

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

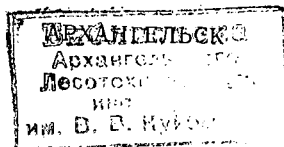
---

*Лесной журнал*

Журнал основан в 1957 году

6

1979



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), доц. С. И. Морозов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Г. Л. Дранишников, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Н. В. Маковский, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, доц. А. Р. Родин, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. Н. Худогов, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь А. И. Кольцова.

---

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1979.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6

---

Сдан в набор 18/X 1979 г. Подписан к печати 21.01.1980 г.  
Форм. бум. 70x108<sup>1/8</sup>. Условн. печ. л. 12,6. Уч.-изд. л. 12,783.  
Сл. 03308. Тираж 2100 экз. Заказ 7079. Цена 1 руб.

---

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

## ЗА ДАЛЬНЕЙШЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО РУКОВОДСТВА

12 июля 1979 года Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы». Это постановление — новый глубоко научно обоснованный программный документ экономической политики партии. «Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР, — говорится в постановлении, — исходя из решений XXV съезда партии, последующих Пленумов ЦК и положений Конституции СССР, считают необходимым осуществить систему мер по дальнейшему совершенствованию планового руководства экономикой, развитию демократических начал в управлении производством и повышению творческой инициативы трудовых коллективов.

Задача состоит в том, чтобы поднять уровень планирования и хозяйствования, привести их в соответствие с требованиями нынешнего этапа — этапа развитого социализма, добиться значительного повышения эффективности общественного производства, ускорения научно-технического прогресса и роста производительности труда, улучшения качества продукции и на этой основе обеспечить неуклонный подъем экономики страны и благосостояния советского народа».

В трех разделах постановления намечена широкая система мер по улучшению планирования и капитального строительства и развитию хозрасчета.

Одна из центральных идей постановления — усиление роли перспективного планирования. Предусмотрен новый четкий порядок составления перспективных планов, включающий разработку комплексной программы научно-технического прогресса на 20 лет и основных направлений экономического и социального развития на 10 лет. Эти документы служат основой для пятилетних планов и, что особенно важно, подлежат уточнению и «наращиванию» через каждые пять лет, обеспечивая непрерывное и ясное видение перспективы.

Внесены изменения в систему утверждаемых показателей пятилетних и годовых планов; среди них появились новые: чистая продукция, нормативы зарплаты на единицу продукции, лимит численности работающих, задание по сокращению применения ручного труда, задания по выполнению научно-технических программ и др. Эти изменения еще более нацеливают предприятия на повышение эффективности и интенсификацию производства. Одновременно подчеркнута необходимость усиления планирования социального развития как в отраслевом, так и в территориальном разрезе.

Большая роль отведена наиболее полному использованию достижений науки и техники в народном хозяйстве, сбалансированности планов, созданию необходимых резервов, разработке целевых программ, укреплению хозрасчета. Один из разделов постановления посвящен вопросам ускорения ввода в действие производственных мощностей и объектов и повышению эффективности капитальных вложений.



В связи с принятием постановления во всех вузах разработаны планы мероприятий, предусматривающие углубленное изучение этого документа, использование его в различных формах преподавания, усиление научно-исследовательской работы. Первоочередная задача — изучение постановления профессорско-преподавательским составом вузов, с тем чтобы быстрее и теснее увязать преподавание с идеями постановления: ведь оно адресовано не только экономистам.

С особым воодушевлением встретили постановление коллективы экономических кафедр. Пересмотр и обновление лекционных курсов и других форм преподавания, активное включение в пропаганду материалов постановления в производственных коллективах и по линии общества «Знание», повышение уровня научных исследований, творческое содружество с экономистами предприятий и производственных объединений, — по всем этим направлениям идет творческая и целеустремленная работа экономистов вузов.

Реализация постановления требует значительного улучшения плано-экономической работы на предприятиях, совершенствования организации производства и труда. Возьмем, к примеру, такие положения, как о разработке годовых планов «снизу», о бригадной форме организации труда. Они предъявляют повышенные требования к квалификации и творческой активности инженеров-экономистов, технологов, строителей и др. И учить этому надо на студенческой скамье, прививая практические навыки обоснования планов, выбора оптимальных вариантов на базе системного анализа, разработки личных творческих планов, лицевого счета экономии, бригадного подряда и др.

Необходимо мобилизовать все имеющиеся технические средства обучения, чтобы интенсифицировать учебный процесс. Особое внимание следует обратить на повышение самостоятельности студентов, особенно на практических занятиях: индивидуализировать задания, учить не только решать, но и ставить задачи, самому определять, какая информация необходима для принятия решения и т. д. Необходимо вновь просмотреть программы производственной практики, углубить их, обеспечить квалифицированное руководство практикой.

Основа дальнейшего развития экономики — научно-технический прогресс, использование его достижений в народном хозяйстве. Поэтому новое постановление обязывает усилить научно-исследовательскую работу всех кафедр, сочетать исследования фундаментальных проблем с прикладными, развивать конструирование и изобретательство, вовлекая в них широкую массу студентов, настойчиво добиваться внедрения научных рекомендаций в производство.

Новое постановление ЦК КПСС и Советского Правительства зовет постоянно повышать уровень хозяйственного руководства, глубже овладевать знаниями экономики, организации и управления производством, лучше учить этому в вузах.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*.231.1

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ  
ЮЖНОЙ ТАЙГИ СРЕДНЕГО УРАЛА И ПРЕДУРАЛЬЯ

Н. А. КОНОВАЛОВ, Н. Н. ЧЕРНОВ

Уральский лесотехнический институт

Рассмотрены особенности лесовозобновительного процесса в 11 типах леса южной тайги Среднего Урала и Предуралья. Приводятся сведения о влиянии некоторых лесоводственных характеристик пихтово-еловых насаждений на состав и густоту подроста предварительной генерации. Даются рекомендации по применению лесовосстановительных мероприятий.

В южной тайге Среднего Урала и Предуралья елово-пихтовые леса — преобладающий тип растительности, сформировавшийся на суглинистых дерново-подзолистых почвах. Наиболее широко распространены высокополнотные насаждения II—III классов бонитета [1, 4, 6].

В темнохвойных лесах использование подроста предварительной генерации для лесовосстановления считается одним из самых эффективных лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение их продуктивности. Наличие достаточного количества подроста темнохвойных лесов при его разновозрастной структуре обеспечивает значительное сокращение лесовосстановительного периода.

Возобновление ельников в лесорастительных условиях региона изучено сравнительно подробно ([2, 3, 5, 6] и др.). Особенности же лесовозобновительного процесса в насаждениях с преобладанием пихты в составе древостоя почти не исследовались.

Как показали исследования, пихтачи в чистом виде не встречаются. Повсеместно в состав древостоя входит ель, часто осина, береза, липа, иногда — сосна. Участие пихты в составе древостоя достигает 8—9 единиц. В некоторых лесхозах района пихтачи занимают до 10% лесопокрытой площади [4]. Р. С. Зубарева [2], Н. И. Теринов [7] считают, что на распространение пихты влияет хозяйственная деятельность человека, особенно выборочные рубки леса и пастьба скота. Зависимость густоты и состава подроста предварительной генерации темнохвойных пород объясняется не только антропогенными и стихийными (лесные пожары) факторами, но и различиями в типах почв и лесорастительных условий в целом.

Наши исследования особенностей лесовосстановительного процесса проведены в древостоях с участием и преобладанием пихты, относящихся к группам зеленомошных, разнотравных и сложных типов леса. В результате длительного выпаса скота и проведения выборочных рубок изучаемые типы леса приняли характер условно коренных, увеличилась доля пихты в составе древостоя и густота подроста предварительной генерации. Древостои разновозрастные с выраженным вторым ярусом, достигающим 8—10% по запасу.

Во всех изученных типах леса, как правило, преобладает подрост пихты (табл. 1), участие которой на отдельных пробных площадях колеблется от 2 до 10 единиц; остальную часть составляет ель.

Таблица 1

Типы леса	Количество под- роста на 1 га, тыс. шт.	Состав подроста	Процентное соотношение возрастных групп подроста, лет				
			1—10	11—20	21—30	31—40	более 40
Пихтач разнотравно-кислични- ковый	16,6	7ПЗЕ	15	32	18	13	22
То же с липой	11,5	6П4Е	12	13	21	23	31
Ельник разнотравно-кислични- ковый	16,0	7ПЗЕ	4	14	21	25	36
То же с липой	16,9	7ПЗЕ	16	29	24	16	15
Пихтач разнотравно-зеленомош- никовый	25,0	4П6Е	8	18	15	18	41
То же с липой	24,1	6П4Е	9	13	17	19	42
Ельник разнотравно-зеленомош- никовый	24,5	3П7Е	34	16	12	10	28
То же с липой	13,8	6П4Е	11	17	22	22	28
Пихтач липняковый плато	3,2	8П2Е	3	9	15	20	53
" кленово-ильмовый	3,2	9П1Е	3	10	16	29	42
" липняковый по склону	5,2	8П2Е	2	13	19	30	36

Связь между количеством темнохвойного подроста и моховым покровом (здесь и далее число наблюдений равно 100) можно охарактеризовать как слабую и положительную, с проективным покрытием трав — как умеренную отрицательную, из чего можно сделать вывод о заметном отрицательном влиянии обилия травостоя на успех возобновления под пологом леса. Слабо выраженное положительное влияние мохового покрова на возобновление хвойных можно объяснить косвенным влиянием как через снижение густоты травяного покрова, так и улучшение условий увлажнения.

Связь между количеством подроста и сомкнутостью крон деревьев и подлеска практически отсутствует.

Связь количества подроста одной пихты с обилием мхов и трав слабая отрицательная, а с сомкнутостью деревьев, наоборот, положительная (коэффициент корреляции равен 0,21—0,25). Благоприятным фактором для возобновления пихты следует считать увеличение сомкнутости полога и отрицательным — возрастание обилия живого напочвенного покрова.

Преобладание ели в составе древостоя привело к увеличению доли участия ели в подросте лишь на 4%. Связь между количеством подроста ели и подроста пихты очень слабая (коэффициент корреляции 0,05), что свидетельствует об отсутствии заметного взаимного влияния густоты подроста ели и пихты.

Размещение подроста ели и пихты по площади характеризуется очень высокими значениями коэффициента вариации, достигающим 100—170%, и резкой положительной асимметрией. На основании приведенных показателей можно сделать вывод о неравномерном размещении подроста с небольшим числом густых куртин. 200 учетных площадок распределились следующим образом: до 10 шт. — 70%, 11—20 шт. — 19%, 21—30 шт. — 5%, 31—40 шт. — 4%, 41—50 шт. — 2%, что подтверждает достоверность сделанного вывода.

Дисперсионный анализ позволил выявить заметное влияние на густоту подроста типа лесорастительных условий, слабое влияние состава древостоя и отсутствие влияния полноты древостоя в пределах высокополнотных насаждений.

Подрост ели и пихты разновозрастный во всех изученных типах леса, возобновление непрерывное. По возрастным группам подрост

распределяется более или менее равномерно, часто наблюдается увеличение густоты подроста старших возрастных групп.

Количество подроста предварительной генерации в зеленомошных типах леса составляет 11,5—17 тыс. шт./га, в группе разнотравных — 14—25 тыс. шт./га и в сложных типах леса (Уфимское плато) — 3—5 тыс. шт./га. С учетом особенностей лесовозобновительного процесса в зеленомошных и разнотравных группах типов леса наиболее целесообразным следует считать применение выборочных рубок, обеспечивающих непрерывное лесовозобновление и снижение сроков лесовосстановления. В сложных типах леса, где подрост предварительной генерации, как правило, не может обеспечить лесовосстановление без смены пород, в качестве оптимального способа следует считать, очевидно, создание лесных культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Горчаковский П. Л. Темнохвойная тайга Среднего Урала и прилегающей части Северного Урала. — Материалы по классификации растительности Урала. Тезисы доклада. Институт биологии УФАН СССР. Свердловск, 1959. [2]. Зубарева Р. С. Лесорастительные условия и типы темнохвойных лесов горной полосы Среднего Урала. — «Труды Института экологии растений и животных УФАН СССР, Типы и динамика лесов Урала и Зауралья», 1967, вып. 53. [3]. Исаева Р. П., Луганский Н. А. Естественные лесовозобновительные процессы в подзоне южной тайги и темнохвойно-широколиственных лесов Урала. — «Труды Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Лесовозобновительный процесс на Урале и в Зауралье». 1975, вып. 93. [4]. Колесников Б. П. Леса Свердловской области. — В кн.: Леса СССР. М., АН СССР, 1969. [5]. Коновалов Н. А. Типы хвойных лесов Урала и их хозяйственное значение. — Украинское совещание по лесной типологии. Тезисы доклада. Харьков, 1961. [6]. Коновалов Н. А. Ведущие типы хвойных лесов и их возобновление. — Сборник трудов УЛТИ. Свердловск, 1968. [7]. Терин Н. И. Влияние хозяйственной деятельности человека на увеличение пихты в составе темнохвойно-широколиственных лесов Среднего Урала. — «Труды Института экологии растений и животных УФАН СССР, Лесообразовательные процессы на Урале», 1970, вып. 67.

Поступила 15 мая 1979 г.

УДК 581.524.1 : 635.976 + 630\*176.321 : 630\*174.752

### О БИОХИМИЧЕСКОМ ВЛИЯНИИ КУСТАРНИКОВ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ В ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ ЛЕСОСТЕПИ, НА БЕРЕЗУ И ЛИСТВЕННИЦУ

А. И. ЗОЛОТУХИН

Воронежский сельскохозяйственный институт

Установлено, что выделения некоторых кустарников нарушают интенсивность накопления меченого фосфора у березы и лиственницы. Аналогично нарушается рост березы и лиственницы при совместном произрастании с кустарниками в вегетационных сосудах. По характеру биохимического влияния выделены ингибиторы и активаторы данных пород. В составе дренажных вод из-под кустарников обнаружены фенольные соединения.

Подлесок в защитных лесных насаждениях выполняет многие полезные биологические и мелиоративные функции. Он оказывает прямое и косвенное влияние на деревья, которое может быть положительным, отрицательным и индифферентным [7—9, 11]. Взаимоотношения подлесочных кустарников с некоторыми видами деревьев изучены недостаточно. Углубление знаний об этом имеет большое значение в ис-

кусственном лесоразведении. Акад. В. Н. Виноградов [2] отмечает, что подлесок из кустарников, благотворно влияющих на главные породы, может быть важным резервом повышения биологической устойчивости лесных полос. При подборе ассортимента кустарников необходимо учитывать их биохимическое влияние на деревья — аллелопатию. От характера аллелопатии древесно-кустарниковых растений в значительной степени зависят рост и состояние смешанных лесных насаждений [5]. В литературе мы не нашли сведений о биохимическом влиянии подлесочных кустарников на березу и лиственницу. Изучение данного вопроса и явилось целью настоящей работы.

Опыты проводили по методике М. В. Колесниченко [5]. Материалом для них были 1—2-летние сеянцы березы бородавчатой, лиственницы сибирской и ряда кустарников, выращенные в вазонах с почвой. Изучали влияние летучих и водорастворимых почвенных выделений кустарников (доноров) на суточную скорость накопления радиоактивного фосфора  $^{32}\text{P}$  в стволиках березы и лиственницы (акцепторов). Изменение скорости накопления, обнаруженное при воздействии выделений кустарников по отношению к нормальному уровню жизнедеятельности у одних и тех же растений, было критерием для установления биохимического эффекта. Величину накопления  $^{32}\text{P}$  в стволиках сеянцев измеряли торцовым счетчиком СБТ-7, соединенным с радиометрической установкой РПС2-0,3А. При вычислении скоростей накопления  $^{32}\text{P}$  в результате вносили поправку на радиоактивный распад. Опыты продолжались 10—12 дн. В первые 5 дн. растения-акцепторы были без воздействия выделений кустарников, в последующие — под воздействием. Часть растений, по реакции которых судили о влиянии погодных условий на накопление меченого фосфора в стволиках, не подвергали воздействию выделений и во второй период опыта. В каждом варианте было по 3—4 растения. Влияние летучих выделений моделировали в специальных камерах — деревянных каркасах, обтянутых полиэтиленовой пленкой по бокам и открытых сверху. В каждую камеру ставили растения-доноры и акцепторы в равном количестве отдельно по вариантам. Водорастворимые почвенные выделения получали от полива почвы в сосудах с произрастающими в них сеянцами до полной влагоемкости. Этой дренажной водой поливали опытные растения березы и лиственницы.

Затем методом распределительной хроматографии на бумаге определяли содержание фенольных соединений. Для этого 200 мл дренажной воды фильтровали, а затем выпаривали на водяной бане при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ . Сухой остаток растворяли в 2 мл 50%-ного этанола. Полученный раствор по 100 мкл наносили на каждую полосу хроматограмм. Применяли восходящую хроматографию. Растворителем служила смесь *n*-бутанола, ледяной уксусной кислоты и воды в соотношении 4:1:5. Фенольные соединения обнаруживали по некоторым физико-химическим свойствам: свечению в ультрафиолетовом свете, реакции с хлорным железом, диазотированной сульфаниловой кислотой и др. [3]. Химическую идентификацию их дополняли биологическим проявлением хроматограмм. При этом биотестами служили отрезки колеоптилей пшеницы [1].

Результаты лабораторных опытов показали, что жизнедеятельность березы и лиственницы нарушается под влиянием выделений кустарников (табл. 1). Изменения скоростей накопления меченого фосфора в стволиках опытных растений в разных вариантах неоднозначны. Одни кустарники снижают этот показатель (ингибиторы), другие — увеличивают (активаторы). Ингибиторами березы оказались: аморфа кустарниковая, жимолость татарская, бузина красная, смородина золотистая, вишня степная и терн; активаторами — лох узколистный, ирга круглолистная и акация желтая. Лиственницу ингибируют лох и жимолость. Смородина, ирга и аморфа являются для нее активаторами. Лох и жимолость проявили ингибирующее влияние на березу дважды: в 1976 и 1977 гг. Это повышает достоверность результатов. Нашими опытами подтверждаются данные других исследователей, которые свидетельствуют, что под влиянием аллелопатических факторов у растений изменяется интенсивность: фотосинтеза [4], азотного [12] и фосфорного [10] обмена. Важно отметить, что различные виды-доноры вызывают неодинаковую реакцию одного и того же вида растения-акцептора. Эта особенность биохимического влияния кустарников на древесные растения подтверждает выводы М. В. Колесниченко.

Таблица 1

Растение-акцептор	Растение-донор	Скорость накопления $^{32}\text{P}$ , расп/мин в сутки, учтенная торцовым счетчиком в одних и тех же участках стволиков		
		в контрольный период	в период воздействия выделениями	Отклонения от нормы с поправкой на колебания климатических факторов, %
Опыты 1976 г.				
Береза	Лох	211,0 ± 6,3	229,0 ± 9,5	+ 26
	Аморфа	320,0 ± 16,6	200,0 ± 13,7	- 20
	Ирга	76,0 ± 3,1	111,0 ± 4,6	+ 64
	Жимолость	120,0 ± 8,5	73,0 ± 10,3	- 22
	Общий контроль	162,0 ± 1,9	133,0 ± 7,4	- 18
Лиственница	Лох	60,0 ± 9,6	121,0 ± 6,6	- 79
	Аморфа	22,0 ± 4,0	85,0 ± 4,1	+ 205
	Жимолость	70,0 ± 14,3	70,0 ± 13,1	- 181
	Общий контроль	37,0 ± 3,2	104,0 ± 1,2	+ 181
Опыты 1977 г.				
Береза	Лох	52,0 ± 1,0	61,0 ± 2,6	+ 26
	Жимолость	249,0 ± 7,9	97,0 ± 8,0	- 54
	Акация	65,7 ± 1,4	70,0 ± 2,9	+ 14
	Бузина	135,0 ± 9,2	99,3 ± 2,0	- 18
	Смородина	136,0 ± 0,3	76,0 ± 6,2	- 36
	Вишня	175,0 ± 15,2	74,6 ± 5,8	- 49
	Терн	103,0 ± 5,8	66,0 ± 5,8	- 28
	Общий контроль	157,0 ± 4,6	143,0 ± 5,7	- 8
Лиственница	Смородина	65,7 ± 3,0	87,3 ± 5,9	+ 60
	Ирга	42,0 ± 3,6	50,7 ± 3,3	+ 49
	Общий контроль	109,0 ± 15,8	79,0 ± 5,5	- 28

ко [5] о видовой специфичности действия выделений (фитонцидов) растений. Проявившаяся закономерность аллелопатии связана с тем, что в выделениях разных видов имеются вещества различной химической природы [6].

Химический анализ дренажной воды из-под кустарников позволил установить в них фенольные соединения, количество и качество которых неодинаково у разных видов (табл. 2).

Выделить конкретное соединение нам не удалось ни в одном варианте. Вещество с  $R_f$  0,34, вероятно, принадлежит к группе флавонолов, многие из которых являются ингибиторами роста [3]. При биологическом проявлении хроматограмм установлено подавление или стимулирование роста coleoptилей пшеницы под влиянием веществ, расположенных в различных зонах. Эти результаты представлены на рис. 1. У каждого вида имеются специфические особенности действия на испытуемый тест-объект. У лоха стимулирование роста проявилось почти во всех зонах, а наиболее сильно под влиянием веществ с  $R_f$  0,9—1,0. У бузины вещество с  $R_f$  0,15 стимулирует рост, а в зоне с  $R_f$  0,5 проявилось ингибирующее действие. Почти во всех зонах имеются ингибиторы роста у акации, жимолости, терна, аморфы. Наибольшее подавление роста у акации наблюдается в зоне с  $R_f$  0,5—0,6; у терна с  $R_f$  0,2—0,3; у жимолости с  $R_f$  0,4—0,6. Можно полагать, что

Таблица 2

Rf	Площадь пятен, мм <sup>2</sup>						Окраска пятен в дневном свете	Свечение пятен в УФ свете	
	Лох	Жимолость	Терн	Акация	Бузина	Аморфа		без NH <sub>3</sub>	над парами NH <sub>3</sub>
0,06	45	—	—	—	—	—	—	Зелено-желтое	Усиливается
0,11	47	—	—	—	—	—	Желтая	Желто-зеленое	—
0,22	—	—	101	117	—	—	—	Слабо-фиолетовое	—
0,25	—	—	—	—	240	142	—	Ярко-фиолетовое	—
0,32	367	—	306	691	660	630	—	Голубое	—
0,34	370	403	210	424	354	301	Желтая	Желто-зеленое	Ярко-желтое
0,37	—	—	—	307	—	—	—	Фиолетово-коричневое	—
0,52	210	—	—	—	—	—	—	Темно-фиолетовое	—
0,60	—	—	—	—	750	—	—	Голубое	—
0,89	107	—	—	—	—	240	—	Слабо-фиолетовое	—
0,97	604	300	437	387	603	400	—	Зелено-голубое	Усиливается

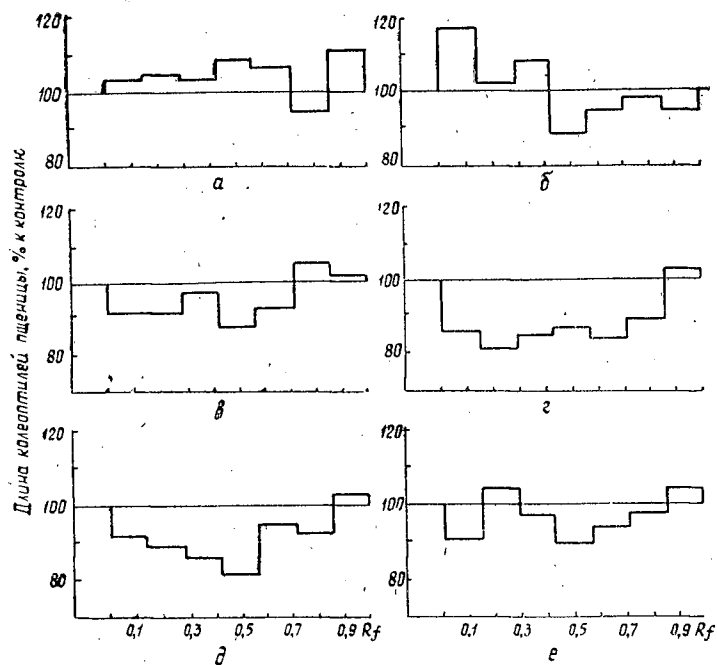


Рис. 1. Гистограммы биологической активности дренажных вод из-под кустарников.

а — лоха; б — бузины; в — акации; г — терна; д — жимолости; е — аморфы.

обнаруженный в опытах аллелопатический эффект кустарников по отношению к березе и лиственнице в значительной степени связан с этими биологически активными соединениями.

Для изучения влияния кустарников на березу и лиственницу при длительном совместном росте были заложены чистые (одновидовые) и смешанные вегетационные культуры этих деревьев по методике М. В. Колесниченко [5]. Для набивки сосудов использовали смесь черноземной почвы с песком в соотношении 4 : 1. За растениями осуществляли регулярный уход: полив до 60%-ной влагоемкости почвы и подкормку смесью Гельригеля два раза в месяц. Наблюдения за один вегетационный сезон показали, что рост березы и лиственницы в разных вариантах отличается от контроля. Характер влияния, обнаруженный в лабораторных и вегетационных опытах, почти везде совпадает, а именно: кустарники, ингибирующие березу и лиственницу в лабораторных опытах, подавляют их и при совместном росте и наоборот при активировании.

В полевых условиях проводили наблюдения в березовой лесной полосе с лоховой опушкой. Изучаемый объект расположен на полях Института им. В. В. Докучаева в Новоусманском районе Воронежской области. Измеряли порядно высоты и диаметры стволов березы. Оказалось, что средний диаметр деревьев в первом от лоховой опушки ряду на 10—12% больше, чем во всех других. Эти данные согласуются с результатами лабораторных и вегетационных опытов, в которых лох стимулировал жизнедеятельность березы. Такое совпадение позволяет предполагать, что аллелопатический эффект, установленный в модельных опытах, проявляется и в лесных насаждениях.

Приведенные материалы свидетельствуют о существенной роли аллелопатии кустарников в регулировании взаимоотношений с главными породами. Результаты исследований помогут целенаправленно подбирать состав подлеска в березовые и лиственничные насаждения. Лучше для этого использовать активаторы данных пород. Ингибиторы выращивать можно, но в ограниченном количестве, не более 10—20% от всех посадочных мест. Размещать такие кустарники лучше по опушкам лесных полос.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бояркин А. Н. Метод количественного определения активности ростовых веществ. — В кн.: Методы определения регуляторов роста и гербицидов. М., «Наука», 1966, с. 13—14. [2]. Виноградов В. Н. Рубежи науки о лесе. — «Лесное хозяйство», 1976, № 7. [3]. Кефели В. И., Турецкая Р. Х., Сарапуу Л. П. Идентификация физиологически активных индольных и фенольных соединений, регулирующих рост растений. — «Физиология растений», 1964, т. 11, вып. 5, с. 853—861. [4]. Колесниченко М. В. Биохимические взаимовлияния древесных растений. М., «Лесная промышленность», 1968. [5]. Колесниченко М. В. Биохимические взаимовлияния древесных растений. М., «Лесная промышленность», 1976. [6]. Колесниченко М. В., Спахова А. С., Спахов Ю. М. К вопросу о связи химического состава фитонцидов с их влиянием на жизнедеятельность древесных растений. — Материалы научной конференции Воронежского СХИ. Воронеж, 1970, вып. 1, с. 37—40. [7]. Маяцкий И. Н. К оценке роли кустарников в ползащитных лесных полосах на южных черноземах. — В сб.: Лесоводство и агролесомелиорация. Вып. 29. Киев, «Урожай», 1972, с. 119—120. [8]. Нетребенко В. Г. О росте дуба в ползащитных лесных полосах с кустарниками на темно-каштановых почвах Украины. — В сб.: Лесоводство и агролесомелиорация. Вып. 45. Киев, «Урожай», 1976, с. 61—68. [9]. Портянко А. Ф. Роль кустарников в ветроломных ползащитных лесных полосах Западной Сибири. Омск, 1975, с. 54. [10]. Спахов Ю. М., Спахова А. С. Физиологическое обоснование применения  $^{32}\text{P}$  при изучении биохимических взаимовлияний древесных растений. — В кн.: Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитозонах. Вып. 6. Киев, «Наукова думка», 1975, с. 117—121. [11]. Торохтун И. М. Рост древесных пород в молодых полосах без кустарников на темно-каштановых поч-



вах Украины. — Сборник научно-исследовательских работ. Сталинградское кн. изд-во, 1960, 28, с. 82—86. [12]. Чумаков В. В. Изменение интенсивности азотного обмена у древесных растений в смешанных культурах. — В кн.: Взаимодействие растений и микроорганизмов в фитоценозах. Киев, «Наукова думка», 1977, с. 141—147.

Поступила 26 февраля 1979 г.

УДК 581.13

## ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У ЕЛИ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ОСВЕЩЕННОСТИ И КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ

С. С. ВЕРЕМЬЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты стационарных наблюдений за ростом и развитием елового подростка под пологом леса и культур на вырубке при использовании механических способов обработки почвы. Даны также некоторые сведения о действии основных экологических факторов в естественно сложившихся и искусственно созданных фитоценозах.

Цель настоящей работы — изучение интенсивности обменных процессов в еловых молодняках I класса возраста под влиянием основных экологических факторов: условий светового и корневого питания.

Исследования проводили в течение 1973—1976 гг. на стационарных опытных участках в Судиславском лесхозе Костромской области. Объектом изучения служили 10-летние культуры ели в условиях рубки и разновозрастный подрост естественного происхождения на прилегающих участках под пологом леса. Вырубка 12-летней давности, по классификации И. С. Мелехова [6], разнотравно-вейникового типа с интенсивным возобновлением березы и осины. Культуры созданы посадкой в пласты, обработанные плугом ПКЛ-70 по раскорчеванным полосам с сохранением и удалением дернины, а также на необработанную почву. Естественное возобновление находится под пологом материнского древостоя производной формации, состава 5ЕЗБ2Ос, полнотой 0,7—0,8, в коренном типе леса ельник кислично-черничный.

Освещенность замеряли с помощью люксметра Ю-16, как рекомендует Ю. Л. Цельникер [12]. Для изучения условий корневого питания культур и подростка ели использовали общепринятые агрохимические методы [1, 9]. Интенсивность течения обменных процессов в органах ели определяли путем сравнительного изучения сезонной динамики содержания азота, фосфора и калия, водорастворимых углеводов и свободных аминокислот в однолетней и двухлетней хвое, лубе и корнях. Образцы отбирали при последовательном прохождении основных фенофаз в развитии растений, согласно методике ботанических исследований И. Н. Елагина [2]. Для получения достоверных результатов с точностью 5% из индивидуальных образцов составляли смешанные по методу Вермана [13, 14]. Материал фиксировали водяным паром, высушивали до абс. сухого состояния и анализировали: азот, фосфор, калий — по Куркаеву [4], углеводы — по Бертрану [7], аминокислоты — методом бумажной хроматографии [10].

В табл. 1 приведена характеристика светового режима и химические свойства почвы участков наблюдений. Световой режим различен при сравнении культур на вырубке и подростка под пологом леса. На вырубке максимальная освещенность составляет 70% (затенение листовым молодняком), а под пологом лишь 14% от открытого места. По Лиру, Польстеру, Фидлеру [5], световой минимум ели обыкновенной равен 2,8% от полного освещения. Однако для нормального роста семянцев ели необходима интенсивность не ниже 30% от открытого места. По нашим данным, освещенность подростка ели под пологом леса в 2,5 с лишним раза ниже необходимой.

При анализе условий корневого питания особое внимание следует обратить на влияние способа обработки почвы для создания искусст-

Таблица 1

Участок наблюдений	Средняя освещенность в 12-13 ч, тыс. лк/% от открытого места		Горизонт, см	рН в КС1	Степень насыщенности основаниями, %	Гумус, %	Азот		Под-визный фосфор, мг/100 г	Обмен-ный калий, мг/100 г
	Май	Июль					общий, %	аммиач-ный, мг/100 г		
Культуры на вырубке: в пласт по раскорчеванной полосе с сохранением дернины	25,2	21,2	0-5	4,3	50,7	3,74	0,16	55,08	4,9	12,7
	67	54	5-15	3,9	23,0	3,43	0,14	17,57	4,4	8,9
	23,3	21,6	15-25	3,8	38,4	3,77	0,16	24,48	5,2	8,6
	59	55	0-5	4,1	44,8	0,95	0,04	43,63	6,2	7,3
то же с удалением дернины	59	63	5-15	3,9	18,8	2,57	0,12	33,97	3,2	6,6
	27,6	23,2	15-25	3,9	26,1	2,20	0,11	26,26	5,1	6,2
	70	68	0-5	4,4	56,1	2,49	0,12	46,86	3,0	11,6
	5,2	5,7	5-15	3,9	24,7	1,69	0,08	19,80	1,9	11,7
Подрост под пологом леса	13	14	15-25	3,8	41,5	0,91	0,04	24,48	3,8	10,2
	5,2	5,7	0-5	4,0	24,5	2,25	0,17	51,82	4,3	10,4
	13	14	5-15	3,9	20,9	1,33	0,06	15,66	4,1	3,8
	5,2	5,7	15-25	3,7	41,8	1,00	0,05	23,46	3,4	8,2

Таблица 2

Участок наблюдений	Диаметр на высоте 0,3 м, см	Высота, см	Текущий прирост в высоту, см	Проекция кроны, см	Поверхность хвои, см²	Абс. сухая масса 1000 хвоинок, г
то же, с удалением дернины	1,7 ± 0,04	100,9 ± 2,9	18,1 ± 1,1	58,5 ± 1,8	20,2 ± 0,7	1,0
в неосработанную почву	2,6 ± 0,07	146,1 ± 5,1	30,3 ± 1,5	84,5 ± 2,4	22,0 ± 0,5	1,6
Подрост под пологом леса	0,9 ± 0,02	53,9 ± 1,6	4,2 ± 0,2	36,1 ± 1,3	17,4 ± 0,6	0,7

венных насаждений на вырубке. Исходя из данных табл. 1, корчевка пней и последующая напашка пластов с удалением дернины и верхнего гумусового горизонта обедняют корнеобитаемую зону искусственных насаждений за счет частичного выноса подзолистых горизонтов почвы на поверхность. Напротив, напашка пластов при сохраненной дернине способствует удваиванию перегнойно-аккумулятивного горизонта, а минерализация растительных остатков между двумя слоями почвы увеличивает содержание основных элементов корневого питания, в частности гумуса и азота.

