамике формирования насаждений лиственницы.

УДК 674.032.475.8

УЧАСТОК КЕДРОВОГО ЛЕСА ПОД МОСКВОЙ

М. М. ИГНАТЕНКО

Трест лесопарковой зоны г. Ленинграда

Описан участок кедра сибирского под Москвой. Сделан вывод, что климатические и почвенные условия данной местности вполне благоприятны для искусственного разведения этой породы в лесопарковой зоне столицы.

Наша страна единственная в мире, где естественно произрастает кедр сибирский. Благодаря декоративным качествам, ценным семенам, нетребовательности к климатическим условиям, кедр сибирский с давних пор начали разводить за пределами естественного распространения, в том числе и в европейской части СССР.

Описаны случаи произрастания искусственно высаженных (в настоящее время уже плодоносящих) кедров под Вологдой [1], вблизи Ярославля [6], [13], в окрестностях Ленинграда [2], [3], [7], [9], в Ульяновской области [14]. В литературе есть упоминания и о произрастании этой ценной породы под Москвой. Так, Ф. В. Берхгольц [5] 28 августа 1722 г. в своем дневнике записал: «... мы осматривали растущие в имении княгини Черкасской (близ Свирлова) кедровые деревья, которые, говорят, единственные здесь в России, или, по крайней мере, около Москвы. Они необыкновенно велики и высоки». Эти записи подтверждают, что уже в первой половине XVIII столетия взрослые деревья кедра произрастали в окрестностях Москвы. Позднее, уже во второй половине XIX в. и в начале XX в., кедр сибирский в опытном порядке разводили в питомнике бывшей Петровско-Разумовской академии [11], [12], [15]—[18].

Акклиматизацией древесных пород под Москвой занимались М. К. Турский, а позднее Н. С. Нестеров [12]. Последний пришел к выводу, что кедр сибирский «...может играть немаловажную роль в хозяйстве средней полосы европейской части СССР».

М. К. Турский [17], описывая разведение кедра, с сожалением отмечает, что «до сих пор никто еще не создал кедрового леса, а ограничились лишь посадками единичных деревьев в парках и садах». Эти замечания, видимо, были учтены его последователями.

Недалеко от Москвы — в лесном массиве Клязьминского леспаркхоза — мы обнаружили кедровую рощу, искусственно высаженную в начале нынешнего столетия. Этот участок, безусловно, представляет большой теоретический и практический интерес. Пожалуй, в Подмосковье нет другого участка кедра такого возраста, выращенного искусственным путем далеко за пределами ареала. В литературе нет упоминаний об этой роще. Даже при описании Х. Исаченко и В. Поповым [10] главнейших экзотов Московской области этот участок культуры кедра тоже выпал из обследования.

Кедровая роща расположена в квартале 91 (литер 22) Хлебниковского лесопарка Клязьминского леспаркхоза, вблизи г. Долгопрудного. Рельеф местности ровный. Почва суглинистая. Участок имеет прямоугольную форму (длина 68 *м*, ширина 49 *м*). Площадь рощи 0,33 *га*. К моменту обследования (1970 г.) на ней насчитывалось 259 деревьев кедра, которые по диаметру распределяются следующим образом:

Диаметр на высоте груди, *см*	12	16	20	24	28	32	36	40	Итого
Количество деревьев на участке, шт.	1	25	59	73	56	29	9	7	259

Сумма площадей сечений на участке 13,27 $м^2$, что в переводе на 1 *га* равняется 40,2 $м^2$. Состав насаждений 10 Кд. сиб + С, класс бонитета II. Средняя высота насаждений 16,6 *м*. Некоторые деревья достигают в высоту 21 *м*. Средний диаметр — 25,5 *см*. Общий запас кедра на участке 105,8 $м^3$ (320,7 $м^3$ на 1 *га*). Возраст насаждений 60 лет. Полнота больше 1,0. Тип леса — кедровник судубравный.

Как видно из расположения деревьев, кедр был посажен рядами, с первоначальным размещением в ряду 1,5 *м*, между рядами — 2,0 *м*. После естественного самоизреживания (рубки ухода, как видно из обследований, в последние 20 лет не производились) площадь питания одного дерева кедра в среднем составляет 12,7 $м^2$.

Кроны насаждений сомкнутые, густо охвоены, свет пропускают слабо, вследствие чего почвенный покров очень редкий и состоит в основном из злаков, зеленчука, ближе к опушке имеется земляника. В подросте береза, дуб, местами попадается несколько пихт, хотя поблизости взрослых деревьев пихты не обнаружено. Под пологом кедра подлесок из рябины, лещины, крушины, бузины. Участок кедра от других участков отделен канавами. Рядом с кедровой рощей успешно растут насаждения из березы, дуба. И кедровая роща на их фоне выделяется своей темно-зеленой хвоей, особенно на опушке в осенне-зимний период. Участок исключительно декоративен. Роща обладает хорошей жизнеспособностью, деревья хорошо очищены от сучьев, малообежисты.

Кедр сибирский в данных условиях почти ежегодно цветет и плодоносит. В последнее время богатый урожай шишек был в 1969 г.

Естественное возобновление кедра в роще не обнаружено, так как еще незрелые шишки почти целиком уничтожаются дятлами и белками.

Как показали результаты исследований, климатические и почвенные условия данной местности вполне благоприятны для искусственного разведения этой породы в Подмосковье. Здесь кедр сибирский растет не хуже, чем в естественном состоянии на родине. Об этом в свое время писал и В. Гомилевский [4]. Данную рощу можно использовать как маточник для взятия черенков кедра при вегетативном его размножении.

Высокие лесоводственные, декоративные и фитонцидные свойства кедра сибирского делают его перспективной породой для окрестностей Москвы, в частности, лесопарковой зоны столицы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. И. Белозеров. Кедровая роща под Вологдой. «Ботанический журнал», т. 35, № 3, 1950. [2]. Д. Я. Гиргидов. Культуры новых хвойных пород в Северо-Западных районах СССР. Географический сборник, изд. АН СССР, т. 5, 1955 [3]. Д. Я. Гиргидов. Интродукция древесных пород на Северо-Западе СССР Гослесбумиздат, 1955. [4]. В. Гомилевский. Сибирский кедр как садово-декоративное дерево. «Прогрессивное садоводство и огородничество» № 44, 1909. [5]. Дневник камер-юнкера Ф. В. Берхгольца 1721—1725. М., 1902. [6]. Т. П. Дубяго. Русские регулярные сады и парки, 1963. [7]. М. М. Игнатенко. Кедр вблизи Ленинграда. Журн. «Садоводство» № 10, 1964. [8]. М. М. Игнатенко. Опыт разведения кедра сибирского. ОНТИлесхоз, М., 1968. [9]. М. М. Игнатенко. Результаты интродукции кедра сибирского под Ленинградом. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1970. [10]. Х. Исаченко, В. Попов. Декоративный фонд центральной части РСФСР. М., 1936. [11]. Н. С. Нестеров. Петровская лесная дача. Кн. «50 лет высшей сельскохозяйственной школе в Петровском Разумовском», М., т. II, ч. 1, 1917, 242—411. [12]. Н. С. Нестеров. Лесная опытная дача в Петровско-Разумовском, М., 1935. [13]. М. Ф. Петров. Кедровые леса и их использование. Гослесбумиздат, 1961, [14]. М. Ф. Петров. Кедр сибирский в Ульяновской области. «Лесной календарь на 1971 год». [15]. М. К. Турский. Из наблюдений и исследований в лесном питомнике. Изв. Петровской земледельческой лесной академии, вып. 1881. [16]. М. К. Турский. Повреждение лесных деревьев морозом в окрестности Москвы. «Лесной журнал», вып. 5, 1891. [17]. М. К. Турский. Разведение ели, ив, кедра, клена и кустарников. Изд. лесного департамента, СПб., 1893. [18]. Р. И. Шредер. О новых сибирских видах сосны, найденных в садовых питомниках Московского сельскохозяйственного института. «Лесной журнал», вып. 5, 1896, 26—29 (Приложение: Отчет Московского лесного общества за 1895 г.).

УДК 634.0.43

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОИСКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

В. В. ЛУДАНОВ

ВНИИМлесхоз

Рассмотрен вопрос о порядке облета произвольной группы лесных районов, минимизирующем среднее время обнаружения пожара. Показано, что процесс поиска лесного пожара есть управляемый марковский процесс и для решения задачи может быть использован итерационный алгоритм.

Рассмотрим следующую задачу. Пусть имеется несколько непересекающихся лесных районов, которые обозначены через $R_1, R_2, \ldots R_N$. Предположим, что в некоторый момент времени нам известно распределение вероятностей $p_0, p_1, p_2, \ldots, p_N$ $\left(\sum_{i=0}^{N} p_i = 1\right)$, характеризующее пожароопасность районов, где p_i представляет собой вероятность наличия пожара в районе $R_i (i = 1, 2, \ldots, N)$, а p_0 — вероятность отсутствия пожара. При этом будем считать, что одновременное появление пожаров в нескольких районах практически невозможно. Далее допустим, что известны потери времени патрулирующего самолета на перелет из района R_i в R_j и на обследование района R_j, которые обозначены через c_{ij}. Необходимо выбрать такой порядок облета районов (стратегию поиска), чтобы минимизировать среднее время обнаружения пожара.

В такой постановке процесс поиска лесного пожара представляет собой управляемую цепь Маркова. Ниже под системой будем понимать совокупность районов и патрулирующий самолет и рассматривать состояние системы только в дискретные моменты времени, соответствующие окончанию осмотра какого-нибудь района. Каждое состояние системы обозначим через $(N + 1)$-мерный вектор $x_k = a_0, a_1, a_2, \ldots, a_N$ $(k = 0, 1, 2, \ldots, L)$. Координата a_0 является номером района, проверка которого только что закончена (и где еще находится самолет), остальные координаты a_i $(i = 1, 2, \ldots, N)$, если пожар не обнаружен, равны 0 или 1 в зависимости от того, обследован или нет район R_i. При обнаружении пожара в i-том районе система переходит в состояние, в котором координаты имеют следующие значения: $a_0 = i$, $a_i = 1$, $a_j = 0$ при $j \neq i$.

В теории марковских процессов состояние, в которое система не может возвратиться, покинув его, называется невозвратным; состояние, из которого она не может

выйти, войдя однажды, — поглощающим. В данной задаче поглощающие состояния соответствуют моменту обнаружения пожара в каком-то районе или окончанию облета всех районов при отсутствии пожара.

Если мы зададимся некоторой стратегией поиска δ (то есть порядком обхода районов), то процесс поиска превращается в поглощающую цепь Маркова с матрицей A^{δ} переходных вероятностей для невозвратных состояний. Пусть n_{ij}^{δ} — число заходов системы в состояние x_j при принятой стратегии поиска, если процесс начался из состояния x_i. Тогда матрица средних чисел заходов B^{δ} [1]

$$B^{\delta} = \{M(n_{ij}^{\delta})\} = (I - A^{\delta})^{-1},$$

где I — единичная матрица.

Обозначим через $Q^{\delta} = \{q_i^{\delta}\}$ (где $q_i^{\delta} = c_{ij}$) вектор-столбец потерь времени при данной стратегии на переход из одного состояния в другое, а через $V^{\delta} = \{v_i^{\delta}\}$ — вектор-столбец средних потерь до момента поглощения. Легко понять, что средние потери времени до обнаружения пожара выражаются следующим образом:

$$V^{\delta} = B^{\delta} \cdot Q^{\delta}.$$

Действительно,

$$v_i^{\delta} = \sum_j M(n_{ij}^{\delta}) \cdot q_j^{\delta},$$

где i — номер состояния, из которого начинается процесс поиска;

j — номера состояний, в которые можно попасть из i-того состояния.

Оптимальная стратегия поиска пожара может быть найдена при помощи итерационного алгоритма [3], представленного на рис. 1, если задаться некоторым начальным приближением δ_0. Вычисления по алгоритму следует прекратить, когда $\delta_{n+1} = \delta_n$. Стратегия δ_n и будет оптимальной. Доказательство сходимости этого метода можно найти в работах других авторов [3], [2].