Таким образом, искусственные насаждения ели на вырубке находятся в более благоприятных условиях освещенности и корневого пита-

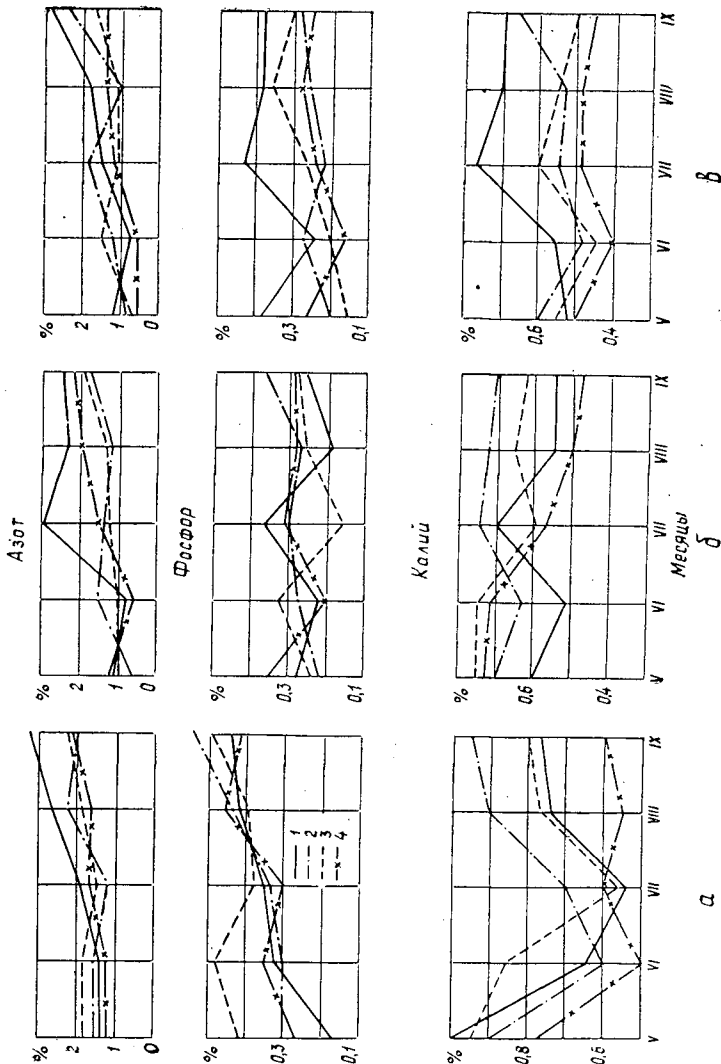


Рис. 1. Сезонная динамика основных биогенных элементов (% на абс. сухую массу).

а — двухлетняя хвоя; б — луб; в — корни; 1 — подрост ели; под пологом леса; 2 — вырубка, посадка в необработанную почву; 3 — пласт по раскорчеванной полосе с обработкой дернины; 4 — пласт по раскорчеванной полосе с удалением дернины.

ния. Подрост под пологом леса испытывает не только недостаток света, но и меньше обеспечен основными минеральными элементами, вследствие конкуренции со стороны материнского древостоя.

Сезонная динамика основных биогенных элементов в органах естественных и искусственных насаждений ели I класса возраста представлена на рис. 1. Наряду с общими тенденциями, свойственными сезонной динамике минеральных элементов в органах ели, подробно описанной в работах М. В. Журавлевой, Н. Е. Судачковой, Ю. Е. Новицкой и др. [3, 8, 11], прослеживаются значительные различия в азотном обмене культур на вырубке и подростка под пологом леса. Характерно заметное увеличение содержания азота во всех органах подростка ели под пологом леса по сравнению с искусственными насаждениями на вырубке. Это свидетельствует о нарушении обмена веществ в растениях и является признаком пониженной жизнеспособности.

По содержанию общего фосфора в хвое и лубе подрост под пологом и культуры на вырубке различаются мало, но в корнях подро-



роста моносахаров больше, чем в корнях культур на вырубке, что говорит о недостаточно интенсивном включении углеводов в синтез высокомолекулярных соединений и, как следствие, о плохом росте корневых систем.

В органах подроста ослаблен транспорт углеводов, что можно наблюдать по динамике сахарозы, уровень содержания которой в хвое и корнях ниже по сравнению с искусственными насаждениями ели на вырубке.

На вырубке ель на пластах с сохраненной дерниной и при посадке в необработанную почву отличается более высоким содержанием моносахаров в хвое и меньшим в корнях, чем в пластах, обедненных удалением верхних горизонтов почвы. Здесь происходит также интенсивное перемещение сахарозы в корни. Ухудшение условий корневого питания на вырубке снижает уровень углеводного обмена в искусственных насаждениях до уровня подроста под пологом леса.

Одна из основных сторон метаболизма — синтез белка, об интенсивности которого можно судить по динамике свободных аминокислот. По полученным данным, подрост под пологом леса и культуры ели на вырубке в худших условиях корневого питания обнаруживают увеличенное содержание свободных аминокислот в органах растений. Это — показатель замедленного включения их в синтез белка и, как следствие, ослабления ростовых процессов.

Таким образом, интенсивный рост культур ели на вырубке (табл. 2) при улучшении условий корневого питания определяется высоким содержанием в органах основных биогенных элементов, водорастворимых углеводов в хвое, интенсивным оттоком их в корни, низким содержанием в органах свободных аминокислот.

Неблагоприятное сочетание экологических факторов (низкая освещенность, недостаток влаги и минеральных элементов) определяет аномальный тип обмена в органах подроста ели под пологом леса: слабую утилизацию основных метаболитов, ослабление синтеза белка и в результате значительное отставание в росте по сравнению с одновозрастными искусственными насаждениями на вырубке.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Изд-во МГУ, 1961. [2]. Елагин И. Н. Методика ботанических исследований. — «Ботанический журнал», 1961, т. 46, № 7. [3]. Журавлева М. В. Влияние затенения на некоторые стороны обмена веществ у саженцев сосны и ели в культурах. — «Лесоведение», 1968, № 2. [4]. Куркаев В. Т. Ускоренное определение азота, фосфора и калия в растениях из одной навески. — «Почвоведение», 1959, № 9. [5] Лир, Польстер, Фидлер. Физиология древесных растений. — М., «Лесная промышленность», 1967. [6]. Мелехов И. С. Основы типологии вырубок. — В сб.: Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве. Архангельск, 1959. [7]. Методы биохимического исследования растений. М., «Колос», 1972. [8]. Новицкая Ю. Е. Особенности физиолого-биохимических процессов в хвое и побегах ели в условиях Севера. М., «Наука», 1971. [9]. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. М., «Колос», 1968. [10]. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М., «Колос», 1968. [11]. Судаchkova Н. Е. и др. Биохимическая характеристика семян хвойных пород в связи с условиями минерального питания. — Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам питания древесных растений и повышения продуктивности насаждения. Петрозаводск, 1969. [12]. Цельникер Ю. Л. Радиационный режим под пологом леса. М., «Наука», 1969. [13]. Wehrmann I. Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kiefernbeständen. — «Forstwiss. Cbl.», 1959, Bd 78, H. 3/4. [14]. Wehrmann I. Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft — «Landwirtsch. Forsch.», 1963, Bd 16, H. 2.

УДК 630\*525

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТОВАРНОСТЬ СТАРОВОЗРАСТНЫХ КАШТАННИКОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА

М. П. ЧЕРНЫШОВ

Воронежский лесотехнический институт

По данным постоянных пробных площадей, заложенных в четырех наиболее распространенных и хозяйственно ценных типах леса, анализируется продуктивность и динамика состояния каштановых насаждений, а также их товарная и сортиментная структура.

Каштанники Черноморского побережья, отличающиеся многообразием полезных свойств и высокой продуктивностью, всегда привлекали внимание лесоводов и сравнительно хорошо изучены в лесоводственном отношении [2—4]. Исследовательские работы таксационного направления, не считая лесоустройства, в каштанниках почти не проводились, поэтому многие вопросы, касающиеся таксационной структуры, особенностей роста, развития и формирования древостоев, изучены недостаточно. Все это и послужило предпосылкой для проведения лесотаксационных исследований в каштанниках побережья.

В пределах РСФСР на Черноморском побережье Кавказа произрастает более 32 тыс. га лесов из каштана съедобного. Средний возраст каштанников (103 года) недалек от возраста естественной спелости. Молодняки занимают 4% площади, а на долю приспевающих, спелых и перестойных приходится более 90% общей площади. Большая часть старовозрастных каштанников подлежит в самое ближайшее время реконструкции в целях замены высокопродуктивными молодняками. В настоящее время в них прогрессируют процессы активного отмирания наиболее старых деревьев каштана, что обуславливает процессы распада отдельных древостоев, определяющие санитарное состояние насаждений в целом.

Для установления лесохозяйственного и эксплуатационного значения старовозрастных каштанников побережья и определения перспектив их рационального использования целесообразно рассмотреть их современное состояние, товарную структуру и выход различных сортиментов.

С этой целью нами в 1975—1978 гг. на территории Адлерского и Лазаревского лесхозов было заложено 28 пробных площадей по 0,75—1,0 га в наиболее распространенных типах леса: в каштаннике колхидском — 6, ожиновом — 9, трахистеиновом — 8 и азалиевом — 5. Характеристика восьми наиболее типичных пробных площадей приведена в табл. 1.

Пробные площади заложены в старовозрастных высокопродуктивных насаждениях семенного происхождения с полнотой 0,8—1,0. Расположены они преимущественно на склонах северной и северо-восточной экспозиции крутизной 5—30°. Высота над уровнем моря — 500—650 м. Почвы — бурые и темно-бурые лесные, суглинистые, разной степени увлажнения. Пробы закладывали в соответствии с ГОСТом 16128—70. При распределении деревьев на качественные категории и при оценке их состояния применяли методы и нормативы, действующие в лесной таксации [1]. Для определения запаса древесины и выхода сортиментов на пробных площадях рубили по 2—4 модельных дерева каждой ступени толщины. Камеральную обработку материалов пробных площадей и карточек модельных деревьев производили по общепринятым методам.

Таблица 1

Номер пробной площади	Состав насаждения	Высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов	Тип леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Число деревьев каштана, шт./га	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га
1	9Кш1Бк + Д	580 м, С, 20°	К к	105	27	47	Ia	333	818
2	9Кш1Д+Бк, ед. Г	550 м, СВ, 18°	К к	124	31	58	I	232	779
3	9Кш1Г + Бк, ед. Д, Ол	600 м, СЗ, 10°	К ож	104	28	45	I	281	562
4	10Кш, ед. Бк	500 м, С, 15°	К ож	108	36	58	Ia	248	888
5	9Кш1Г, ед.Бк, Ол	540 м, С, 5°	К тр	107	28	47	I	177	604
6	8Кш2Г + Д, Бк, Кл	570 м, С, 15°	К тр	109	29	46	I	243	512
7	9Кш1Г, ед. Бк	650 м, СЗ, 35°	К аз	102	25	41	II	216	392
8	8Кш1Д1Бк	650 м, СВ, 28°	К аз	105	27	48	I	230	619

Наглядное представление о санитарном состоянии и качестве старовозрастных каштановых насаждений по типам леса дает распределение деревьев каштана по категориям качества и состояния, полученное при сплошном пересчете в зависимости от наличия и распространения внешних пороков (табл. 2).

Таблица 2

Номер пробной площади	Распределение деревьев каштана, %										Оценка состояния древостоя
	по качеству				по состоянию						
	Деловые	Полуделовые	Дровяные	Сухостойные	Здоровые	Ослабленные	Больные	Усыхающие	Сухостойные		
								свежие	прошлых лет		
1	61,3	25,8	9,0	3,9	46,2	45,0	1,2	3,7	1,6	2,3	Ослабленный
2	60,4	25,0	8,6	6,0	27,2	55,2	6,4	5,2	2,7	3,3	"
3	76,1	13,9	8,2	1,8	45,5	7,6	44,1	1,0	1,1	0,7	"
4	58,9	31,5	2,4	7,2	28,1	41,3	21,0	2,4	3,0	4,2	"
5	63,1	22,3	13,4	1,2	82,5	12,8	2,3	1,2	1,2	—	Здоровый
6	82,3	9,1	4,5	4,1	24,1	53,8	7,1	10,9	2,5	1,6	Ослабленный
7	57,9	26,4	8,8	6,9	79,6	11,0	2,5	—	2,6	4,3	Здоровый
8	16,5	45,9	30,4	7,2	19,8	63,8	5,9	3,3	3,4	3,8	Ослабленный

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что во всех типах леса состояние древостоев наилучшее в 105—108 лет. К возрасту 115—124 лет резко увеличивается доля ослабленных, больных и сухостойных деревьев.

Основными причинами ослабления и усыхания, носящими комплексный характер, являются снижение жизнедеятельности и устойчивости деревьев в связи с наступлением возраста естественной спелости и нарушением их физиологических функций; поражение каштана энтомо-вредителями и грибными болезнями; влияние хозяйственной деятельности человека (выборочные рубки, пастьба скота, низовые пожары и т. д.).

С возрастом изменяется и качественная структура насаждений. Так, в каштанниках колхидском, ожиновом и азалиевом с увеличением

возраста: соотношение между количеством деловых и дровяных деревьев меняется в пользу последних из-за большей распространенности стволовых гнилей, а товарность насаждений снижается. Таким образом, при отсутствии лесовосстановительных рубок в старовозрастных каштанниках наблюдается тенденция к еще большему ухудшению санитарного состояния и качества древостоев к возрасту 120—140 лет. Это подтверждается и результатами изучения товарно-сортиментной структуры старовозрастных каштанников (табл. 3).

Таблица 3

Номер пробной площади	Общий запас каштановой древесины, м <sup>3</sup> /га	Распределение общего запаса, % на категории качества			Распределение деловой древесины, %, по категориям крупности			Выход сортиментов, %			
		Деловая	Дровяная	Отходы	Крупная	Средняя	Мелкая	Фанерный край	Пиловоочник	Строительные бревна	Экстрактовое сырье
1	771	75,9	16,1	9,0	83,2	14,7	2,1	42,9	31,9	8,4	16,8
2	724	70,3	20,9	8,7	80,7	18,5	0,8	31,9	38,6	7,5	22,0
3	519	53,6	38,9	7,5	81,3	15,8	2,9	39,6	24,1	7,8	28,5
4	886	74,3	16,9	8,8	80,7	16,9	2,4	45,1	36,5	6,0	12,4
5	420	71,5	18,3	10,2	75,0	20,3	4,7	46,0	35,8	2,8	15,4
6	573	77,8	11,4	10,8	67,4	31,0	1,6	41,0	35,9	2,7	20,4
7	368	58,2	34,8	7,0	58,6	38,6	2,8	40,2	27,6	7,7	24,5
8	508	42,3	51,6	6,1	76,2	23,3	0,5	35,4	36,8	9,5	18,3

Данные табл. 3 показывают, что каштановые древостои Черноморского побережья характеризуются сравнительно высоким выходом деловой древесины (42,3—77,8% от запаса). По этому показателю насаждения в типах леса каштанник колхидский и трахистемоновый относятся к I, ожиновый — к I—II, а азалиевый — ко II—III классам товарности.

Деловая древесина в старовозрастных древостоях преимущественно крупная, в зависимости от типа леса ее доля составляет 53—83%. В каштанниках побережья при условии своевременного проведения рубок могут быть заготовлены в значительных количествах такие ценные крупномерные сортименты, как фанерный край, пиловочник и строительные бревна. Дровяная древесина, ликвид из кроны и лесосечные отходы, содержащие в среднем 10—15% дубильных веществ, могут быть использованы в качестве сырья для экстрагирования танидов и красителей. С увеличением возраста от 100 до 125 лет выход крупномерных и, как правило, более ценных высококачественных сортиментов снижается из-за прогрессирующего распространения стволовых гнилей.

Обобщая изложенное, можно сделать вывод о том, что старовозрастные каштанники побережья, наряду с высокой продуктивностью и при удовлетворительном санитарном состоянии, при рациональной раскряжке стволов дают высокий выход крупномерных сортиментов и характеризуются сравнительно небольшой, но постоянно возрастающей поврежденностью гнилями и пороками.

Полученные данные свидетельствуют о большом лесохозяйственно-эксплуатационном значении старовозрастных каштанников Черноморского побережья Кавказа как неиспользуемой пока лесосырьевой базы с огромными запасами спелой и ценной древесины. В связи с этим и для удовлетворения нужд народного хозяйства в твердолиственной древесине возникает необходимость решения вопроса о проведении в них лесовосстановительных и санитарных рубок в значительно боль-



ших, чем это имеет место, объемах и форсирования работ по реконструкции и восстановлению каштанников.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Грошев Б. И. и др. Лесотаксационный справочник. М., 1973. [2]. Иссинский П. А. Каштановые леса Кавказа и основы ведения хозяйства в них. — Сб. трудов СочНИЛОС. Вып. 4. М., 1968. [3]. Соколов С. Я. Общий естественно исторический и лесоводственный очерк Сочинского района. — Труды и исследования по лесному хозяйству и лесной промышленности. Вып. 4. М.—Л., 1931. [4]. Соколов С. Я. Некоторые ценные древесные и кустарниковые породы северной части Черноморского побережья Кавказа. — Тр. БИН АН СССР «Растительное сырье». Вып. 3. М.—Л., 1952.

Поступила 3 апреля 1979 г.

УДК 630\*.561 + 630\*.562

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ЛИНЕЙНЫМ И ОБЪЕМНЫМ ГОДИЧНЫМ ПРИРОСТОМ

В. Н. ЕВДОКИМОВ, П. А. ФЕКЛИСТОВ

Архангельский лесотехнический институт

Установлена тесная корреляционная связь и определена форма связи между приростом по площади сечения ствола и объемным годичным приростом. Предложен метод расчета объемного годичного прироста древостоя с использованием зависимости между приростом по площади сечения ствола и до объему.

Годичный прирост — наилучший показатель эффективности лесохозяйственных мероприятий [1, 4]. Однако до настоящего времени этот показатель почти не используется на практике. Наибольшее применение он нашел в дендроклиматических исследованиях: преимущественно прирост по диаметру ([5, 7, 10] и др.), реже по площади сечения ствола [3, 9], еще меньше объемный [6]. Как показатель лесохозяйственных мероприятий преимущественное значение имеет последний. Однако использование для его расчета методов определения текущего прироста требует проверки, а другие очень трудоемки.

В литературе встречаются высказывания о тесной связи между линейным приростом и приростом по площади сечения ствола с объемным годичным приростом [1, 4, 11].

Нам представляется целесообразным изучить степень связи легко измеряемого радиального годичного прироста  $Z_d$  и рассчитанного на его основе прироста по площади сечения ствола  $Z_s$  с объемным годичным приростом  $Z_v$ , а также изучить форму этой связи. Пользуясь полученными зависимостями, можно легко определить объемный годичный прирост.

С этой целью в северной подзоне тайги Архангельской области и Коми АССР было заложено 8 пробных площадей в разных типах леса в спелых древостоях, в чистых по составу или с небольшой примесью сопутствующих пород, в типах леса, наиболее распространенных в северной подзоне тайги Архангельской области и Коми АССР. Древостои IV—V классов бонитета. На каждой пробной площади срубали по 4—11 модельных деревьев, возраст которых более 100 лет. Модели разделявали на 2-метровые отрезки, как принято в таксации при анализе хода роста [2]. Радиальный годичный прирост на каждом срезе определяли с помощью микроскопа МБС-1 по четырем радиусам за последние 20 лет с точностью  $\pm 0,05$  мм. Всего спилено 55 модельных деревьев, у которых измерено около 44 тыс. годичных колец. По значениям радиального годичного прироста на высоте 1,3 м были рассчитаны площади годичных

слоев на высоте груди. По сложной формуле срединного сечения вычисляли объемы моделей за каждый из последних 20 лет. Объемный годичный прирост рассчитывали как разницу в объемах ствола в текущем году и в предыдущем.

Корреляционный анализ показывает, что между легко измеряемым приростом по диаметру на высоте груди и объемным годичным приростом в большинстве случаев существует тесная корреляционная связь.

Коэффициенты корреляции у разных модельных деревьев колеблются от +0,14 до +0,94 (в среднем 0,65) в ельниках и от +0,15 до +0,93 (в среднем 0,75) в сосняках. Однако у большинства модельных деревьев они чаще всего высокие, т. е. связь, как правило, тесная или очень тесная (табл. 1).

Таблица 1

Район исследования	Тип леса	Число модельных деревьев	Пределы колебаний и среднее значение		
			коэффициентов корреляции		корреляционных отношений $Z_s$ и $Z_v$
			$Z_d$ и $Z_v$	$Z_s$ и $Z_v$	
Коми АССР	Ельники: прирученный	7	0,14—0,80 0,51	0,36—0,86 0,68	—
	хвощово- сфагновый	4	0,90—0,94 0,91	0,91—0,96 0,94	—
	Сосняки: кустарничково- сфагновый	8	0,50—0,93 0,82	0,85—0,93 0,88	—
	вахто-сфагновый	5	0,15—0,92 0,63	0,32—0,94 0,75	—
Архангельская область	Ельник-черничник	11	—	0,37—0,90 0,61	0,37—0,90 0,68
	То же	7	—	0,35—0,84 0,64	0,46—0,86 0,70
	Сосняк-черничник	7	—	0,58—1,00 0,63	0,61—1,00 0,65
	То же	7	—	0,46—0,88 0,73	0,49—0,93 0,79

Связь между  $Z_s$  и  $Z_v$  более тесная, чем между  $Z_d$  и  $Z_v$  (табл. 1), особенно если последняя низкая. Коэффициенты корреляции в сосняках в разных типах леса колеблются от +0,32 до +1,00, а в еловых типах леса от +0,35 до +0,96 (табл. 1). Показатели связи, как правило, высокие и в среднем составляют 0,80 в сосняках и 0,68 в ельниках. Корреляционное отношение в ряде типов леса оказалось выше, чем коэффициенты корреляции, и достоверно. Достоверность определяли по критерию Стьюдента [8]. Однако критерий криволинейности недостоверен, что говорит о близости связи к линейной.

Полученные данные выравняли методом наименьших квадратов. Для этого использовали уравнения прямой, параболы, гиперболы, показательной и степенной функции. По наименьшей сумме квадратов отклонений опытных данных от выравненных отбирали соответствующее уравнение. Регрессионный анализ показал, что для выравнивания больше всего подходят уравнения параболы. Однако в абсолютном

большинстве случаев суммы квадратов отклонений, полученных в результате выравнивания опытных данных с использованием разных уравнений, отличаются в тысячных долях. Например, в сосняке-черничнике Архангельской области для средней модели были получены следующие уравнения и суммы квадратов отклонений:

$$Z_v = 0,9733 + 0,8112Z_s; \quad \Sigma (Z_s - \tilde{Z}_s)^2 = 0,0354;$$

$$Z_v = 0,9944 + 0,7874Z_s + 0,0064Z_s^2; \quad \Sigma (Z_s - \tilde{Z}_s)^2 = 0,0354;$$

$$Z_v = 0,5664 + 0,9235Z_s + 0,3579/Z_s; \quad \Sigma (Z_s - \tilde{Z}_s)^2 = 0,0353;$$

$$Z_v = 1,3131 \cdot 1,4021^{Z_s}; \quad \Sigma (Z_s - \tilde{Z}_s)^2 = 0,0356;$$

$$Z_v = 1,7040Z_s^{0,6064}; \quad \Sigma (Z_s - \tilde{Z}_s)^2 = 0,0355,$$

где  $Z_v$  — объемный годичный прирост,  $\text{дм}^3$ ;  
 $Z_s$  — годичный прирост по площади сечения ствола,  $\text{см}^2$ ;  
 $\Sigma (Z_s - \tilde{Z}_s)^2$  — сумма квадратов отклонений опытных данных от выравненных.

Поэтому для практических целей наиболее целесообразно использовать уравнение прямой. Соответствующие коэффициенты регрессии между приростом по площади сечения ствола и по объему для средних по приросту стволов каждого типа леса приведены в табл. 2. На основании этих уравнений можно рассчитать объемный годичный прирост наличного древостоя, для чего необходимо знать площадь годичного слоя среднего дерева ( $\text{см}^2$ ) и число стволов на 1 га. Подставляя среднюю площадь годичного прироста еловых древостоев в уравнение  $Z_v = a + bZ_s$ , находим объемный годичный прирост среднего дерева ( $\text{дм}^3$ ), а умножая на число стволов, получаем объемный годичный прирост наличного древостоя.

Таблица 2

Тип леса	Коэффициенты уравнения		Ограничения $Z_s$ , $\text{см}^2$
	$a$	$b$	
Сосняки:			
черничник	0,474	1,024	$\leq 5,0$
кустарничково-сфагновый	0,016	0,713	$\leq 1,8$
вахто-сфагновый	0,141	0,654	$\leq 4,0$
Ельники:			
черничник	-0,048	1,144	$\leq 5,0$
хвощово-сфагновый	-0,249	1,016	$\leq 5,5$
лог	0,080	0,944	$\leq 7,5$

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антанайтис В. В., Загреев В. В. Прирост леса. М., «Лесная промышленность», 1969. 240 с. [2]. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1971. 512 с. [3]. Гортинский Г. Б., Тарасов А. И. О географической сопряженности годичного прироста еловых древостоев в подзоне южной тайги. — В сб.: Механизмы взаимодействия растений в биогеоценозах тайги. Л., «Наука», 1969, с. 40—50. [4]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964, 125 с. [5]. Комин Г. Е. Оценка прироста древостоев по модельным деревьям для дендроклиматического анализа. — В сб.: Динамика и строение лесов на Урале. Труды Инст. экологии растений и животных. Свердловск, 1970, вып. 27, с. 64—82. [6]. Лисеев А. С. Методы изучения связей между осадками и приростом сосны. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд.

с.-х. наук. Красноярск, 1975. 27 с. [7]. Ловелиус Н. В. Многолетняя изменчивость прироста хвойных (на примере некоторых предельных условий обитания). — В сб.: XXI Герценовские чтения межвуз. конф. «География и геология». Прогр. и краткое содержание докладов. Л., 1969, с. 52—55. [8]. Свалов Н. Н. Вариационная статистика. М., МЛТИ. 1975. 177 с. [9]. Фрей З. Влияние метеорологических факторов на прирост древесины ели. — «Докл. ТСХА», 1975, вып. 208, с. 231—235. [10]. Шиятов С. Г. О некоторых особенностях роста древесных растений на верхнем и полярном пределах лесов. — В сб.: Вопросы древесного прироста в лесоустройстве. Каунас, 1967, с. 107—111. [11]. Dinkelaker H. Die Auswirkung unterschiedlicher Grundflächenhaltung auf die Umrechnung von Grundflächenzuwachs in Fichtenbeständen. «Allgem. Forst- und Jagdzeitung», 1965, 136, N 11, S. 258—263.

Поступила 15 февраля 1979 г.

УДК 630\*.524

## ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ДРЕВЕСНЫХ ХЛЫСТОВ ПО ПРОСТОЙ ФОРМУЛЕ СРЕДИННОГО СЕЧЕНИЯ

П. Ф. ВОЙТКО, М. М. МИХАЙЛОВ

Марийский политехнический институт

Приведены результаты изучения точности определения объема хлыстов ели, березы и осины по простой формуле срединного сечения, а также их совокупностей.

По современной технологии большинство лесозаготовительных предприятий заготавливают и вывозят лес в хлыстах. Часто лесозаготовители вывозят и сдают хлысты непосредственно на склады потребителей. Б. Г. Залегаллер [3] отмечает, что это направление уже сейчас получает широкое распространение, а в перспективе разовьется еще более. Все это делает актуальным проведение исследований по оценке точности определения объемов хлыстов разными способами.

Мы изучали точность определения объема отдельных хлыстов (без коры) ели, березы, осины и их совокупностей по простой формуле срединного сечения [1]. За точный принимали объем хлыстов, вычисленный по сложной формуле срединных сечений (длина секции 2 м).

Экспериментальный материал для исследования нами был собран в сырьевой базе Краснояреченского леспромхоза всесоюзного объединения Кировлеспром на территории Кажимского лесхоза (южной части Коми АССР, относящейся к среднетаежной зоне. ДревоСТОИ смешанные: 6Б2Ос2Е, возраст 80 лет, III класс бонитета (березняк-черничник), полнота 0,8 и 5Б2Ос3Е, 80 лет, II класс бонитета (березняк-кисличник), полнота 0,8, почвы суглинистые.

На верхнем складе хлысты ели, березы и осины сортировали по породам, а в пределах породы по пяти группам толщины. Диаметры хлыстов на высоте 1,3 м от комля в коре по классам крупности составляли: I — 10—16 см, II — 18—22, III — 24—28, IV — 30—34 и V — 36 см и более. Каждая группа хлыстов (пачка) составляла один воз на автопоезде МАЗ-509 + ТМЗ-803 (16—30 м<sup>3</sup>). Таких пачек (возов) было 15. Кроме того, было составлено по пять пачек из хлыстов смешанного состава (4Ос3ЕЗБ и 5ЕЗБ2Ос). Всего было 25 пачек, в среднем по 47 хлыстов. Все пачки содержали 1173 хлыста, в том числе ели — 448, березы — 397, осины — 328. Общий объем всех хлыстов 543 м<sup>3</sup>, в том числе ели — 170, березы — 179, осины — 194, средний объем пачки — 21,7 м<sup>3</sup>.

У каждого хлыста определяли объем по простой и сложной формулам, погрешность объема, найденного по простой формуле, а для совокупности — пачки хлыстов — средние квадратические и систематические ошибки [2, 4].

В табл. 1 приведены наибольшие ошибки в определении объема отдельных однородных хлыстов по простой формуле срединного сечения, а также проценты средних квадратических и систематических ошибок для совокупности хлыстов в пачке. Данные по хлыстам

Таблица 1

Порода	Класс крупности	Средний объем хлыста в пачке, м <sup>3</sup>	Число хлыстов, шт.	Ошибки, %				
				наибольшие для отдельных хлыстов		для совокупности хлыстов в пачке		
				+	-	Средняя квадратическая ±	Всего результата ±	Систематическая
Ель	I	0,146	113	15,5	15,3	6,1	0,6	+ 2,8
	II	0,342	59	17,8	13,9	4,3	0,6	+ 3,6
	III	0,493	36	14,4	10,4	5,9	1,0	+ 1,0
	IV	0,720	25	6,6	10,2	5,1	1,0	- 0,8
Береза	I	0,193	82	13,9	18,1	7,2	0,8	- 1,8
	II	0,355	50	12,6	12,5	6,1	0,9	- 2,7
	III	0,744	31	14,2	7,6	5,0	0,9	- 0,3
	IV	1,00	23	7,8	14,6	6,0	1,3	- 2,0
Осина	I	0,164	121	14,9	15,8	7,1	0,7	- 0,1
	II	0,326	62	17,7	11,0	6,8	0,9	+ 3,5
	III	0,862	34	9,9	10,1	5,5	0,9	+ 0,5
	IV	1,18	22	13,3	4,8	5,5	1,2	+ 2,8

V класса крупности не приводятся в связи с малым их числом в пачках (по 15—17 шт.).

Как следует из таблицы, наибольшая ошибка в определении объема отдельного хлыста ели, березы и осины достигает  $\pm 19\%$ . Для крупных хлыстов (с объемом 1 м<sup>3</sup> и более) она не превышает  $\pm 15\%$ . Средняя квадратическая ошибка в определении объема древесины совокупности однородных хлыстов из ели, березы и осины — пачки хлыстов — с объемом 16—30 м<sup>3</sup> (более 20 хлыстов) достигает  $\pm 7,0\%$ , в среднем  $\pm 5—6\%$ .

Если объемы отдельных хлыстов были вычислены по простой формуле срединного сечения, а объемы совокупностей в пачках — как их суммы, то ошибка в определении объема древесины совокупности однородных хлыстов из указанных пород (пачки хлыстов) составляет от +3,6 до -2,7%; для пачек из хлыстов березы ошибки с минусом, осины — с плюсом, а ели — с разными знаками.

В табл. 2 показаны ошибки в объемах древесины по отдельным пачкам хлыстов, составленным из разных древесных пород. В этом случае ошибка получается несколько меньше, чем в объеме пачки из хлыстов одной породы.

Таблица 2

Класс крупности	Средний объем хлыстов, м <sup>3</sup>	Число хлыстов в пачке, шт.	Процент ошибки в объеме пачки хлыстов	Класс крупности	Средний объем хлыстов, м <sup>3</sup>	Число хлыстов в пачке, шт.	Процент ошибки в объеме пачки хлыстов
Состав 4Ос3ЕЗБ				Состав 5ЕЗБ2Ос			
I	0,174	108	- 1,7	I	0,166	98	+ 0,4
II	0,429	56	+ 2,2	II	0,370	55	- 0,9
III	0,635	35	+ 3,1	III	0,637	34	+ 1,4
IV	1,156	24	- 1,4	IV	0,908	25	+ 3,3

В табл. 3 показаны ошибки в определении объемов совокупностей всех обмеренных хлыстов по породам и классам крупности, когда объемы отдельных хлыстов были вычислены по простой формуле срединного сечения, а совокупностей хлыстов — как их суммы. Данные таблицы свидетельствуют о том, что суммарный объем большой совокуп-

ности хлыстов ели, березы и осины при определении объемов отдельных хлыстов по простой формуле срединного сечения определяется почти с такой же точностью, что и по сложной формуле; для совокупности 1173 хлыста ошибка составила лишь +0,64%.

Таблица 3

Класс крупности	Средний объем хлыстов, м <sup>3</sup>	Число хлыстов, шт.	Ошибка в объеме совокупности хлыстов, %	Класс крупности	Средний объем хлыстов, м <sup>3</sup>	Число хлыстов, шт.	Ошибка в объеме совокупности хлыстов, %
Ель				Осина			
I	0,151	207	+ 0,8	I	0,164	121	- 0,3
II	0,319	104	+ 0,9	II	0,415	90	+ 3,2
III	0,502	64	+ 0,3	III	0,822	53	+ 1,8
IV	0,731	45	+ 0,2	IV	1,23	37	+ 1,7
V	1,45	28	- 0,8	V	1,77	27	+ 1,1
В среднем	0,380	448	+ 0,7	В среднем	0,591	328	+ 2,1
Береза				В среднем по всем породам			
I	0,186	194	- 2,3	0,463	1173		+ 0,64
II	0,363	88	- 2,4				
III	0,724	53	+ 0,2				
IV	1,04	37	- 1,1				
V	1,38	25	+ 0,1				
В среднем	0,451	397	- 1,1				

Приведенные материалы позволяют сделать следующее заключение.

1. Простая формула срединного сечения преувеличивает объем древесины большой совокупности хлыстов (свыше 400 шт.): ели — на 1%, осины — на 2%, березы — преуменьшает на 1%.

2. Способ определения объема древесины совокупности хлыстов как суммы объемов хлыстов, вычисленных по простой формуле срединного сечения, может быть рекомендован для тех случаев, когда объем древесины пачки хлыстов одного автопоезда из ели, березы, осины нужно определить с ошибкой до  $\pm 3-3,5\%$  или для большой совокупности хлыстов (около 400 шт.) из ели и березы с ошибкой до 1%, из осины — до 2%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1977. 512 с.  
 [2]. Зайдель А. Н. Элементарные оценки измерений. Изд. 2-е. Л., «Наука», 1967. 89 с.  
 [3]. Залегаллер Б. Г. Перспективная технология работ на нижних складах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 6, с. 42—48.  
 [4]. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. М.—Л., Гослесбумиздат, 1952. 387 с.

Поступила 30 мая 1979 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*.378.33

МЕТОД РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В ПРИЧАЛАХ  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛОТОВ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Излагается новый метод расчета потребности в причалах для формирования плотов на лесосплавных рейдах с использованием приемов теории массового обслуживания.

В технической литературе по водному транспорту леса [2, 4—6] нет каких-либо сведений о методах расчета потребности в причалах для формирования плотов на лесосплавных рейдах. Между тем, успешное и бесперебойное функционирование рейдов во многом зависит от правильного определения количества мест формирования плотов. Недостаток их приводит к перебоям в работе рейда, как поточного производства, в то же время излишек формиловочных причалов вызывает ненужные затраты по их оборудованию.

Представляется, что способ достоверного расчета потребности в причалах может быть получен из приложения к процессу формирования плотов методов теории массового обслуживания.

В самом деле, процессы формирования плотов во времени безусловно можно считать массовыми, особенно на рейдах с большим объемом работ, и в то же время случайными.

Правомерно рассматривать моменты потребности в причалах как поток заявок на обслуживание, а сам процесс формирования как процесс обслуживания этих заявок со случайной продолжительностью [3, 7; 8]. Указанная система массового обслуживания будет разомкнутой и многоканальной, поскольку одного формиловочного причала для любого рейда явно недостаточно. В зависимости от конкретных условий работы рейда система может быть как с отказами, так и с ожиданием.

Так, применительно к механизированным поточным линиям для формирования плотов [1], где отсутствуют условия для передержки в ожидании постановки в плот сколько-нибудь значительного количества готовых секций, это будет система с отказами.

На рейдах с ручным формированием плотовых секций эту систему можно считать системой с ожиданием. Однако это система с явно ограниченной длиной очереди, поскольку в формиловочных устройствах лесосплавных рейдов также отсутствуют условия для накапливания очереди из готовых секций сколько-нибудь значительной длины. Так, например, для условий Северной Двины очередь в один плот означает необходимость передержки на формиловочном устройстве 20 готовых секций.

Будем считать, что в рассматриваемой задаче имеет место простейший поток заявок на обслуживание.

Известно, что на каждом формиловочном рейде принята определенная дробность сортировки секций по плотам. Тогда поток заявок на формирование плотов из данного сортимента (группы сортиментов)

при более или менее равномерной производительности сплочных средств рейда можно считать регулярным. Но по Е. С. Вентцелю [3, с. 511] «при суммировании (взаимном наложении) большого числа ординарных, стационарных потоков с практически любым последствием получается поток, сколь угодно близкий к простейшему».

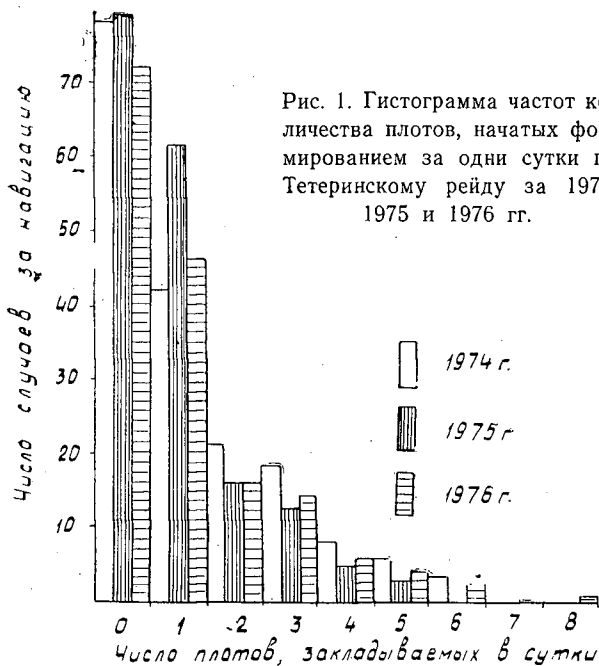


Рис. 1. Гистограмма частот количества плотов, начатых формированием за одни сутки по Тетеринскому рейду за 1974, 1975 и 1976 гг.

Простейший поток заявок ассоциируется с показательным законом распределения плотности вероятностей промежутков между заявками на обслуживание. Представленная на рис. 1 гистограмма распределения количества плотов, закладываемых в сутки на крупнейшем у нас в стране Тетеринском формирующем рейде за три года, указывает, что распределение промежутков времени между закладываемыми плотами близко к показательному\*.

Длительность занятости причалов в 1974 г. по данным этого же рейда характеризуется гистограммой, представленной на рис. 2. Подобные гистограммы имеются также за 1975 и 1976 гг. Теоретическая плотность распределения вероятностей занятости причалов за все три года представляется распределением Эрланга вида

$$f_k(t) = \frac{\mu(k+1)}{k!} [\mu(k+1)t]^k e^{-\mu(k+1)t}, \quad (1)$$

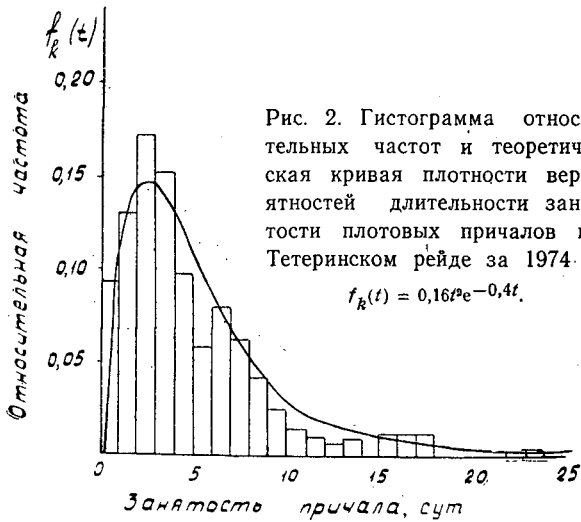
где  $\mu$  — величина, обратная средней продолжительности формирования одного плота (занятости причала);

$k$  — порядок распределения Эрланга; во все годы  $k = 1$ .

Обработка статистических данных по занятости причалов показала, что в 1974 г.  $\mu = 0,201$ , в 1975 г.  $\mu = 0,149$ , в 1976 г.  $\mu = 0,191$  1/сут.

\* Сбор и обработку статистических материалов по Тетеринскому рейду выполнил студент В. П. Бурдачев.





Хотя длительность обслуживания заявок в системе и не распределена точно по показанному закону, тем не менее для решения поставленной задачи представляется возможным воспользоваться известными в теории массового обслуживания [3, 7, 8] готовыми аналитическими решениями, предложенными Эрлангом\*. В частности, будем считать, что в системе с отказами вероятность остановки рейда из-за переполнения формовочных причалов определится по формуле

$$P_{\text{отк}} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}}, \quad (2)$$

где  $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$  — приведенная плотность заявок ( $\lambda$  — плотность потока заявок 1/сут);

$n$  — общее количество причалов;

$$k = 1, 2, \dots, n.$$

Плотность заявок может быть определена как

$$\lambda = \frac{N_{\text{сут}}}{V}, \quad (3)$$

где  $N_{\text{сут}}$  — суточная производительность поточной линии, м<sup>3</sup>/сут;

$V$  — средний объем одного пловца, м<sup>3</sup>.

Средняя продолжительность формирования одного пловца во всех случаях определится по формуле

$$\bar{t}_{\text{обсл}} = i \frac{V}{N_{\text{сут}}}, \quad (4)$$

где  $i$  — количество одновременно формируемых на рейде пловцов.

\* По исследованиям Б. А. Севастьянова [3, 7], для систем массового обслуживания с отказами формулы Эрланга справедливы для любого распределения времени обслуживания.

Минимальное количество одновременно формируемых на рейде плотов может быть приравнено к принятой дробности сортировки секций по плотам, т. е. к минимальному количеству плотов, которое формируют на рейде одновременно. В тех крайних случаях, когда на рейде не изготавливают рассортированные плоты и плоты формирует одна бригада рабочих,  $i = 1$ . Но однако для рейдов большой пропускной способности, когда в формировании в плоты отдельных массовых сортиментов (групп сортиментов) участвует несколько рабочих бригад, значение  $i$  больше принятой дробности сортировки секций по плотам на то количество рабочих бригад, которые дополнительно привлекаются к формированию упомянутых массовых сортиментов.

Таким образом,

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda}{\frac{1}{\bar{t}_{\text{обсл}}}} = \frac{N_{\text{сут}}}{V N_{\text{сут}}} = i. \quad (5)$$

Следовательно, приведенная плотность потока заявок равна принятому количеству единовременно формируемых на рейде плотов, и формула (2) принимает вид

$$P_{\text{отк}} = \frac{\frac{i^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{i^k}{k!}}. \quad (6)$$

Для системы массового обслуживания с ожиданием\* вероятность отказа в обслуживании очередной заявки по [7] определяется формулой

$$P_{\text{отк}} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n}\right)^m}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_0^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}, \quad (7)$$

где  $m$  — предельная длина очереди,  $s = 1, 2, \dots, m$ .

Если, как уже говорилось ранее, принять  $m = 1$  (секции на один плот накапливаются на формирующей сетке), то с учетом выражения (5)

$$P_{\text{отк}} = \frac{\frac{i^{n+1}}{n! n}}{\sum_{k=0}^n \frac{i^k}{k!} + \frac{i^{n+1}}{n! n}}. \quad (8)$$

Решение формул (6) и (8) для различных значений  $i$  и  $n$  приводится на графиках (рис. 3).

Таким образом, использование методов теории массового обслуживания дает возможность определять потребность в причалах для формирования плотов, т. е. решить задачу, которая в прошлом не имела способа решения. При решении этой задачи, как видно из расчетных

\* По данным [7] при ограниченном времени ожидания заявки в очереди решения Эрланга могут быть использованы в системах массового обслуживания с ожиданием при законах распределения длительности обслуживания, отличающихся от показательного.

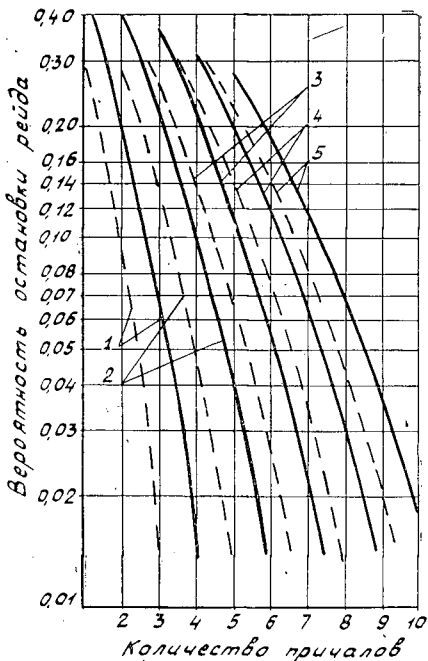


Рис. 3. Графики вероятностей остановки рейда из-за переполнения причалов для формирования плотов.

1 —  $i=1$ ; 2 —  $i=2$ ; 3 —  $i=3$ ; 4 —  $i=4$ ; 5 —  $i=5$ . Сплошные линии — обслуживание без ожидания; пунктирные — очередь секций на один плот.

зависимостей, необходимо задаваться вероятностью остановки рейда из-за переполнения формировочных причалов. Эта вероятность, по нашему мнению, должна быть той же, что и в расчете потребности теплоходов, обслуживающих устройства для формирования секций плотов, методика которого изложена в нашей работе [9]. Однако анализ графиков на рис. 3 показывает, что для бесперебойной работы рейдов с обеспеченностью не менее 95% для  $i \geq 3$  достаточно иметь количество формировочных причалов  $2i$ . Опыт работы, например,

некоторых рейдов объединения Двиносплав показывает, что нарушение этих пропорций приводит к их частой остановке из-за переполнения формировочных причалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Апанасенко И. С. Механизированная поточная линия для сортировки пучков и формирования плотов. — «Лесозэксплуатация и лесосплав». Реф. информ. М., 1967, № 30 (ЦНИИТЭИЛеспром). [2]. Будыко С. Х., Манухин Г. А., Пименов А. Н. Водный транспорт леса и механизация лесосплавных работ. Минск, «Высшая школа», 1970, с. 439. [3]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., Физматгиз, 1962, с. 564. [4]. Водный транспорт леса. Справочник. Под ред. В. И. Потякина. М., «Лесная промышленность», 1973, с. 404. [5]. Гипролестранс. Технические указания по проектированию лесосплавных предприятий. Л., 1965, с. 322. [6]. Донской И. П., Савельев В. В. Водный транспорт леса. М., «Лесная промышленность», 1973, с. 286. [7]. Новиков О. А., Петухов С. И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. М., «Советское радио», 1969, с. 399. [8]. Розенберг В. Я., Прохоров А. И. Что такое теория массового обслуживания. М., «Советское радио», 1962, с. 254. [9]. Чекалкин К. А. Метод расчета потребности в теплоходах на обслуживание механизированных поточных линий для формирования плотов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 3, с. 109—113.

Поступила 3 мая 1978 г.

УДК 630\*.526.5

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ПУЧКА БРЕВЕН

С. В. ГУЛИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Правильное определение объема пучка бревен зависит от точного нахождения коэффициента полнодревесности. Предлагается способ определения коэффициентов полнодревесности с учетом поправок на сучки, кривизну, кору и граничных условий.

В настоящее время согласно ГОСТу 2292—74 объем пучка бревен определяют двумя способами: поштучным обмером бревен с последующим вычислением объема по таблицам ГОСТ 2708—44 и геометрическим обмером пучков.

Поштучный обмер бревен очень трудоемок и требует около 10% трудозатрат рабочих рейда [2]. При геометрическом обмере пучков, согласно ОСТу 13—1—49, применяют два метода [1]. В первом (летняя сплотка) объем пучка вычисляют по формуле

$$W_n = BHI\eta_1. \quad (1)$$

Во втором методе (береговая сплотка) объем пучка находят по формуле

$$W_n = \frac{S^2 l}{4\pi} \eta_2 \quad (2)$$

или по формуле Г. М. Черкасова [4]

$$W_n = \frac{HI(S - 1,57H)}{2} \eta_2. \quad (3)$$

В этих формулах  $B$  — расстояние между стойками или ширина пучка;  
 $H$  — высота пакета бревен между стойками или высота пучка;  
 $l$  — стандартная длина бревен;  
 $S$  — длина периметра по среднему поперечному сечению пучка;  
 $\eta_{1,2}$  — коэффициенты полнодревесности поперечного сечения пакета бревен между стойками или пучка, устанавливаются экспериментально для каждого сортамента.

Формула (2) получена для эллиптической, а (3) — для овальной формы пучка.

У каждого пакета или пучка коэффициент полнодревесности, согласно требованию ОСТа 13—1—19, определяется после поштучного обмера партии бревен (не менее 100 пучков).

Как отмечает Д. Д. Мацкевич [2], из-за недопустимо большой погрешности метод геометрического обмера пучков оказывается неудовлетворительным и большого распространения пока не получил. Объясняется это тем, что при геометрическом способе параметры  $B$ ,  $H$  и  $S$  измеряют вместе с корой, сучками и кривизной бревен, поэтому погрешность может достигать 20—30% объема пучка.

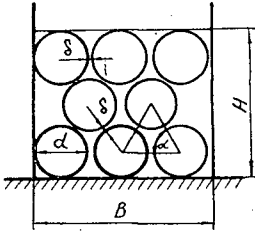


Рис. 1. Формирование бревен между вертикальными стойками.

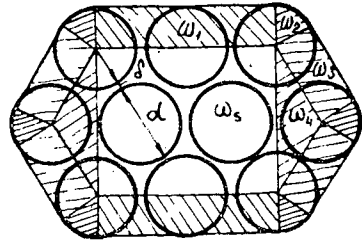


Рис. 2. Формирование бревен в неправильный шестиугольник.

В данной работе предлагается более точный способ определения объема пучка. Вначале устанавливаются максимально возможные значения  $\eta_{1,2}$  для идеальных бревен — цилиндрических стержней. При укладке цилиндрических стержней, одинакового диаметра  $d$  между вертикальными стойками (рис. 1), при  $\alpha = 60^\circ$  и  $\delta = 0$ , коэффициент  $\eta_1$  есть отношение площади  $\Omega_0$ , занимаемой торцами цилиндров, к площади  $\Omega$  поперечного сечения пучка. Из рис. 1 следует, что

$$\eta_1 = \frac{\pi N d^2}{4HB} = \frac{0,785N}{nm_0 \sin \alpha}, \quad (4)$$

где  $N$  — общее число стержней в пучке;

$m_0$  — число стержней первого горизонтального ряда;

$n$  — число стержней по высоте;

$$B = m_0 d; \quad H = nd \sin \alpha.$$

В табл. 1 приведены результаты расчетов по формуле (4). Из таблицы следует, что коэффициент полндревесности  $\eta_1$ , при укладке цилиндрических стержней между вертикальными стойками, изменяется в диапазоне от 0,76 при  $N = 8$  шт. до 0,89 при  $N = 1113$  шт. Дальнейшее увеличение количества стержней мало влияет на  $\eta_1$ . Диаметр стержней, согласно формуле (4), на коэффициент  $\eta_1$  не влияет.

Таблица 1

№ п/п.	$n$ шт.	$H$	$B$	$\frac{B}{H}$	$N$ шт.	$\Omega_0$	$\Omega$	$\eta_1$
1	3	$2,734d$	$3d$	1,097	8	$6,28d^2$	$8,20d^2$	0,760
2	5	$4,468d$	$5d$	1,119	23	$18,05d^2$	$22,34d^2$	0,808
3	7	$6,202d$	$7d$	1,128	46	$36,11d^2$	$43,41d^2$	0,830
4	9	$7,936d$	$9d$	1,134	77	$60,44d^2$	$71,42d^2$	0,846
5	11	$9,670d$	$11d$	1,137	116	$91,06d^2$	$106,37d^2$	0,856
6	13	$11,400d$	$13d$	1,140	163	$127,96d^2$	$148,25d^2$	0,863
7	14	$12,271d$	$14d$	1,141	189	$148,36d^2$	$171,79d^2$	0,864
8	14	$12,271d$	$20d$	1,630	273	$214,30d^2$	$245,42d^2$	0,873
9	14	$12,271d$	$40d$	3,259	553	$434,11d^2$	$490,84d^2$	0,884
10	14	$12,271d$	$80d$	6,519	1113	$873,71d^2$	$981,68d^2$	0,890
11	14	$12,271d$	$100d$	8,149	1393	$1093,51d^2$	$1227,10d^2$	0,891

Бревна имеют кривизну, сучки и кору, поэтому между ними всегда есть просвет. Величину просвета, с учетом коры, обозначим через  $\delta_1$ . Тогда выражение (4) примет следующий вид:

$$\eta_1 = \frac{0,785Nd^2}{[dm_0 + \delta_1(m_0 - 1)] [d + (n - 1)(d + \delta_1) \sin \alpha]} \quad (5)$$

Решая уравнение (5) относительно  $\delta_1$  и задавая различные значения  $N, d, m_0, n, \eta_1$ , находят  $\delta_1$ . По заданным и вычисленным значениям строят графики  $\delta_1 = f(d; \eta)$  для различных значений  $N$ .

При укладке цилиндрических стержней одинакового диаметра под углом  $\alpha = 60^\circ$  в неправильный шестиугольник (рис. 2), для  $\delta = 0$ , максимальные значения коэффициента полндревесности находят по формуле

$$\eta_2 = \frac{0,785Nd^2}{\Sigma \omega_1 + \Sigma \omega_2 + \Sigma \omega_3 + \Sigma \omega_4 + \Sigma \omega_5}$$

или

$$\eta_2 = \frac{0,785Nd^2}{d^2 \left[ 0,785 + (m_0 - 1) + (n - 1) + (m_0 - 1)(n - 1) \sin \alpha + \frac{(n - 1)^2}{4} \sin \alpha \right]} \quad (6)$$

Результаты вычислений по формуле (6) представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п.	$m_0$ шт.	$n$ шт.	$H$	$B$	$\frac{B}{H}$	$N$ шт.	$\omega_0$	$\omega$	$\eta_2$
1	3	3	2,60d	4d	1,54	10	7,85d <sup>2</sup>	9,10d <sup>2</sup>	0,867
2	4	5	4,47d	6d	1,35	24	18,84d <sup>2</sup>	21,55d <sup>2</sup>	0,870
3	9	5	4,47d	11d	2,46	49	38,50d <sup>2</sup>	43,90d <sup>2</sup>	0,874
4	6	11	9,67d	11d	1,14	91	71,43d <sup>2</sup>	80,81d <sup>2</sup>	0,883
5	10	11	9,67d	15d	1,55	135	105,97d <sup>2</sup>	119,49d <sup>2</sup>	0,886
6	14	11	9,67d	19d	1,96	179	140,51d <sup>2</sup>	158,17d <sup>2</sup>	0,888
7	14	17	14,70d	22d	1,95	302	237,07d <sup>2</sup>	265,61d <sup>2</sup>	0,892
8	20	25	21,65d	32d	1,47	644	505,54d <sup>2</sup>	563,98d <sup>2</sup>	0,896
9	24	25	21,65d	36d	1,66	744	584,04d <sup>2</sup>	651,22d <sup>2</sup>	0,897

Анализируя таблицу, отмечаем, что при укладке цилиндрических стержней в шестигранник величина  $\eta_2$  изменяется от 0,87 при  $N = 10$  шт. до 0,90 при  $N = 644$  шт., т. е. всего на 0,03. Для расчетов максимальные значения  $\eta_2$  можно принимать в зависимости от числа бревен в пучке. При  $N \leq 50$  шт.  $\eta_2 = 0,87$ ; при  $N = 50 \div 100$  шт.  $\eta_2 = 0,88$ ; при  $N = 100 \div 500$  шт.  $\eta_2 = 0,89$  и при  $N > 500$  шт.  $\eta_2 = 0,90$ . Аналогичные данные получены в работе [4].

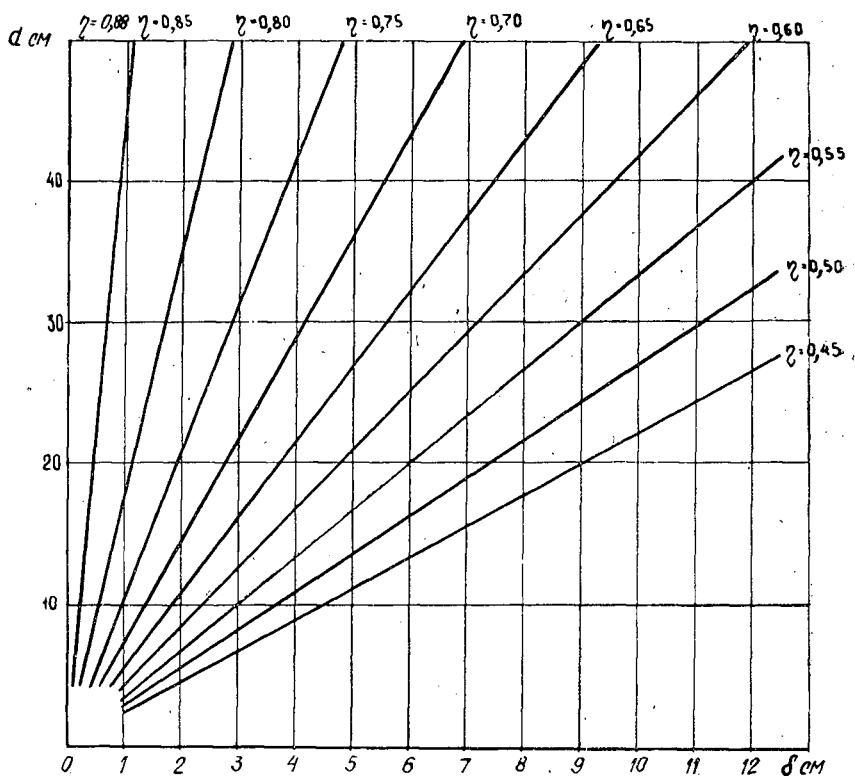
Для естественных бревен, имеющих кору, кривизну и сучки, т. е. с учетом  $\delta = \delta_2$  формула (6) принимает следующий вид:

$$\eta_2 = \frac{0,785Nd^2}{0,785d^2 + d(d + \delta_2)[(m_0 - 1) + (n - 1)] [(d + \delta_2)^2(m_0 - 1)(n - 1)] \sin \alpha + \frac{(d + \delta_2)^2(n - 1)^2 \sin \alpha}{4}} \quad (7)$$

Решая уравнение (7) относительно  $\delta_2$  и задавая определенные значения  $N, d, m_0, n$  и  $\eta$ , находим  $\delta_2$ . На рис. 3 представлен график для  $N = 91, m_0 = 6$  и  $n = 11$  и  $\eta_2^{max} = 0,88$ .

По графику (рис. 3) определяют коэффициенты полндревесности, если известны среднее значение диаметра бревна  $d_{cp}$  и среднее значение промежутка между бревнами  $\delta_{cp}$ .

Для определения средних значений  $d_{cp}$  и  $\delta_{cp}$  необходимо установить количество бревен и просветов, подлежащих замеру.

Рис. 3. График  $\eta = f(d; \delta)$ .  $N = 91$ ;  $m = 6$ ;  $n = 11$ .

Для установления числа наблюдений (количества бревен, подлежащих замеру) необходимо задаться величиной вероятности, допускаемой ошибкой и сортиментом, согласно ГОСТам 9462—71 и 2292—74. Тогда предварительно вычислив коэффициент вариации, по номограмме [3] находят число наблюдений  $N_0$ . В табл. 3 приведены данные числа наблюдений по величине вероятности 0,95 и допускаемой ошибке 0,03 и 0,05.

Таблица 3

Сортимент	Значение $N_0$ , шт., при	
	$\epsilon = 3\%$	$\epsilon = 5\%$
Баланс $d = 8 \div 24$ см	37	14
Шпальник $d = 28 \div 50$ см	15	8
Пиловочник $d = 18 \div 50$ см	35	12
Дрова $d = 6 \div 40$ см	42	20

Для примера рассмотрим порядок определения  $\eta_2$ . На торце пучка бревен (береговая сплотка) визуально выбирают необходимое количество бревен (согласно табл. 3) и производят замер диаметров (без коры) с точностью 1 см. Затем замеряют промежутки между бревнами (с корой) с точностью 0,5 см. Количество замеров  $\delta_2$  будет больше указанных в таблице, так как каждое бревно своей поверхностью соприкасается с несколькими другими. По замеренным величинам вычисляют средние арифметические и по их значениям на графике (рис. 3) находят  $\eta_2$ . По формулам (2) и (3) вычисляют объем пучка. Аналогично определяют и  $\eta_1$ .

В табл. 4 приведены натурные данные поштучного замера, полученные при береговой сплотке на территории Керчевского рейда в феврале 1978 г., и данные, вычисленные по формулам (2) и (3) с использованием графика на рис. 3.

Таблица 4

Номер пучка	$W_H$ м <sup>3</sup>	$W_2$ м <sup>3</sup>	Разница, %	$W_3$ м <sup>3</sup>	Разница, %
10801	21,22	26,25	23,7	22,48	+ 5,9
10810	11,97	15,76	31,7	13,32	+11,3
10811	21,82	27,74	27,1	21,64	- 1,0
10814	18,70	23,23	24,2	18,75	+ 0,3
10830	21,35	25,30	18,7	22,09	+ 3,4
12572	19,36	22,23	14,8	18,84	- 2,7
12573	15,78	17,40	10,3	16,15	+ 2,3
12779	19,32	21,52	11,4	18,47	- 4,4
12789	13,41	15,04	12,1	13,52	+ 0,8
12790	21,45	27,46	28,0	22,70	+ 5,8

Примечание.  $W_H$  — объем пучка в натуре;  $W_2$  — по формуле (2);  $W_3$  — по формуле (3).

Из табл. 4 следует, что формула (2) завышает объемы пучков по сравнению с натурными, а формула (3) дает значения объемов в основном в пределах допустимой точности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Водный транспорт леса. Справочник. М., «Лесная промышленность», 1973, с. 202—203. [2]. Мацкевич Д. Д. Методы и средства автоматического учета леса на сплаве. М., «Лесная промышленность», 1965, 170 с. [3]. Митропольский А. К. Статистическое исчисление. Ч. 1. Л., 1952. 165 с. [4]. Черкасов Г. М. Труды ВКФ ЦНИИВлестранспорта и гидротехники. Вып. 2. Казань, Таткнигоиздат, 1956, с. 5—21.

Поступила 3 мая 1978 г.

УДК 629.113.2

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПРОФИЛЕЙ ВОЛОКОВ И НАГРУЖЕННОСТЬ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАКТОРА ТБ-1**

М. Ф. СЕМЕНОВ, В. И. СОЛДАТЕНКОВ

Ухтинский индустриальный институт

Приводятся статистические характеристики микропрофилей трелевочных волоков, снятых на лесных площадях Коми АССР. Показан пример расчета нагруженности карданного вала трактора ТБ-1 с использованием статистических характеристик микропрофилей волоков.

Одним из основных источников возмущения, вызывающих колебания остова трактора и нагруженность силовой передачи, является микропрофиль волока. В настоящее время имеются результаты исследований микронеровностей трелевочных волоков в лесах Новгородской, Ленинградской областей [4] и в других районах [3]. Нами проведены аналогичные исследования на лесных площадях Коми АССР.

Для изучения влияния микропрофиля волока на нагруженность силовой передачи трелевочного трактора ТБ-1 была проведена съемка микропрофилей и последую-



шая обработка данных измерений на ЭВМ «Наири-2». Широко применяемая методика [6] позволила достоверно обосновать выбор длины участка (не менее 150 м), определить погрешности в замерах (не выше 5%), установить стационарность случайного процесса и требуемую точность статистических характеристик. Съемку микропрофилей трелевочных волоков проводили на территории лесосырьевых баз производственного объединения Ухталес в марте и октябре при температурах воздуха  $-16$ — $24^{\circ}\text{C}$ . Всего были сняты микропрофили 7 волоков общей протяженностью 1000 м.

Числовые статистические характеристики реализации представлены в табл. 1.

Таблица 1

Номер волока	Математическое ожидание высот микропрофиля, см	Дисперсия высот микропрофиля, см <sup>2</sup>	Среднее квадратичное отклонение микропрофиля	Коэффициент вариации высот микропрофиля, %
1	8,20	14,37	3,80	46,30
2	8,70	26,16	5,10	58,30
3	7,17	7,30	2,70	37,70
4	6,99	13,36	3,65	52,30
5	8,38	33,88	5,81	69,30
6	7,90	28,30	5,32	67,30
7	8,42	16,34	4,02	47,90

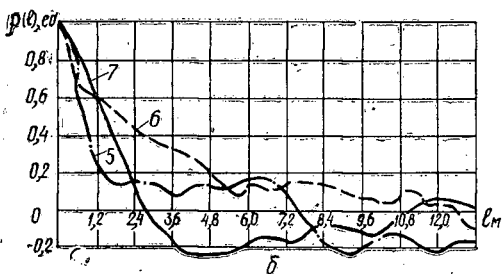
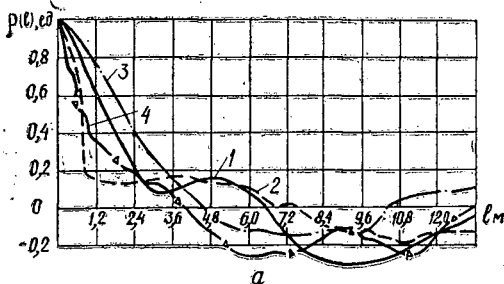


Рис. 1. Нормированные корреляционные функции микропрофилей волоков.

а — для волоков 1—4; б — для волоков 5—7.

Вычислены корреляционные функции, графики которых представлены на рис. 1. Эти графики с достаточной степенью точности аппроксимируются выражениями:

$$\rho(l) = e^{-\alpha_1 |l|} \cos \beta_1 l; \quad (1)$$

$$\rho(l) = A_1 e^{-\alpha_1 |l|} + A_2 e^{-\alpha_2 |l|} \cos \beta_2 l; \quad (2)$$

$$\rho(l) = A_1 e^{-\alpha_1 |l|} \cos \beta_1 l + A_2 e^{-\alpha_2 |l|} \cos \beta_2 l, \quad (3)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  — коэффициенты, характеризующие затухание процесса;  $\beta_1, \beta_2$  — коэффициенты, характеризующие колебательный процесс.

Значения коэффициентов аппроксимации приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер волока	$A_1$	$A_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\beta_1$	$\beta_2$
1	0,41	0,59	0,22	0,64	0,25	0,87
2	0,83	0,17	1,75	0,21	—	0,22
3	—	—	0,22	—	0,38	—
4	0,39	0,61	1,56	0,16	—	0,39
5	0,62	0,38	1,30	0,08	—	0,21
6	0,30	0,70	0,41	0,43	—	0,13
7	—	—	0,27	—	0,60	—

Для исследования процессов изменения микронеровностей волока в частотной области были вычислены по корреляционным функциям спектральные плотности, графики которых представлены на рис. 2.

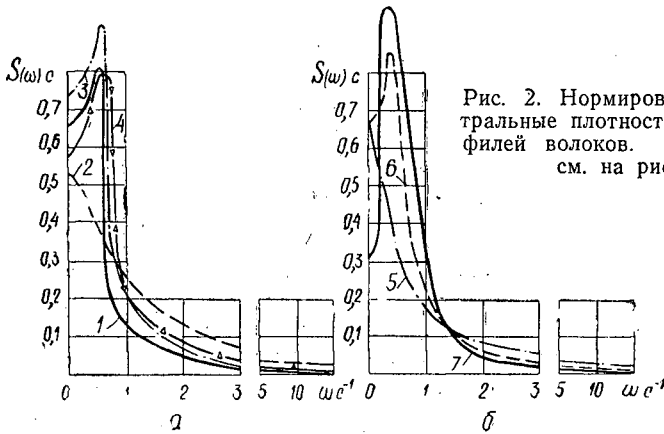


Рис. 2. Нормированные спектральные плотности микропрофилей волоков. Обозначения см. на рис. 1.

Анализ числовых и функциональных статистических характеристик показывает, что математическое ожидание высот микронеровностей лежит в пределах 6,99—8,70 см, дисперсия и среднее квадратичное отклонение соответственно колеблется в пределах 7,30—33,80 и 2,70—5,81 см<sup>2</sup>.

Расстояния корреляционной связи для различных волоков меняются от 2,70 до 12,0 м, что свидетельствует о различной степени зависимости ординат микронеровностей. Максимальные значения спектральных плотностей приходятся на низкие частоты 0,1—0,7 с<sup>-1</sup>. Значения полученных характеристик в основном количественно отличаются от характеристик волоков, определенных в работе [4]. Наибольшие значения дисперсий у разбитых волоков № 2, 6 и 5 (соответственно 26, 16 и 33,18 см<sup>2</sup>). Это означает, что флуктуация поверхности от математического ожидания больше среди рассмотренных волоков и должна определять значительную нагруженность силовой передачи трактора.