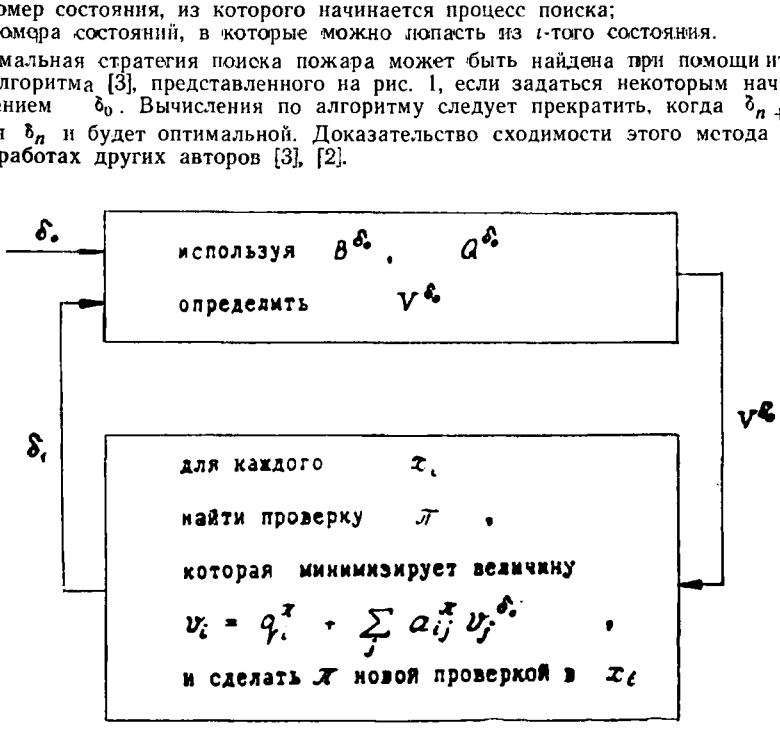


Рис. 1. Алгоритм вычисления оптимальной стратегии поиска.

Отметим, что обследование j-того района в общем случае требует случайного времени t_j. Отсюда ожидаемые потери времени на переход из одного состояния в другое определяется следующим образом:

$$c_{ij} = c'_{ij} + M(t_j),$$

где c'_{ij} — время перелета из R_i в R_j;

$M(t_j)$ — среднее время осмотра R_j.

Таблица 1

Состояние	Номер состояния	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(1 1111)	0		9/10										1/10				
(1 0111)	1				7/9										2/9		
(2 0011)	2						11/15								4/15		
(3 0101)	3									9/14						5/14	
(4 0110)	4											9/13			4/13		
(3 0001)	5															5/11	6/11
(4 0010)	6														2/5		3/5
(2 0001)	7															5/11	6/11
(4 0100)	8													1/3			2/3
(2 0010)	9													2/5			3/5
(3 0100)	10													1/3			2/3
(1 1000)	11												1				
(2 0100)	12													1			
(3 0010)	13														1		
(4 0001)	14															1	
Нет пожара	15																1

В частности, если t_j' — время одноразового осмотра R_j, а a_{jj} — вероятность неопределенного исхода одной проверки данного района, то

$$M(t_j) = \frac{t_j'}{1 - a_{jj}}.$$

Рассмотрим пример. Имеется 4 района (рис. 2) со следующим распределением вероятностей: $p_0 = 0{,}30$; $p_1 = 0{,}10$; $p_2 = 0{,}15$; $p_3 = 0{,}20$; $p_4 = 0{,}25$. Затраты времени на перелет из одного района в другой и обследование последнего примем равными единице (для простоты вычислений). В табл. 1 приведены возможные состояния системы и матрица $A^{\cdot 0}$ для следующей стратегии δ_0: $\to R_1 \to R_3 \to R_4 \to R_2$ или $x_0 \to x_1 \to x_3 \to x_8 \to x_{12}$.

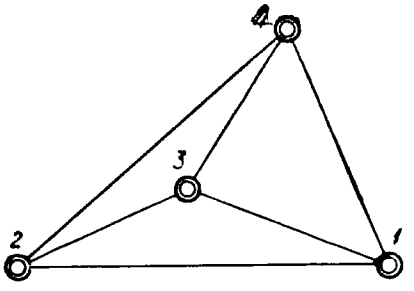


Рис. 2. Схема расположения районов.

Согласно алгоритму рис. 1, получаем после первого шага следующий порядок обхода: $\to R_1 \to R_4 \to R_3 \to R_2$, который остается без изменения и после второго шага.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Д. Кемени, Д. Снелл. Конечные цепи Маркова. Изд-во «Наука», М., 1970. [2]. П. И. Кузнецов, Л. А. Пчелинцев, В. С. Гайденко. Контроль и поиск неисправностей в сложных системах. Изд-во «Советское радио», М., 1969 [3]. Р. Ховард. Динамическое программирование и марковские процессы Изд-во «Советское радио», М., 1964.

УДК 622.85

СОСТАВ И СВОЙСТВА ГРУНТОСМЕСЕЙ ОТВАЛОВ БУРОУГОЛЬНЫХ РАЗРАБОТОК И РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ*

Т. Н. КЕЛЕБЕРДА

Мариупольская ЛОС

Изложены результаты исследований свойств грунтов отвалов буроугольных разработок с различным участием сульфидсодержащих грунтов в общем объеме грунтосмесей. Показана взаимосвязь между ростом и состоянием культур сосны с объемным содержанием фитотоксичных грунтов в грунтосмесях.

В последнее десятилетие широкий размах получило восстановление территорий, нарушенных горными разработками. Основная роль отводится биологической и, в частности, лесной рекультивации.

Одна из трудностей, с которой сталкиваются при восстановлении нарушенных земель, — неоднородность химического и физико-механического состава отвальных грунтосмесей. Это вполне естественно, так как при открытых промышленных разработках на поверхность выносятся грунты разного геологического возраста и состава. Одни из

---

* Научный руководитель В. Н. Данько.

них могут служить субстратом для произрастания растений, другие (к примеру, сульфидсодержащие) при выветривании в результате сложного химико-микробиологического процесса приобретают фитотоксичные свойства.

Возможность облесения отвалов, образованных грунтосмесями с различным участием фитотоксичных (сульфидсодержащих) пород мы исследовали в культурах сосны обыкновенной 1963 г. посадки, произрастающих на отвалах б. Юрковского углеразреза Черкасской области УССР. Культуры сосны обыкновенной созданы 2-летними сеянцами по обычной зяблевой вспашке, ширина междурядий 1,5 *м*. Рельеф ровный, слабо волнистый. В этих культурах были подобраны три участка с различным содержанием в грунтосмесях надугольных пород, а следовательно, и с различным состоянием насаждений. Определены свойства грунтосмесей на этих участках и исследованы показатели роста сосны обыкновенной.

Первый участок, который условно назовем хорошим, в составе грунтосмесей содержит менее 20% (по объему) фитотоксичных грунтов по всему профилю (в пределах 100—120 *см*), второй (средний) до глубины 40 *см* — 20%, а глубже — 50% и третий (плохой) — более 60% фитотоксичных грунтов по всему профилю. Объемное содержание фитотоксичных грунтов определено по методике Г. А. Зайцева [2].

Рассмотрим свойства грунтосмесей выделенных участков. По механическому составу грунтосмеси отвала исследуемых участков почти однообразны и представлены супесью, согласно классификации Н. А. Качинского [2] (табл. 1). Основу в сумме частиц «физической» глины на всех исследуемых участках составляет илистая фракция.

Таблица 1

Глубина, *см*	Процентное содержание фракций, *мм*							
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,01	потеря от обработки
Хороший участок								
0—20	37,69	30,83	12,50	0,10	6,73	9,52	16,35	2,63
20—40	45,12	27,25	8,80	2,43	2,75	11,92	17,10	1,73
40—60	60,21	25,35	3,35	0,13	1,50	7,47	9,10	1,99
60—80	45,84	27,71	10,07	1,63	2,32	9,95	13,90	2,48
80—100	37,97	40,74	7,00	1,18	2,20	8,92	12,30	1,99
Средний участок								
0—20	38,27	29,55	11,33	1,66	2,47	13,50	17,63	3,22
20—40	28,59	38,55	11,70	1,20	6,30	11,32	18,82	2,34
40—60	49,66	26,14	9,08	1,25	3,42	8,65	13,32	1,80
60—80	48,36	30,12	7,77	0,40	2,08	9,52	12,00	1,75
80—100	66,70	20,53	1,64	1,38	1,85	6,45	9,68	1,45
Плохой участок								
0—20	43,88	26,12	10,93	1,42	3,90	11,30	16,62	2,45
20—40	43,84	33,06	7,05	1,75	2,97	9,10	13,82	2,23
40—60	43,22	30,97	8,95	0,95	2,00	10,90	13,85	3,01
60—80	41,94	35,73	7,30	0,83	1,65	9,62	12,10	2,93
80—100	41,48	37,75	6,63	0,25	3,15	8,27	11,67	2,47

Грунтосмеси характеризуются низким содержанием гумуса до глубины 100 *см* (табл. 2), слабо обеспечены фосфором, почти не различаются по емкости поглощения. Значит, рост и состояние культур сосны обусловливаются какими-то другими факторами. Это тем более очевидно, если учесть, что грунтосмеси плохого участка лучше обеспечены фосфором и органическим веществом, чем на среднем участке.

Оказывается, фактором, обусловливающим рост и состояние насаждений на подобных отвальных грунтосмесях, является токсичность, которая определяется уровнем кислотности грунтов. Дело в том, что надугольные породы содержат включения пирита. Попадая на дневную поверхность отвалов, пирит под действием атмосферных факторов и в результате сложных химико-микробиологических процессов начинает окисляться с появлением свободной серной кислоты и подвижных соединений железа и алюминия. При этом подкисляется грунтосмесь отвалов.

Как свидетельствуют данные табл. 2, грунтосмесь хорошего участка имеет слабокислую реакцию среды, среднего — среднекислую и плохого — сильную (по данным pH водного и солевого). Резко изменяется и гидролитическая кислотность. На участке с хорошим состоянием культур она невысока, со средним — больше и наиболее высокая в грунтосмесях на участке с плохим состоянием сосны.

Таблица 2

Глубина, *см*	Общий гумус, %	Подвижный фосфор, *мг* на 100 *г* грунта	Емкость поглощения, *мг-экв* на 100 *г* грунта	Активный алюминий, *мг* на 100 *г* грунта	Гидролитическая кислотность, *мг-экв* на 100 *г* грунта	pH вытяжки	
						водной	солевой
Хороший участок							
0—20	0,84	7,13	13,70	0,27	1,85	5,6	5,2
20—40	1,17	5,73	12,40	0,36	3,07	5,2	5,2
40—60	0,75	4,48	11,05	6,84	4,21	5,2	5,0
60—80	0,81	6,26	14,70	4,41	3,51	5,2	5,0
80—100	0,78	5,35	—	9,45	2,95	5,6	5,0
Средний участок							
0—20	0,53	3,06	14,75	19,42	9,22	5,2	4,6
20—40	0,47	2,11	12,75	18,43	7,38	5,2	4,6
40—60	0,57	3,89	11,35	15,12	6,56	5,2	4,6
60—80	0,31	2,70	10,65	17,91	5,25	5,2	4,6
80—100	0,45	4,89	—	29,43	4,11	5,2	4,6
Плохой участок							
0—20	0,37	5,41	13,40	24,66	10,98	4,6	4,4
20—40	0,83	4,14	11,05	28,13	9,89	4,6	4,4
40—60	0,48	3,26	10,50	28,89	9,08	4,6	4,4
60—80	1,46	2,25	9,50	27,72	12,60	4,4	4,2
80—100	1,39	2,29	—	29,61	11,20	4,4	4,2

Большие различия наблюдаются и в содержании активного алюминия. В грунтосмесях хорошего участка для верхнего горизонта (0—40 *см*) его величина составляет сотые доли миллиграмма на 100 *г* грунта, на участке со средним состоянием достигает 19,42 *мг* и на плохом участке 28,13 *мг* на 100 *г* грунта. А по литературным данным [1] известно, что уже при содержании свыше 4 *мг* на 100 *г* грунта (почвы) активного алюминия наступает угнетение (и даже гибель) травянистой и древесной растительности.

Рассмотрим данные, характеризующие состояние и рост культур сосны на этих участках (табл. 3).

Таблица 3

Участки	Сохранность, %	Средние		Вес надземной части в воздушно сухом состоянии, *кг*				
		высота, *м*	диаметр, *см*	всего	в том числе			
					хвои	побегов последнего года	ветвей и сучьев	ствола в коре
Хороший	62	5,1	6,2	51100	8820	1550	10150	30580
Средний	50	3,9	3,8	25390	5080	770	6150	13390
Плохой	45	1,95	1,7	4060	1510	280	970	1300

Наилучшим ростом по высоте и диаметру характеризуются культуры сосны хорошего участка (I класс бонитета), несколько хуже показатели на втором (среднем) участке и плохо растут культуры на участке, где в составе грунтосмеси содержится свыше 60% фитотоксичных грунтов. Деревья сильно отстали в росте, хвоя бледно-зеленая, длина ее в 1,5—2 раза меньше, чем у сосны на хорошем участке.

В связи с разным ростом и состоянием сосны на различных участках, существенные изменения претерпевает и накопление биомассы. Как свидетельствуют данные табл. 3, больше всего накапливается биомассы на участке, где в составе грунтосмеси содержится менее 20% фитотоксичных грунтов, на среднем участке ее примерно в 2 раза меньше, а на участке с высоким содержанием сульфидсодержащих грунтов накапливается минимальное количество биомассы (в 6 раз меньше, чем на среднем, и в 12 раз меньше, чем на хорошем участке).

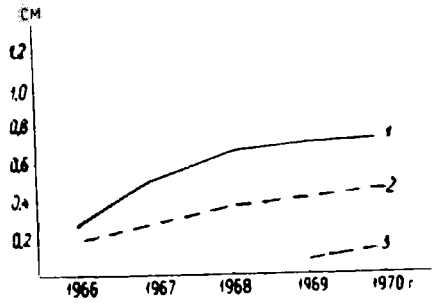


Рис. 1.

1 — сосна хорошего состояния; *2* — среднего; *3* — плохого.

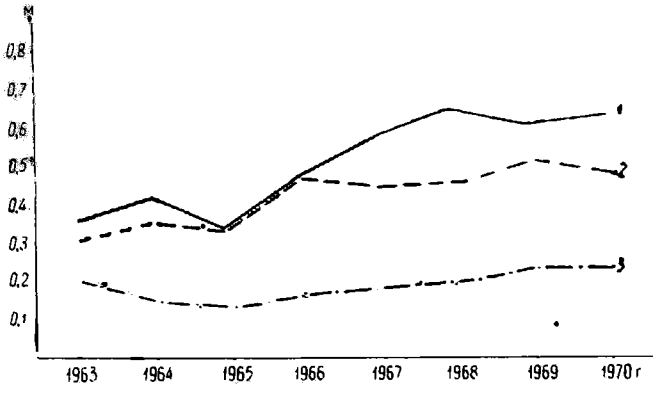


Рис. 2. Обозначения те же.

Данные анализа среднего прироста по диаметру (рис. 1) и высоте (рис. 2) также показали, что он различен у сосны на разных участках. Наибольший прирост и тенденция к увеличению наблюдаются на хорошем участке, минимальный без существенных изменений по годам — на плохом. Культуры сосны на хорошем участке сомкнулись полностью, на среднем частично, а на плохом только в ряду.

Таким образом, оценка пригодности (лесорастительных свойств) отвалов буроугольных разработок, в первую очередь, сводится к выяснению доли надугольных пород в общем составе грунтосмесей в корнеобитаемом слое.

Грунтосмеси с содержанием 40—60% фитотоксичных грунтов без предварительной химической мелиорации непригодны для произрастания культур сосны обыкновенной.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. К. К. Гедройц. Влияние на растения кислот, щелочей и некоторых неорганических солей. Избранные сочинения, т. 3, М., 1955. [2]. Г. А. Зайцев. Лесные культуры на отвалах горных пород в Подмосковном угольном бассейне. Восстановление земель после промышленных разработок. Изд-во «Колос», М., 1967. [3]. Н. А. Качинский. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. Изд-во АН СССР, М., 1958.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.232(479.24)

ОПЫТ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАССТРОЕННЫХ ГОРНОЗАЩИТНЫХ ЛЕСОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

И. С САФАРОВ, С. А. СУЛЕЙМАНОВ

Институт ботаники АН Азербайджанской ССР

Рассмотрен вопрос о лесоразведении ценных и быстрорастущих пород на эродированных, обезлесенных и бросовых землях, а также о ренконструкции низкобонитетных, малоценных лесов Азербайджана. В результате этих мероприятий могут быть повышены их продуктивность и защитные функции.

В лесах республики произрастает много видов деревьев, обладающих большой потенциальной продуктивностью в соответствующих экологических условиях. К их числу относятся дуб каштанолистный, клен величественный, платан восточный, хурма кавказская, сосна эльдарская, орех грецкий, бук восточный, а также интродуцированные сосна крымская, сосна обыкновенная и др. Широкое внедрение их в лесные культуры, при реконструкции малопродуктивных лесов и полезащитном лесоразведении — неотложная задача лесоводов республики.

Резервы лесокультурного фонда Азербайджана огромны. Достаточно сказать, что при средней лесистости республики около 10%, лесистость Нахичеванской АССР составляет 0,2%, такое же положение в Кура-Араксинской низменности, на Апшероне и в ряде других районов республики.

Большие лесовосстановительные работы предстоит выполнить в государственном лесном фонде, где средняя полнота лесов составляет 0,52—0,54, при средних классах бонитета III—IV средний годовой прирост равен 1,8 *м*³/*га*, а в зоне Малого Кавказа еще меньше — 1,3—1,4 *м*³ на 1 *га*. Средний запас древесины на 1 *га* покрытой лесом площади составляет всего 132 *м*³, а в ряде районов — 45—50 *м*³. Если учесть, что почти 90% лесов Азербайджана расположено в горах, то станет понятным, какую колоссальную работу нужно провести, чтобы улучшить состояние этих лесов, поднять их продуктивность в 1,5—2 раза и больше, повысить почвозащитную и водоохранную функцию. Наряду с этим, следует увеличивать площади лесов путем культивирования огромных площадей редин, пустырей и других эродированных земель в горах, закреплять подвижные пески на низменности и т. д.

Нам думается, что в целях предотвращения нежелательных явлений следовало бы немедля приступить к облесению бассейнов селеопасных рек: Кишчай, Шинчай, Курмухчай, Катехчай, Акстафачай, Дзегамчай, Таузчай, Шамхорчай, Гянджачай и других, воды которых используются для орошения сельскохозяйственных культур в низменных районах республики.

Учитывая это обстоятельство, мы поставили задачу разработать методы реконструкции малоценных лесов и естественного возобновления главных пород под пологом леса. Характеристика культур, созданных на базе малоценных лесов, приведена в табл. 1.

Нами изучены древесные породы различных групп: хвойные, орехоплодные, твердолиственные и мягколиственные. Они занимают ведущее место при восстановлении расстроенных горных лесов, дают большую экономическую отдачу.

Перечисленные культуры растут в различных экологических условиях: сосна в средней горной зоне Большого и Малого Кавказа (Кахский и Кировабадский лесхозы), каштан, железное дерево, дуб каштанолистный на южных склонах Большого Кавказа (Закаталский и соседние лесхозы), орех грецкий на Большом и Малом Кавказе (Белоканский, Кахский, Шекинский, Кировабадский лесхозы), тополь в Алазанской долине. Помимо указанных ценных пород, в низменных и предгорных районах республики широко используется сосна эльдарская как наиболее засухо- и жароустойчивая порода, также отличающаяся высокой продуктивностью.

На большинстве участков лесные культуры ценных реликтовых пород имеют прирост древесины, во много раз превышающий прирост естественных лесов Азербайджана. Это различие наблюдается до наступления технической спелости культур, а ценный быстрорастущий дуб каштанолистный из Талыша по производительности занимает первое место среди других дубов Кавказа. Впервые широкое внедрение ценных

Таблица 1

Лесхоз, лесничество и урочище	Порода	Площадь, *га*	Возраст, лет	Диаметр, *см*			Высота, *м*			Запас на 1 *га*, $м^3$	Средний прирост, $м^3$
				максимальный	минимальный	средний	максимальная	минимальная	средняя		
Кировабадский, Зурнабад, Мирзик	Сосна крымская	10	32	29,3	10	16	23,6	12	17	449,0	14,0
Кировабадский, Аджикенд, Гек-Гель	Сосна обыкновенная	3,4	12	10	6	8	11,5	7	9	89,0	7,4
Кировабадский, Шамхор, Хулуф	Тополь канадский	10	10	25,4	11	18	22	11,5	19	360,0	36,0
Кировабадский, Зурнабад, Мирзик	Орех грецкий	2	30	36	8	20	23,5	14	19	462	15,4
Закаталский, Джарск, Пипан	Каштан съедобный	8	20	24	8	16	18	7	14	360	18,0
Закаталский, Джарск, Пипан	Железное дерево	1	19	15	4	10	10	7	8	177,6	9,45
Закаталский, Джарск, квартал 87	Дуб каштанолистный	1,2	12	24	12	16	16	10	12	176,0	14,6
Кахский, Илису, квартал 40	Каштан съедобный	4	34	40	20	28	20	14	18	418,0	12,1
Кахский, Илису, квартал 40	Орех грецкий	2	12	12	6	9	10	6	8	88,0	7,3
Кахский, Илису, Санкертан	Сосна крымская	1,5	8	13	4	7	4,5	3	3,6	105,6	13,2
Белоканский, Мазымчай, квартал 32	Каштан съедобный	5	34	44	16	32	15	20	18	368,7	10,8
Белоканский, Мазымчай, квартал 32	Орех грецкий	150	34	40	12	23	18	12	16	331,0	9,0
Белоканский, колхоз им. М. Горького	Тополь канадский	36	5	16	8	10	15	10	12	208,0	41,0
Шекинский. Салынчай	Орех грецкий	12	16	24	10	16	20	14	18	231,0	14,4

быстрорастущих реликтовых пород в лесные культуры было начато в 1948 г. И. С. Сафаровым [2] — [4]. Обследование Л. А. Гусейновой [1] показало, что во всех лесорастительных районах культура дуба каштанолистного наиболее продуктивна.

С. А. Сулейманов [5], [6] установил, что культуры сосны крымской, ореха грецкого и других пород, выращенных на эродированных склонах и при реконструкции малоценных лесов, дают большой экономический и лесомелиоративный эффект. Указанные данные еще раз подтверждают правильность наших предложений о внедрении ценных и быстрорастущих пород в лесные культуры.

При создании высококачественных насаждений должны быть широко внедрены ценные вечнозеленые породы, в частности, сосна эльдарская, сосна крымская, сосна обыкновенная. Наши расчеты показывают, что осуществляя намеченные мероприятия, можно поднять продуктивность малоценных лесов с 1.8 до 5 *м*³/*га*.

Агротехника созданных лесных культур заключалась в следующем. Орех грецкий высаживали после двукратной вспашки трактором на глубину 35 — 40 *см* по пару и перепашки осенью (перед посадкой) на меньшую глубину в зависимости от степени развития сорняков. Первоначальная схема посадки 4×2 *м*. В настоящее время рекомендуем довести ее до 8×8 *м* и 10×10 *м* с тем, чтобы усилить плодоношение насаждений. Культуры каштана создавали по схеме 2×1 и посадки проводили в основном осенью 2—3-летними саженцами. Здесь также в начале плодоношения необходимо прореживание. Культуры сосны крымской и обыкновенной создавали 3—4-летними саженцами по схеме 1,5×1 *м*, способы подготовки почвы те же, что при культуре ореха.

Твердолиственные породы (дуб каштанолистный, железное дерево), а также тополь канадский и др. выращивали по схеме 1×1 *м*. До смыкания крон проводили систематический, в основном, механизированный уход за культурами от 3—4 раз в первые годы, до 1 раза в последующие. Все культуры, за исключением тополя, выращиваются без орошения; они расположены в горнолесной зоне достаточного увлажнения. Под эти культуры удобрения, как правило, не вносили.

Опыт выращивания культуры ценных пород при реконструкции и восстановлении горных лесов показывает их высокую эффективность как в усилении защитных функций, так и в резком повышении продуктивности лесов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. А. Гусейнова. Учет запасов и прироста быстрорастущих пород в Азербайджане. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1966. [2]. И. С. Сафаров. Широко внедрять эльдарскую сосну в защитное лесоразведение. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1950. [3]. И. С. Сафаров. Культура реликтов в новых районах. ДАН АзербССР, № 9, 1953 [4]. И. С. Сафаров. Ценные и быстрорастущие породы в лесные культуры. ДАН АзербССР, № 4, 1963. [5]. С. А. Сулейманов. Повышение продуктивности горно-защитных лесов Малого Кавказа. Вестник сельскохозяйственной науки, № 8, М., 1967. [6]. С. А. Сулейманов. Противоэрозионные культуры в Кировабадском лесхозе. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1968.