Результаты исследований статистических характеристик микропрофилей волоков использованы для определения динамических нагрузок в силовой передаче трелевочного трактора по методике, изложенной в работе [7], что позволило оценить нагруженность силовой передачи трактора ТБ-1.

Спектральную плотность нагруженности, например, карданного вала силовой передачи трактора, можно определить, используя разветвленную динамическую систему, по выражению

$$S(\omega)_{к.в} = S(\omega)_в |W_1(j\omega)|_п^2 + S(\omega)_{г.п} |W_2(j\omega)|_п^2 + S(\omega)_в |W_1(j\omega)|_л^2 + S(\omega)_{г.л} |W_2(j\omega)|_л^2, \quad (4)$$

где

$S(\omega)_в$  — спектральная плотность случайного возмущающего воздействия от микропрофиля волока;

$|W_1(j\omega)|_п, |W_1(j\omega)|_л$  — модули амплитудно-частотных характеристик системы для третьей передачи на участке «подрессоренная масса трактора с пакетом древесины 5,6 м<sup>3</sup> — карданный вал» с учетом правой и левой частей гусеничного движителя и заднего моста;

$S(\omega)_{г.л}, S(\omega)_{г.п}$  — гармонические возмущения от зубчатого зацепления соответственно правой и левой частей гусеничного движителя, которые качественно и количественно оценены в работе [1];

$|W_2(j\omega)|_п, |W_2(j\omega)|_л$  — модули амплитудно-частотных характеристик системы для третьей передачи на участках «гусеничный движитель — карданный вал» соответственно через правую и левую ветви.

Вычисленная по формуле (4) нормированная спектральная плотность нагруженности карданного вала при использовании спектральной плотности микропрофиля для волока № 2 показана на рис. 3.

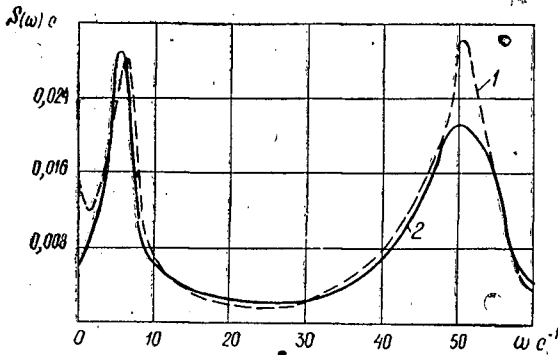


Рис. 3. Нормированные спектральные плотности нагруженности карданного вала.

1 — по результатам расчета; 2 — по результатам испытаний.

Здесь же приведен график нормированной спектральной плотности нагруженности карданного вала при движении трактора ТБ-1 с пакетом древесины 5,6 м<sup>3</sup> на третьей передаче по этому же волоку, построенный по результатам производственных испытаний [8]. Сравнительный анализ графиков свидетельствует о достаточно хорошем совпадении результатов расчета и экспериментальных данных. Обе кривые имеют два экстремума на частотах 6—7 и 50—52 с<sup>-1</sup>; разность площадей под ними не превышает 7%.

Следовательно, применение статистических характеристик микропрофилей волоков дает возможность предварительно оценить нагруженность силовой передачи и других агрегатов трактора, если извест-

ны динамические свойства исследуемой системы при оптимальной нагрузке и скорости.

Анализ нагруженности и надежности силовой передачи на различных режимах движения трактора с пакетом древесины  $5,6 \text{ м}^3$  показал, что силовая передача особенно нагружена при наиболее часто используемой третьей передаче. В этом случае дисперсия изменения крутящих моментов на карданном валу достигает  $27\,600 \text{ (Н}\cdot\text{м)}^2$ , на левом и правом ведомых валах бортовых передач —  $8\,497\,000$ . На второй передаче соответственно —  $27\,100$  и  $7\,940\,000$ , на первой —  $22\,000$  и  $7\,100\,000$ . Отказы в работе силовой передачи имеют, как правило, третью группу сложности.

Для снижения нагруженности и повышения надежности силовой передачи трактора необходимо соблюдать требования по устройству и содержанию волоков, а также совершенствовать динамические свойства исследуемой системы с использованием известных способов [2, 5]. Практически доказана возможность снижения нагрузок до 2,5 раза при применении демпфирующих устройств на входе возмущающего воздействия со стороны волока.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анисимов Г. М., Гольдберг А. М., Семенов М. Ф. Интенсивность возмущения трансмиссии гусеничным движителем. — Сб. межвуз. науч. трудов. Вып. 2. ЛТА, 1974, с. 6—9. [2]. Анисимов Г. М., Гольдберг А. М., Семенов М. Ф. Статистический способ анализа нагруженности трансмиссии и совершенствования ее динамических свойств. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4, с. 64—69. [3]. Билык Б. В., Перетятко Б. Г. Моделирование реализации случайных функций микропрофиля трелевочных волоков на ЭЦВМ. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 6, с. 52—57. [4]. Добрынин Ю. А. Исследование параметров неровностей трелевочных волоков как системы случайных величин. — Сб. межвуз. науч. трудов. Вып. 4. ЛТА, 1976, с. 17—20. [5]. Методы оценки параметров демпферов и их влияния на нагруженность трансмиссии гусеничного трактора. — В кн.: Материалы к научно-технической конференции ЛМФ 1970 года. Л., ЛТА, 1970, с. 45—48. Авт.: Анисимов Г. М., Гольдберг А. М., Осмаков С. А. и др. [6]. Силаев А. А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин. М., «Машиностроение», 1972, с. 19—37. [7]. Солдатенков В. И., Семенов М. Ф. К методике исследования нагруженности трансмиссии трелевочного трактора с учетом возмущений от микропрофиля пути. — В кн.: Проблемы развития лесной промышленности и лесного хозяйства в Карелии в Х пятилетке. Петрозаводск, ПГУ, 1976, с. 51—53. [8]. Солдатенков В. И., Семенов М. Ф., Герчик А. А. Нагрузка трансмиссии трактора ТБ-1 при эксплуатации в Коми АССР. — «Лесозэксплуатация и лесосплав», 1978, № 5, с. 11—12.

Поступила 23 июля 1979 г.

УДК 630\*.371.001.57

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ ВАГОНОВ КРУГЛЫМИ ЛЕСОМАТЕРИАЛАМИ

М. В. МАКУШИНСКИЙ, М. В. ХОДОСОВСКИЙ

Белорусский технологический институт

Методом физического моделирования с последующей обработкой на ЭВМ исследованы различные способы загрузки вагонов круглыми лесоматериалами: комлями в одну сторону, пачками без раскомлевки сортиментов, вразнокомелицу.

Степень загрузки вагонов круглыми лесоматериалами зависит от таких факторов, как диаметр, длина, сбег бревен и способы укладки в ограниченное пространство вагона (комлями в одну сторону, вразнокомелицу, пачками в полужестких стропах). При установлении оптимальных характеристик загрузки вагонов наиболее объективны зако-

номерности, которые учитывают всю совокупность влияющих факторов и одновременно отражают их взаимодействие и взаимовлияние. Такие многофакторные зависимости, ввиду исчерпывающей полноты информации, позволяют всесторонне оценивать степень влияния того или иного фактора. Естественно, что получение их связано со значительными вычислительными трудностями.

Мы исследовали процессы погрузки круглых лесоматериалов в вагоны МПС вначале физическим моделированием на образцах, а затем с помощью полученной многофакторной математической модели на ЭВМ «Минск-22».

Численные значения варьируемых факторов располагались в следующих диапазонах: объем  $V = 43,77 \div 72,3 \text{ м}^3$  (укладка комлями в одну сторону),  $V = 57,45 \div 74,90 \text{ м}^3$  (укладка пачками),  $V = 62,0 \div 76,2 \text{ м}^3$  (укладка вразнокомелицу); диаметр  $d = 16 \div 32 \text{ см}$ ; степень разбега диаметров  $d - k = 8,2 \div 900$ ; сбег  $s = 1,0 \div 2,5\%$ ; длина  $l = 2,0 \div 6,0 \text{ м}$ .

Параметр  $k$  определяется как

$$k = \frac{[\bar{d}]^2}{D},$$

где  $\bar{d}$  — средний диаметр бревен для рассматриваемого вагона;  
 $D$  — дисперсия величины  $d$ .

Уравнение множественной регрессии, отражающее объем загружаемых в вагон бревен относительно  $d, k, s, l$ , имеет вид

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 k + b_3 s + b_4 l. \quad (1)$$

Для частных случаев погрузки уравнения регрессии приведены в табл. 1. Достоверность определения коэффициентов  $b_1, b_2, b_3, b_4$  оценивается вероятностью 0,98 и выше.

Таблица 1

Способ укладки	Уравнение множественной регрессии	Частные уравнения регрессии	Коэффициент множественной корреляции $r$	Средняя квадратичная ошибка $\rho$
Комлями в одну сторону	$V = 84,31 + 0,25d - 0,25 \cdot 10^{-2}k - 8,36s - 3,5l \text{ м}^3$	$V_1 = 57,30 + 0,22d$ $V_2 = 62,98 - 0,16 \cdot 10^{-2}k$ $V_3 = 73,64 - 7,7s$ $V_4 = 76,92 - 3,3l$	0,93	0,012
Пачками	$V = 78,76 + 0,086d - 0,28 \cdot 10^{-2}k - 4,21s - 1,19l \text{ м}^3$	$V_1 = 67,25 + 0,06d$ $V_2 = 69,36 - 0,27 \cdot 10^{-2}k$ $V_3 = 75,11 - 4,1s$ $V_4 = 73,62 - 1,14l$	0,82	0,028
Вразнокомелицу	$V = 80,52 + 0,96 \times 10^{-2}d - 0,24 \cdot 10^{-2}k - 3,63s - 0,91l \text{ м}^3$	$V_1 = 70,77 + 0,53 \cdot 10^{-2}d$ $V_2 = 71,45 - 0,27 \cdot 10^{-2}d$ $V_3 = 76,44 - 3,73s$ $V_4 = 75,58 - 1,07l$	0,77	0,036

Уравнение (1) показывает, что степень загрузки вагона при расположении бревен комлями в одну сторону возрастает с ростом диаметров бревен, разбега диаметров, а также с уменьшением длины и сбega. Наибольшее влияние оказывают сбег и длина загружаемых бревен. Влияние диаметров на порядок меньше. Наиболее тесная корреляционная связь наблюдается между  $V$  и  $s$ ,  $V$  и  $l$ . Характеризуется она коэффициентами частных корреляций соответственно  $-0,87$  и  $-0,88$ .

Коэффициенты частных корреляций, выражающих зависимости между парами различных факторов (табл. 1), указывают на слабую корреляцию между величинами  $d$ ,  $k$ ,  $s$  и  $l$ .

Анализируя загрузку вагонов с укладкой бревен пачками в полужестких стропах, отмечаем, что размещение массы бревен в этом случае является переходным по отношению к двум другим способам: комлями в одну сторону и вразнокомелицу, а получаемые зависимости располагаются между соответствующими указанным способам укладки.

Влияние величин сбегов, длин и диаметров бревен на степень загрузки вагонов при укладке пачками уменьшилось по сравнению с укладкой комлями в одну сторону.

Загрузка вагона при укладке бревен вразнокомелицу увеличивается с ростом среднего диаметра бревен, степени их разбега, а также с уменьшением сбега и длины. Наибольшее влияние на рост объема загрузки оказывает уменьшение сбега и длины загружаемых бревен. Значительно слабее, по сравнению с ранее рассмотренными способами, влияние диаметра бревен. Так, если при укладке комлями в одну сторону коэффициент  $\psi_1 = 0,25$ , а при укладке пачками —  $0,086$ , то в данном случае всего лишь  $0,96 \cdot 10^{-2}$ , т. е. почти в 10 раз меньше. Одновременно снизилось влияние сбега в 1,5—2 раза и длины бревен в 2—4 раза. В то же время для всех случаев укладки осталось неизменным влияние разбега диаметров.

Полученные уравнения позволяют устанавливать характер влияния на степень загрузки факторов  $d$ ,  $k$ ,  $s$ ,  $l$  и определять пути повышения статической нагрузки на вагон.

Сравнение возможных способов укладки реальных бревен показывает, что погрузка пачками дает увеличение объемов загрузки на 10%, а укладка вразнокомелицу на 17% по сравнению с погрузкой комлями в одну сторону. По отношению к способу укладки пачками, укладка вразнокомелицу позволяет повысить загрузку вагонов в среднем на 7%, или на 3—5 м<sup>3</sup>.

Поступила 4 июня 1979 г.

УДК 629.11.012.814 : 625.282-843.6

## БОКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕПЛОВОЗА ТУ4 ПРИ ИЗНОШЕННЫХ КОЛЕСАХ И РАЗЛИЧНЫХ МОМЕНТАХ ТРЕНИЯ В ОПОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ

В. И. ЖАБИН

Архангельский лесотехнический институт

Рассматриваются вопросы бокового воздействия узкоколейного тепловоза ТУ4 на рельсовый путь при его движении в прямых. Исследовано влияние изменения профиля катания колес вследствие их износа, а также момента трения в опорных устройствах кузова на тележки на характер боковых колебаний экипажа и уровень боковых сил. Исследования выполнены путем решения на ЭВМ системы дифференциальных уравнений, описывающих процесс влияния тепловоза в рельсовой колее.

Влияние железнодорожного экипажа исследовали многие авторы, однако нет единой точки зрения на то, к какой категории колеба-

ний его можно отнести: к автоколебаниям, вынужденным или другим типам.

Есть веские основания считать влияние экипажа автоколебательным процессом [3]. Колесная пара, имея конические или цилиндрические колеса, выбирает при вилянии весь зазор в колее и ударяет гребнями попеременно то в один, то в другой рельс.

Практика эксплуатации подвижного состава свидетельствует, что стандартные профили колес после некоторого пробега принимают сложную форму, так что ни конических, ни цилиндрических колес в действительности не существует [1]. В связи с этим изучение процесса виляния экипажа, имеющего прокат колес, в частности узкоколейного тепловоза, представляет значительный интерес.

Поставленная задача вызывает необходимость введения продольных сил скольжения колеса по рельсу в дифференциальные уравнения боковых колебаний экипажа несколько иным образом, чем это делалось ранее [2].

При стандартном профиле бандажей отклонение колесной пары от среднего положения сопровождается увеличением радиуса круга катания одного из колес и соответственным уменьшением его у противоположного колеса. В этом случае мгновенные приращения радиусов качения колес при перемещении  $i$ -той колесной пары  $j$ -той тележки в сторону левого рельса будут:

$$\left. \begin{aligned} \Delta R_{ji}^n &= n [y_j - (-1)^i b_1 \varphi_{zj}]; \\ \Delta R_{ji}^n &= -n [y_j - (-1)^i b_1 \varphi_{zj}], \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $n$  — коничность поверхности качения колес;

$y_j$  — отклонение центра тяжести тележки от среднего положения;

$2b_1$  — жесткая база тележки;

$\varphi_{zj}$  — угол поворота тележки относительно вертикальной оси.

Из выражения (1) видно, что  $\Delta R_{ji}^n$  и  $\Delta R_{ji}^n$  легко определить, когда  $n = \text{const}$ . При изношенных же колесах необходимо иметь непосредственно измеренные приращения радиусов в функции  $y_{ij}$ .

Принимая во внимание, что значения  $\Delta R_{ji}^n$  и  $\Delta R_{ji}^n$  знакопеременны, выражения для продольной скорости проскальзывания, возникающей вследствие изменения радиусов кругов катания и поворота тележки в горизонтальной плоскости, можно представить в виде:

$$\left. \begin{aligned} U_{xii}^n &= \frac{v}{R_{ji}^n} \Delta R_{ji}^n + a \dot{\varphi}_{zj}; \\ U_{xji}^n &= \frac{v}{R_{ji}^n} \Delta R_{ji}^n - a \dot{\varphi}_{zj}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $R_{ji}^n$ ,  $R_{ji}^n$  — радиусы бандажей левого и правого колес  $i$ -той колесной пары  $j$ -той тележки при ее среднем положении в колее;

$2a$  — расстояние между точками соприкосновения колес с рельсами при среднем положении колесной пары;

$v$  — скорость движения экипажа.

На основании теории упругого скольжения (крипа) выражение для момента продольных сил проскальзывания колес двухосной тележки с учетом соотношений (2) запишется в виде:

$$M_{xj} = -\chi Pa \left( \frac{\Delta R_{j1}^n}{R_{j1}^n} - \frac{\Delta R_{j1}^n}{R_{j1}^n} + \frac{\Delta R_{j2}^n}{R_{j2}^n} - \frac{\Delta R_{j2}^n}{R_{j2}^n} \right) - 4\chi P \frac{a^2}{v} \dot{\varphi}_{zj},$$

где  $\kappa$  — коэффициент крива;  
 $P$  — вертикальная нагрузка от колеса на рельс.

При составлении расчетной схемы боковых колебаний тепловоза приняты следующие основные предпосылки:

- 1) рассматривается движение одиночного экипажа;
- 2) колебания галопирования и подпрыгивания не учитываются;
- 3) колесные пары не имеют продольного и поперечного разбегов относительно рамы тележки;
- 4) до момента набегания гребня колеса на рельс отжатие его не учитывается;
- 5) рельсовое основание изотропное и прямолинейное в плане.

С учетом принятых допущений система дифференциальных уравнений боковых колебаний тепловоза имеет вид:

$$\begin{aligned}
 m\ddot{y}_j &= -K_1(y_j - y_{nj}) - \frac{\kappa P}{v}(\dot{y}_j - v\varphi_{zj})[4 - 1(y_{j1}) - 1(y_{j2})] - \\
 &- K_p \bar{y}_{j1} 1(y_{j1}) - K_p \bar{y}_{j2} 1(y_{j2}) + \frac{\kappa P}{v} b_1 \dot{\varphi}_{zj} [1(y_{j1}) - 1(y_{j2})] + mg \frac{h_j}{2a}; \\
 m\rho_z^2 \ddot{\varphi}_{zj} &= \frac{\kappa P}{v} b_1 (\dot{y}_j - v\varphi_{zj}) [1(y_{j1}) - 1(y_{j2})] - K_p b_1 \bar{y}_{j1} 1(y_{j1}) + \\
 &+ K_p b_1 \bar{y}_{j2} 1(y_{j2}) - \frac{\kappa P}{v} b_1^2 \dot{\varphi}_{zj} [4 - 1(y_{j1}) - 1(y_{j2})] - \kappa Pa \left( \frac{\Delta R_{j1}^n}{R_{j1}^n} - \right. \\
 &\left. - \frac{\Delta R_{j1}^n}{R_{j1}^n} + \frac{\Delta R_{j2}^n}{R_{j2}^n} - \frac{\Delta R_{j2}^n}{R_{j2}^n} \right) - 4\kappa P \frac{a^2}{v} \dot{\varphi}_{zj} - M_{\text{тр}} \text{sign}(\dot{\varphi}_{zj} - \dot{\varphi}_{zn}); \\
 m_n \rho_{zn}^2 \ddot{\varphi}_{zn} &= K_1 b_0 (y_j - y_{n1}) - K_1 b_0 (y_2 - y_{n2}) + \\
 &+ M_{\text{тр}} \text{sign}(\dot{\varphi}_{z1} - \dot{\varphi}_{zn}) + M_{\text{тр}} \text{sign}(\dot{\varphi}_{z2} - \dot{\varphi}_{zn}); \\
 m_n \rho_x^2 \ddot{\varphi}_x &= -m_n h_n (\ddot{y}_n + h_n \ddot{\varphi}_x) + m_n g h_n \varphi_x + \\
 &+ 8Kd^2 \left( \frac{h_1 + h_2}{4a} - \varphi_x \right) + 4f \left( \frac{\dot{h}_1 + \dot{h}_2}{4a} - \dot{\varphi}_x \right); \\
 m_n (\ddot{y}_n + h_n \ddot{\varphi}_x) &= K_1 (y_1 - y_{n1} + y_2 - y_{n2}) + m_n g \frac{h_1 + h_2}{4a}; \\
 y_{nj} &= y_n - b_0 \varphi_{zn} (-1)^j; \\
 y_{ji} &= y_j - b_1 \varphi_{zj} (-1)^i; \\
 \bar{y}_{ji} &= y_{ji} - \delta \text{sign}(y_{ji}); \quad j, i = 1, 2; \\
 1(y_{ji}) &= \begin{cases} 1 & \text{для } |y_{ji}| \geq \delta, \\ 0 & \text{для } |y_{ji}| < \delta. \end{cases}
 \end{aligned} \tag{3}$$

В уравнения (3), кроме принятых ранее [2], введены обозначения:

- $f$  — коэффициент вязкого трения демпфера;  
 $M_{\text{тр}}$  — момент трения в опорах кузова на тележку;  
 $h_j$  — разность высот рельсовых нитей (положительная при возвышении левого рельса).

Решение уравнений (3) выполнено численным методом Рунге — Кутты и запрограммировано для ЭВМ «Минск-32» на алгоритмическом языке «ФОРТРАН».

Рассматривалось движение экипажа со стандартными профилями колес ( $n = 1/20$ ) и изношенными бандажами (наличие проката). Про-



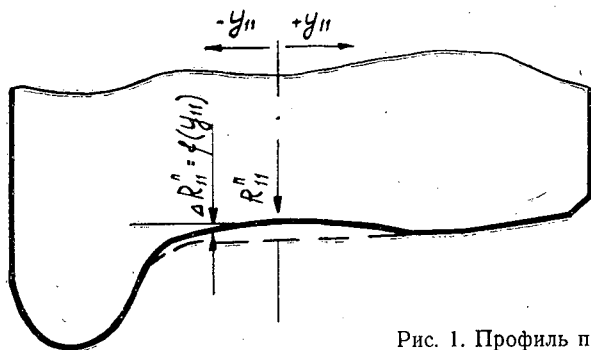


Рис. 1. Профиль поверхности катания колеса, имеющего прокат.

фили катания изношенных колес получены натурным обмером на одном из тепловозов Верховской лесовозной узкоколейной железной дороги объединения Архангельсклеспром. Наибольшая величина проката составляет 5 мм. В качестве примера на рис. 1 представлен профиль правого колеса первой колесной пары. Пунктирной линией показана поверхность катания с коничностью 1/20.

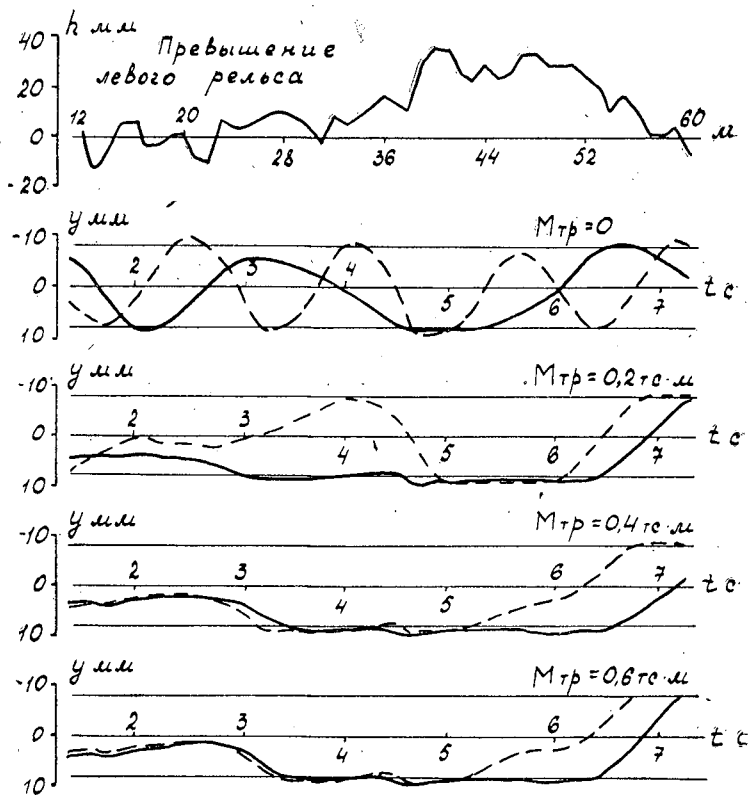


Рис. 2. Графики влияния колесной пары при  $n = 1/20$  (сплошные линии) и наличии проката колес (штриховые линии).

Приращения радиусов кругов катания определены для всех колес в функции  $y_{ji}$  слева и справа от плоскости среднего круга катания. Интервал измерений составляет 1 мм. Значения мгновенных приращений  $\Delta R_{ji}^l$  и  $\Delta R_{ji}^p$  в интервале измерений определяются линейной интерполяцией.

Исследовано также влияние момента трения в опорах кузова на тележки. Известно, что наличие трения способствует демпфированию колебаний виляния локомотива в прямых участках пути. Однако нет полной ясности в том, какой должна быть его величина, чтобы обеспечить снижение боковых сил и ускорений. В связи с этим сделаны расчеты при моментах трения в опорах 0; 0,2; 0,4 и 0,6 тс·м.

Исследования выполнены для случаев движения тепловоза в прямых с расположением рельсовых нитей в одном уровне, возвышением одной из них на 10 мм и наличием случайных вертикальных неровностей. Для всех вариантов расчета зазор в колее по длине участка принят постоянным и равным 8,5 мм, что соответствует ширине колес 750 мм. Скорость движения составляет 30 км/ч.

На рис. 2 показаны графики боковых колебаний первой колесной пары тепловоза при его движении по участку пути со случайными вертикальными неровностями. При этом в качестве возмущающей функции в систему (3) вводятся значения превышений левой рельсовой нити.

Результаты расчетов свидетельствуют, что колебания колесных пар тепловоза при  $M_{тр}$  до 0,2 тс·м носят периодический характер при всех заданных вариантах состояния рельсовой колеи. Наличие проката колес ведет к уменьшению длины волны виляния в среднем на 35—40%.

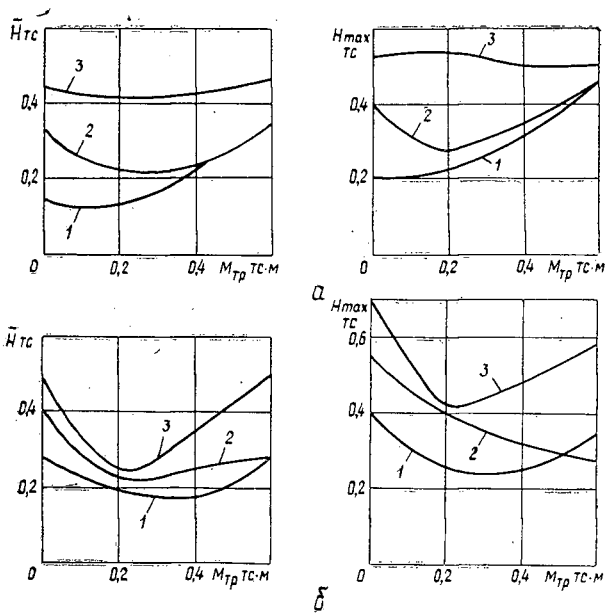


Рис. 3. Зависимость боковых сил при вилянии от момента трения в опорном устройстве при  $n = 1/20$  (а) и наличии проката (б).

1 —  $h = 0$ ; 2 —  $h = 10$  мм; 3 — путь со случайными вертикальными неровностями.

Увеличение демпфирующего момента между кузовом и тележками свыше 0,2 тс·м вызывает нарушение периодических колебаний. Колесные пары при этом большую часть времени гребнями набегают на рельс, когда движение происходит в колее с  $h = 0$  и  $h = 10$  мм. В то же время движение экипажа по пути со случайными неровностями (рис. 2), когда на процесс виляния накладываются внешние возмущения, сопровождается нерегулярными колебаниями колесных пар. Износ колес в этом случае приводит к росту частоты виляния.

Качественная оценка процесса виляния экипажа еще не дает полного представления о характере его воздействия на железнодорожный путь. В связи с этим представляет интерес выяснение влияния момента трения на уровень боковых сил, возникающих при набегании колесных пар на рельсы.

Анализ результатов расчета (рис. 3) показывает, что как средние из наибольших по всем колесным парам  $\bar{H}$ , так и максимальные  $H_{max}$  значения боковых сил наименьшие при моменте трения в опорном устройстве около 0,3 тс·м. Износ колес до 5 мм не вызывает заметного увеличения уровня боковых сил в моменты набегания, что согласуется с требованиями [4] по допустимой величине проката кругов катания колесных пар тепловозов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Голутвина Т. К. Износ бандажей вагонных колес. — «Вестник ВНИИЖТ», 1960, № 4. [2]. Жабин В. И., Калинин Г. А., Щелкунов В. В. Воздействие лесовозного подвижного состава на железнодорожный путь. Архангельск, Сев.-Зап. кн. изд-во, 1976. [3]. Ковалев Н. А. Боковые колебания подвижного состава. М., Трансжелдориздат, 1957. [4]. Правила технической эксплуатации лесовозных железных дорог колеи 750 мм. М., «Лесная промышленность», 1964.

Поступила 11 сентября 1978 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.935

ЛЕНТОЧНАЯ ПИЛА  
С НОВОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ МЕЖЗУБОВОЙ ВПАДИНЫ

Я. М. ШИРЯЕВ, Н. Ю. МИКЛОВЦИК

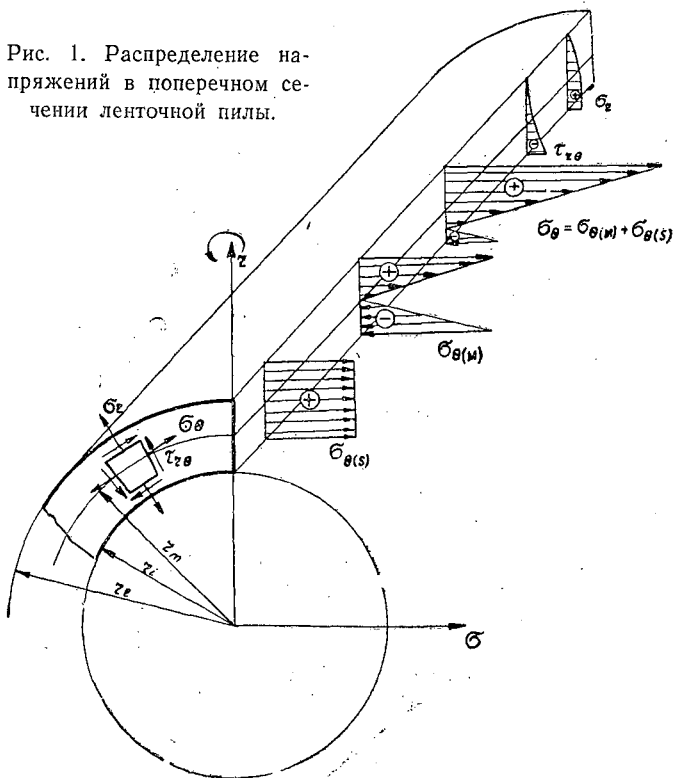
Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрено снижение концентрации напряжений в ленточных пилах и даны оценки увеличения их долговечности в связи с применением межзубовой впадины новой конструкции.

Как известно [1], долговечность и прочность ленточной пилы зависят не только от ее механических свойств, но и от геометрии межзубовой впадины [4].

В поперечном сечении пилы при набегании ее на шкивы возникают нормальные  $\sigma_r$ ,  $\sigma_\theta$  и касательные  $\tau_{r\theta}$  напряжения (рис. 1). На основании принципа суперпозиции, каждое из этих напряжений можно разложить на составляющие:  $\sigma_{r(s)}$ ,  $\sigma_{\theta(s)}$ ,  $\tau_{r\theta(s)}$  — от натяжения  $S$  ленты на шкивах;  $\sigma_{r(M)}$ ,  $\sigma_{\theta(M)}$ ,  $\tau_{r\theta(M)}$  — от изгибающего момента  $M$ , возникающего при набегании ленты на шкивы. Помимо указанных, в поперечном сечении пилы возникают напряжения от усилия резания, подачи и других факторов. Значения их, как известно [3], пренебрежимо

Рис. 1. Распределение напряжений в поперечном сечении ленточной пилы.



малы по сравнению с напряжениями от натяжения  $S$  и от изгибающего момента  $M$ .

Как показано в работах [3, 5], доля составляющих напряжений в их общем балансе весьма неравномерна, что видно из рис. 1, где для сравнения изображены эпюры этих напряжений в одном и том же масштабе.

Основное значение имеют нормальные напряжения  $\sigma_{\theta(M)}$ , распределенные по линейному закону по толщине пилы, и нормальные напряжения от усилия натяжения  $\sigma_{\theta(S)}$ , распределенные равномерно по поперечному сечению пилы,

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta(S)} + \sigma_{\theta(M)} = \frac{S}{b(r_e - r_i)} + E \left( \frac{r}{r_m} - 1 \right), \quad (1)$$

где  $S$  — усилие натяжения на ведущей ветви, Н;

$b$  — ширина полотна пилы, мм;

$r_e$  — наружный радиус полотна пилы, мм;

$r_m$  — средний радиус полотна пилы, мм;

$r_i$  — внутренний радиус полотна пилы, мм;

$r$  — текущий радиус полотна пилы, мм;

$E$  — модуль упругости полотна, Н/мм<sup>2</sup>;

(«начальные» напряжения, возникающие в результате подготовки пилы к работе и связанные с созданием пластических деформаций в полотне, здесь не учтены).

Из формулы (1) вытекает, что  $\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta_{max}}$  при  $r = r_e$ , т. е.

$$\sigma_{\theta_{max}} = \frac{S}{b(r_e - r_i)} + E \frac{\delta}{2r_m}, \quad (2)$$

здесь  $\delta$  — толщина полотна пилы, мм;

$$\delta = 2(r_e - r_m) = r_e - r_i.$$

Как известно [2], межзубовая впадина — геометрический очаг концентрации напряжений; в этой впадине возникают местные напряжения  $\sigma_M$ , значительно превосходящие номинальные, т. е. вычисленные по формуле (2)

$$\sigma_{M_{max}} = k \sigma_{\theta_{max}}, \quad (3)$$

где  $k$  — коэффициент концентрации напряжений.

Коэффициент  $k$  — функция многих переменных: радиуса закругления межзубовой впадины, профиля межзубовой впадины, микрогеометрии обработки ее при заточке.

Большие местные напряжения циклического характера, возникающие при набегании пилы на ведущий шкив, приводят к зарождению и развитию усталостных трещин в межзубовой впадине пилы.

Для снижения концентрации напряжений в межзубовой впадине авторы данной работы предложили конструкцию ленточной пилы [6], идея которой заключается в следующем. На основании известной гипотезы плоских сечений сопротивления материалов и данных работы [5] можно представить себе полотно пилы в виде ряда отдельных, не связанных между собой продольных слоев, нагруженных усилиями, значения которых пропорциональны распределению номинальных нормальных напряжений, возникающих в поперечном сечении пилы. Местные напряжения, возникающие в каждом из этих слоев, можно определить по формуле (3), где  $\sigma_{\theta_{max}}$  и  $k$  зависят от радиуса закруг-

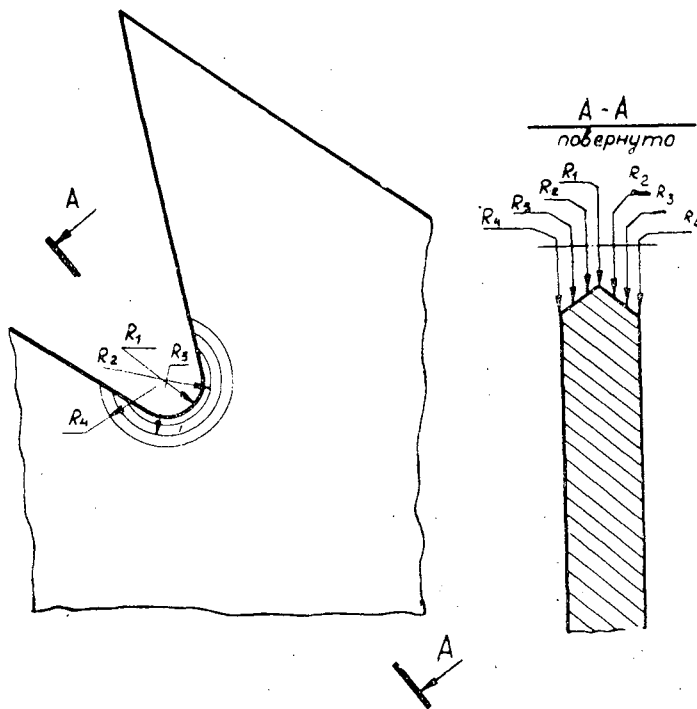


Рис. 2. Новая конструкция ленточной пилы.

ления впадины. Если радиусы  $R_1, R_2, R_3, R_4$  сделать переменными по толщине пилы (рис. 2) и пропорциональными эпюре распределения  $\sigma_\theta$ , то концентрация напряжений в наружных слоях уменьшится. Следовательно,

$$\frac{\sigma_{iMmax}}{\sigma_{jMmax}} = \frac{R_i}{R_j}, \quad (4)$$

где  $i$  и  $j$  — индексы двух разных продольных элементарных слоев пилы.

Согласно эпюре нормальных напряжений  $\sigma_\theta$  (рис. 1), очертание впадины пилы в сечении  $A-A$  (рис. 2) должно бы быть асимметричным. Однако это осуществить нельзя по технологическим соображениям: при резании образующиеся опилки запрессовываются во впадине, что в случае асимметричного очертания приводит к боковому смещению полотна.

Итак, в зоне межзубовой впадины во всех элементарных по толщине слоях пилы, находящихся под действием переменной продольной силы, возникает одинаковая концентрация напряжений, что приводит к снижению усталостного трещинообразования в межзубовой впадине и повышению прочности и долговечности ленточной пилы. Практически такая конструкция впадины выполняется зенковкой полотна с обеих его сторон.

Данное предложение проверено авторами в лабораторных условиях на кафедре станков и инструментов ЛТА. Результаты показали, что долговечность столярной пилы с новой конструкцией межзубовой

впадины увеличилась примерно на 50% по сравнению с традиционной конструкцией.

Производственные испытания данной конструкции ленточной пилы, проведенные на одной из ленинградских фабрик, подтвердили результаты лабораторных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты. М., «Лесная промышленность», 1971, с. 342. [2]. Малышев Ю. В. Исследование некоторых условий, обеспечивающих рациональную эксплуатацию ленточных делительных пил с твердым сплавом для распиловки древесины. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1974, с. 204. [3]. Феоктистов А. Е. Ленточнопильные станки. М., «Лесная промышленность», 1976, с. 147. [4]. Ширяев Я. М. Исследование методом фотоупругости концентрации напряжений в выкружке зубьев ленточных пил. — Вопросы резания надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 2. Л., 1976, с. 42—44. [5]. Ширяев Я. М., Матаева Л. Т., Шельвах В. В. Распределение напряжений в поперечном сечении ленточной пилы. — Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 7. Л., 1978, с. 137—140. [6]. Ширяев Я. М., Микловцик Н. Ю. Ленточная пила для распиловки древесины. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1979, № 29.

Поступила 25 июня 1979 г.

УДК 621.914

## К ВОПРОСУ ПОДАЧИ БРЕВЕН В ОКАНТОВОЧНЫЕ СТАНКИ С ДИСКОВЫМИ ФРЕЗАМИ

Н. И. ТИМОФЕЕВ

Таджикский сельскохозяйственный институт

Приведена методика расчета скорости подачи бревен в окантовочные станки с учетом геометрии многоножевых дисковых фрез и динамических характеристик фрезерного узла.

Скорость подачи бревна в окантовочный станок обычно рассчитывают по номинальной частоте вращения фрез, что может оказаться удовлетворительным, если обрабатывают пласти небольших размеров и скорость фрез сравнительно постоянна. При обработке бревен больших размеров скорость вращения фрез непостоянна, что вызывается переменным объемом измельчаемой древесины по длине бревна [2]. Если скорость подачи постоянна, то это приводит к увеличению длины щепы. Поскольку частота вращения фрез не может быть меньше некоторого значения, соответствующего предельной скорости двигателя, то практически для двигателей с жесткой характеристикой увеличение длины щепы может составить 6—10%. Эта увеличенная длина щепы должна соответствовать максимально допустимой длине по конструкции фрезы.

Не приводя для краткости выводы рекомендуемых ниже зависимостей, дадим методику расчета скорости подачи, когда подающая система и фрезерный узел имеют раздельные приводы.

Для данной конструкции фрезы определяем допустимую скорость подачи бревна на один оборот

$$[U_{об}] = \frac{Z}{1,1m} (\Delta R - S_{щ} \operatorname{ctg} \varphi_n). \quad (1)$$

Обозначения величин в формуле (1) приведены в работе [1].

Вычисляем расчетную длину щепы вдоль волокон  $l_{щ}$  и расчетную скорость подачи бревна  $U'$

$$l_{ш} = \frac{[U_{об}]}{K}, \quad (2)$$

где  $K$  — число ножевых спиралей на фрезе;

$$U' = \frac{[U_{об}] n}{1000 \cdot 60}, \quad (3)$$

здесь  $n$  — частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ , фрезы, соответствующая номинальной скорости двигателя фрезерного узла.

Проверяем возможность подачи бревна с расчетной скоростью по динамическим параметрам фрезерного узла. Для этого рассчитываем минимальную угловую скорость фрез при работе в наиболее тяжелом режиме: обработка бревен наибольших размеров и подача без межторцовых разрывов, когда за бревном, поданным вершинной вперед, следует бревно комлем вперед.

При расчете используем зависимости от времени скорости фрез  $\omega = \omega(t)$ , движущего момента  $M_d = M_d(t)$  и момента сопротивления  $M_c = M_c(t)$  на фрезерном валу. Определяем минимальную угловую скорость фрезы в конце обработки первого бревна

$$\omega_{min} = \omega_{x.x} e^{-pT_0} + \frac{1}{I_{пр} p} \left[ (1 - e^{pT_0}) e^{-pT_0} \left( \frac{2a_2}{p^2} - \frac{a_1}{p} - a_3 \right) - a_2 T_0^2 - \left( a_1 - \frac{2a_2}{p} \right) T_0 \right]. \quad (4)$$

Обозначения величин в формуле (4) приведены в работе [2].

Полученное значение  $\omega_{min}$  сравниваем с минимально допустимой скоростью фрезы  $[\omega]$ , определяемой по механической характеристике двигателя.

Условие  $\omega_{min} < [\omega]$  указывает на недостаточную мощность двигателя фрезерного узла при работе в данном режиме. В этом случае необходима подача с длиной щепы меньшей, чем допускает конструкция фрез.

Для условия  $\omega_{min} > [\omega]$  анализируем скорость фрез при обработке второго бревна, поданного комлем вперед. В выражение (4) вместо  $\omega_{x.x}$  следует подставлять  $\omega_{min}$ .

Степень изменения скорости фрез при обработке второго бревна можно оценить предварительно, сравнивая по величине момент сопротивления на фрезе в конце обработки первого бревна  $M_c$  с движущим моментом на фрезе  $M_d$  при угловой скорости  $\omega = \omega_{min}$  и с предельно допустимым по механической характеристике двигателя моментом  $[M_d]$ .

Момент  $M_c$  при обработке комлевой части бревна определяем [2] по формуле

$$M_c = M_{ф0} + M_{x.x} + a_1 T_0 + a_2 T_0^2. \quad (5)$$

Момент  $M_d$  найдем из зависимости  $M_d = M_0 - b\omega$  после подстановки в нее значения  $\omega = \omega(t)$  при  $t = T_0$ , т. е.

$$M_d = M_0 - b \left\{ \omega_{x.x} e^{-pT_0} + \frac{1}{I_{пр} p} \left[ (1 - e^{pT_0}) e^{-pT_0} \left( \frac{2a_2}{p^2} - \frac{a_1}{p} - a_3 \right) - a_2 T_0^2 - \left( a_1 - \frac{2a_2}{p} \right) T_0 \right] \right\}. \quad (6)$$

Обозначения величин в выражении (6) приведены в работе [2].

Если  $M_c < [M_d]$ , то при обработке второго бревна заранее можно утверждать, что  $\omega_{min} > [\omega]$ . В этом случае скорость подачи  $U = U'$ .

Если  $M_c > [M_d]$  и  $M_d < [M_d]$ , то следует проводить дальнейший анализ скорости фрез. При обработке второго бревна комлем вперед возможно дальнейшее понижение скорости, пока  $M_c(t) > M_d(t)$ . Но момент сопротивления на фрезе уменьшается, а движущий момент с понижением скорости фрез увеличивается. Для некоторого значения времени  $t$  (если не произойдет опрокидывание двигателя) наступит условие  $M_c(t) = M_d(t)$ . При этом на фрезе  $\omega_{min} = \omega$ , а  $M_d = M_{dmax}$ . Если  $M_{dmax} < [M_d]$ , а  $\omega_{min} > [\omega]$ , то значение  $\omega$  повышается. Значение  $\omega_{min}$  при обработке второго бревна можно определить по уравнению (4), сделав расчеты при  $t = 1, 2, 3$  с и т.д. или построив графики зависимостей  $M_c = M_c(t)$  и  $M_d = M_d(t)$  для времени обработки двух бревен.

Для нормальной работы со скоростью подачи  $U = U'$  при обработке второго бревна должно выдерживаться условие  $\omega_{min} > [\omega]$ , в противном случае следует снизить скорость подачи или работу производить с межторцовыми разрывами.



Приведенная выше методика расчета скорости подачи учитывает одновременно конструкцию инструмента и динамические параметры фрезерного узла станка, что должно обеспечить устойчивую работу станка на разных режимах. Самозатягивание бревен в станок при отсутствии на фрезе затылованных рабочих поверхностей во всех случаях должно быть исключено.

При общем приводе механизмов фрезерования и подачи осуществляется автоматическая синхронизация скорости подачи и фрез. Поэтому здесь скорость подающего устройства — практически переменная величина и зависит от степени загрузки двигателя, а подача на оборот и соответственно длина щепы — постоянны. В связи с этим в выражении (1) можно не учитывать коэффициент 1,1, введенный из-за переменной длины щепы. В остальном расчет аналогичен. Приведенные к валу фрезы значения момента сил сопротивления  $M_c$  и момента инерции  $I_{пр}$  (приведение осуществляется известными способами) должны учитывать дополнительные сопротивления и движущиеся массы подающего механизма. Общий привод целесообразен при отсутствии необходимости возврата полностью необработанных бревен в исходную позицию, т. е. в условиях качественной предварительной сортировки бревен. Но в производственных условиях по различным причинам (недопустимая кривизна, металлические включения) нередко приходится возвращать бревно, а при наличии общего привода и конструктивно несложном механизме подачи это затруднено. Поэтому в существующих условиях привод чаще выполняют раздельным.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Тимофеев Н. И. Геометрия дисковых фрез для окантовки бревен. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 4. [2]. Тимофеев Н. И. Динамический расчет фрезерного узла окантовочного станка. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 1.

Поступила 24 мая 1979 г.

УДК 634.0.824.001.4

## ОБ ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ ДРЕВЕСИНЫ

Л. А. БЯЛЬСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Описаны методы определения тяговых характеристик электромагнитных вибраторов, применяемых в резонансных вибрационных испытаниях древесины и древесных материалов, и приведены расчетные формулы для определения динамических нормальных напряжений, возникающих в испытуемых образцах.

Внедрение неразрушающих методов исследования качественных показателей древесины делает необходимым дальнейшее усовершенствование таких распространенных видов испытаний, как резонансный вибрационный метод определения упругих постоянных и рассеяния энергии. Как показал А. М. Боровиков [1], натуральной древесине ряда пород при циклическом деформировании присущи энергетические потери как релаксационного, так и гистерезисного видов.

Как известно [3], гистерезисные потери энергии в материале связаны с величиной возникающих при циклическом нагружении напря-

жений. Поэтому при корректной постановке экспериментов с целью определения характеристик рассеяния энергии в древесине вибрационным резонансным методом возникает необходимость хотя бы приближенно оценить действующие в испытуемых образцах динамические напряжения. Для образцов с большой жесткостью сечения, в особенности при их продольных колебаниях, эта задача технически весьма сложна ввиду необходимости измерять бесконтактным способом перемещения торцовых сечений вибрирующего образца в тысячных долях миллиметра. В работе [1] при исследовании гистерезисных потерь в образцах из натуральной древесины при продольных резонансных колебаниях для определения возникающих в этом случае напряжений применяли весьма сложный и трудоемкий способ измерения перемещений торцовых сечений с помощью измерительного микроскопа с высокой разрешающей способностью и фотографирования микрофотонасадкой, наклеенной на образец иглы с последующей расшифровкой фотопозитивов. Описанный способ не обеспечивал высокой точности определения деформаций и напряжений, его нельзя применять в процессе испытаний серии образцов и он не дает возможности экспериментатору на любом этапе испытаний и для каждого образца оценить возникающие при колебаниях напряжения, что затрудняло получение сопоставимых данных о рассеянии энергии в различных образцах. В связи с этим нами разработан способ определения напряжений при продольных колебаниях призматических образцов с большой жесткостью сечения.

Используя ставшую для вибрационных испытаний традиционной схему возбуждения продольных (или поперечных) колебаний образцов с помощью электромагнитного вибратора в виде телефонного капсюля типа ТК [1], мы определяли электромагнитную силу — тяговое усилие, развиваемое данным вибратором. Телефонный капсюль представляет собой однофазный электромагнит с П-образным магнитопроводом, теория и расчеты которого описаны в литературе [5, 6]. Как указано в этих работах, сила тока в катушке такого электромагнита, а следовательно, и тяговое усилие изменяются при колебаниях напряжения и частоты питающего источника и зависят от зазора между якорем и сердечником.

При плоских полусах сердечника электромагнитную силу, действующую на якорь, можно определить по формуле Максвелла [6]

$$F = 4,06 \cdot 10^4 \frac{\Phi}{S} \text{ [кгс]}, \quad (1)$$

где  $\Phi$  — магнитный поток, Вб;

$S$  — площадь полюсов, м<sup>2</sup>.

Формула (1) дает относительно точные результаты при зазоре  $\delta \leq 1$  мм [6]. Однако в этом случае возникает необходимость измерять магнитный поток с помощью флюксметра или баллистического гальванометра [7], которые не всегда имеются в лабораториях, предназначенных для испытания материалов. Поэтому нами применена непосредственная тарировка электромагнитного вибратора. Для этого к полюсам подвешенного вибратора подводили якорь в виде полосы из трансформаторной стали, на крюке которого подвешивали чашку с разновесками. Между сердечником и якорем устанавливали немагнитные прокладки (картон, гетинакс) различной толщины, имитирующие зазоры различной величины.

Для каждого зазора при постоянном напряжении питания электромагнита и необходимой частоте определяли средние значения электромагнитной силы, т. е. строили тяговые характеристики электромагнитного вибратора [5].

Диапазон необходимой частоты питающего напряжения для данной серии образцов определяли в предварительных резонансных испытаниях по частотам основной и последующих выделенных на данной экспериментальной установке гармоник. Электромагнит в процессе тарировки питался от звукового генератора Г<sub>3-2</sub> через мощный усилитель 90У-2, напряжение на выходе которого контролировали ламповым вольтметром ВЗ-2А.

В качестве примера отметим, что для данного электромагнитного вибратора при напряжении около 10 В и частоте до 100 Гц среднее значение электромагнитной силы составляло около 0,170 кгс. При тарировке электромагнитного вибратора в целях сохранения характеристик магнитной цепи необходимо, чтобы пластинки, которые

наклеивают на образцы из дерева или древесных материалов, были такими же по размерам и материалу, как и якорь тарировочного устройства.

Экспериментатор, располагая тяговой характеристикой данного электромагнитного вибратора, получает возможность определять действующее на образец усилие на любом этапе выполнения вибрационных резонансных испытаний образцов из древесных материалов.

Нормальная сила  $N$ , действующая на образец, связана с относительной деформацией  $\epsilon$  известным соотношением

$$\epsilon = \frac{N}{EF}, \quad (2)$$

где  $E$  и  $F$  — соответственно модуль продольной упругости материала стержня и площадь его поперечного сечения.

В области частот колебаний образца, удаленных от резонансной зоны, эту деформацию без большой ошибки можно приравнять статической [2].

Возбуждая в образце резонансные колебания, устанавливаем по шкале лампового милливольтметра ВЗ-2А или по осциллографу, служащему индикатором резонанса, во сколько раз резонансная амплитуда колебаний больше статической, т. е. находим коэффициент динамичности по деформациям. Тогда амплитудное значение относительной деформации

$$A = n_{\text{дин}} \epsilon = n_{\text{дин}} \frac{N}{EF}, \quad (3)$$

здесь  $n_{\text{дин}}$  — коэффициент динамичности системы.

На основании закона Гука вычисляем максимальные динамические напряжения, возникающие в узлах колебаний, при резонансе [4]

$$\sigma_{\text{max}} = kn_{\text{дин}} \frac{N}{F}, \quad (4)$$

где  $k$  — волновое число, определяемое формой продольных колебаний образца.

Таким образом, учитывая выражение (4), по показаниям индикатора резонанса при известном тяговом усилии электромагнитного вибратора, можно, не прибегая к использованию других приборов и средств измерений, с достаточной точностью оценить напряженное состояние испытываемых образцов при определении характеристик рассеяния энергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боровиков А. М. Исследование влияния температуры и влажности на упругость, вязкость и пластичность древесины. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Воронеж, 1969. [2]. Киселев В. А. Строительная механика (специальный курс). М., Стройиздат, 1969. [3]. Пановко Я. Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем. М., Физматгиз, 1960. [4]. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов. Киев, «Наукова думка», 1971. [5]. Сливинская А. Г. Электромагниты и постоянные магниты. М., «Энергия», 1972. [6]. Ступель А. Ф. Электромеханические датчики и преобразователи неэлектрических величин. М., «Энергия», 1965. [7]. Электрические измерения. Под ред. А. В. Фремке. М., «Энергия», 1975.

Поступила 17 марта 1976 г.

УДК 674.815-41

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ МЕТОДОМ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Б. П. ЕРЫХОВ, В. И. СКРИПОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Динамический модуль сдвига и добротность колеблющейся системы, измеряемые резонансным методом крутильных колебаний, могут являться неразрушающими параметрами для количественной оценки водостойкости древесностружечных плит Сыктывкарского ЛПК.

Водостойкость древесностружечных плит (ДСП) и связанные с ней способности к водопоглощению и набуханию в водной среде или во влажном воздухе в значительной мере определяют технико-эксплуатационные показатели плит [2]. Как показано в работе [4], условия испытаний плит на водостойкость в нашей стране и за рубежом различны. Кроме того, сами прочностные испытания плит из-за значительных погрешностей предполагают использование большого количества параллельных образцов при одной и той же влажности, что также в значительной мере увеличивает трудоемкость исследований.

В данной работе для исследования водостойкости плит предложено использовать резонансный метод крутильных колебаний для призматического образца [1].

В качестве адеструктивных показателей ДСП используют динамический модуль сдвига  $G$  и добротность колеблющейся системы  $Q$

$$G = \frac{4\pi^2 I h}{k_1 A^3 B} \gamma_p^2 \quad (1)$$

$$Q = \sqrt{3} \frac{\gamma_p}{\Delta \nu} \quad (2)$$

- где  $I$  — момент инерции колеблющейся системы, кг·м<sup>2</sup>;  
 $h$  — высота скручиваемой части призматического образца, м;  
 $A \leq B$  — стороны сечения образца, м;  
 $k_1$  — безразмерный коэффициент, зависящий от отношения сторон  $B/A$  сечения и определяемый по таблице [1, с. 45];  
 $\gamma_p$  — резонансная частота крутильных колебаний, соответствующая первой гармонике, Гц;  
 $\Delta \nu$  — изменение частоты возмущающей силы, необходимое для изменения амплитуды колебаний от половины ее максимального значения по одну сторону резонансной кривой до половины максимального значения по другую сторону, Гц;  
 $\frac{\Delta \nu}{\gamma_p}$  — так называемая ширина резонансного пика, или мера внутреннего трения в материале.

Как показано в работе [1, с. 123], низкочастотный динамический модуль сдвига в конечном счете обусловлен количеством контактов в единице объема на макроструктурном уровне древесных материалов, а добротность, являющаяся мерой диссипации упругой энергии в материале, характеризует меру внутреннего трения и уменьшается с увеличением количества микро- и макродефектов в исследуемом образце.

Естественно, что при исследовании водостойкости ДСП эти две структурно-чувствительные характеристики благодаря их физической природе должны существенно изменяться.

Теоретические предпосылки проверяли на пятислойных древесностружечных плитах с мочевиноформальдегидной смолой типа УКС-А, выпускаемых Сыктывкарским ЛПК.

Образцы размером  $230 \times 50 \times 19$  мм при комнатной температуре погружали в воду и измеряли их влажность в течение 30 мин через каждые 10 мин, затем в течение 2,5 ч через каждые 30 мин, потом через 6 ч и, наконец, через 24 ч. Исходная влажность составляла 5–6%, конечная — около 80%.

Параллельно с влажностью определяли на трех образцах два неразрушающих параметра. Продолжительность их измерений составляла не более 1 мин. Для выявления общих закономерностей образцы отбирали с ноября 1977 г. по апрель 1978 г. Всего было произведено четыре отбора. Исходные значения модуля сдвига при влажности 5–6% составляли  $(7 \div 8,5) \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup>, а добротности — 40–50.

Кривые изменения динамического модуля сдвига  $G$  и добротности  $Q$  древесностружечных плит от влажности  $W$  для всех четырех отборов.

Таблица 1

Параметр	Снижение параметра, %, для диапазона влажности $W$ , %		
	6–10	10–30	30–65
$\sigma_n$	2	5,6	—
$G$	2,5	1,5	0,9
$Q$	7,5	1,5	0,4

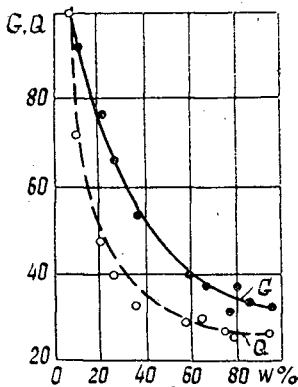


Рис. 1.

аналогичны. Для трех параллельных образцов разброс экспериментальных точек минимальный, а для одного образца разброса практически нет, так как относительная погрешность измерений модуля сдвига и добротности составляет не более 2%.

С целью удобства анализа зависимостей модуля сдвига и добротности от влажности (рис. 1) значения  $G$  и  $Q$  для одного из отборов отложены по оси ординат в процентном выражении по отношению к исходному значению, принятому за 100%.

Данные, представленные на рис. 1 и полученные для трех параллельных образцов, показывают, что для исследования водостойкости ДСП достаточно провести испытания лишь на одном образце.

На основании результатов работы [3] в табл. 1 приведены величины снижения трех структурно-чувствительных параметров (предела прочности на изгиб  $\sigma_n$ , динамического модуля сдвига  $G$  и добротности  $Q$ ) при повышении влажности на 1% для трех диапазонов влажности.

При влажности 19%, по данным В. Я. Терентьева [3], прочность составляет 60% от исходного значения, а для адеструктивных параметров при влажности 65% — около 30% от первоначальных значений. При увеличении влажности от 65 до 80% адеструктивные параметры практически больше не изменяются.

Предлагаемые неразрушающие показатели плит по чувствительности к водостойкости превышают общепринятые прочностные характеристики, отличаются быстротой и малой трудоемкостью их определения.

При этом, как ни парадоксально, исследование водостойкости на единственном образце плиты при использовании неразрушающих параметров — более корректный и надежный метод, чем оценка по предельным нагрузкам.

Анализ приведенных кривых позволяет, как и в работе [5], выделить три периода водопоглощения, отличающихся скоростью процес-

са набухания, а потеря прочности плиты при влажности в 20% практически совпадает по всем трем параметрам.

Доминирующая характеристика водостойкости, не связанная с прочностью структурного каркаса плиты, — добротность колеблющейся системы. Этот результат физически вполне объясним. А если учесть, что между динамическим модулем сдвига и прочностью на изгиб существует тесная корреляция, то неразрушающие параметры по сути дела могут определить все главные технико-эксплуатационные показатели плит.

При широком внедрении предлагаемого способа неразрушающей оценки водостойкости древесностружечных плит многие общепринятые параметры можно не измерять.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов. М., «Лесная промышленность», 1977, с. 45, 58, 246. [2]. Ковальчук Л. Н., Преображенская Н. П., Горбунова Р. И. Водостойкость клеевых соединений. — «Механическая обработка древесины», 1970, № 15, с. 15—17. [3]. Терентьев В. Я. Влияние влажности на свойства древесностружечных плит. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1965, № 1, с. 5—7. [4]. Хрулев В. М., Мартынов К. Я. Долговечность древесностружечных плит. М., «Лесная промышленность», 1977, с. 168. [5]. Эльберт А. А. Теоретические основы химической технологии древесностружечных плит и разработка методов повышения их качества. Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук, Л., 1977. (Ленингр. лесотехн. акад.).

Поступила 16 мая 1979 г.

УДК 691 : 674.032.16

### МОДУЛИ УПРУГОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С СУЧКАМИ И БОКОВЫМИ ТРЕЩИНАМИ УСУШКИ

В. П. ЛЕВЧЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

Приведены данные о влиянии сучков и боковых трещин усушки на модуль упругости деревянных строительных элементов из сосны обыкновенной при сжатии вдоль волокон и статическом поперечном изгибе.

Строительные сортаменты, применяемые обычно в круглом виде без механической обработки как несущие элементы конструкций, всегда имеют сучки и иногда боковые трещины усушки. Данные о влиянии этих пороков на упругие свойства древесины необходимы при расчетах элементов конструкций.

Для определения модуля упругости при сжатии роль волокон испытаны две партии круглых образцов с сучками и одна партия — с одиночными боковыми трещинами усушки глубиной до сердцевины.

Контрольные образцы не имели пороков. Влажность древесины контрольных образцов и образцов с сучками — выше предела насыщения, влажность древесины образцов с трещинами и контрольных к ним — от 8,6 до 9,9%. Диаметр образцов  $D = 10,8—13,5$  см, а высота равна двум диаметрам.

Размеры сучков определены между касательными, проведенными к их контуру параллельно оси образца; при этом учитывали самый

крупный сучок  $d_m$ , его относительный размер  $\frac{d_m}{D}$  и отношение суммы размеров всех сучков в мутовке к диаметру образца  $\frac{\Sigma d}{D}$ .

Таблица 1

Вид образца	Размер сучков	$n$	Модуль упругости, $M \pm m$ , ГПа	$M\%$	Достоверность разницы
Контрольный	—	16	$10,9 \pm 0,625$	100	
С сучками	$d_m = 40$ мм	20	$11,7 \pm 0,688$	107	$0,86 < 3,50$
Контрольный	—	17	$10,9 \pm 0,686$	100	
С сучками	$d_m = 74$ мм	21	$13,1 \pm 0,870$	120	$1,99 < 3,46$
Контрольный	—	17	$10,6 \pm 0,576$	100	
С сучками	$\frac{d_m}{D} = 0,34$	21	$11,7 \pm 0,803$	110	$1,11 < 3,46$
Контрольный	—	16	$10,6 \pm 1,045$	100	
С сучками	$\frac{d_m}{D} = 0,56$	20	$13,5 \pm 0,887$	127	$2,12 < 3,50$
Контрольный	—	14	$10,6 \pm 0,802$	100	
С сучками	$\frac{\Sigma d}{D} = 0,87$	20	$12,2 \pm 0,751$	115	$1,45 < 3,60$
Контрольный	—	19	$11,1 \pm 0,577$	100	
С сучками	$\frac{\Sigma d}{D} = 1,52$	21	$12,5 \pm 0,765$	113	$1,47 < 3,40$

При сравнении модулей упругости чистой древесины и древесины с сучками при сжатии вдоль волокон различие оказалось недостоверным (табл. 1). Несмотря на отсутствие достоверности разницы, модуль упругости древесины с сучками, как правило, превышает модуль упругости чистой древесины. Увеличение абсолютных и относительных размеров самого крупного сучка в мутовке сопровождается повышением модуля упругости. Зависимость между модулем упругости и суммой относительных размеров сучков выражена менее четко; так, при  $\frac{\Sigma d}{D} =$

$= 0,87$  модуль упругости увеличился на 15%, при  $\frac{\Sigma d}{D} = 1,52$  — на 13%. В последнем случае сумма относительных размеров увеличилась за счет количества мелких сучков в мутовках.

В пиленой древесине сучки вызывают значительное снижение модуля упругости. Это объясняется тем, что завитки, окружающие сучок, перерезаны на ребрах и плоскостях образца. При сжатии вдоль волокон образцов с поперечным сечением  $20 \times 20$  мм здоровые сросшиеся с древесиной сучки размерами в долях толщины образца 0,20 и 0,85 снижают модуль упругости на 33 и 50% [1]; с увеличением поперечного сечения образцов сучки таких же относительных размеров оказывают меньшее отрицательное влияние.

По результатам испытаний боковые трещины усушки глубиной до сердцевины и протяженностью, равной высоте образца, при сжатии вдоль волокон не вызывают снижения модуля упругости древесины (табл. 2).

Таблица 2

Вид образца	<i>n</i>	Модуль упругости $M \pm m$ , ГПа	<i>M</i> %
Контрольный	15	12,4 ± 0,413	100
С трещинами	15	12,3 ± 0,523	99,2

Для определения влияния сучков на модуль упругости при статическом поперечном изгибе испытано две партии круглых сортиментов длиной 3,5—4 м и диаметром в верхнем торце от 7 до 13,1 см. Размеры самых крупных сучков в первой партии — от 25 до 40 мм, во второй — от 41 до 69 мм. Расстояние между мутовками — не менее 55 см. Испытания проведены при двухточечной схеме нагружения. Расстояние между опорами машины составляло 100 см. Для измерения деформаций в зоне чистого изгиба применен индикатор часового типа с ценой деления 0,002 мм. Напряжения при нижнем и верхнем нагружениях приняты равными 6,7 и 18 МПа. Испытания проводили на отдельных участках сортиментов при расположении самых крупных сучков в сжатой и растянутой зонах. Влажность древесины превышала предел насыщения.

В среднем модуль упругости участков древесины с сучками, расположенными в сжатой зоне, практически равен модулю упругости чистой древесины, и наблюдающееся некоторое уменьшение его (2,4%) не выходит за пределы точности опыта. Следовательно, в данном случае можно считать, что сучки не оказывают отрицательного влияния на упругие свойства древесины.

Сучки различных размеров (33 и 50 мм), расположенные в растянутой зоне стержней, снижают модуль упругости примерно одинаково (на 6—8%). Различие в модулях упругости чистой древесины и древесины с сучками недостоверно (табл. 3).

Таблица 3

Участок сортимента	Зона расположения сучка	<i>n</i>	Модуль упругости $M \pm m$ , ГПа	<i>M</i> %	Достоверность разницы
Контрольный	—	10	12,3 ± 0,696	100	
С сучками ( $d_m = 33$ мм)	Сжатая	18	12,0 ± 0,338	97,6	0,39 < 3,43
	Растянутая	17	11,3 ± 0,337	91,6	1,30 < 3,46
Контрольный	—	15	11,3 ± 0,460	100	
С сучками ( $d_m = 50$ мм)	Сжатая	25	11,0 ± 0,112	97,3	0,62 < 3,29
	Растянутая	25	10,6 ± 0,221	93,8	1,43 < 3,29

Для выяснения влияния трещин на модуль упругости испытаны круглые сортименты длиной 130 см, из них 11 с боковыми трещинами усушки, глубиной до сердцевины и протяженностью, равной длине образца, и 11 контрольных (без трещин). Испытания проведены при расположении плоскости действия изгибающего момента относительно плоскости трещины под углом 0—180° через каждые 15°. В связи с этим в период испытаний каждый образец с трещиной подвергали многократному нагружению и разгрузке.

Известно, что после первых двух-трех циклов приложения и снятия нагрузки до нижнего предела модуль упругости возрастает, а при последующих нагружениях остается неизменным. Н. Л. Леонтьев [1] при испытаниях доводил число циклов нагружения до 20; при этом заметных изменений в величине модуля упругости не обнаружено; надо полагать, что и большее число циклов приложения нагрузки не оказывает влияния на его величину.

По результатам испытаний (табл. 4), одиночные боковые трещины глубиной до сердцевины, независимо от направления изгибающего усилия относительно их плоскости, почти не оказывают влияния на



Таблица 4

Вид сортимента	Угол между направлением усилия и плоскостью трещин, град	Модуль упругости древесины с трещинами при статическом изгибе	
		ГПа	%
Контрольный	—	10,18	100
С трещинами	0	9,98	98,0
	15	10,40	102,2
	30	9,93	97,5
	45	10,32	101,4
	60	9,81	96,4
	75	9,49	93,2
	90	10,38	102,0
	105	9,59	94,2
	120	9,22	97,4
	135	9,83	96,6
	150	9,99	98,1
	165	9,76	95,9
	180	10,41	102,3

модуль упругости; наблюдающиеся некоторые отклонения от среднего значения модуля упругости чистой древесины контрольных стержней не превышают точности опыта.

Поступила 5 июля 1979 г.

УДК 674.815-4:531.717

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ТРАСС ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. В. ЧЕНЦОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен случайный характер изменения толщины ДСП с учетом стационарности и эргодичности изменения этого параметра по ширине плиты. Определен интервал дискретизации случайной функции, на основании которого можно задать количество измерительных преобразователей в системе автоматического контроля разнотолщинности плит.

При определении толщины древесностружечных плит (если эту операцию выполняет автоматическая система при прохождении плиты через позицию, где установлены измерительные преобразователи) встает вопрос оптимального числа трасс контроля.