УДК 634.0.431 (571.65)

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ В ВЫСОКОГОРНЫХ ЛЕСАХ БАССЕЙНА р. КОЛЫМЫ

Г. В. СНЫТКИН
Магаданская ЛОС

В статье содержатся экспериментальные данные по загораемости покрова лесных участков. На основании выявленной зависимости между загораемостью и величиной комплексного гидротермического показателя установлена последовательность снижения пожарной опасности в лесных участках.

Возможность возникновения лесных пожаров, их вид и сила тесно связаны с загораемостью напочвенного покрова, которая, в свою очередь, зависит от его запасов, влажности и погодных условий. В 1965 г. на 12 опытных участках, расположенных в бассейне верхнего течения р. Колымы (Тасканское лесничество), проведены наблюдения за изменением загораемости и влажности напочвенного покрова. Пожарная опасность и горимость были значительно выше средних. Участки подобраны в лиственничниках, расположенных в верхнем поясе горных лесов, в разных частях южного, северного и юго-восточного склонов, многократно пройденных пожарами (табл. 1).

На участках производили пробные поджигания покрова. Загораемость выражали процентным отношением числа опытов, при которых распространялся огонь, к общему их числу. Ее сравнивали с величиной комплексного показателя, предложенного В. Г. Нестеровым (Σdt_{13}). Одновременно с пробными поджиганиями для определения

влажности покрова (опад, мхи, лишайники, валежник, травы и подстилка) в бездождный период брали образцы. Влажность растений рассчитывали в процентах к абс. сухому весу образца. Погодные условия оценивали по комплексному гидротермическому показателю.

На Крайнем Северо-Востоке подобное исследование проводится впервые. В результате наблюдений составлена шкала пожарной опасности по загораемости напочвенного покрова различных категорий площадей, в зависимости от погодных условий. Наблюдения подтвердили тесную связь между погодными условиями и загораемостью, установленную ранее акад. И. С. Мелеховым для лесов Европейского Севера.

По загораемости покрова на первом месте стоят осоково-сфагновые болота, что объясняется большим запасом сухого опада, состоящего из мертвых осок, влажность которых в течение сезона изменялась от 18 до 70%. Во время беглых пожаров выгорают опад и вегетирующая осока, багульник, опавшие листья березы карликовой. Сфагнум, находящийся под прикрытием трав, имеет высокую влажность (322—540%). Травяно-кустарничковый ярус представлен осоками и кустарничками (багульник), влажность которых изменяется в пределах соответственно 96—130 и 85—106%. Осоки сдерживают, а кустарники усиливают пожар. Огонь становится сильнее и при наличии березы карликовой, хотя влажность ее листьев и мелких веточек в среднем высока (100—143%). В конце длительной засухи здесь возможны пожары, сопровождающиеся глубоким выгоранием сфагнума и торфа, о чем свидетельствуют прослойки углей, найденных в торфе. Осоково-сфагновые болота широко распространены в долине р. Колымы, ее притоков, а также на покатых вогнутых склонах.

В лиственничниках долгомошных загораемость значительно ниже и определяется пожароопасным состоянием опада из кустарничков, трав (влажность 19—39%) и хвои (56%). Кукушкин лен, на котором располагается опад, имеет обычно высокую влажность и задерживает распространение огня.

В травяно-брусничных лиственничниках загораемость понижается. Пожарная опасность связана с наличием мхов, которые имеют влажность 22—132% и повышают влажность опада. При возникшем пожаре огонь переходит на кроны кедрового стланика и становится сильным.

В зарослях ольховника загораемость обычно определяется сухостью верхней части мхов. Встречающиеся в покрове лишайники, а также кедровый стланик и береза карликовая усиливают возникший пожар.

В лиственничниках зеленомошно-сфагновых загораемость ниже, чем в зарослях ольховника, и часто обусловливается наличием опада, состоящего из мертвого разнотравья с влажностью 41—42%. Сфагнум и находящийся на нем опад в виде хвои постоянно имеют высокую влажность (188—333%).

Загораемость в лиственничниках бруснично-лишайниковых и бруснично-ольховниковых гораздо ниже, чем в других типах леса, и определяется сухостью двух и более групп горючих материалов. Так, в лиственничниках бруснично-лишайниковых распространение огня возможно, если есть сухие лишайники и опад.

Лиственничники кедровниково-брусничный и лишайниково-брусничный (опытные участки 2 и 10) по величине комплексного показателя мало отличаются от брусничных типов леса (700—800 *мб/град*). Участки лиственничников кедровниково-брусничных по вероятности возникновения пожара могут значительно различаться (13 и 47%). Это связано с полнотой древостоя (0,6 и 0,3). Покров притенен пологом (участок 2), в результате чего влажность горючих материалов высока и загораемость наблюдается редко.

В зарослях кедрового стланика, расположенных на вершинах сопок, загораемость низкая в связи с очень малым количеством напочвенного покрова. Горение возникает при пожароопасном состоянии всего покрова. Лишайники имеют высокую влажность (45%), но расположены пятнами. Значительно больше в покрове зеленых послепожарных мхов, однако они покрывают почву не сплошь, имеют плотное сложение и повышенную влажность. Самостоятельно мхи не могут поддерживать горение. Пожары, подходя к таким участкам, становятся слабыми или прекращаются. Лесовосстановление здесь часто не происходит.

Очень слабая загораемость наблюдалась в высокополнотных лиственничниках брусничных. Влажность зеленых мхов постоянно высокая в связи с затенением их пологом древостоя.

В высокогорных лесах Крайнего Северо-Востока загораемость покрова определяется запасами горючих материалов. На вершинах сопок запасы покрова невелики, имеются фрагменты открытого грунта. Кроме того, участки ранее были многократно пройдены пожаром. Прежде всего оголяются верхние части горных склонов. С положительных элементов рельефа растительные остатки смываются в отрицательные элементы. Наши исследования проведены в верхнем поясе горных лесов.

Рассмотренная шкала может быть использована не только для определения пожарной опасности различных категорий площадей, но и для разработки противопожарного устройства, способов борьбы с пожарами в труднодоступных горных лесах Крайнего Северо-Востока.

УДК 674.023

О СИЛАХ ТРЕНИЯ НА ЗАДНЕЙ ГРАНИ РЕЗЦА

В. А. АЗАРЕНОК, В. Г. НЕСТЕРЕНКО

Уральский лесотехнический институт

Исследованиями советских ученых установлено, что силы трения на задней грани резца являются пределом, к которому стремится сила резания при экстраполяции на нулевую толщину стружки. Однако этот вывод для древесины был сделан на основании опытов, проведенных со стружкой толщиной до 1 *мм*. Нашими опытами показано, что обнаруженные ранее закономерности остаются в силе и при толщине среза до 10—12 *мм*.

Исследованиями Н. Н. Зорева [2] и А. М. Розенберга [3] установлено, что силы трения на задней грани резца не зависят от сил, действующих на передней грани, от угла резания и толщины стружки. Эти результаты получены методом экстраполяции силовых зависимостей на нулевую толщину среза.

А. Л. Бершадский [1] пришел к выводу, что обнаруженные при резании металлов закономерности полностью распространяются и на древесину. Однако его заключение базируется на экспериментах, в которых толщина среза не превышает 1 *мм*.

Для изучения и уточнения количественных зависимостей нами поставлены опыты, в которых толщина среза была доведена до 11 *мм*. На рис. 1 дана принципиальная схема экспериментальной установки, где перерезались в торец сосновые образцы шириной 59 *мм*; влажность их составляла 60%.

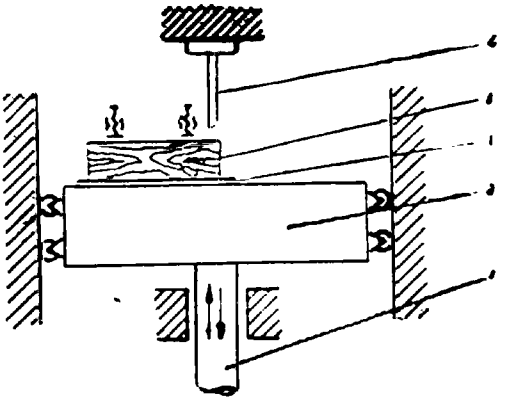


Рис. 1.

1 — гидропривод; 2 — опорная плита; 3 — перерезаемый образец; 4 — резец; 5 — деревянная прокладка.

На рис. 2 показана зависимость среднего усилия резания от стружки, полученная при углах резания 50 и 55°. Усилия отнесены к 1 *мм* ширины среза.

Упомянутые эксперименты, проведенные с металлами, сопровождались, как правило, эффектом отжима резцов. В наших опытах с древесиной также наблюдался небольшой эффект отжима.

Из рис. 2 видно, что зависимость усилий резания от толщины стружки носит линейный характер (такая же зависимость наблюдалась и в упомянутых выше исследованиях). Отрезки, отсекаемые прямыми на оси ординат,— силы трения на задней грани резца. Они не зависят от угла резания и, следовательно, от сил, действующих на передней грани резца. В нашем случае сила трения примерно 0,45—0,55 *кГ* на 1 *мм* среза. Из рис. 2 следует, что при большой толщине среза силой трения можно пренебречь.

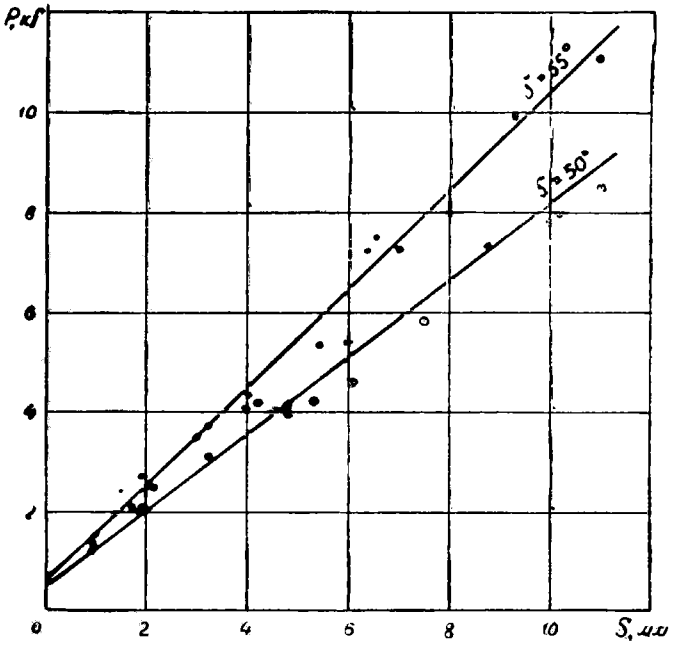


Рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Л. Бершадский. Общий закон резания. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 11, 1960. [2]. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, М., 1956. [3]. А. М. Розенберг и др. Элементы теории процесса резания. Машгиз, 1957.

УДК 674.023

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДРЕВЕСИНЫ, СРЕЗАЕМОГО НАИБОЛЕЕ НАГРУЖЕННЫМ ЗУБОМ РАМНОЙ ПИЛЫ

А. С. КОРГУШОВ

Московский лесотехнический институт

Излагается метод расчета объема древесины, срезаемого наиболее нагруженным зубом рамной пилы, исходя из реальной геометрии стружки, получающейся при пилении плющеными и разведенными зубьями.

Для расчета производительности процесса рамного пиления по емкости междузубной впадины необходимо правильно определить объем древесины, срезаемый каждым зубом пилы,

$$V_{др} = U_{z\,ср} \cdot H \cdot b, \tag{1}$$

где $U_{z\,ср}$ — средняя расчетная подача на зуб, *мм;*
H — высота пропила, *мм;*
b — ширина пропила, *мм.*

$$U_{z\,ср} = \frac{\Delta t}{h}.$$

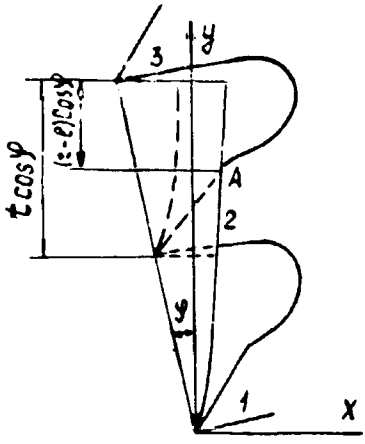


Рис. 1.

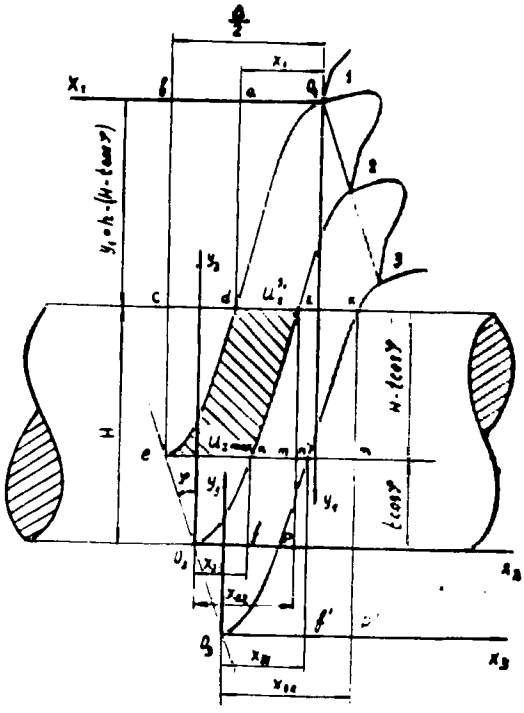


Рис. 2.

здесь Δ — посылка, *мм;*
t — шаг зубьев, *мм;*
h — ход пильной рамки, *мм.*

Расчетная формула (1) не вскрывает специфики работы каждого зуба пилы, неправильно трактует вопрос загрузки и разгрузки впадины от опилок, так как хотя зуб и срезает древесину по всей высоте распиливаемого материала, однако наибольшую нагрузку впадина испытывает значительно раньше, чем зуб выйдет из пропила.

При плющеных зубьях разгрузка впадины любого зуба возможна после выхода из древесины соседнего, расположенного ниже зуба.

При разведенных зубьях (рис. 1) после выхода из пропила расположенного ниже зуба *2* разгрузка впадины зуба *3* возможна лишь по ширине пропила, равной толщине пилы, а после выхода из материала точки *A* — по всей ширине пропила. Значит, междузубную впадину правильнее считать наиболее загруженной после прохождения зубом в древесине пути, равного $H - t\cos\varphi$ (φ — угол наклона пилы к вертикали, *град*), а не H, как это предлагается в формуле (1). Далее наиболее нагружен зуб рамной пилы, срезающий стружку наибольшей площади F, а следовательно, и объема. Как видно из рис. 2, таким зубом является зуб *1;* на пути до своей нижней мертвой точки он срезает стружку длиной $H - t\cos\varphi$ (по вертикали) и переменной шириной от $U_z^{y_1}$ до U_{zmax} (y_1 — ордината положения зуба от верхней мертвой точки, *мм*).

$$F^{\Delta}_{\text{др}\,max} = F_{edkn}; \quad V^{\Delta}_{\text{др}\,max} = F^{\Delta}_{\text{др}\,max}\, b; \tag{2}$$

$$F_{edkn} = F_{eckm} \quad [F_{adeb} - F_{adcb}] - [F_{fnkp} - F_{fnmp}]. \tag{2a}$$

Каждое из слагаемых уравнения (2а) можно найти по соответствующим формулам

1. $F_{eckm} = ec \cdot ck$.

$$ec = H - t\cos\varphi;$$

$$ck = cd + dk = \left(\frac{\Delta}{2} - x_1\right) + U_z^{y_1},$$

где x_1 — путь, который проходит распиливаемое бревно за время опускания пильной рамки на ординату y_1.

При плющеных зубьях *

$$U_z^{y_1} = t\sin\varphi + \frac{\Delta}{360}\left[\arccos\left(1-\frac{2y_1}{h}\right) - \arccos\left(1+\frac{2t\cos\varphi}{h} - \frac{2y_1}{h}\right)\right];$$

$$x_1 = \frac{\Delta}{360}\arccos\left(1-\frac{2y_1}{h}\right).$$

Подставив в выражение для $U_z^{y_1}$ значение

$$y_1 = h - (H - t\cos\varphi),$$

получим

$$U_z^{y_1} = t\sin\varphi + \frac{\Delta}{360}\left[\arccos\left\{\frac{2(H-t\cos\varphi)}{h}-1\right\} - \arccos\left(\frac{2H}{h}-1\right)\right];$$

$$x_1 = \frac{\Delta}{360}\arccos\left\{\frac{2(H-t\cos\varphi)}{h}-1\right\},$$

откуда

$$ck = \frac{\Delta}{2} + t\sin\varphi - \frac{\Delta}{360}\arccos\left(\frac{2H}{h}-1\right).$$

2. $F_{adcb} = \frac{h}{2}\int\limits_{x_1}^{\frac{\Delta}{2}}\left(1-\cos\frac{2\pi x}{\Delta}\right)dx = \frac{h}{2}\left[\left(\frac{\Delta}{2}-x_1\right) + \frac{\Delta}{2\pi}\sin\frac{360x_1}{\Delta}\right].$

3. $F_{adcb} = cd\cdot ad;$

$$cd = \frac{\Delta}{2} - x_1; \quad ad = h - (H - t\cos\varphi).$$

4. $F_{fnmp} = nm\cdot nf;$

$$nf = t\cos\varphi; \quad nm = ck - en^{**} = \frac{\Delta}{360}\left[\arccos\left(\frac{2t\cos\varphi}{h}-1\right) - \arccos\left(\frac{2H}{h}-1\right)\right].$$

5. $F_{fnkp} = \frac{h}{2}\int\limits_{x_{21}}^{x_{22}}\left(1-\cos\frac{2\pi x}{\Delta}\right)dx = \frac{h}{2}\left[\left(x_{22}-x_{21}\right) - \right.$

$$\left. - \frac{\Delta}{2\pi}\sin\frac{360\cdot x_{22}}{\Delta} + \frac{\Delta}{2\pi}\sin\frac{360\cdot x_{21}}{\Delta}\right],$$

где $x_{21} = U_{z\,max}^{\lambda} - t\sin\varphi = \frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{360}\arccos\left(\frac{2t\cos\varphi}{h}-1\right);$

$$x_{22} = ck - t\sin\varphi = \frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{360}\arccos\left(\frac{2H}{h}-1\right).$$

Если пиление производится пилой с разведенными зубьями, то вследствие ступенчатой конфигурации поперечного сечения стружки имеем

$$V_{\text{др}\,max}^{\lambda} = F_{edkn}(2S - b) + F_{edk'n'}(b - S), \tag{3}$$

где S — толщина пилы, *мм;*
как частный случай при $b = 2S$ получим

---

* Конечной длиной шатуна пренебрегаем.

** $en = U_{z\,max}^{\lambda} = t\sin\varphi + \frac{\Delta}{360}\left[180 - \arccos\left(\frac{2t\cos\varphi}{h}-1\right)\right].$

$$V^{\lambda}_{\text{др}\,max} = \frac{F_{edk'n'}}{2} \cdot b;$$

в порядке сравнения

$$V^{\Delta}_{\text{др}\,max} = F_{edkn} \cdot b.$$

Площадь фигуры $edk'n'$ рассчитываем по тем же формулам и в той же последовательности, что и площадь фигуры $edkn$. Для этого случая величина ординаты y_1 такая же, как и для предыдущего.

$$F_{edk'n'} = F_{eck'm'} - [F_{adeb} - F_{adcb}] - [F_{f'n'k'p'} - F_{f'n'm'p'}]. \qquad (3а)$$

Расчет площадей F_{adeb} и F_{adcb} изложен выше.

1. $F_{eck'm'} = ck' \cdot ec$,

$$ck' = \left(\frac{\Delta}{2} - x_1\right) + U^{y_1}_z.$$

При разведенных зубьях

$$U^{y_1}_z = 2t \sin\varphi + \frac{\Delta}{360}\left[\arccos\left(1 - \frac{2y_1}{h}\right) - \arccos\left(1 + \frac{4t\cos\varphi}{h} - \frac{2y_1}{h}\right)\right].$$

2. $F_{f'n'm'p'} = f'n' \cdot m'n'$;

$$f'n' = 2t\cos\varphi; \quad n'm' = ck' - \left(U^{\lambda}_{z\,max}\right)^{*}.$$

3. $$F_{f'n'k'p'} = \frac{h}{2}\int_{x_{31}}^{x_{32}}\left(1 - \cos\frac{2\pi x}{\Delta}\right)dx = \frac{h}{2}\left[(x_{32} - x_{31}) - \right.$$

$$\left. - \frac{\Delta}{2\pi}\sin\frac{360x_{32}}{\Delta} + \frac{\Delta}{2\pi}\sin\frac{360x_{31}}{\Delta}\right],$$

где $x_{31} = U^{\lambda}_{z\,max} - 2t\sin\varphi$;

$x_{32} = ck' - 2t\sin\varphi$.

Предложенный метод расчета объема древесины, срезаемого наиболее нагруженным зубом рамной пилы, можно использовать при расчете загруженности впадины любого зуба; при этом в силе остаются все расчетные формулы и последовательность ведения расчета, необходимо лишь учитывать требуемые граничные условия для каждого случая (зуба).

Способ расчета объема древесины, срезаемого любым зубом рамной пилы, позволяет оценить условия работы каждой междузубной впадины в отдельности и всего инструмента в целом. При расчете по этому методу необходимо помнить, что процесс загрузки впадины теоретически возможен лишь до момента выхода из пропила соседнего, ниже расположенного зуба**.

---

* $en^1 = U^{\lambda}_{z\,max} = 2t\sin\varphi + \frac{\Delta}{360}\left[180 - \arccos\left(\frac{4t\cos\varphi}{h} - 1\right)\right].$

** Здесь условно принято, что темп освобождения от стружки впадины, выходящей из пропила, выше, чем темп ее догружения при подходе зуба к месту его выхода из пропила.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

УДК 634.0.812

ПРОЧНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ ШИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ, ПРОПИТАННОЙ АНТИСЕПТИКОМ ХМ-5

П. Ф. КУРОПТЕВ

ЦНИИМОД

Показано, что образцы древесины, пропитанные антисептиком после склеивания их на зубчатый шип, прочнее образцов, пропитанных до склеивания. Последовательность операций пропитки и зарезки зубчатых шипов для исследованных клеев практически не влияет на прочность образцов.

В статье сообщаются результаты исследований прочности зубчатых шиповых соединений в пропитанных антисептиком деталях. Для проведения экспериментов использовали сосновую древесину. Склеивание производили резорцино-формальдегидным клеем ФР-12 и феноло-формальдегидными клеями КБ-3 и ВИАМ-Б-3. Образцы пропитывали препаратом ХМ-5 с валовым поглощением в среднем около 10 *кг/м*³. Все образцы (размерами 50×50×800 *мм)* подразделяли на четыре группы: 1) склеенные на зубчатый шип из непропитанной древесины (контрольные); 2) пропитанные после склеивания на зубчатый шип; 3) склеенные на зубчатый шип после пропитки (зарезку шипов производили до пропитки); 4) склеенные на зубчатый шип после пропитки (зарезку шипов производили после пропитки).

Для соединения был принят двухскосый тупой зубчатый шип с шагом 9 *мм*, длиной шипа 32 *мм* и величиной затупления 3 *мм*. Образцы пропитывали в установке «Болиден» по следующему режиму: выдержка под вакуумом (600—650 *мм* рт. ст.) — 15 *мин;* выдержка под давлением 8 *атм* — 1 *час*.

Заболонь пропитывали полностью, а ядро на 3—4 *мм*. Образцы, пропитанные антисептиком, сушили при температуре 20—22° и относительной влажности воздуха 40—65%. Конечная влажность образцов составляла 10—12%. Склеивание образцов на зубчатый шип производили в специальном винтовом прессе при следующем режиме: торцовое давление при склеивании 15—20 *кГ/см*²; продолжительность выдержки после нанесения клея — 5—10 *мин* в открытом состоянии и 10—20 *мин* в закрытом состоянии; продолжительность выдержки под давлением 16 *час*.