Достаточно полно изменение толщины ДСП можно охарактеризовать только вероятностными методами.

В работе [1] принята гипотеза стационарности и эргодичности характера изменения толщины плиты по длине. В данной работе мы принимаем гипотезу стационарной и эргодичной модели изменения толщины плиты по ширине, что при экспериментальной проверке означает постоянство математического ожидания толщины и независимость его и автокорреляционной функции от начала отсчета.

В предварительном эксперименте определены шаг измерения толщины ДСП и минимальная длина реализации. Результаты эксперимента, в котором толщину определяли через 4 мм ширины плиты, представлены выборкой из 400 реализаций.

Гипотезу стационарности можно проверить путем анализа реализаций с использованием критерия серий. Если выборка разделена на 10 интервалов и изменение последовательности выборочных значений носит случайный характер, то число серий относительно математического ожидания при определенном уровне значимости, например  $\alpha = 0,05$ , составляет не менее 3, но не более 8 [2]. Реализации эксперимента разделяли на 10 интервалов и для каждого интервала вычисляли средние значения.

Приводим результаты расчетов:

1) 18,788	4) 18,856	7) 19,080	10) 19,530.
2) 19,040	5) 18,874	8) 19,595	
3) 18,576	6) 18,868	9) 19,623	

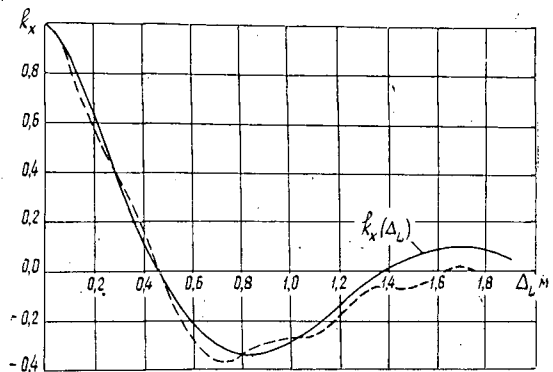
При среднем значении данной выборки, равном 19,00 мм, значения выше 19,00 отмечали знаком «+», а менее 19,00 — знаком «-». В результате имеем последовательность:

- +    - - - -    + + +  
1 2    3            4

Из последовательности 10 значений выделены 4 серии, и гипотезу постоянства математического ожидания толщины по ширине плиты принимали при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Рис. 1. Нормированная автокорреляционная функция случайного характера изменения толщины по ширине плиты.

$$k_x(\Delta)_L = e^{-1,2|\Delta_L|} \cos 3,4\Delta_L.$$



Автокорреляционную функцию случайного характера толщины ДСП, определяющую зависимость толщины в некотором сечении от толщины в другом сечении, рассчитывали на ЭВМ «Минск-22». Результаты приведены на рис. 1, из которого видно, что зависимость между случайными значениями толщины ДСП, разделенными промежутками  $\Delta_L$ , ослабевает и в пределе  $\Delta_L \rightarrow \infty$  значения толщины становятся взаимно независимыми. Это подтверждает не только стационарность, но и эргодичность случайного характера изменения толщины по ширине плиты, а также позволяет получить статистические характеристики случайного процесса по одной реализации.

Для получения статистических характеристик случайной функции изменения толщины ДСП эмпирическую нормированную автокорреляционную функцию аппроксимируем уравнением

$$k_x(\Delta_L) = e^{-\alpha|\Delta_L|} \cos \beta\Delta_L, \quad (1)$$

где параметры  $\alpha$  и  $\beta$  имеют соответственно значения 1,2 и 3,4.

Другую характеристику случайной функции — нормированную спектральную плотность  $S(\omega)$  — можно определить, используя автокорреляционную функцию  $k_x(\Delta_L)$  [2],

$$s(\omega) = \frac{\alpha}{\pi} \left[ \frac{1}{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2} + \frac{1}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right].$$

При прохождении ДСП через измерительную позицию случайную функцию толщины по ширине плиты можно представить конечным числом некоторых значений, которые получены измерительными преобразователями. Здесь необходимо определить расстояние между преобразователями, чтобы по их отсчетным значениям получить воспроизводящую функцию, которая с заданной точностью отображала бы исходную.

При определении интервалов дискретизации случайной функции изменения толщины по ширине плиты можно использовать теорему В. А. Котельникова [3], согласно которой функцию, имеющую спектральную плотность (спектр)  $S_x(\omega)$  и ограниченную полосой частот  $\omega_c$ , можно представить с помощью дискретных отсчетов, взятых через интервалы  $\Delta_L$

$$\Delta_L = \frac{\pi}{\omega_c}. \quad (2)$$

Используя при спектральном анализе случайного характера толщины по ширине плиты широко применяемую электродинамическую аналогию, рассмотрим понятие энергии сигнала, которую определяем при интегрировании

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} |S_x(\omega)|^2 d\omega. \quad (3)$$

Если спектр ограничить частотой  $\omega_c$ , то погрешность определения энергии

$$\Delta E = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega_c}^{\infty} |S_x(\omega)|^2 d\omega.$$

Обусловленная ограничением спектра частотой  $\omega_c$  относительная погрешность

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\int_{\omega_c}^{\infty} |S_x(\omega)|^2 d\omega}{\int_0^{\infty} |S_x(\omega)|^2 d\omega}. \quad (4)$$

Если задаться этой погрешностью, то при известном виде спектра по формуле (4) можно определить ширину полосы частот. По величине  $\omega_c$ , используя теорему Котельникова, находим интервалы, через которые отсчитываем толщину по ширине плиты. Количество измерительных преобразователей  $n$  по ширине ДСП (если ширина плиты равна  $B$ ) можно определить из выражения

$$n = \frac{B}{\Delta_L}. \quad (5)$$

Для нашего случая после подстановки нормированной спектральной плотности в формулу (3) и после решения интеграла в общем виде энергия сигнала принимает следующий вид:

$$E = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{2\alpha^2} \left\{ \left[ \frac{\omega + \beta}{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2} + \frac{\omega - \beta}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right] + \frac{3\alpha^2 + \beta^2}{\alpha(\alpha^2 + \beta^2)} \cdot \left( \operatorname{arctg} \frac{\omega + \beta}{\alpha} + \operatorname{arctg} \frac{\omega - \beta}{\alpha} \right) + \frac{1}{2\beta(\alpha^2 + \beta^2)} \ln \frac{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right\} \Big|_0^{\infty}$$

На рис. 2 показаны результаты расчетов относительной погрешности, зависящей от частоты ограничения спектра. Если ширина ДСП равна 1,5 м, то при определении толщины одним измерительным преобразователем интервал  $\Delta_L$  между отсчетами, по которым можно восстановить случайный характер изменения толщины по ширине, на основании формулы (5), равен 1,5 м. Частота, ограничивающая спектр [формула (2)], равна 2,09 1/м, а относительная погрешность  $\frac{\Delta E}{E} = 0,9$ . Для двух измерительных преобразователей, интервал между которыми равен 0,75 м, относительная погрешность составляет 0,65. При контроле тремя измерительными преобразователями с интервалом 0,5 м погрешность  $\frac{\Delta E}{E} = 0,05$ .

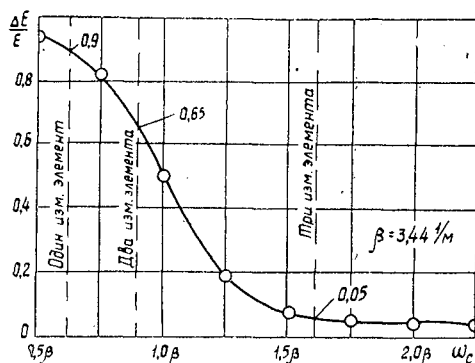


Рис. 2. Относительная погрешность, обусловленная ограничением спектра частотой  $\omega_c$ .

Таким образом, задавшись погрешностью представления, равной 0,05, получаем, что контроль толщины ДСП автоматической системой должен осуществляться тремя измерительными преобразователями с интервалом установки по ширине плиты, равным 0,5 м.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бавельский М. Д., Ченцов В. В. Об определении требований к системам автоматического контроля разнотолщинности древесностружечных плит. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 6, с. 138—142. [2]. Бендат Дж., Пирсон А. Измерение и анализ случайных процессов. М., «Мир», 1974, с. 464. [3]. Ключев Н. И. Информационные основы передачи сообщений. М., «Советское радио», 1966, с. 360.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.458.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ  
МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ

Д. М. ФЛЯТЕ, Л. С. ГУЛЯЕВ

Ленинградская лесотехническая академия  
Сибирский технологический институт

На трех образцах целлюлозы (хлопковой, сульфитной беленой и сульфатной небеленой) показано термогравиметрическим методом развитие водной поверхности этих образцов по мере их увлажнения. Установлено, что в точках излома кривой зависимости водной поверхности от влагосодержания изменяются некоторые свойства целлюлозы.

Исследованию взаимодействия целлюлозы с водой посвящен ряд работ, в большинстве из которых это взаимодействие представлено как поверхностное явление.

В последнее время процессы сорбции воды целлюлозой рассматривают с позиций абсорбции. Однако наличие электрокинетических эффектов, данные ЯМР по протонному обмену между водой и ОН-группами целлюлозы и развитая капиллярная сеть с широким спектром распределения радиусов капилляров (от сотен микрометров до единиц нанометров) позволяют нам отдать предпочтение адсорбционному механизму процесса гидратации целлюлозы. Термин «водная поверхность» мы используем в качестве физической характеристики, отражающей реальную суть одной из сторон процесса сорбции воды целлюлозой, а именно, площади активных центров целлюлозы, занимаемой прочно связанными сорбированными молекулами воды, обладающими большой энергией дегидратации.

Большинство исследователей придерживается мнения о постоянстве водной поверхности для данного вида целлюлозы, принимая за эту поверхность площадь, занимаемую молекулами сорбированной в монослое воды. Эти представления, основанные на теории БЭТ и используемые в методах ЯМР, не учитывают возможности развертывания поверхности целлюлозных волокон в процессе ее последующего увлажнения. Такое развертывание поверхности экспериментально доказано электронно-микроскопическими исследованиями Джайме. Однако, как показано ниже, в условиях увлажнения парами воды до влагосодержания 27—29% значения водной поверхности целлюлозы, найденные методами БЭТ и ЯМР, хорошо совпадают с данными, полученными термогравиметрическим методом. Водная поверхность целлюлозы, рассчитываемая по теплоте смачивания жидкой воды, оказывается вдвое больше, чем по БЭТ. Но и в этом случае определяется далеко не вся поверхность, способная развиться при максимальном увлажнении, что является следствием кратковременности фиксации теплового эффекта (1—3 мин), соответствующего образованию адсорбционного слоя воды только в хорошо доступных участках целлюлозных волокон, тогда как молекулы воды медленно продолжают внедряться в более упороченные области в течение многих дней с образованием новых свя-

зей с матрицей целлюлозы. К сожалению, прямых исследований развития водной поверхности целлюлозы в литературе мы не обнаружили.

Цель настоящей работы — систематически количественно исследовать методом термогравиметрии развитие водной поверхности различных видов целлюлозы при их увлажнении, выяснить механизм этого процесса и установить связь его с величинами, характеризующими сорбцию воды целлюлозой. При интерпретации полученных результатов следует иметь в виду, что вся предыстория технической целлюлозы связана с тем, что целлюлозные волокна находятся в постоянном контакте с молекулами воды, начиная от биосинтеза и кончая моментом исследования. Поэтому в образцах с малым влагосодержанием (4—6%) мы имеем дело с молекулами воды, которые сорбированы целлюлозой в самых глубоких областях волокон при больших увлажнениях и не удалены при сушке.

В основе принятой нами модели лежат представления об образовании двух водородных связей с гидроксильными группами целлюлозы каждой молекулой воды, сорбированной в монослой. Подтверждение этому — спрямление изотермы сорбции воды целлюлозой в координатах Лэнгмюра для двухцентровой подвижной адсорбции и независимость энергии дегидратации из монослоя от степени его заполнения.

По нашим данным, при больших значениях влагосодержания фракция прочно связанной воды формируется в виде трехмолекулярного сорбата, причем три молекулы воды взаимодействуют между собой с образованием только двух водородных связей с матрицей целлюлозы, возможно, образуя некоторую циклическую структуру — тример. Интерпретация полученных результатов на основе такой модели приводит к практически полному совпадению наших значений водной поверхности при влагосодержании 27—29% со значениями, полученными методами БЭТ и ЯМР.

Для исследований использовали целлюлозу неразмолотую хлопковую сульфатную белевую хвойных пород со степенью помола до 24°ШР и сульфитную белевую хвойных пород Красноярского ЦБК со степенью помола до 40°ШР. Образцы доводили в эксикаторе над парами воды до нужного влагосодержания или увлажняли жидкой дистиллированной водой, после чего выдерживали не менее 7—10 дней для установления равновесия.

Метод исследования — модификация термогравиметрии в квазиравновесных условиях. Измерения проводили на стандартном венгерском дериватографе фирмы МОМ (Будапешт) при скорости нагрева 0,5 град/мин до 150°С в платиновых конических тиглях в атмосфере воздуха.

Инертный материал —  $Al_2O_3$ . Термогравитограммы рассчитывали по специально составленной программе на ЭВМ «Проминь-2». Водную поверхность  $S$  рассчитывали по формуле

$$S = \frac{s_0}{m_0} W_a n,$$

где  $s_0$  — площадь, занимаемая на поверхности сорбента одной молекулой воды и равная  $10,5 \cdot 10^{-20}$  м<sup>2</sup>;

$m_0$  — масса молекулы воды, равная  $2,9 \cdot 10^{-26}$  кг;

$W_a$  — влагосодержание целлюлозы (в долях к сухому веществу сорбента);

$n$  — населенность фракции прочно связанной воды (в долях к общему количеству сорбированной воды; определяется из термогравитограмм).

Значение  $s_0$  рассчитано, согласно принятой модели, с учетом кинетического диаметра молекулы воды, равного  $2,65 \cdot 10^{-10}$  м.

Результаты расчета приведены на рис. 1, из которого видно, что зависимость водной поверхности от влагосодержания для различных видов целлюлозы имеет сложный характер, отражающий сложность процессов взаимодействия воды с целлюлозой.

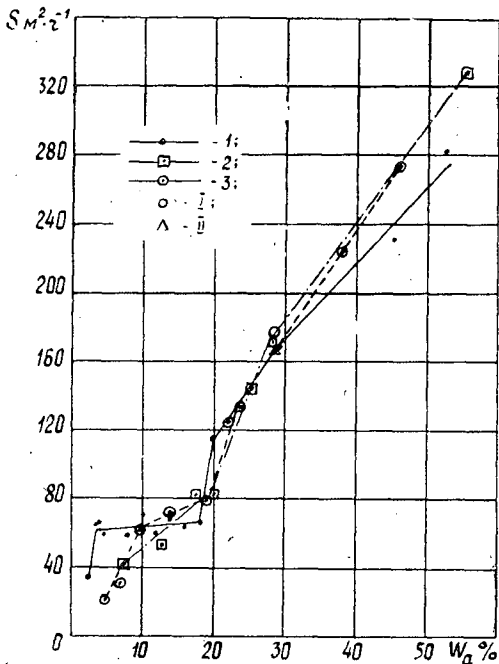


Рис. 1. Зависимость водной поверхности целлюлозы от влагосодержания.

1 — для хлопковой целлюлозы; 2 — для сульфитной беленой; 3 — для сульфатной небеленой; I — результаты расчета по методике БЭТ; II — ЯМР.

Для хлопковой целлюлозы (кривая 1) наблюдается быстрый рост водной поверхности в процессе формирования монослоя сорбированной воды, далее до влагосодержания 18% водная поверхность изменяется мало, к 20% влагосодержания она практически удваивается, затем монотонно растет.

Ступенчато, но более сглаженно развивается водная поверхность и у сульфитной беленой (кривая 2) и у сульфатной небеленой (кривая 3) целлюлоз. Для них, так же как и для хлопковой, водная поверхность развивается более медленно до влагосодержаний 19—20%, затем быстро растет до  $W_a = 24—28\%$ . При больших увлажнениях у всех исследованных образцов целлюлозы водная поверхность развивается практически одинаково, что позволяет сделать предположение об одинаковом механизме этого процесса.

Точки излома кривых зависимости водной поверхности от влагосодержания целлюлозы соответствуют известным в литературе точкам, характеризующим резкое изменение других свойств системы вода — целлюлоза. Влагосодержание, равное 29—30%, сульфитного и сульфатного видов целлюлозы соответствует точке насыщения гидроксильных групп аморфных участков из расчета 1 моль  $H_2O$  на 1 моль  $OH$ -групп целлюлозных остатков. При влагосодержании 20% аморфные участки целлюлозы переходят в высокоэластическое состояние при температуре 25°C; начинается увеличение второго момента широкой линии ЯМР-спектра по Свенсону, объясняемое уменьшением подвижности протонов, меняются значения межфибриллярных сил сцепления по Робертсону и напряжения, препятствующего усадке. При меньших влагосодержаниях все процессы идут в целлюлозе, аморфная часть которой находится в стеклоподобном состоянии. Содержанию 10% влаги сульфатной целлюлозы соответствуют минимум подвижности протонов, определенный методом ЯМР, и насыщение внутри- и межмолекулярной подвижности целлюлозы. При 4%-ном содержании воды заканчивается формирование монослоя.

Корреляция точек излома кривой зависимости водной поверхности целлюлозы от влагосодержания с указанными выше данными позволяет сделать некоторые предположительные выводы о механизме развития этой поверхности.

В стеклообразном состоянии аморфной части целлюлозы после формирования монослоя (возможно, на поверхности кристаллитов, примыкающих к стенкам макропор) формируются полимолекулярные сорбционные слои. Вследствие достаточно жесткой связи внутри фибрилл и между ними и слабой подвижности аморфных участков целлюлозы в стеклообразном состоянии молекулы воды внедряются в фибриллярное пространство в незначительном количестве. В основном, гидратация идет за счет увеличения фракции слабо связанной воды, не имеющей прямой связи с матрицей целлюлозы.

При достижении определенного, критического, содержания молекул воды в этой фракции резко возрастает их расклинивающее действие, аморфные участки целлюлозы начинают переходить в высокоэластическое состояние, приводящее к разрыву водородных мостиков между фибриллами и еще более облегчающее доступ молекул воды внутрь фибрилл и образование в них прочно связанного с целлюлозой сорбционного слоя воды.

Авторы выражают благодарность проф. Ю. П. Сырникову за сделанные им ценные замечания при обсуждении материала.

Поступила 16 мая 1979 г.

УДК 676.1.023.62

## О ВЛИЯНИИ ДОБАВКИ АЛЮМИНАТА НАТРИЯ НА СВОЙСТВА БУМАГИ, ПОДВЕРГНУТОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ

Г. И. ЧИЖОВ, В. В. ХОВАНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия, ВНПОбумпром

Показано, что добавки до 15% алюмината натрия, считая на окись алюминия, и термообработка в течение 5 мин при температуре 150°C значительно повышают прочность бумаги в сухом и влажном состояниях. Жесткость и сопротивление бумаги току воздуха в этих условиях изменяются незначительно.

В литературе [3] указано, что с помощью добавок соединений алюминия в сочетании с дополнительной тепловой обработкой можно существенно повысить прочность бумаги не только в сухом, но и во влажном состоянии.

Цель настоящей работы — изучить влияние рН среды, расхода алюмината натрия и степени помола массы на свойства бумаги, подвергнутой термообработке по установленному ранее оптимальному режиму: температура 150°C, продолжительность 5 мин.

Образцы массой 60 г/м<sup>2</sup> изготавливали по обычно принятой методике из коротковолокнистой хлопковой целлюлозы, широко применяемой в производстве фильтрующих материалов для очистки воздуха. Расчетное количество алюмината натрия в виде 10%-ного раствора задавали в массу при перемешивании за 5 мин до отлива. Требуемую величину рН среды создавали с помощью 1 н. растворов соляной кислоты или едкого натра. Испытания образцов проводили по стандартным методикам, за исключением сил связи, измеренных по методу С. Н. Иванова, и модуля упругости, определенного на приборе ЖБИ-1. Длительность намокания бумаги в воде перед определением разрывного груза во влажном состоянии — 2 ч.

Исследования проводили путем факторного планирования эксперимента по плану второго порядка — плану Коно [1]. Первоначально определяли влияние рН среды  $x_1$  (пределы варьирования от 4,5 до 9,5 при интервале варьирования 2,5) и расхода алюмината натрия  $x_2$  (пределы варьирования 0—15%, считая на окись алюминия,



при интервале варьирования 7,5%) на разрывной груз в сухом  $y_1$  и влажном  $y_2$  состояниях, силы связи  $y_3$  и сопротивление току воздуха  $y_4$  бумаги, изготовленной из массы со степенью помола 15°ШР. Затем изучали влияние расхода алюмината натрия  $x_3$  (пределы варьирования от 0 до 15% при интервале варьирования 7,5%) и степени помола массы  $x_4$  (пределы варьирования 15—55°ШР при интервале варьирования 20°ШР) на разрывной груз в сухом  $y_5$  и влажном  $y_6$  состояниях, силы связи  $y_7$ , сопротивление излому  $y_8$  и модуль упругости  $y_9$  бумаги. Образцы отливали при рН = 9,5.

После проведения статистической оценки значимости групп коэффициентов при линейных членах и членах второго порядка установленные закономерности представили в виде уравнений регрессии

$$y_1 = 12 + 1,67x_1 + 2,37x_2 + 0,75x_1x_2 - 0,9x_1^2 - 1,4x_2^2; \quad (1)$$

$$y_2 = 1,86 + 0,4x_1 + 0,745x_2 + 0,26x_1x_2 - 0,185x_1^2 - 0,445x_2^2; \quad (2)$$

$$y_3 = 0,2 + 0,0235x_1 + 0,0295x_2 + 0,0145x_1x_2 - 0,0082x_1^2 - 0,0152x_2^2; \quad (3)$$

$$y_4 = 7,6 + 0,43x_1 + 0,33x_2 + 0,025x_1x_2 - 0,23x_1^2 - 0,23x_2^2; \quad (4)$$

$$y_5 = 32,2 + 6,0x_1 + 12,2x_2 + 1,5x_1x_2 - 3,4x_1^2 - 5,8x_2^2; \quad (5)$$

$$y_6 = 4,22 + 1,83x_1 + 0,95x_2 + 0,32x_1x_2 - 0,93x_1^2 - 0,58x_2^2; \quad (6)$$

$$y_7 = 1,22 + 0,37x_1 + 0,70x_2 + 0,22x_1x_2 - 0,08x_1^2 - 0,13x_2^2; \quad (7)$$

$$y_8 = 54,7 + 36,8x_1 + 36,2x_2 + 28,7x_1x_2 - 0,5x_1^2 - 14,5x_2^2; \quad (8)$$

$$y_9 = 757,3 + 211,7x_1 + 510,5x_2 + 162,5x_1x_2 - 2,6x_1^2 + 85,5x_2^2. \quad (9)$$

Проверка по критерию Фишера при 5%-ном уровне значимости показала адекватность указанных уравнений регрессии реальной поверхности отклика.

Сравнение оценок коэффициентов в уравнениях (1)—(3) позволяет заключить, что большее влияние на параметры оказывает количество добавки, чем рН среды; исключение составляет уравнение (4). Анализ оценок коэффициентов в уравнениях (5)—(9) свидетельствует о том, что на разрывной груз в сухом состоянии  $y_5$ , силы связи  $y_7$  и модуль упругости  $y_9$  больше влияет степень помола массы, а на разрывной груз во влажном состоянии  $y_6$  и сопротивление излому  $y_8$  бумаги — расход алюмината натрия.

Результаты решения уравнений регрессии на ЭВМ «ЕС-1020» относительно изменения переменных  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_4$  в пределах от  $-1$  до  $+1$  с шагом 0,5 представлены в табл. 1 и на рис. 1, 2.

Характер кривых (рис. 1) показывает, что с увеличением расхода алюмината натрия и с переходом к отливу из кислой области в нейтрально-щелочную прочность бумаги в сухом и влажном состоянии непрерывно возрастает, достигая своего максимума при рН = 9,5 и расходе 15% от массы волокон. Прочность бумаги во влажном состоянии повышается в 4,3 раза, а в сухом — только в 1,7 раза. Увеличение прочности бумаги в сухом состоянии объясняется образованием дополнительных координационных сил связи (табл. 1) типа волокно — гидроксид алюминия — волокно при введении в массу алюмината натрия [2]. Наблюдаемое незначительное повышение прочности бумаги без добавок при изменении рН среды от 4,5 до 9,5, по-видимому,

Таблица 1

рН среды $x_1$	Расход $Al_2O_3$ % $x_2$	Сила связи $U_3$ , МПа	Сопротивление току воздуха $U_4$ , Па	Расход $Al_2O_3$ % $x_3$	Степень помола $x_4$ , °ШР	Сила связи $U_7$ , МПа	Сопротивление излому $U_8$ , число двойных перегибов	Модуль упругости $x_9$ , МПа
4,5	0	0,138	6,4	0	15	0,20	0	257
5,75	0	0,149	6,8	3,75	15	0,30	0,5	301
7,0	0	0,155	7,0	7,5 <sup>0</sup>	15	0,40	4,0	332
8,25	0	0,158	7,2	11,25	15	0,45	7,9	350
9,5	0	0,156	7,2	15,00	15	0,46	11,6	356
4,5	3,75	0,157	6,7	0	25	0,50	10,0	367
5,75	3,75	0,171	7,1	3,75	25	0,69	21,6	452
7,0	3,75	0,181	7,4	7,50	25	0,84	33,0	523
8,25	3,75	0,188	7,5	11,25	25	0,95	44,1	582
9,5	3,75	0,189	7,5	15,00	25	1,02	54,9	628
4,5	7,5	0,168	6,9	0	35	0,80	17,4	520
5,75	7,5	0,186	7,1	3,75	35	1,00	36,2	645
7,0	7,5	0,200	7,6	7,50	35	1,22	54,7	757
8,25	7,5	0,209	7,6	11,25	35	1,38	73,0	857
9,5	7,5	0,216	7,8	15,00	35	1,51	91,0	943
4,5	11,25	0,172	7,0	0	45	0,98	17,5	715
5,75	11,25	0,194	7,2	3,75	45	1,28	43,5	881
7,0	11,25	0,211	7,8	7,50	45	1,54	69,2	1034
8,25	11,25	0,244	7,9	11,25	45	1,76	94,6	1174
9,5	11,25	0,222	7,9	15,00	45	1,94	119,8	1301
4,5	15	0,168	7,0	0	55	1,10	10,4	953
5,75	15	0,193	7,4	3,75	55	1,50	43,5	1160
7,0	15	0,215	7,7	7,5	55	1,80	76,4	1353
8,25	15	0,231	7,9	11,25	55	2,06	109,0	1534
9,5	15	0,244	7,9	15,0	55	2,30	141,4	1702

означает лишь меньшую термодеструкцию волокон при термообработке бумаги, отлитой в нейтрально-щелочной области. Механизм возникновения свойства влагонепрочности у бумаги, содержащей соедине-

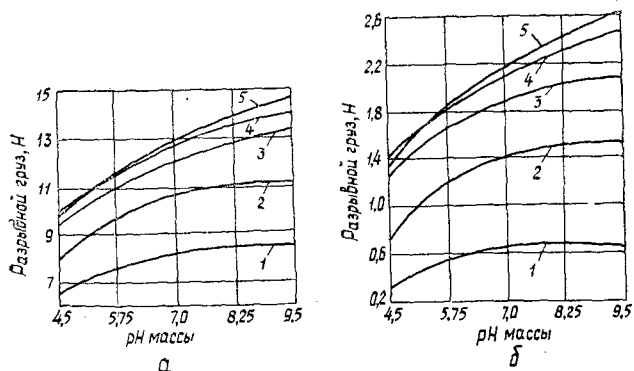


Рис. 1. Влияние рН среды и расхода алюмината натрия на прочность бумаги в сухом (а) и влажном (б) состояниях. Расход алюмината натрия в пересчете на окись алюминия: 1 — 0%; 2 — 3,75; 3 — 7,5; 4 — 11,25; 5 — 15%.

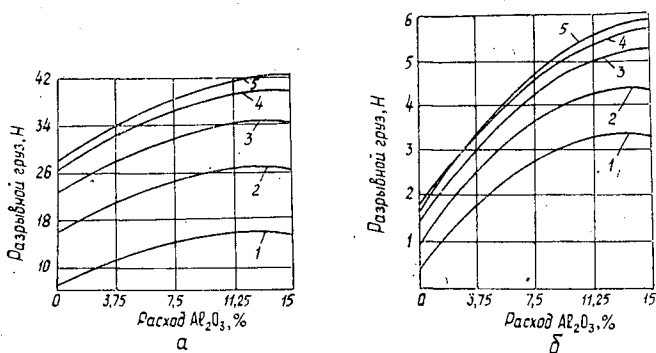


Рис. 2. Влияние расхода алюмината натрия и степени помола массы на прочность бумаги в сухом (а) и влажном (б) состояниях.

Степень помола массы: 1 — 15°ШР; 2 — 25; 3 — 35; 4 — 45; 5 — 55°ШР.

ния алюминия, изучен еще недостаточно. По нашему мнению, он обусловлен изменениями в структуре полиядерных комплексов алюминия под воздействием высокой температуры. При этом оль-связи обычного типа переходят в не разрушаемые водой диоксо-связи. Не исключено также образование между волокнами в процессе термообработки бумаги полуацетальных и ацетальных связей, катализируемых поливалентным ионом алюминия. Изменение рН среды и расхода добавки не оказало существенного влияния на сопротивление току воздуха бумаги несмотря на увеличение ее прочности (табл. 1). Объясняется это тем, что молекулы полимеризованной гидроокиси алюминия имеют сравнительно крупные размеры и могут образовывать связи между волокнами на значительно большем расстоянии, чем это необходимо для возникновения водородных сил связи.

Влияние расхода алюмината натрия и степени помола волокна на прочностные характеристики и жесткость бумаги однозначно. При увеличении указанных факторов эти показатели качества также возрастают (табл. 1 и рис. 2). При этом доля участия добавки алюмината натрия в формировании прочности бумаги увеличивается по мере снижения степени помола массы. Так, введение 15% алюмината натрия в массу со степенью помола 15°ШР вызвало повышение прочности бумаги в сухом состоянии — в 1,5 раза, во влажном — в 6,5 раза. В этих же условиях прочность бумаги, отлитой из массы со степенью помола 55°ШР, возросла в сухом состоянии только на 55%, во влажном — в 3,5 раза.

Полученные результаты говорят в пользу применения алюмината натрия для повышения прочности бумаги, изготавливаемой из массы низкого помола, где водородные силы связи развиты еще недостаточно. Особенно заметное влияние добавки алюмината натрия оказывают на сопротивление бумаги излому. Введение 15% алюмината натрия увеличивает число двойных перегибов бумаги в 4—10 раз в зависимости от степени помола массы. Напротив, модуль упругости в этих условиях изменился незначительно, особенно у образцов, изготовленных из массы низкого помола (табл. 1). Эффект от введения алюмината натрия в массу увеличивается при снижении степени ее помола.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Пен Р. З., Менчер Э. М. Статистические методы в целлюлозно-бумажном производстве. М., «Лесная промышленность», 1973, с. 120. [2]. Чи жов Г. И., Бодрова В. М. Исследование механизма взаимодействия соединений алюминия с целлюлозными волокнами. — Химия и технология бумаги. Сб. межвуз. науч. тр. ЛТИ ЦБП. Вып. 2. Л., 1974, с. 30—34. [3]. Hechler E. Aluminiumsalze und ihre Bedeutung für die Nabfestigkeit. — «Wochenblatt für Papierfabrication», 1968, N 21, s. 761—765.

Поступила 14 мая 1979 г.

УДК 676.164.023.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КИСЛОРОДНО-ЩЕЛОЧНОЙ ОТБЕЛКИ ХЛОРИРОВАННОЙ ЛИСТВЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Л. Г. МАШИХИНА, Ю. Н. НЕПЕНИН, Н. С. ВИШНЕВСКАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что степень кислородно-щелочной отбелки предварительно хлорированных лиственных целлюлоз можно использовать для глубокой делигнификации (до 20—27 п. е.). Полученная целлюлоза имеет достаточный запас прочности для получения белимого полуфабриката марки АС-2 при последующей добелке.

Для получения сульфатной целлюлозы высокой белизны целесообразно применять кислородно-щелочную отбелку в сочетании с процессом хлорирования, который предшествует кислородно-щелочной ступени обработки или следует за ней. Полная делигнификация небеленой целлюлозы кислородом в щелочной среде сопровождается падением вязкости, выхода, прочностных показателей полученного полуфабриката, что в сильной степени проявляется при отбелке лиственных сульфатных целлюлоз. Поэтому при кислородно-щелочной обработке сульфатных целлюлоз, предназначенных для бумажного производства, степень делигнификации приходится ограничивать достаточно высоким уровнем (60—65 п. е.), обеспечивающим резерв снижения вязкости и прочностных показателей на последующих ступенях отбелки. Однако добелка подобных целлюлоз связана с повышением расхода отбеливающих реагентов.

В связи с этим был исследован процесс кислородно-щелочной обработки лиственных сульфатных целлюлоз, прошедших ступень хлорирования. Предварительное хлорирование дает возможность значительно снизить содержание лигнина перед кислородно-щелочной ступенью и провести эту ступень отбелки без существенного ухудшения показателей целлюлозы.

Небеленую сульфатную целлюлозу из древесины лиственницы (степень делигнификации 30 ед. Каппа) подвергали хлорированию при расходе активного хлора 3,2% от массы абс. сухого волокна с добавкой 20% двуокиси хлора при температуре 40°C в течение 30 мин. Хлорированная целлюлоза при остаточной степени делигнификации около 15 ед. Каппа (65 п. е.) поступала на кислородно-щелочную ступень.

В ходе отбелки варьировали (табл. 1) расход едкого натра — в пределах 2,5—4,5% от массы абс. сухого волокна (опыты 4—6), температуру 95—125°C (опыты 1—3), продолжительность обработки

Таблица 1

Номер опыта	Температура, °С	Расход едкого натра, % от массы абс. сухого волокна	Продолжительность обработки, мин	Давление кислорода, кПа	Выход, %	Жесткость, п. е.	Вязкость, $\times 10^{-4}$ Па·с	Белизна, %	Показатели механической прочности при 60°С, массе отливков 75 г/м <sup>2</sup>				
									Разрывная длина, м	Сопротивление			
										излому, число дв. пер.	разрыванию, Н	продавливанию, кПа	
Хлорированная целлюлоза													
1	95	3,5	60	980	—	65	980	26	8200	4600	1,6	360	
2	110	3,5	60	980	98,7	20	880	33	7700	3200	1,4	380	
3	125	3,5	60	980	96,9	14	750	45	7500	3100	1,4	370	
4	110	2,5	60	980	95,7	10	700	45	6300	2400	1,4	370	
5	110	3,5	60	980	98,4	20	884	37	7800	3000	1,6	390	
6	110	4,5	60	980	96,9	12	750	44	7500	3100	1,5	390	
7	110	3,5	30	980	96,0	10	700	46	6500	2100	1,5	370	
8	110	3,5	60	980	98,0	27	810	38	7600	3500	1,4	440	
9	110	3,5	90	980	96,9	14	740	44	7500	3110	—	—	
10	110	3,5	60	490	96,7	10	620	49	6800	2200	1,5	430	
11	110	3,5	60	980	98,0	25	890	44	7800	3000	1,5	370	
12	110	3,5	60	980	96,9	14	740	44	7500	3100	1,5	380	
	110	3,5	60	1470	96,2	13	680	45	6800	2800	—	—	

30—90 мин (опыты 7—9), давление кислорода 490—1470 кПа (опыты 10—12).