При склеивании к шипам прикладывали боковое давление 30 *кГ*. Нанесение клея на зубчатый шип — двухстороннее. Температура помещения, в котором производили склеивание, была 18—20° и влажность воздуха — 35—70%.

Перед испытанием образцы выдерживали в кондиционируемом помещении при температуре 18—20° и влажности воздуха 45—65% в течение 15 дней. Прочность зубчатых шиповых соединений определяли при испытании образцов на статический изгиб по ГОСТу 14349—69. Зубчато-шиповое соединение располагалось по середине образца в наиболее нагруженном сечении. Схема приложения сил двухточечная, а направление прилагаемой нагрузки — параллельно плоскости клеевого шва. Образцы испытывали на машине УМ-5 со скоростью нагружения 10 *мм/мин* до разрушения образца. Влажность образцов определяли после разрушения, пробу на влажность вырезали вблизи излома. Предел прочности при статическом изгибе при влажности образца в момент испытаний определяли по ГОСТу 11494—65.

Обработанные методом вариационной статистики данные предела прочности при статическом изгибе образцов с зубчато-шиповыми соединениями приведены в табл. 1.

Испытания показали, что прочность образцов, пропитанных после склейки, снижается по сравнению с контрольными для клеев КБ-3 и ВИАМ-Б-3 соответственно на 13 и 7% и повышается для клея ФР-12 на 7%. Однако расчет достоверности различия между средними арифметическими указывает на недостоверность разницы. Для образцов, сращенных на зубчатый шип после пропитки, получено бо́льшее снижение прочности по сравнению с контрольными для клеев КБ-3 и ВИАМ-Б-3 — на 31—39% и значительно меньшее для клея ФР-12 — на 5—17%.

Непосредственное сопоставление прочности сращенных на зубчатый шип образцов, пропитанных антисептиком и изготовленных при разной последовательности технологических операций пропитки и склейки, также указывает на преимущества технологической схемы склейка — пропитка. Образцы, полученные по этой схеме, ока-

Таблица 1

Последовательность технологии	Клей	Количество образцов на опыт	Предел прочности		Статистические величины			
			кгс/см²	% от контрольных образцов	σ	*m*	*v*	*p*
Зашиповка—склеивание (контрольные)	КБ-3	10	416 / 496—332	100	53,1	16 8	12,8	4,0
	ВИАМ-Б-3	11	406 / 545—322	100	55,5	16,7	13,7	4,1
	ФР-12	8	371 / 428—323	100	37,1	13,1	10,0	3,5
Зашиповка—склеивание—пропитка	КБ-3	11	361 / 497—261	87	85,9	25,9	23,8	7,2
	ВИАМ-Б-3	10	377 / 455—302	93	60,3	19,0	16,0	5,0
	ФР-12	10	399 / 503—302	107	65,4	20,6	16,4	5,1
Зашиповка—пропитка—склеивание	КБ-3	12	261 / 316—203	63	41,0	11,8	15,7	4,5
	ВИАМ-Б-3	10	279 / 342—224	69	33,6	10,6	12,1	3,8
	ФР-12	9	307 / 359—239	83	43,2	14,4	14,1	4,7
Пропитка—зашиповка—склеивание	КБ-3	9	251 / 273—223	61	18,9	6,3	7,5	2,5
	ВИАМ-Б-3	11	279 / 354—215	69	48.7	14,7	17,4	5,2
	ФР-12	11	351 / 433—269	95	58,3	17,6	16,6	5,0

Примечание. В числителе средняя величина для всех образцов; в знаменателе — минимальные и максимальные значения.

зались прочнее склеенных после пропитки на 38—40% для клея КБ-3, на 35% — для клея ВИАМ-Б-3 и на 14—30% — для клея ФР-12.

Образцы, изготовленные при разной последовательности операций пропитки и зашиповки, показали примерно одинаковую прочность. Разница в прочности образцов, изготовленных при разной последовательности операций зарезки шипов и пропитки, недостоверна: для клея КБ-3 $t = 0{,}7 < 4{,}2$; для ВИАМ-Б-3 $t = 0{,}02 < 4{,}0$; для ФР-12 $t = 1{,}9 < 4{,}2$.

Выводы

1. При изготовлении пропитанных антисептиком деталей с зубчатыми шиповыми соединениями предпочтение следует отдавать технологической схеме склейка — пропитка (для клеев КБ-3, ВИАМ-Б-3 и ФР-12).

2. Последовательность операций пропитки и зарезки зубчатых шипов не влияет на прочность образцов для исследованных клеев.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 634(083.97)

XV КОНГРЕСС IUFRO

И. С. МЕЛЕХОВ, Н. А. МОИСЕЕВ, Н. Г. КОЛОМИЕЦ

В марте 1971 г. в Гейнсвилле (штат Флорида, США) на территории университета состоялся XV конгресс Международного Союза лесных исследовательских организаций (IUFRO).

В работе конгресса участвовали 681 делегат от 58 стран. Кроме того, на конгрессе были представлены семь международных организаций, в том числе лесной отдел ФАО, Международный Союз обществ лесоводов, руководство Международной Биологической Программой. В советскую делегацию входили И. С. Мелехов, Н. А. Моисеев и Н. Г. Коломиец.

Конгресс проходил под руководством президента IUFRO профессора Джемисона. Основная тема XV конгресса была сформулирована так: «Роль исследований в интенсификации практики лесного хозяйства» (лесного хозяйства в самом широком смысле).

На конгрессе большое внимание было уделено таким важным современным проблемам, как повышение продуктивности леса, его многостороннее значение и использование; изучение отношений человека и природы и увеличивающейся роли леса в этих отношениях; вопросы генетики; вопросы перспективного планирования и развития лесного хозяйства, изменений в его целях в эру индустриализации и урбанизации.

С большим докладом на конгрессе выступил научный директор Международной Биологической Программы Е. Б. Ворзингтон. Он осветил работу, проводимую по Международной Биологической Программе, и ее отношение к исследованиям в области лесоводства. Лесные аспекты находят отражение в 109 проектах, разрабатываемых в 30 странах. Е. Б. Ворзингтон коснулся вопросов первичной, вторичной и т. д. продукции, продуктивности одновозрастных и разновозрастных лесов, подчеркнул роль генетики и селекции как средства повышения продуктивности леса, сославшись в особенности на положительные результаты исследований в Калифорнии; доктор Ворзингтон отметил токсичность пластиков и значение натуральности леса. Он подчеркнул необходимость рассмотрения леса как целого (включая почву, воду, растительность и фауну, а также влияние человека). Особое внимание доктор Ворзингтон обратил на изменения в лесной среде и отражение их в отношениях человека и природы.

В научном докладе проф. Баумгартнера (ФРГ) были освещены вопросы влияния компонентов энергетического баланса на климат, продуктивность растительного покрова и водообмен на водосборной площади, покрытой лесом. Некоторые доклады были посвящены теме «Лес и человек» (Точер — США, Кенн — ФРГ и др.), вопросам управления погодой (Теллер — США и др.), физиологии роста и продуктивности деревьев под влиянием факторов окружающей среды (Козловский, Стэнли — США). Было представлено много докладов по проблемам генетики, семеноведения и семеноводства. В частности, был зачитан доклад Т. П. Некрасовой (СССР) о морфогенезе генеративных органов сибирской пихты. В поле зрения были и некоторые вопросы типологии леса, в дискуссии по которым принял участие один из членов советской делегации. На конгрессе были отражены вопросы биологии отдельных видов вредителей и болезней леса, динамики численности, экологии энтомофагов, интегрированных методов борьбы.

Ряд докладов экономического профиля был посвящен прогнозированию, в частности лесовыращивания, разработке математической модели линейного программиро-

вания, охватывающей систему мероприятий по использованию и восстановлению леса с обеспечением максимальной прибыли.

Значительная особенность XV конгресса, отличающая его от ряда предыдущих,— проведенная реорганизация IUFRO и его подразделений.

Высшим органом IUFRO, как и прежде, остается Интернациональный совет. В него входят по одному представителю от каждой страны, в которой имеются научные учреждения — члены IUFRO. Без существенных изменений остался статус президента и вице-президента; существовавший ранее Постоянный комитет именуется теперь Исполбюро; создается секретариат.

Наиболее существенно изменилась структура специализированных подразделений. Прежние секции, которых было двенадцать, заменены большим числом предметных и проектных групп; группы будут иметь еще более мелкие рабочие подразделения. Такое деление отвечает современному процессу дифференциации науки. Однако, в связи с другой современной необходимостью — совместного рассмотрения ряда проблем и вопросов, решения их на стыке наук, необходимости комплексных исследований и т. д.— созданы и более крупные, чем прежде, подразделения. Это шесть отделений: 1 — лесоводство; условия произрастания, рост и запасы леса; 2 — лесные растения и защита леса; 3 — лесные операции и техника, охватывающие, главным образом, область лесозаготовок; 4 — планирование, экономика, управление и политика; 5 — лесные продукты (речь идет о древесиноведении, обработке и переработке древесины); 6 — общие вопросы.

Приводим краткую предварительную расшифровку. Отделение 1 предусматривает изучение лесных экосистем (биогеоценозов), участков и их классификации (включая взаимодействие почвы и влаги); управление почво- и водозащитными лесами (включая влияние леса, лесную гидрологию, контроль); формирование древостоев и воздействие на них (в том числе применение удобрений); тропическое лесоводство, изучение роста и запасов (включая таксацию); управление животным миром (включая его отношение к лесоводству); предотвращение лесных пожаров, контроль и использование огня как инструмента лесовосстановления и борьбы с лесными пожарами.

Отделение 2 изучает лесную ботанику (физиологию, таксономию и дендрологию), генетику и селекцию, фитопатологию, энтомологию и защиту леса от вредителей.

Отделение 3 охватывает механизацию лесных работ, включая строительство, создание машин и технологию во всех областях лесной деятельности, эргономику, планирование и контроль за использованием леса, изучение условий работы, оплаты труда и производительность труда.

Отделение 4 рассматривает инвентаризацию леса (сбор и анализ данных о ресурсах) как основу для планирования и выработки политики в отношении леса, экономику лесных предприятий (включая методологию планирования, административное управление, экономический анализ и контроль); экономику на национальном и международном уравнях и лесную политику (в том числе роль организации в ее формировании).

Отделение 5 исследует основные свойства древесины и других продуктов и их использование (включая микроскопические и макроскопические свойства, свойства древесины в строительном деле, ее применение, защиту при хранении и использовании, физический состав, высыхание, превращение и состояние при использовании).

Отделение 6 включает исследования, которые имеют целью поддержать изучение широкого круга технических вопросов, статистические методы, математику, электронно-вычислительную технику, системы информации (в том числе библиографию); терминологию, образование, исследовательские организации, историю леса; вопросы управления лесными местами отдыха и использование ландшафта (включая взаимосвязи с другими действиями по управлению лесными ресурсами).

В Исполнительное бюро избираются крупные ученые, представляющие разные регионы земного шара. В состав Исполбюро входят также руководители отделений.

На XV конгрессе были избраны: президентом IUFRO — проф. И. Самсет (Норвегия), вице-президентом — доктор Д. Редмонд (Канада).

Членами нового исполнительного органа IUFRO были избраны от различных регионов следующие ученые: Северная Европа — проф. В. Холопайнен (Финляндия);

Западная Европа — проф. В. Лизе (ФРГ); Центральная и Восточная Европа — проф. И. С. Мелехов (СССР); Средиземноморские страны — проф. Е. Жиордано (Италия); Африка — доктор Д. Иамаба (Нигерия); Канада — США — доктор Р. К. Арнальд (США); Латиноамериканско-Карибский регион — доктор Вильфредо Баррет (Аргентина); Азия — проф. Т. Сатоо (Япония); Австралия — доктор Д. А. Н. Кромер (Австралия).

В состав Исполнительного бюро вошли также все руководители (координаторы) вновь образованных отделений: 1 — проф. Д. Млинсек (Югославия); 2 — доктор Р. З. Каллахэм (США); 3 — доктор Б. Агер (Швеция); 4 — доктор Г. Шпейдель (ФРГ); 5 — доктор Г. О. Флейшер (США); 6 — проф. И. Пардэ (Франция).

Почетными членами IUFRO избраны б. член Постоянного комитета нескольких созывов, активный деятель IUFRO проф. А. Филиппис (Италия) и б. президент IUFRO доктор Дж. Джемисон.

На XV конгрессе были оглашены имена пяти научных работников, получивших награды IUFRO за успешные результаты научных исследований в области лесных наук. В числе требований в статуте по награждению, кроме ценностей научных трудов, значатся: 1) возраст награждаемого не должен превышать 45 лет; 2) награждаемый должен быть сотрудником исследовательского института (вуза, станции и т. п.) — члена IUFRO.

Сразу после конгресса состоялись собрания отделений, на которых рассматривалась детализация их структуры, разделение на предметные и рабочие группы, назначались возможные кандидаты в руководящий состав этих подразделений (в число кандидатов включены и ряд советских специалистов).

После завершения работы конгресса для его участников были организованы экскурсии с целью ознакомления с лесами, лесным хозяйством и постановкой научных исследований в некоторых штатах США. Наша делегация имела возможность побывать в лесах трех юго-восточных штатов США — Флориды, Джорджии и Северной Каролины. Результаты этой поездки будут освещены в печати отдельно.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ СОБОЛЕВ

Исполнилось сто лет со дня рождения видного деятеля русского лесного хозяйства, создателя первой в стране кафедры частного лесоводства (лесных культур), профессора Лесного института Алексея Николаевича Соболева. В октябре 1971 г. была отмечена дата 60-летия его смерти, а в сентябре 1972 г. будет 70 лет начала его профессорской деятельности.

А. Н. Соболев окончил Петербургский Лесной институт в 1892 г., а в следующем году, представив свою первую научную работу «Дятлы и их роль в хозяйстве русских лесов», он получил звание ученого лесовода I разряда.

Отбыв воинскую повинность, молодой ученый лесовод начинает практическую работу помощником лесничего, затем становится младшим лесничим и преподавателем низшей лесной школы в 1-м Одоевском лесничестве Тульской губернии.

В августе 1896 г. Лесной Департамент командирует А. Н. Соболева на два года в Германию для научной подготовки; там он основательно знакомится с лесным хозяйством и, возвратившись на родину, выпускает в 1899 г. очерк «Лесное хозяйство Пруссии в конце XIX столетия», а в 1901 г. книгу «По лесам Баварии». В этих книгах А. Н. Соболев много внимания уделил состоянию и насущным проблемам русского лесного хозяйства.

Возглавив кафедру частного лесоводства, молодой профессор положил много труда на ее организацию: создал кабинет с учебно-опытным питомником, составил конспективный курс лекций.

Большое значение в развитии кафедры имели введенные профессором практические занятия студентов в питомниках, в культурах и по уходу за насаждениями; позднее студенты стали знакомиться с разведением корзиночной ивы и с облесением сыпучих песков и приморских дюн.

Особо надо отметить начатую А. Н. Соболевым с сотрудниками (прежде всего с А. В. Фомичевым) большую научную работу по изучению лесных семян. Результаты его исследований сохраняют значение до настоящего времени.

Современники указывали на высокие личные качества профессора Алексея Николаевича Соболева: его отзывчивость, скромность, доброе отношение к студентам и сослуживцам, корректность, огромную трудоспособность, гражданское мужество, верность своим убеждениям. Нельзя не вспомнить, что когда в 1908 г. студенты (в том числе и Лесного института), недовольные введением курсовой системы преподавания, объявили забастовку и проф. М. Г. Кучеров на заседании Совета института высказался за возврат к предметной системе, его поддержали только два профессора — А. Н. Соболев и П. С. Коссович, которые шли навстречу пожеланиям студентов.

А. Н. Соболев принимал активное участие в общественной и хозяйственной деятельности как заведующий учебной Охтинской лесной дачей, член хозяйственного комитета института, редактор Известий института, председатель дубравной комиссии Лесного общества и т. д.

В памяти отечественных лесоводов он остался горячим патриотом леса, пытливым, добросовестным и энергичным исследователем, ученым, стремившимся сочетать воедино теорию и практику, науку и жизнь — так справедливо написал о нем в своей статье «Памяти дорогого учителя» один из его учеников И. Полферов.

П. И. Войчаль.

Архангельск

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1972

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.2(048.1)

РЕДКАЯ КНИГА ПО ЛЕСОВОДСТВУ

В двух крупнейших библиотеках страны — им. Салтыкова-Щедрина (г. Ленинград) и Исторической (г. Москва) — сохранилось несколько экземпляров книги, на титульном листе которой напечатано «Краткая российская дендрология или общие правила о российских лесах в пользу любителей лесоводства изданные». Она была первой книгой, изданной в воронежской типографии, открытой 14 мая 1798 г. Ниже названия указано, что сочинение напечатано с оригинала, изданного по «высочайшему повелению». Книга является первой русской дендрологией и руководством по лесоводству. В своей работе автор рассказывает о древесных породах русских и зарубежных (западно-европейских, американских) лесов, условиях их произрастания и выращивания, о пользе, которую они приносят. Судя по работе, автор хорошо знал флору Дона, Волги, Терека, Новороссийских губерний, Байкала и Архангельска и описывает ее как собиратель и исследователь.

К сожалению, ни один из справочников не указывает автора этой работы. Не упоминает о труде и «Сводный каталог русской книги XVIII века». Книга эта — библиографическая редкость, и отсутствие сведений о ней привело к тому, что она оказалась практически исключенной из научного оборота, о ее существовании порой не знают даже маститые профессора-лесоводы.

Рассматривая районы исследований флоры того времени, которые описывает автор, можно прийти к выводу, что они полностью совпадают с маршрутами путешествий известного ученого путешественника и натуралиста XVIII в. Петра Симона Палласа (1741—1811 гг.). Вероятность авторства подтверждают высказывания известного русского ученого Е. А. Болховитинова (1767—1837 гг.). В своем «Словаре русских светских писателей» он писал, что Паллас около 1780 г. по особому препоручению императрицы Екатерины II сочинил на латинском языке «Российскую флору или описание и изображение собственно европейских и азиатских растений». Это сочинение «великолепным изданием с картинами было напечатано при Академии Наук: I том — в 1785, II том в 1790 году, а с него затем напечатан и российский перевод и разослан по губерниям». Инициаторами русского издания, по всей видимости, были Е. А. Болховитинов и молодой воронежский натуралист Г. П. Успенский (видный русский историк). Поводом для этого послужила забота издателей о сохранении и умножении воронежских лесов.

На 65 страницах книги читатель найдет латинские, немецкие и местные названия многих наших древесных пород и полукустарников, краткое их описание, а также указание характерных мест их произрастания. К каждой породе и виду дается описание правил посева, ухода за ними, сроков роста, желательных свойств почвы, хозяйственного использования, времени сбора семян и пр.

Лес делится автором на «черный и твердый» (дуб, бук, граб, ясень и др.), «белый и мягкий» (тополь, ива, липа и др.) и «красный» (сосна, ель и др.). Приводятся синонимы названий ряда древесных пород, употребляющихся в различных частях России.

Описаны промыслы кедровых шишек на орехи, смолы для скипидара, лиственничной и еловой коры для кожевенного производства и др. Читатель с интересом узнает о ряде западноевропейских и американских пород, пригодных для интродукции в разных областях России. Рекомендации автора, представлявшие несомненную ценность и научный интерес для ведения лесного хозяйства в тот отдаленный период, не потеряли своего значения и в наше время.

А. В. Кожемякин, Л. А. Золотов.
ВНИИСС

УДК 658.58(048.1)

О НОВОМ УЧЕБНИКЕ*

Рецензируемый учебник вышел в свет безусловно своевременно. Перед авторами стояла трудная задача: при довольно ограниченном объеме учебника в доступной форме и с необходимой полнотой изложить вопросы технической эксплуатации и ремонтного обслуживания.

Современный уровень научно-технического прогресса требует резко изменить отношение к техническому и ремонтному обслуживанию; возникли новые проблемы, связанные с надежностью, долговечностью, ремонтнопригодностью машин и корректированием режимов их технического и ремонтного обслуживания; машины усложнились, их номенклатура и количество возросли. Все это требует коренного пересмотра учебников и пособий. Нужны методические разработки, в которых был бы систематизирован и сконцентрирован материал, обобщен передовой опыт.

Одна из таких книг — рецензируемый учебник. Он состоит из четырех разделов. В первом разделе освещаются общие вопросы технической эксплуатации и ремонта машин. Удачно согласуется использование теории надежности и математического моделирования с вопросами организации технического обслуживания, управления эксплуатационной надежностью машин.

Однако указанный раздел слишком краток, содержит недостаточно поясняющих примеров к общим теоретическим выкладкам, особенно в вопросах диагностики технического состояния, оптимальной организации технического обслуживания и ремонта.

Второй раздел посвящен вопросам технического обслуживания, основам его механизации и технологии. Здесь в краткой форме рассматриваются основные направления комплексной механизации процессов технического обслуживания и рациональной организации ее, применение ГСМ и хранение машин.

Методически правильно изложен раздел, где на базе уже известных сведений сделан упор на анализ основных эксплуатационных качеств топлив и масел; принципы их рационального применения. Четкая классификация позволила авторам дать исчерпывающие сведения по основным моментам, характеризующим хранение машин. С нашей точки зрения, в этом разделе неоправданно мало внимания уделено безынерционным стендам технической диагностики и автоматизации процессов диагностирования.

В третьем разделе рассмотрены вопросы, связанные с технологией ремонта лесозаготовительного оборудования. Было бы желательно систематизировать все способы восстановления изношенных деталей по виду затрачиваемой энергии, шире осветить теоретические вопросы ремонтного производства.

Четвертый раздел посвящен проектированию гаражей, станций технического обслуживания и ремонтных предприятий. Он дает ясное представление и краткую методику расчета. Было бы полезным привести здесь основные технико-экономические показатели существующих гаражей, станций технического обслуживания и ремонтных предприятий по типовым проектам.

В целом учебник производит хорошее впечатление, отвечает основным требованиям и может служить хорошим подспорьем студентам лесотехнических ВУЗов.

Впервые в специальном учебнике сделана попытка теоретически обосновать и решить вопросы, связанные с технической эксплуатацией и ремонтным обслуживанием лесозаготовительной техники. В качестве следующего шага можно порекомендовать авторам подготовить новое издание учебника «Теоретические основы технического и ремонтного обслуживания».

---

* И. Н. Бабушкин, А. В. Серов. Техническая эксплуатация и ремонт оборудования лесопромышленных предприятий. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971.

В. Ф. Попов.

Архангельский лесотехнический институт

УДК 684.5(048.1)

«СПРАВОЧНИК МЕБЕЛЬЩИКА»**

Рецензируемый справочник содержит одиннадцать разделов, охватывающих всю область мебельного производства. Автор дает справочные данные по самому широкому кругу вопросов. Серьезное внимание уделено систематизации нормативных материа-

---

** В. В. Сапожников. Справочник мебельщика. Изд-во «Техника», Киев, 1968.

СОДЕРЖАНИЕ

И. М. Боховкин, Е. С. Романов. Навстречу 50-летию СССР 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. П. Сляднев. Экологическая и фитоценотическая обусловленность реакции сосны на азотное удобрение 5

В. А. Елагина, В. Г. Луканина, Д. И. Степанов. Применение кулис из сизой горчицы в сосновых культурах 9

А. В. Попова. Ельники искусственного и естественного происхождения Пермской области и их сравнительная характеристика 10

С. Н. Свалов. Формула для оценки вариации площадей сечений 14

З. И. Акаемова, Д. К. Иоанно, А. Д. Иоанно. К вопросу о математической модели поперечного сечения ствола дуба в лесонасаждениях Саратовской области 18

А. И. Голядкин. Влияние ультразвука на скорость прорастания и всхожесть семян хвойных пород 22

В. К. Поджаров, А. А. Щуревич. Выращивание культур сосны на низинном болоте 25

В. Г. Жеребцов, В. А. Петренко. Рост древесных и кустарниковых пород на землях, вышедших из-под открытых горных разработок 29

М. П. Коваленко. Подсочка сосны и образование сухостоя 33

ЛЕСОЭКСПУАТАЦИЯ

В. М. Кнатько, Э. А. Селезнева. Влияние естественных карбонатов на эффективность укрепления глинистых грунтов лесовозных дорог фосфатными и алюмофторфосфатными вяжущими 38

Б. Д. Васильев-Козлов, Н. И. Кузнецов, Б. К. Микитюк. Исследование надежности силовой передачи тепловозов ТУ-4 в условиях Севера 42