Приведенные данные показывают, что обработка хлорированной целлюлозы молекулярным кислородом в щелочной среде даже в мягких условиях (опыты 1, 4, 7, 10) позволяет втрое уменьшить остаточную жесткость целлюлозы (с 65 до 20—27 п. е.). При этом падение вязкости составляет 10—12%, разрывной длины 5—7%, сопротивления излому 24—30%. Целлюлоза имеет достаточный запас прочности для получения белимого полуфабриката марки АС-2 при последующей добелке: Увеличение температуры процесса до 125°С (опыт 3), расхода

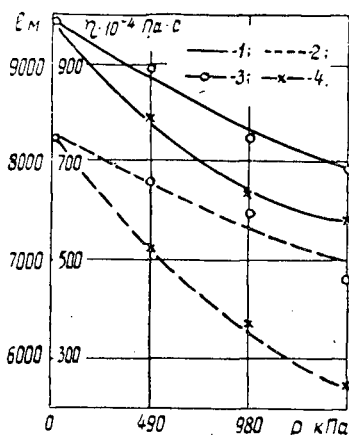


Рис. 1. Влияние добавок стабилизатора на вязкость и разрывную длину целлюлозы.

1 — вязкость  $\eta \cdot 10^{-4}$ , Па · с;  
2 — разрывная длина  $L$ , м;  
3 — со стабилизатором; 4 — без стабилизатора.

едкого натра до 4,5% от массы абс. сухого волокна (опыт 6), продолжительности до 90 мин (опыт 9), давления кислорода до 1470 кПа (опыт 12) приводит к значительному снижению всех качественных показателей, а разрывная длина падает ниже предела, требуемого ГОСТом на беленую сульфатную целлюлозу из хвойных пород марки АС-2.

Следовательно, кислородно-щелочную отбелку предварительно хлорированных целлюлоз можно использовать для глубокой делигнификации (до 20—27 п. е.) лиственничных сульфатных целлюлоз при температуре 110°C, расходе едкого натра 3,5% от массы абс. сухого волокна, продолжительности не более 60 мин, давлении кислорода не более 490 кПа, в присутствии стабилизатора  $MgCO_3$  в количестве 1% от массы абс. сухого волокна. Попытка исключить добавки стабилизатора при кислородно-щелочной обработке указанных выше целлюлоз приводит к существенному снижению вязкости и разрывной длины целлюлозы даже при уменьшении давления кислорода  $p$  до 490 кПа (рис. 1).

Предварительную обработку по схеме хлорирование — кислородно-щелочная отбелка можно применять при многоступенчатой отбелке сульфатных лиственничных целлюлоз, предназначенных для бумажного производства. Однако такая схема не гарантирует отсутствия хлоридов в щелоках кислородно-щелочной ступени, что затрудняет присоединение их для регенерации к щелокам сульфат-целлюлозного производства.

Поступила 15 января 1979 г.

УДК 543.73/74 : 663.52

## О ВЗАИМОСВЯЗИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОСЛЕДРОЖЖЕВОЙ БРАЖКИ С МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ\*

О. М. СОКОЛОВ, Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Архангельский лесотехнический институт

Приведены данные по фракционированию органических веществ последрождевой бражки и определению ХПК фракций.

Органические вещества, растворенные в последрождевой бражке (ПДБ), обладают значительной неоднородностью по молекулярным массам. С точки зрения биологической очистки ПДБ (а также использования ее как субстрата), представляет интерес выяснить, какие фракции органических веществ по молекулярным массам (ММ) вносят наибольший вклад в загрязненность ПДБ. Данное сообщение — предварительное по этому вопросу.

Нами проведено фракционирование органических веществ ПДБ по ММ и определены показатели химического потребления кислорода (ХПК) фракций. На основе этих данных рассчитаны следующие выходные параметры: а) количество органики (мг ХПК), содержащееся в каждой фракции; б) доля органики в каждой фракции (% к общему количеству органики, содержащейся в ПДБ); в) условное удельное ХПК для каждой фракции (как частное от деления количества органики во фракции на площадь части гель-хроматограммы, соответствующей данной фракции).

Изучали типичный образец ПДБ с Архангельского гидролизного завода, отобранный после II ступени биоокисления. Препаративное фракционирование 100 мл тщательно профильтрованной ПДБ осуществляли по методике [1] на колонке с молселектом G-25 (диаметр 30 мм, рабочая высота геля 550 мм). В качестве элюента использовали водный буферный раствор с  $pH=7$ .

Показатель ХПК фракций определяли бихроматным методом [2]. Всего отобрано 283 фракции объемом по 4–10 мл, которые затем были сгруппированы в 12 укрупненных фракций.

Характеристика фракций ПДБ представлена в табл. 1, из данных которой следует, что загрязненность отдельных фракций по ХПК варьирует в широких пределах — от 50 до 1760 мг/л, при этом резко выделяются фракции № 3 и 4 (с ориентировочным значением ММ=600–900). Эти две фракции дают основной вклад (50%) в общую загрязненность ПДБ по показателю ХПК, остальные фракции дают примерно одинаковый вклад в общую загрязненность ПДБ — в пределах 3–7%.

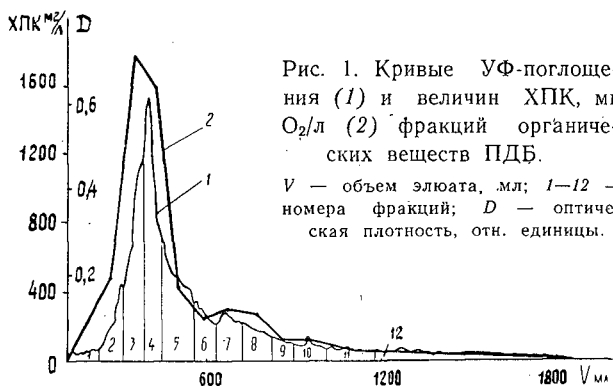
Что касается условного удельного ХПК, то этот показатель позволяет судить, по нашему мнению, о степени науглероженности органических веществ, содержащихся во фракциях ПДБ: чем выше этот показатель, тем больше степень науглероженности и, наоборот, чем он ниже, тем больше степень окисленности. Как следует из данных табл. 1, наибольшая науглероженность характерна для первых четырех фракций (т. е. относительно высокомолекулярных), в особенности для фракции № 1. С увеличением номера фракции (при уменьшении ММ) за-

\* В работе принимала участие студентка 5-го курса Г. В. Лукьянова.

Таблица 1

Номер фракции	Объем фракции, мл	ХПК фракции, мг О <sub>2</sub> /л	Количество загрязнений во фракции в расчете на ХПК, мг О <sub>2</sub>	Доля загрязнений во фракции, % к общей загрязненности ПДБ	Условное удельное ХПК
1	110	180	20	5	0,64
2	60	480	29	7	0,34
3	60	1760	106	26	0,37
4	60	1610	97	24	0,31
5	90	420	38	9	0,17
6	70	240	17	4	0,19
7	70	300	21	5	0,26
8	90	270	24	6	0,32
9	100	120	12	3	0,20
10	100	120	12	3	0,20
11	170	60	10	3	0,18
12	690	59	21	5	0,21

заметна тенденция снижения науглероженности и возрастания окисленности; это можно объяснить тем, что при ступенчатой ферментации субстрата имеет место постепенная окислительно-гидролитическая деструкция высокомолекулярных лигнинных веществ, отличающихся как известно, более высоким, чем, скажем, полисахариды, содержанием углерода (почти в 1,5 раза).



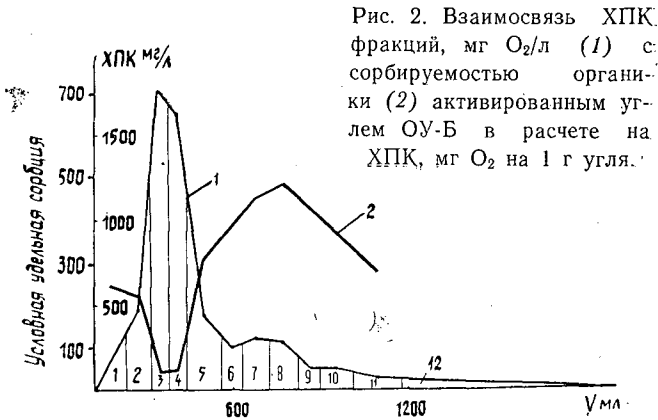
Представляло интерес выяснить, нет ли взаимосвязи между показателями ХПК фракций различных ММ и их УФ-поглощением. Соответствующие кривые на рис. 1 свидетельствуют о наличии определенной корреляции.

Отсюда следует вывод, что загрязненность по ХПК как отдельных фракций, так, очевидно, и всей ПДБ в целом обусловлена, в основном, теми веществами, которые обладают интенсивной УФ-абсорбцией при  $\lambda = 280$  нм.

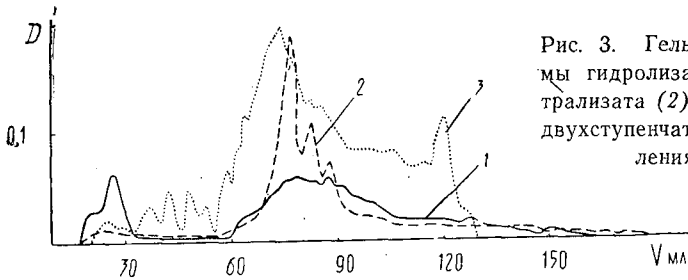
На рис. 2 приведены данные о сорбируемости загрязнений, содержащихся во фракциях, - активированным углем, которые позволяют оценить ПДБ как объект для сорбционной очистки.

В качестве сорбента использован активированный уголь марки ОУ-Б, который в предварительных опытах оказался лучшим из 6 образцов отечественных марок. Для сопоставимости условий сорбции обработку фракций углем проводили при дозировках его, равных удвоенному значению показателя ХПК фракции (длительность контакта во всех опытах — 20 мин).

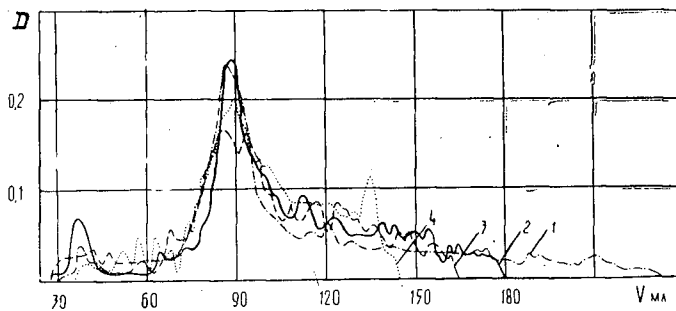




Из рис. 2 следует, что сорбируемость органических веществ во фракциях связана сложной зависимостью с ММ, причем практически во всех фракциях сорбируемость довольно высока, за исключением двух; именно фракции № 3 и 4 (которые дают основной вклад загрязнений в ПДБ) сорбируются углем плохо в отличие от всех остальных фракций, даже самых высокомолекулярных. Это явление требует особого изучения.



Сравнение гель-хроматограмм гидролизата, нейтрализата и ПДБ показало (рис. 3), что в первом из них пик, ответственный за фракции



№ 3 и 4, выражен слабо. Зато при нейтрализации гидролизата появляется явно выраженный пик. Следовательно, не исключено, что компоненты фракций № 3 и 4 имеют вторичное происхождение.

Загрязнения фракций № 3 и 4, пожалуй, наиболее устойчивы, по сравнению с другими, к биологическому окислению в производственных условиях (гель-хроматограммы на рис. 4). В то же время 5-суточная экспозиция фракций в колбах, закрытых пробками, показала, что во всех фракциях развивались микроорганизмы и притом наиболее интенсивно (по визуальной оценке) — именно во фракциях № 2—5. Об этом можно судить и по убыли ХПК фракций (табл. 2).

Таблица 2

Номер фракции	Показатель ХПК, мг О <sub>2</sub> /л, после 5-суточной экспозиции	Убыль ХПК, %
2	190	60
3	600	66
5	100	77

Микроскопическое изучение микроорганизмов, выросших во фракциях № 1—5, показало, что они представляют собой крупные, сильно вытянутые клетки, характерные для дрожжеподобных грибов. По-видимому, эти наблюдения могут представлять интерес с точки зрения селекции штаммов, обладающих способностью эффективно ассимилировать основные загрязнения ПДБ.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д. и др. Фракционирование щелочных лигнинов на сефадексе. — В кн.: Современные методы исследования в химии лигнина. Архангельск, 1970, с. 41—45. [2]. Унифицированные методы анализа вод. Под ред. Ю. Ю. Лурье. М., «Химия», 1971, с. 79.

Поступила 29 мая 1979 г.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ БРЕВЕН К ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЕ С ПОМОЩЬЮ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВПЕРЕДИРАМНОЙ ТЕЛЕЖКОЙ

Н. П. ДЕРГУНОВ

Уральский лесотехнический институт

Предложена система управления впередирамной тележкой, которая позволяет повысить производительность труда при пилении бревен в раме. Это достигается за счет того, что оптимальная в смысле быстрейшего действия система исключает межторцевые зазоры даже при максимальных скоростях подачи в раму. Кроме того, при малых и средних скоростях подачи привод впередирамной тележки за кратчайшее время подключается к приводу подачи в раму и тем самым снижается вероятность проскальзывания в подающих роликах рамы.

Вопросы автоматизации на участке подачи сортиментов в лесопильные рамы решены лишь частично. Основными механизмами здесь являются впередирамные тележки, которые снабжены дистанционным управлением [2]. Большую часть цикла тележки  $T_{ц}$  составляет время ее движения вперед и назад. Исследование работы этих механизмов показало, что они способны обеспечивать распиловку бревен без межторцевых разрывов при посылках, не превышающих 20—27 мм/об. При больших посылках, а также при распиловке тонкомерных бревен на быстрходных лесопильных рамах тележки не обеспечивают полного использования возможностей посылочного механизма, снижая производительность рам. Продолжительность цикла впередирамной тележки:

$$T_{ц} = t_{сб} + t_{эж} + t_{п} + t_{см} + t_{р.х} + t_{р} + t_{х.х}.$$

Хронометражные наблюдения показали, что суммарное время  $\Delta t_1$  сброса бревна  $t_{сб}$ , его зажима  $t_{эж}$  и поворота  $t_{п}$ , смещения конца бревна  $t_{см}$ , разжима клещей  $t_{р}$  зависит от квалификации рамщика, характеристики околораменного оборудования, распиливаемого сырья [2]

$$\Delta t_1 = t_{сб} + t_{эж} + t_{п} + t_{см} + t_{р} = 3 \div 5,5 \text{ с.}$$

Продолжительность времени движения вперед и назад  $\Delta t_2 = t_{р.х} + t_{х.х}$  (где  $t_{р.х}$  — время движения вперед, а  $t_{х.х}$  — время движения назад) зависит от размеров бревна и характеристики тележек, а также от длины свободного конца распиливаемого бревна  $l_{ск}$ . Для исключения биений конца распиливаемого бревна рамщик вынужден поддерживать с помощью впередирамной тележки бревно до  $l_{ск} \approx 1,5$  м. В этом случае для пиления без межторцевых зазоров посылка лесопильной рамы не должна превышать значения, определяемого из уравнения

$$\Delta t_2 = 6 \cdot 10^4 \frac{l_{ск}}{\Delta n} \text{ с,} \quad (1)$$

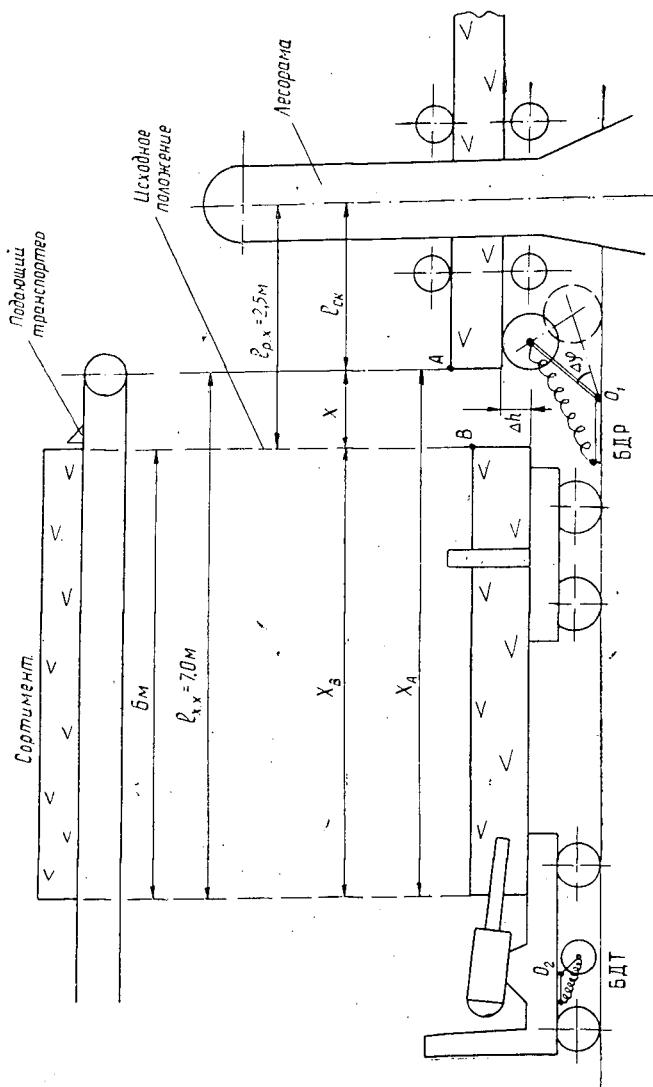


Рис. 1. Схема расположения оборудования у лесопильной рамы.

или

$$(3 \div 5,5) + \left( \frac{60l_{р.х}}{V_{р.х}} + \frac{60l_{х.х}}{V_{х.х}} \right) = 6 \cdot 10^4 \frac{l_{ск}}{\Delta n} \text{ с}, \tag{2}$$

где

$\Delta$  — посылка лесопильной рамы;

$n$  — число оборотов коленчатого вала лесопильной рамы в минуту (для рам РД-75-6 и РД-75-7  $n = 320$  об/мин);

$V_{р.х}$ ,  $V_{х.х}$ ,  $l_{р.х}$  и  $l_{х.х}$  — скорость и длина соответственно рабочего и холостого ходов (рис. 1).

В настоящее время применяют гидравлические тележки ПРТ8-2М и ПРТ9-2М. Для тележки ПРТ8-2М при среднем значении  $\Delta t_1 = 4,25$  с;  $l_{р.х} = 25$  м;  $l_{х.х} = 7,0$  м;  $n = 320$  об/мин;  $l_{ск} = 1,5$  м;  $V_{р.х} = 38$  м/мин и  $V_{х.х} = 76$  м/мин из уравнения (2) находим  $\Delta \leq 20,4$  мм/об. Для бы-

строходной тележки ПРТ9-2М, имеющей  $V_{р.х} = 58$  м/мин и  $V_{х.х} = 116$  м/мин,  $\Delta \leq 26,8$  мм/об.

Следовательно, впередирамные тележки ПРТ8-2М и ПРТ-2М обеспечивают распиловку бревен без межторцевых зазоров при  $\Delta \leq 20,4—26,8$  мм/об, что значительно ниже возможностей эксплуатируемых рам, и их производительность используется не полностью. Как известно, для рам РД-75-6 и РД-75-7 максимальная скорость подачи составляет 50—60 мм/об.

Для тележек ПРТ8-2М и ПРТ9-2М время движения  $\Delta t_2$  составляет 60—70% продолжительности всего цикла, т. е. увеличение производительности следует реализовывать за счет сокращения  $\Delta t_2$ . Увеличение скорости, однако, требует применения автоматического управления тележкой при рабочем и холостом ходах, так как оператор уже не в состоянии управлять ею с необходимой точностью (особенно в прямом направлении). Ясно, что систему управления необходимо проектировать так, чтобы догон распиливаемого бревна тележкой и возвращение ее в исходное положение происходили за минимальное время. Таким образом, управление впередирамной тележкой должно быть оптимальным по быстродействию.

Чтобы обеспечить максимальную производительность рамы (пиление без межторцевых зазоров при максимальной скорости подачи  $\Delta = 60$  мм/об), необходимо уменьшить значение  $\Delta t_2$  с 9,46 с (для ПРТ8-2М) и 6,28 с (для ПРТ9-2М) до 0,45 с

$$\Delta t_2^{\text{опт}} = 6 \cdot 10^4 \frac{l_{\text{ск}}}{\Delta n} - \Delta t_1 = 4,7 - 4,25 = 0,45 \text{ с.}$$

Такое значение времени движения тележки вперед и назад реализовать практически невозможно. Поэтому необходимо уменьшать время  $\Delta t_1$  за счет автоматизации процессов ориентирования бревна на тележке.

Примем, что время, необходимое для проектирования оптимальной системы,

$$\Delta t_2^{\text{опт}} = 4,7 - (4,25 - \delta t),$$

где  $\delta t$  — проектируемое сокращение времени операций по ориентированию бревна.

В настоящей работе предложены расчет и схема системы управления рассмотренными тележками, обеспечивающие максимальное быстродействие. Такая система при обеспечении  $\Delta t_2^{\text{опт}}$  позволит применять электропривод меньшей мощности. Кроме того, система при малых и средних посылах обеспечит более ранний догон допиливаемого бревна и тем самым улучшит процесс его подачи в раму за счет создания дополнительного усилия. Автоматизация процесса сближения бревен освободит рамщика от дополнительной психологической нагрузки и облегчит его труд [4].

#### *Расчет мощности привода тележки для оптимальной системы*

Уравнение движения тележки без учета электропривода имеет вид [4]

$$m \frac{d^2 x_B}{dt^2} = F_{\text{дв}} - F_{\text{тр}}, \quad (3)$$

где  $m$  — масса тележки (с бревном или без бревна);

$F_{\text{дв}}$  — движущая сила;

$F_{\text{тр}}$  — сила трения.

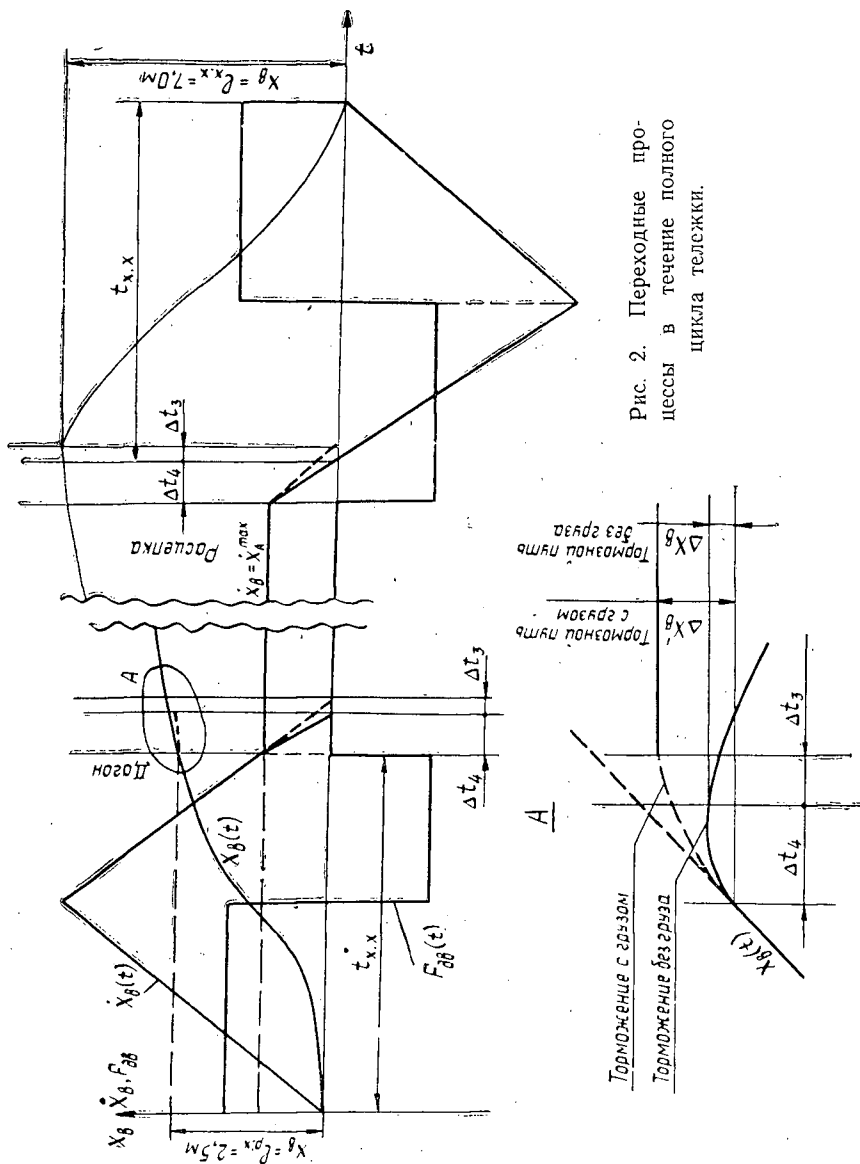


Рис. 2. Переходные процессы в течение полного цикла тележки.

Как известно, для системы с максимальным быстродействием  $F_{дв} = \pm F_{дв}^{max}$  в процессе всего движения. Проведенный анализ объекта управления показывает, что  $F_{тр} \ll F_{дв}$  (обоснование см. ниже). Поэтому уравнение (3) приобретает вид

$$m \frac{d^2 x_B}{dt^2} = F_{дв}. \tag{4}$$

Для такого объекта управления система максимального быстродействия обеспечивает процесс прямого и обратного ходов (рис. 2). Длины пути соответствуют изображенным на рис. 1. Вследствие повышенных скоростей подачи в раму время цикла следует определять по формуле

$$T_{ц} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_4, \tag{5}$$

где  $\Delta t_4$  — время торможения тележки после расцепки с бревном.

В этом случае на управление тележкой отводится

$$\Delta t_{\text{упр}} = T(\Delta_{\text{max}}) - \Delta t_1 = \frac{6 \cdot 10^4 l_{\text{ск}}}{\Delta_{\text{max}} n} - \Delta t_1 = 4,7 - \Delta t_1; \quad (6)$$

с другой стороны,

$$\Delta t_{\text{упр}} = \Delta t_2 + \Delta t_4 = t_{\text{р.х}} + t_{\text{х.х}} + \Delta t_4. \quad (7)$$

Необходимо, чтобы

$$t_{\text{р.х}} + t_{\text{х.х}} + \Delta t_4 \leq 4,7 - \Delta t_1. \quad (8)$$

Поскольку на рис. 1 и 2 представлены максимальные значения  $l_{\text{р.х}}$  и  $l_{\text{х.х}}$ , то можно рассчитать максимальную движущую силу, которую необходимо приложить к тележке, чтобы выполнялось условие (8). Действительно, если пренебречь различием  $\nabla t_3$  времени торможения после расцепки для тележек с бревном и без бревна (рис. 2), то справедливо следующее уравнение:

$$\left( \frac{d^2 x_B}{dt^2} \right)^{\text{max}} \left( \frac{t_{\text{р.х}} + \Delta t_4}{2} \right) = \frac{l_{\text{р.х}} + \Delta x_B}{2}. \quad (9)$$

Так как

$$\left( \frac{d^2 x_B}{dt^2} \right)^{\text{max}} = \frac{F_{\text{дв}}^{\text{max}}}{m_{\text{груз}}},$$

то из выражения (9) получим

$$t_{\text{р.х}} + \Delta t_4 = 2 \sqrt{\frac{(l_{\text{р.х}} + \Delta x_B) m_{\text{груз}}}{F_{\text{дв}}^{\text{max}}}}, \quad (10)$$

где

$$\Delta x_B = \frac{F_{\text{дв}}^{\text{max}} \Delta t_4^2}{2 m_{\text{груз}}}; \quad (11)$$

наконец,

$$l_{\text{х.х}} = 2 \frac{F_{\text{дв}}^{\text{max}} \left( \frac{t_{\text{х.х}}}{2} \right)^2}{2 m_{\text{пуст}}}. \quad (12)$$

отсюда

$$t_{\text{х.х}} = 2 \sqrt{\frac{l_{\text{х.х}} m_{\text{пуст}}}{F_{\text{дв}}^{\text{max}}}}. \quad (13)$$

Итак, из уравнений (8), (10), (11), (13) получаем значение  $F_{\text{дв}}^{\text{max}}$  — минимальное для выполнения поставленной задачи: за заданное время (4,7 с —  $\Delta t_1$ ) переместить тележку на величину рабочего и холостого ходов. Система управления тележкой, обеспечивающая максимальное быстродействие, позволяет выбрать движитель тележки минимальной мощности. Полученная таким образом  $F_{\text{дв}}^{\text{max}}$  для тележек ПРТ8-2М и ПРТ9-2М составляет не менее 200—300 кг. Сила трения по результатам измерения не превышает 20—30 кг. Следовательно,  $F_{\text{дв}}^{\text{max}} \gg F_{\text{тр}}$ .

Момент двигателя тележки, необходимый для создания  $F_{\text{дв}}^{\text{max}}$ , рассчитывают следующим образом.

Момент на колесах  $M_{\text{кол}}^{\text{max}} = F_{\text{дв}} \cdot R_{\text{кол}}$ , а момент двигателя  $M_{\text{эд}}^{\text{max}} = \frac{M_{\text{кол}}^{\text{max}}}{i\eta}$  (где  $i, \eta$  — соответственно передаточное число и КПД редуктора).

Мощность двигателя

$$P_{\text{эд}} = \frac{M_{\text{эд}}^{\text{max}} n_{\text{ном}}}{3 \cdot 975} \text{ кВт}. \quad (14)$$

В формуле (14) коэффициент 3 учитывает режим работы электродвигателя в системе управления. Поскольку максимальная скорость вращения двигателя при передвижении тележки  $n_{ЭД}^{max} \ll n_{ЭД}^{ном}$  (двигатель не выходит на полные обороты), то двигатель работает на интервалах времени  $t_{р.х}$ ,  $t_{х.х}$ ,  $\Delta t_4$  в пусковом режиме. Этим также оправдывается малое влияние собственного момента инерции двигателя на общий приведенный момент инерции из-за малого передаточного числа  $i$ . Особо следует отметить, что при  $n_{ЭД}^{max} \approx n_{ЭД}^{ном}$  необходимо изменить основное уравнение процесса (4), в левую часть которого добавляется демпфирующий член.

Передаточная функция объекта изменится: вместо  $W_{ОУ}(p) = \frac{k_1}{p^2}$  следует использовать  $W_{ОУ}(p) = \frac{k_2}{(T_p + 1)p}$ .

### Оптимальная система управления

Если распиливаемое бревно движется равномерно, то уравнение его движения имеет вид (рис. 1).

$$x_A = a + bt, \quad (15)$$

где  $x_A$  — координата заднего торца распиливаемого бревна;

$a$  — расстояние в момент начала движения тележки;

$b$  — скорость тележки.

Обе части уравнения (4) разделим на  $F_{дв}^{max}$  и введем обозначения

$$u = F_{дв}/F_{дв}^{max}; \quad \tau = m/F_{дв}^{max},$$

тогда

$$\tau \frac{d^2 x_B}{dt^2} = u. \quad (16)$$

Управляющая сила изменяется в пределах (ограничение на управление)

$$-F_{дв}^{max} \leq F_{дв} \leq F_{дв}^{max},$$

т. е.

$$-u_{max} \leq u \leq u_{max}$$

или

$$-1 \leq u \leq 1. \quad (17)$$

Начальные условия:

слева	справа
$t = 0$	$t = t_1$
$x_B = 0$	$x_B = x_A$
$\dot{x}_B = 0$	$\dot{x}_B = \dot{x}_A = b$

Если обозначим  $x = x_B - x_A$ , то уравнение (16) имеет вид

$$\tau \ddot{x} = u \quad (18)$$

с начальными условиями

$$x(0) = -a; \quad \dot{x}(0) = -b$$

и конечными условиями

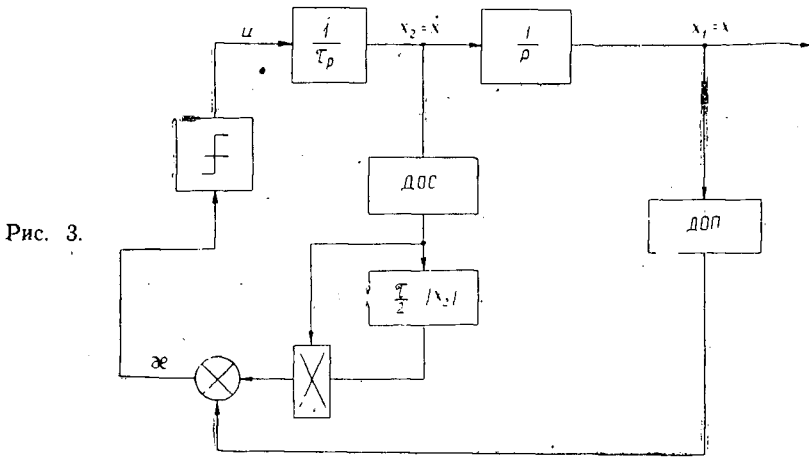
$$x(t_1) = 0; \quad \dot{x}(t_1) = 0.$$

Нормальная форма уравнения (18)

$$\dot{x}_1 = x_2; \quad \dot{x}_2 = u/\tau, \quad (19)$$

где  $x_1 = x$  и  $x_2 = \dot{x}$  — фазовые координаты основной системы.





Задача максимального быстродействия для системы (19) при ограничении (17) имеет известное решение [1, 3]

$$u = \begin{cases} +1 & \text{при } x < 0; \\ -1 & \text{при } x > 0; \end{cases}$$

$$\ddot{x} = (\tau/2) x_2 |x_2| + x_1. \quad (20)$$

Структурная схема оптимальной системы изображена на рис. 3, где ДОС — датчик относительной скорости бревен A и B, а ДДП — датчик их относительного положения.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. М., «Наука», 1969. [2]. Варакин Ю. М. Автоматизация лесопильного производства. М., «Лесная промышленность», 1970. [3]. Печорина И. Н. Оптимальные и самонастраивающиеся системы. Свердловск, Изд. УПИ, 1973. [4]. Фергин В. Р. Методы оптимизации в лесопильно-деревообрабатывающем производстве. М., «Лесная промышленность», 1975.