А. Л. Радюк. Вторичные течения в открытых руслах и способ их учета при гидравлических расчетах 46

А. С. Вишняков. Сравнительный анализ микропрофилей автомобильных лесовозных усов и их статистические характеристики 49

Л. В. Коротяев. Некоторые вопросы геометрии провисания канатов 55

Ш. М. Гохман, Н. А. Гуцелюк, В. Д. Конышев, Н. Н. Стратонович. Работа двигателя Д-75Т на сжиженном газе 57

А. В. Дуров, Ю. Н. Красильников, О. Д. Орленко. Аналитическое определение исходных норм расхода топлива узкоколейными тепловозами с механической передачей 61

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. Ф. Смолин. Математическое описание процесса сушки древесины в камерах непрерывного действия 66

Л. А. Бяльский. Неупругое сопротивление прессованной древесины при асимметричных циклах напряжений 69

Л. С. Глухих, О. В. Гуляева, В. М. Фокина. Влияние вида и свойств клеев на величину внутренних напряжений в клеевых швах при фанеровании . . . 71

А. Д. Голяков. Экспериментальное исследование корреляционных связей жесткости и прочности пиломатериалов при изгибе 77

Т. К. Ефремова, В. А. Митусов. К расчету нижних концентрационных пределов взрываемости древесной пыли 80

В. В. Гамов. Факторы, обусловливающие влияние породы древесины на прочность древесностружечных плит 86

Н. М. Григорьев. Метод расчета комбинированных древесных масс заданного фракционного состава 90

Н. В. Костриков, Р. А. Богатырев, М. А. Черноуцан. Исследование давления прессования гнутоклееных блоков в гидравлических прессформах с эластичной передачей давления 93

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. А. Ливеровский, Э. И. Шмулевская, Л. С. Романовская, Е. И. Панкина, В. Н. Кун, П. П. Дикун, Л. Д. Костенко. Образование 3,4-бензпирена при пирогенном распаде частей дерева и некоторых компонентов древесины 99

Э. Д. Левин, Н. А. Чупрова, З. П. Беликова. Разработка оптимального режима скоростного пиролиза коры лиственницы сибирской 103
Н. К. Чернышева, А. Л. Агранат, Р. А. Баранова, Ф. А. Медников. Комплексная переработка бензинового экстракта смолистых веществ хвои 107
Э. И. Ларина, М. В. Мухина, В. Н. Пиялкин, А. Л. Агранат. Бета-ситостерин и методы его определения в фитостерине 109
Б. Д. Богомолов, В. А. Пивоварова, Н. Д. Бабикова. Выделение лигноуглеводных комплексов из древесины сосны 113
Г. Я. Новиков, А. К. Славянский. Эпоксиноволачные смолы на основе лесохимических фенолов 116
Л. Г. Хижняк, А. В. Финкельштейн, А. В. Бывшев, В. Х. Чиспиякова. Кинетика некоторых превращений целлюлозы и ее производных. Влияние степени помола на скорость ацетилирования древесной целлюлозы 120

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. М. Киляков. Использование особенностей двоичного кодирования для упрощения систем управления процессом сортировки 124
Г. А. Жодзишский. О точности вычислительных устройств АСУ 126

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В. А. Камаев. Комплексная экономическая спелость насаждений 131
Е. С. Романов. Об измерении внутризаводских пропорций производственных мощностей леспромхозов 134
С. В. Починков, Об экономической сущности капиталовложений в строительство лесовозных дорог 137
В. П. Стяжкин. Причины и следствия различий в рентабельности леспромхозов 140

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. В. Абатуров. Рост лиственницы после выборочных рубок 146
М. М. Игнатенко. Участок кедрового леса под Москвой 148
В. В. Луданов. Оптимизация поиска лесных пожаров 150
Т. Н. Келеберда. Состав и свойства грунтосмесей отвалов буроугольных разработок и рост культур сосны 153
И. С. Сафаров, С. А. Сулейманов. Опыт лесных культур при восстановлении расстроенных горнозащитных лесов Азербайджана 157
Г. В. Сныткин. Пожарная опасность в высокогорных лесах бассейна р. Колымы 159
В. А. Азаренок, В. Г. Нестеренко. О силах трения на задней грани резца . . . 161
А. С. Коргушов. Аналитическое определение объема древесины, срезаемого наиболее нагруженным зубом рамной пилы 162
П. Ф. Куроптев. Прочность зубчатых шиповых соединений древесины, пропитанной антисептиком ХМ-5 166

ЗА РУБЕЖОМ

И. С. Мелехов, Н. А. Моисеев, Н. Г. Коломиец. XV конгресс IUFRO . . . 168

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

П. И. Войчаль. Алексей Николаевич Соболев 171

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

А. В. Кожемякин, Л. А. Золотов. Редкая книга по лесоводству 172
В. Ф. Попов. О новом учебнике 173
А. И. Янсон, Э. Р. Янсон. «Справочник мебельщика» . . . . . —

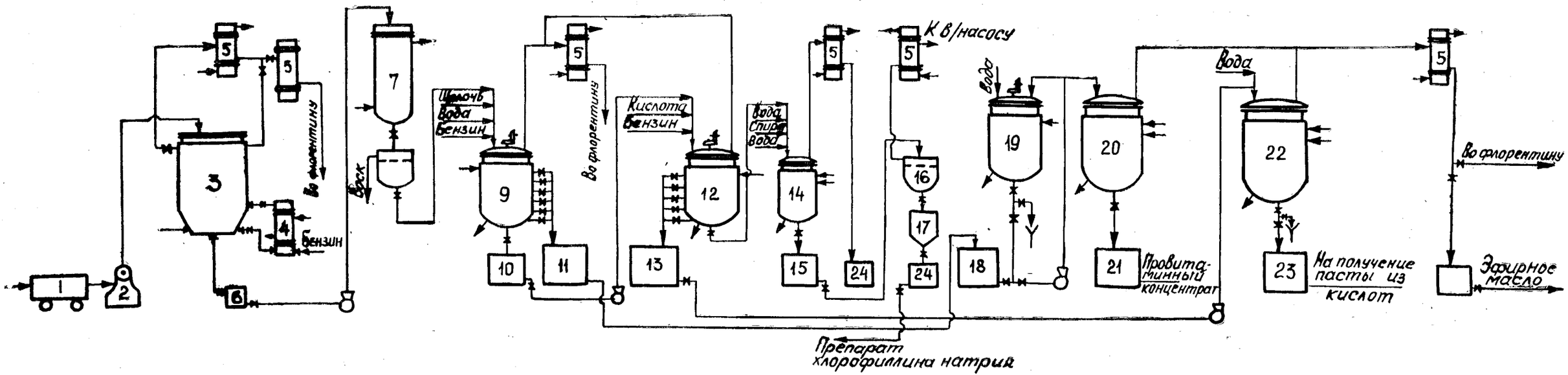

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
Бензин
Во флорентину
Воск
Щелочь
Вода
Бензин
Кислота
Бензин
Вода
Спирт
Вода
К в/насосу
Вода
Вода
Провитаминный концентрат
На получение пасты из кислот
Эфирное масло
Препарат хлорофиллина натрия

Рис. 1.

Таблица 1.

№ участка	Растительность участка	Местоположение	Состав / Возраст	Полнота	Подлесок / Сомкнутость	Напочвенный покров (виды): господствующие / высота, *см*	Напочвенный покров (виды): сопутствующие	Число опытов	Вероятность загорания, %	Величина комплексного показателя, при котором возможен пожар, *мб. град*
8	Болото переходное осоково-сфагновое	Надпойменная терраса р. Колымы	—	—	—	Осоки / 30	Сфагнум, багульник	28	79	100
9	Лиственничник долгомошный	Юго-восточный склон 2—3°	10Лц / 60	0,3	—	Кукушкин лен / 8	Сфагнум, багульник, брусника	26	56	150
3	Лиственничник кедровниково-брусничный	Верхняя часть южного склона 5°	10Лц / 80	0,3	Кедровый стланик, береза карликовая, шиповник / 0,4	Брусника / 8	Иван-чай. зеленые мхи, осоки	15	47	200
6	Заросли ольховника	Средняя часть северного склона 45°	10Ол / 20	0,6	Кедровый стланик, береза карликовая / 0,7	Багульник / 30	Сфагнум	12	39	300
5	Лиственничник зеленомошно-сфагновый	Нижняя часть северного склона 20°	10Лц / 80	0,3	Кедровый стланик, береза карликовая / 0,4	Кукушкин лен / 6	Сфагнум. багульник, осоки	13	31	600
11	Лиственничник бруснично-лишайниковый	Юго-восточный склон 3—4°	10Лц / 50	0,3	—	Лишайники / 3	Брусника, багульник	28	18	700
1	Лиственничник бруснично-ольховниковый	Нижняя часть южного склона 30°	10Лц / 50	0,7	Шиповник, ольховник / 0,5	Брусника / 8	Иван-чай	14	14	800
10	Лиственничник лишайниково-брусничный	Юго-восточный склон 2—3°	10Лц / 90	0,4	Шиповник / 0,4	Зеленые мхи / 6	Злаки, брусника, лишайники	23	13	700
2	Лиственничник кедровниково-брусничный	Средняя часть южного склона 10°	10Лц / 70	0,6	Кедровый стланик, ольховник, шиповник / 0,3	Зеленые мхи / 2	Брусника, иван-чай, злаки	15	13	800
7	Заросли кедрового стланика	Верхняя часть северного склона 20°	10К. стл / 100	0,5	Береза карликовая / 0,3	Зеленые мхи / 0,5	Брусника, багульник	12	8	1500
4	Заросли кедрового стланика	Верхняя часть южного склона 2—3°	10К. стл / 100	0,5	Береза карликовая / 0,4	Зеленые мхи / 0,5	Брусника, голубика, лишайники	15	7	1700
12	Лиственничник брусничный	Юго-восточный склон 30°	10Лц / 40	0,9	Кедровый стланик / 0,2	Брусника / 10	Зеленые мхи, брусника, багульник	28	4	1800

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

К каждой статье, присылаемой в редакцию, автор должен приложить 2 экземпляра автореферата, без них статьи не будут приниматься редакцией к рассмотрению.

Требования, предъявляемые к реферату

1. В реферате кратко излагается основное содержание статьи. Реферат должен дать читателю представление о характере освещаемой работы, оригинальности постановки вопроса, методике проведения исследования и его основных результатах.

2. Реферату должно предшествовать библиографическое описание в следующем виде: название статьи, фамилия и инициалы автора, название журнала, где помещается статья. Текст реферата начинается непосредственно с изложения существа работы без повторения заголовка. Форма изложения материала не обязательно должна повторять форму изложения оригинальной статьи.

3. Если оригинал содержит большое количество цифровых данных, их следует обобщить и систематизировать.

4. Средний объем реферата 1,5—2 страницы машинописного текста, отпечатанного через два интервала на белой писчей бумаге обычного формата (30×21) в двух экземплярах с полем 4 *см* с левой стороны.

5. Таблицы, схемы, графики и пр. могут быть включены в том случае, если они отражают основное содержание работы или сокращают текст реферата. Сообщение о наличии в реферируемой работе таблиц, схем, графиков, фотографий, карт, рисунков необходимо давать в конце реферата. Например, табл. 2, илл. 10.

6. Формулы приводятся только в том случае, если они необходимы для понимания статьи. Громоздкие математические выражения помещать не следует. Формулу следует вписывать четко, не изменяя принятых в оригинале обозначений величин. Формулы и буквенные обозначения вписываются чернилами черными во второй экземпляр. Вписывание формул и буквенных обозначений, а также исправление замеченных отпечаток в первом экземпляре не делается.

7. В конце реферата в квадратных скобках указывается название учреждения или предприятия, в котором автор реферируемой работы (если эти данные приводятся в статье) провел работу. Подпись автора и дату написания реферата следует ставить в левом нижнем углу на обоих экземплярах реферата.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера не должны быть более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через три интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 *мм*. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

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

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

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и математических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указать в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны УДК, дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, на матовой бумаге, чертежи сделаны черной тушью на ватмане). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе и напечатаны на машинке.

К статье должны быть приложены реферат и краткая аннотация.

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

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

Авторы получают бесплатно 15 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

Цена 1 руб.

Подписывайтесь

на журнал на 1972 г.

«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ» МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

2
1972