Поступила 23 мая 1979 г.

УДК 62-52:62-23

### ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ

С. А. КИРИЛЛОВ, Ю. Ф. КАЗАРИНОВ

Ухтинский индустриальный институт  
Ленинградский государственный университет

Решена задача управления манипулятором с шестью степенями свободы на основе градиентного метода минимизации. Получены рекуррентные формулы для расчета градиента функционала на каждом шаге минимизации. Разработан алгоритм минимизации и составлена АЛГОЛ-программа. Показана траектория достижения цели для частного случая движения в одной плоскости. Результаты применимы и для манипуляторов с меньшим числом степеней свободы.

Манипуляторы, используемые в лесной и деревообрабатывающей промышленности, в подавляющем большинстве имеют ручное управ-

ление, обеспечивающее раздельное перемещение по каждой степени свободы. В ряде операций, в основном тех, которые выполняются циклически, целесообразно вводить автоматическое управление. Одна из главных задач, возникающих при этом, — согласование перемещений по степеням свободы манипулятора таким образом, чтобы, во-первых, обеспечивалась требуемая траектория движения и, во-вторых, выполнялся заданный критерий оптимальности. Решение задачи в такой постановке имеет два преимущества: позволяет организовать одновременное управление по всем степеням свободы (что ведет к ускорению операции, а следовательно, и к повышению производительности труда) и делает движение механизма наиболее экономным по затратам энергии или времени (по выбранному критерию оптимальности).

Математическое описание системы. Манипулятор, имеющий  $N$  степеней свободы, можно рассматривать как  $N$ -мерную систему. Функция, связывающая перемещение рабочего органа (захвата) с координатами этой системы, нелинейна. Поэтому задача оптимизации управления манипулятором — задача нелинейного программирования\*.

Кинематическая схема конкретного механизма с шестью степенями свободы показана на рис. 1. Степени свободы — координаты системы,  $\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_5$  независимы. Звенья манипулятора имеют длины  $l_0, l_2, l_4$  (начиная от захвата).

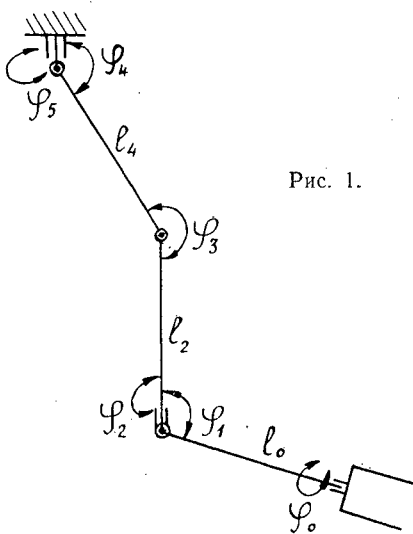


Рис. 1.

Рассмотрим движение механизма в прямоугольной системе координат, связанной с захватом. С каждой из степеней свободы свяжем свою систему координат  $x_i, y_i, z_i$ . Для упрощения записи матриц перехода примем обозначения: оси сгибов —  $x_i$ , оси вращений —  $y_i$ . Матрицы перехода из системы  $i$  к системе  $i+1$  ( $i=0, 1, 2, \dots, 5$ ) имеют вид

$$T_A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_i & -\sin \varphi_i \\ 0 & \sin \varphi_i & \cos \varphi_i \end{vmatrix} \quad (1)$$

либо

$$T_B = \begin{vmatrix} \cos \varphi_i & 0 & \sin \varphi_i \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi_i & 0 & \cos \varphi_i \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Матрица имеет вид А, если относительный поворот систем  $i$  и  $i+1$  совершается вокруг оси  $x$ , и вид В — если поворот совершается вокруг оси  $y$ . Для рассматриваемого механизма имеем следующий порядок следования матриц при переходе от захвата, к основанию манипулятора:

$$A - B - A - B - B - A, \quad (3)$$

Матрица  $V_i$  перехода от системы, связанной с захватом, к  $i$ -той системе определяется рекуррентным соотношением

\* Игнатъев М. Б., Кулаков Ф. М., Покровский А. М. Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. Л., «Машиностроение», 1972.

$$\mathbf{V}_i = \mathbf{T}_i \mathbf{V}_{i-1}, \quad (4)$$

причем

$$\mathbf{V}_0 = \mathbf{E}_v$$

Если в неподвижной (связанной с основанием манипулятора) системе координат имеем некоторый вектор  $\beta_k$ , то в подвижной (связанной с захватом) системе он выразится так:

$$\bar{x}_k = l_0 \bar{v}_0 + l_2 \bar{v}_2 + l_4 \bar{v}_4 + \beta_k \mathbf{V}_6, \quad (5)$$

где  $\bar{v}_0, \bar{v}_2, \bar{v}_4$  — векторы — первые строки матриц  $\mathbf{V}_0, \mathbf{V}_2, \mathbf{V}_4$  соответственно.

Постановка задачи. Допущение: отсутствуют пространственные ограничения движению захвата манипулятора. Учет этого фактора — следующий этап исследования. Имеются некоторая область, заданная конечным числом точек, а также рабочая область  $F$ , соответствующая внутреннему объему захвата манипулятора.

Минимизируется функция

$$L = \sum_{k=1}^M \frac{1}{M} |\bar{x}_k - R(\bar{x}_k)|^2, \quad (6)$$

здесь  $R(\bar{x}_k)$  — точка области  $F$ , ближайшая к  $\bar{x}_k$ .

Задаем критерий оптимальности

$$\Phi = \min \sum_{i=1}^N |\Delta \varphi_i|, \quad (7)$$

где  $\Delta \varphi_i$  — приращение угла поворота  $i$ -той степени свободы манипулятора.

Метод решения. Очевидно, критерий (7) удовлетворяется, если

$$\Delta \bar{\varphi} = k \text{ grad } L, \quad (8)$$

где  $k$  — нормирующий коэффициент.

Поэтому для решения необходимо определить компоненты вектора

$$\bar{S} = (S_1, S_2, \dots, S_6), \quad (9)$$

$$S_i = \frac{\partial L}{\partial \varphi_i}. \quad (10)$$

Если углы  $\varphi_i$  получают приращения  $\Delta \varphi_i$ , то векторы  $\bar{x}_k$  — приращения  $\Delta \bar{x}_k$ , а функция  $L$  — приращение  $\Delta L$ .

Для каждого из  $M$  слагаемых суммы (6) получим

$$\Delta L_k = [(\bar{x}_k + \Delta \bar{x}_k) - R(\bar{x}_k + \Delta \bar{x}_k)]^2. \quad (11)$$

После преобразований имеем

$$\Delta L = \frac{2}{M} \sum_{k=1}^M \langle [\bar{x}_k - R(\bar{x}_k)], \Delta \bar{x}_k \rangle + \bar{\delta}, \quad (12)$$

где  $\bar{\delta}$  — величина более высокого порядка малости, чем  $\Delta \bar{x}_k$ , и ею можно пренебречь. На основании выражения (12) для вариации функции  $L$  получим

$$\bar{\delta} L = \frac{2}{M} \sum_{k=1}^M \langle [\bar{x}_k - R(\bar{x}_k)], \bar{\delta} \bar{x}_k \rangle, \quad (13)$$

здесь  $\bar{\delta} \bar{x}_k$  — вариация вектора  $\bar{x}_k$ .

Варируя уравнение (5), найдем

$$\bar{\delta} \bar{x}_k = l_0 \bar{\delta} \bar{v}_0 + l_2 \bar{\delta} \bar{v}_2 + l_4 \bar{\delta} \bar{v}_4 + \bar{\beta}_k \bar{\delta} \mathbf{V}_6. \quad (14)$$

Выражение (13), с учетом равенства (14), можно привести к виду

$$\delta L = \sum_{i=1}^6 \langle G_i, \delta \mathbf{V}_i \rangle;$$

$$G_1 = 0; \quad G_2 = \left\| \begin{array}{c} l_0 \bar{g} \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\|; \quad G_3 = 0, \quad (15)$$

где

$$G_4 = \left\| \begin{array}{c} l_2 \bar{g} \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\|; \quad G_5 = 0; \quad G_6 = \| g_{m,j} \|;$$

$$\bar{g} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M [\bar{x}_k - R(\bar{x}_k)]; \quad (16)$$

$$\bar{g}_{m,j} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \beta_k^{(m)} [\bar{x}_k - R(\bar{x}_k)]^{(j)}, \quad (17)$$

а  $\delta \mathbf{V}_i$  удовлетворяет рекуррентным соотношениям, получающимся при варьировании равенства (4).

Введем сопряженную рекуррентную систему

$$\psi_i = \mathbf{T}_{i+1}^* \psi_{i+1} + G_i, \quad (18)$$

здесь  $\mathbf{T}_{i+1}^*$  — транспортированная матрица;

причем

$$\psi_6 = G_6.$$

Вследствие сопряженности систем (18) и (19) можно записать

$$\sum_{i=1}^N \langle G_i, \delta \mathbf{V}_i \rangle = \sum_{i=1}^N S_i \delta \varphi_i, \quad (19)$$

$$S_i = \left\langle \frac{\partial T_i}{\partial \varphi_i}, \mathbf{V}_{i-1}, \psi_i \right\rangle. \quad (20)$$

По рекуррентному соотношению (20) определяют составляющие вектора  $\text{grad } L$ , а следовательно, согласно равенству (8), и составляющие вектора управления  $\Delta \varphi$ .

Полученные соотношения пригодны для расчета движения не только рассматриваемого механизма, но и любого аналогичного с меньшим числом степеней свободы либо с меньшим количеством звеньев.

Если отсутствует  $i$ -тая степень свободы, то при расчете полагаем  $\varphi_i = 0$ ; если манипулятор имеет, например, два, а не три звена, полагаем  $l_0 = 0$  и т. д.

Расчет и результаты расчета. На основании рассматриваемой методики составлена ALGOL-программа управления манипулятором, осуществляющая расчет вектора градиента  $S$ , формирование вектора управления  $\Delta \varphi$  и шаговый алгоритм минимизации функции  $L$ . Пример расчета для частного случая, когда движение захвата к цели осуществляется в одной плоскости, дан на рис. 2.

Как показывает расчет, нормирующий коэффициент  $k$  в равенстве (8) целесообразно поставить в зависимость от модуля вектора-градиента. С приближением захвата к цели  $k$  уменьшается, что существенно улучшает сходимость алгоритма. В некоторых случаях целесообразно для улучшения сходимости отступить от критерия оптимальности (7), введя различные нормирующие коэффициенты для разных степеней свободы. В программе учтены возможные ограничения по

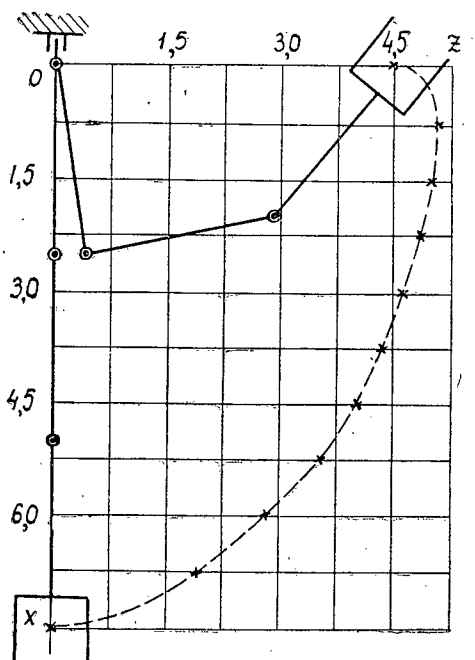


Рис. 2.

углам  $\varphi_i$ . Если на  $i$ -том шаге оказывается, что достигнуто ограничение по  $i$ -тому углу, то  $\Delta\varphi_i = 0$ .

Таким образом, на основе разработанной методики можно рассчитать любую траекторию перемещения рабочего органа манипулятора, требуемую по условиям обслуживаемого технологического процесса. Осуществление движения манипулятора, рассчитанного по алгоритму градиентного метода, требует минимальных затрат энергии. Шаговый алгоритм минимизации имеет удовлетворительную сходимость.

Поступила 18 декабря 1978 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК [674.06+630\*.28] : 674.031.632.22

## КОМПЛЕКСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БУКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

С. В. АФАНАСЬЕВ, И. В. ВОРОНИН, М. А. КУЛИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Излагаются результаты учета и стоимостной оценки комплексной продукции буковых лесов влажной грабовой бучины и влажной грабовой суббучины.

Можно считать общепризнанным, что одним из результатов лесохозяйственной деятельности в комплексном хозяйстве является многообразие создаваемой продукции и оказываемых услуг.

Основы лесного законодательства СССР и союзных республик в статье 21 предусматривают пользование лесом с подразделением на 7 укрупненных групп и 17 отдельных позиций. Между тем, при инвентаризации лесного фонда, составлении проекта организации хозяйства и определении экономической эффективности отдельных лесохозяйственных работ весь комплекс продукции сводится к древесине и в лучшем случае приводятся 1—2 вида продукции промежуточного или побочного пользования лесом. Совершенно очевидно, что такой подход искажает показатели продуктивности и эффективности отдельных лесохозяйственных работ.

Причина заключается в том, что таблицы хода роста насаждений основных пород, служащие основой при инвентаризации лесного фонда, содержат показатели только по древесине.

Сотрудники кафедры экономики лесного хозяйства ВЛТИ с 1960 г. работают над определением показателей комплексной продуктивности насаждений преобладающих типов леса главных пород лесо- степи: дуба (Л. И. Ильев), сосны (С. А. Бредихин), осины (А. С. Жмакин). Настоящая работа выполнена инженером С. В. Афанасьевым на базе буковых насаждений Карачаево-Черкесской автономной области. В состав комплексной продукции включены 11 видов пользования лесом: древесина главных рубок, древесина промежуточного пользования, технологические сучья, техническая зелень, плоды и семена, грибы, продукция пчеловодства, охотничьего хозяйства, лекарственное и техническое сырье, водорегулирующие функции леса и рекреационные ресурсы. Учтена продуктивность двух преобладающих типов леса:  $D_3$  — ГБк (влажная грабовая бучина) и  $C_3$  — ГБк (влажная буковая суббучина).

В табл. 1 приведены показатели потенциальной комплексной товарной продукции на 100 га насаждений типа леса  $D_3$  — ГБк по возрастным группам. Представляют интерес показатели, в которых учитывали продукцию, и методика их получения.

По каждому виду пользования товарную продукцию определяли в натуральных и стоимостных показателях. Стоимостные показатели; в знаменателе табл. 1 и 2 выражены в ценах франко-лес; в числителе приведены: по древесине — цены франко-вагон, по водорегулирующим функциям — расчетные отпускные цены 1 м<sup>3</sup> воды, по остальным видам продукции — цены франко-склад потребителя. Двойная стоимостная оценка позволяет определить как товарную продукцию лесовыращивания франко-лес, так и товарную продукцию промышленного производства в виде заготовленной и вы-

Таблица 1

Вид пользования	Единицы измерения	Продукция по возрастным группам, лет				Продукция главной рубки	Итого		В среднем за год
		1-40	41-80	81-120	121-160		в натураль-ных показателях	%	
Древесина от рубок главного пользования	тыс. м <sup>3</sup>	—	—	—	—	50200	50200	—	314
	т	—	—	—	—	38152	38152	47,0	238
	тыс. р.	—	—	—	—	1272,3	1272,3	29,2	7,95
Древесина от рубок промежуточного пользования	м <sup>3</sup>	9500	11200	14500	13000	—	48200	—	301
	т	7200	8500	11100	9700	—	36500	45,0	228
	тыс. р.	17,6	33,2	103,1	47,2	—	201,1	4,6	1,26
Технологические сучья	м <sup>3</sup>	0,6	17,9	54,0	34,6	—	107,1	16,4	0,67
	т	954	333	621	359	1900	4167	—	26
	тыс. р.	725	253	472	273	1444	3167	3,9	20
Техническая зелень	тыс. р.	4,4	1,5	2,9	1,7	8,7	19,2	0,4	0,12
	т	0,6	0,2	0,3	0,2	1,2	2,5	0,4	0,02
	тыс. р.	538	304	335	201	702	2080	2,6	13
Плоды (орешки)	тыс. р.	37,7	21,3	23,4	14,1	49,1	145,6	3,3	0,91
	т	4,9	2,8	3,0	1,8	6,4	18,9	2,9	0,12
	тыс. р.	—	67	358	414	—	839	1,0	5,24
Грибы	тыс. р.	—	107,9	576,4	666,5	—	1350,8	31,0	8,44
	т	—	14,0	74,9	85,6	—	175,5	27,0	1,09
	тыс. р.	90	66	73	69	—	298	0,4	1,86
Продукция охотничьего хозяйства	тыс. р.	32,5	21,6	23,2	20,8	—	98,1	2,3	0,61
	т	4,2	2,8	3,0	2,7	—	12,7	2,0	0,08
	т	0,64	7,4	7,4	7,4	—	22,84	—	0,14

Продолжение табл. 1

Вид пользования	Единицы измерения	Продукция по возрастным группам, лет					Продукция главной рубки	Итого		В среднем за год
		1-40	41-80	81-120	121-160	в натуральных показателях		%		
Продукция пчеловодства	тыс. р.	1,7	10,1	10,1	10,1	—	32,0	0,8	0,20	
	т	0,25	1,39	1,39	1,39	—	4,42	0,5	0,03	
Лекарственное сырье	тыс. р.	11,7	29,9	15,6	9,5	—	66,7	0,1	0,41	
	т	51,4	131,0	68,3	41,8	—	292,5	6,7	1,83	
Водорегулирующие функции	тыс. р.	6,7	- 17,0	8,9	5,4	—	38,0	5,8	0,24	
	млн. м <sup>3</sup>	13,2	6,3	4,4	4,6	—	28,5	—	0,18	
Рекреационные свойства	тыс. р.	4,8	12,3	6,7	6,9	—	30,7	0,7	0,19	
	тыс. р.	0,6	1,6	0,9	0,9	—	4,0	0,6	0,02	
Всего комплексной продукции	тыс. р.	2,7	3,6	3,6	3,6	—	13,5	—	—	
	тыс. р.	180	240	240	240	—	900	20,6	5,63	
Рекреационные свойства	тыс. чел.-дн. отдыха	23,4	31,2	31,2	31,2	—	117,0	18,0	0,73	
	тыс. р.	2,4	4,2	4,2	4,2	—	15,0	—	—	
Всего комплексной продукции	тыс. р.	2,6	4,4	4,4	4,4	—	15,8	0,4	0,10	
	%	0,3	0,6	0,6	0,6	—	2,1	0,3	0,01	
Всего комплексной продукции	т	8578	9234	12365	10579	—	81154	100	507	
	%	10,6	11,4	15,2	13,1	—	100	—	—	
Всего комплексной продукции	тыс. р.	332,7	583,3	1058,5	1053,5	—	4358,1	100	27,24	
	%	41,55	89,49	178,19	165,39	—	651,32	100	4,07	
Всего комплексной продукции	тыс. р.	7,6	13,4	24,3	24,2	—	100	—	—	
	%	6,4	13,7	27,4	25,4	—	100	—	—	



везенной древесины, грибов, переработанного нектара и т. п. В табл. 1 в суммарный натуральный показатель «Всего комплексной продукции» не включены водорегулирующие функции и рекреационные свойства.

Были обобщены данные, полученные ранее при инвентаризации, лесоустройстве и научных исследованиях буковых лесов, и материалы личных наблюдений. Так, показатели по древесине главного и промежуточного пользования брали на основе пробных площадей, заложенных лесоустройством. Сроки повторяемости рубок ухода и выбираемую массу, а также сортиментную структуру изучали по первичным документам предприятий за два ревизионных периода.

Техническая зелень — это мелкие побеги и ветки, используемые для производства витаминной муки. Этот вид продукции определяли вместе с технологическими сучьями по пробным площадям в процентах на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины различных возрастов. Особое внимание было уделено выявлению запасов буковых орешков. Дополнительно к литературным данным были заложены 4 пробные площади по 1,0 га. Учет производили на 668 учетных площадках в 1 м<sup>2</sup> в течение 3 лет, из них один год со слабым урожаем, один урожайный и один со средним урожаем. Орешки разделяли на здоровые, пустые и поврежденные. За товарную продукцию принимали 50% от здоровых орешков. Остальные 50% оставляли для питания животных и возобновления. Оптовая цена для II класса качества — 1 р. 61 к. (при рыночной 3 р. 00 к. — 4 р. 50 к.). Нектароносность определяли как среднюю долю участия медоноса на маршрутах 10-метровой ширины и устанавливали по нормативным таблицам. Учитывали, что пчелы собирают не более 1/3 имеющегося нектара и перерабатывают на мед только 50% его. Находили возможное количество пчелосемей и по данным лесных пчело-

Таблица 2

Вид пользования	D <sub>з</sub> — ГБк			C <sub>а</sub> — ГБк		
	м <sup>3</sup>	т	тыс. р.	м <sup>3</sup>	т	тыс. р.
Древесина от рубок:						
главного пользования	314	238	$\frac{7,95}{1,06}$	201	153	$\frac{4,91}{0,68}$
промежуточного пользования	301	228	$\frac{1,26}{0,67}$	207	158	$\frac{0,87}{0,46}$
Технологические сучья	26	20	$\frac{0,12}{0,02}$	22	17	$\frac{0,14}{0,02}$
Технологическая зелень	—	13	$\frac{0,91}{0,12}$	—	11	$\frac{0,80}{0,10}$
Плоды (орешки)	—	5,24	$\frac{8,44}{1,09}$	—	3,47	$\frac{5,61}{0,72}$
Грибы	—	1,86	$\frac{0,61}{0,08}$	—	1,03	$\frac{0,42}{0,04}$
Продукция охотничьего хозяйства	—	0,14	$\frac{0,20}{0,03}$	—	0,14	$\frac{0,21}{0,03}$
Продукция пчеловодства	—	0,41	$\frac{1,83}{0,24}$	—	0,11	$\frac{0,49}{0,06}$
Лекарственное сырье	—	0,18	$\frac{0,19}{0,02}$	—	0,05	$\frac{0,07}{0,01}$
Водорегулирующие функции	—	—	$\frac{5,63}{0,73}$	—	—	$\frac{4,31}{0,57}$
Рекреационные свойства	—	—	$\frac{0,10}{0,01}$	—	—	$\frac{0,10}{0,01}$
Всего	—	507	$\frac{27,24}{4,07}$	—	344	$\frac{17,93}{2,70}$
%	—	148	$\frac{160}{151}$	—	100	$\frac{100}{100}$

хозяйств рассчитывали норму фуражного и товарного меда и возможного сбора пыльцы. С учетом местных отчетных данных определяли продукцию грибов, охотничьего хозяйства и лекарственного сырья.

В случаях, когда на продукцию пчеловодства или грибоварения цен франко-лес не было, их устанавливали по соотношению цен преysкурантов № 07-01 и 07-03 на древесину.

Водорегулирующую роль буковых лесов определяли по нормативам перевода насаждениями осадков в грунтовой сток, установленным в работах А. Л. Молчанова и И. П. Ковалея. В зоне зарегулированных водных ресурсов каждый кубометр воды оценивается в 4—6 к. Это цена и принята за величину эффекта от водорегулирующей роли лесных насаждений. Натуральным показателем являются кубометры воды, переводимые насаждениями в грунтовой сток.

И наконец, нами принято, что рекреационная роль леса зависит от его свойств, способствующих отдыху. Эти свойства леса разделяются на свойства общего воздействия и способствующие активному отдыху (охота, сбор грибов, цветов, плодов, ягод и др.). Рассчитывали рекреационную емкость по видам отдыха (в человеко-днях отдыха). Затем по статистическим отчетам устанавливали «среднюю цену» свободного времени, по общественным затратам на содержание мест отдыха. По нашим расчетам, 1 чел.-день отдыха эквивалентен — 1 р. 08 к. Эта сумма принята за среднюю оптовую цену рекреации.

В табл. 2 приведены потенциальная продуктивность 100 га буковых насаждений по типам леса в среднем за год.

Продуктивность типа D<sub>3</sub> — ГБк составляет 148—160% по сравнению с типом C<sub>3</sub> — ГБк, что еще раз подтверждает, что продуктивность насаждений должна учитываться по типам леса.

Учет комплексной продуктивности позволит не только располагать сведениями о ее величине, но и сопоставить фактическую продуктивность с потенциальной, что будет способствовать более полному использованию ее в интересах народного хозяйства.

Поступила 29 июня 1979 г.

УДК 338.92 : 630\*31/36

## ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ФОРМ ОСВОЕНИЯ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БАЗ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. Г. ТРУНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Предложен метод решения задачи на выбор оптимальных форм освоения по способу рубки.

Практика лесозаготовки все более настоятельно требует перехода к такой организации рубок, которая, удовлетворяя потребности народного хозяйства в древесине в настоящее время, способствовала бы повышению продуктивности осваиваемых лесов в будущем.

В современных экономических условиях Дальнего Востока народное хозяйство испытывает потребность главным образом в крупномерной хвойной древесине; лесозаготовители вынуждены оставлять вне рубки тонкомерную хвойную древесину и практически всю лиственную, поэтому преобладающими способами рубок остаются условно-сплошные (50—54% площади годичной лесосеки) и подневозльно-выборочные (24—25%) [5].

Это вынуждает лесозаготовителей осваивать излишние площади, оставляя на корню до 35% запаса, что приводит к преждевременному истощению сырьевых баз. Нежелательная смена лесобразующих пород ухудшает породный состав и санитарное состояние лесов.

Сырьевые базы лесозаготовительных предприятий характеризуются неравномерностью распределения древостоя по группам возраста. Так, в основном лесозаготовительном районе — Хабаровском крае, в лесах, освоенных эксплуатацией, молодняки составляют 14,1% лесопокрытой площади, средневозрастные — 18,2%, приспевающие — 10,5% и спелые с перестойными — 57,2%. В условиях неравномерного распределения древостоев по возрастам стремление к равномерности рубок не является лучшим способом обеспечения потребности народного хозяйства в древесине на длительную перспективу.

Хорошо известно, что в перестойных лесах естественного происхождения отпад с возрастом насаждений прогрессивно увеличивается, а качество насаждений постоянно ухудшается, происходит распад древостоя. В таких условиях, как заметил один из основателей дальневосточного лесоводства проф. Б. А. Ивашкевич, нужно «поставить рубки таким образом, чтобы все переспелое, усыхающее, загнивающее, могущее загнить было бы взято со всей доступной территории в кратчайший срок..., а рост молодого жизнеспособного леса был усилен» [1]. Наконец, увеличение объемов рубок в условиях расширенного воспроизводства лесных ресурсов требует существенного повышения продуктивности лесов, надежно обеспечивающего необходимые объемы рубок без угрозы истощения лесосырьевых ресурсов.

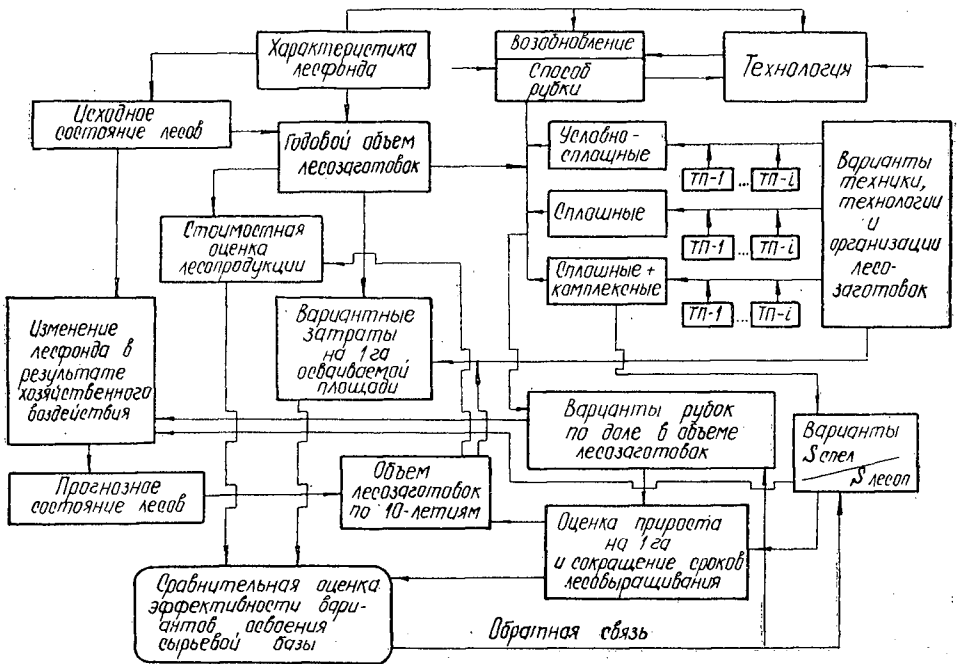
Следовательно, одна из важнейших задач экономического исследования — это поиск эффективного пути, способствующего оптимальному освоению сырьевых баз. Один из важных моментов в решении задачи — установление оптимальности способов рубок.

Способы рубок определяют процессы изъятия древесины и, сочетаясь в различных формах, изменяясь во времени, могут существенно влиять на ускорение роста и увеличение запасов древесины на единице площади и накопление высококачественной стволовой древесины. Необходимость и целесообразность применения того или иного способа рубок диктуется экономическими условиями. Поэтому деятельность лесозаготовительных предприятий должна опираться на прогнозы влияний применения различных способов рубок на состояние древостоя. Но нужно иметь в виду, что перспективное планирование изменения лесной среды под воздействием способа рубок будет способствовать повышению производительности лесов в том случае, когда техника и технология будут увязаны с особенностями проведения этих рубок.

На с. 95 приведена системодиаграмма принятия решения в долгосрочном прогнозе при выборе оптимальных форм освоения сырьевой базы. Лесосырьевая база и протекающий в ней производственный процесс представлены как система, которая поддается регулированию. Входами системы будут исходное состояние лесов с его сырьевой характеристикой, необходимые объемы рубок и способ рубки — технология.

В системе постоянно происходят изменения: уменьшаются запасы, вовлекаются в эксплуатацию дополнительные лесные массивы, совершенствуются технические средства, технологические и организационные формы производственного процесса.

Существенное требование системы в решении поставленной проблемы — выявление способности лесных ресурсов к воспроизводству, поэтому способ рубки должен оцениваться неразрывно с возобновлением. Игнорирование такого своеобразия объекта исследования приведет к неточным оценкам перспективы и, как следствие, к нерациональному решению, значительным потерям вложенных затрат.



Надежность выбора оптимальных форм освоения сырьевой базы при прогнозировании должна достигаться рассмотрением ряда вариантов решений. В качестве вариантов по способу рубок, с учетом специфики лесопользования Дальнего Востока, следует предусмотреть условно-сплошные, сплошные и комплексные рубки.

Вариант 1 — условно-сплошные рубки — принимается как базовый, характерный для существующей практики освоения сырьевых баз. Сплошные рубки закладываются в вариант 2. Сравнение вариантов 1 и 2 следует предусмотреть на весь период освоения сырьевой базы, чтобы предвидеть и оценить последствия современной практики промышленной эксплуатации лесов.

Сочетание сплошных и комплексных рубок составляет содержание варианта 3. Этим вариантом достигается возможность воздействия широкого многообразия рубок на прирост древесины, сокращение сроков лесовыращивания и повышение качества насаждений.

Вместе с тем, необходима возможность учета во времени предпосылок интенсификации процесса лесозаготовок, поскольку, кроме управления изъятием древесины и регулирования прироста, способы рубок определяют содержание хозяйственной деятельности предприятия в эксплуатируемых сырьевых базах.

С учетом этих предпосылок вариант 3 следует рассматривать в двух этапах. Первый этап характерен для экстенсивного развития, и ему в наибольшей мере отвечают сплошные рубки. Пока в базе имеется излишек спелого леса, такая форма освоения экономически оправдана, удовлетворяет потребности народного хозяйства в древесине с наименьшими затратами на освоение.

По мере исчерпания сырьевых запасов спелого леса наступает некоторое противоречие между потребностью в древесине и возможностью ее удовлетворения без полного исчерпания сырьевой базы в бли-

жайшем будущем. Преодолением этого противоречия будет изменение содержания деятельности предприятия и качественное преобразование лесов, переход на интенсивные формы освоения сырьевой базы\*. Процесс интенсификации будет осуществляться применением, наряду со сплошными, несплошными рубок (выборочные, постепенные) и рубок ухода или, как принято называть в практике лесоводства, комплексных рубок. Это характерно для второго этапа варианта 3.

Для оценки представленных предпосылок можно принять одним из основных показателей перехода от экстенсивных форм освоения сырьевой базы к интенсивным, а следовательно, от сплошных рубок к комплексным, отношение площади спелого древостоя ( $S_{\text{спел}}$ ) к лесопокрытой площади ( $S_{\text{лесоп}}$ ).

При комплексных рубках становится важной задача выбора оптимального соотношения рубок главного и промежуточного пользования, которые включены в производственный процесс. Здесь в установлении производственных масштабов определенного вида рубок (на системогамме — доля рубок в общем объеме) надлежит исходить из мнения акад. И. С. Мелехова, что «определяющее значение при выборе способа рубки имеет экономический фактор», а лесоводственные требования должны накладывать систему ограничений, определяющую границы применения рубок в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий [4]. Тогда взаимодействие двух сторон (экономическая целесообразность вложения затрат в проведение определенной рубки и лесоводственная возможность достижения запланированного результата) будут определять границы оптимального соотношения.

Используя соотношение  $S_{\text{спел}}/S_{\text{лесоп}}$  во взаимосвязи с вариантами доли каждого способа рубок в объеме лесозаготовок, воздействием обратной связи можно добиться оценки регулирования эффективности освоения сырьевой базы по варианту 3.

При изучении динамики лесного фонда по предложенным вариантам в долгосрочном прогнозе может быть использован балансовый метод движения выращено — вырублено — возобновлено с последующим упорядоченным переходом лесопокрытой площади из класса в класс возраста с учетом воздействия каждого способа рубок.

На каждом этапе прогноза варианты необходимо представить в сравнении, чтобы оценить выход системы. Из анализа предложенных вариантов вытекает, что каждый из них отличается выходом деловой древесины, качеством (ценой реализации) полученной продукции, затратами на освоение сырьевой базы, приростом древесины в базе в процессе освоения.

Максимальный эффект можно записать:

$$\mathcal{E} = СПЗ_i^t - СПЗ_j^t + (Ц_i - Ц_j) \pm Лэ \rightarrow \max,$$

где  $СПЗ_i^t$  и  $СПЗ_j^t$  — сумма приведенных затрат на лесозаготовку, транспортное освоение и лесовозобновление при способе  $(i, j)$  рубок на этапе прогноза  $t, p$ ;

$Ц_i - Ц_j$  — разница в цене реализации продукции лесозаготовок, полученной при различных способах рубок,  $p$ ;

\* Такой подход основан на сформулированной проф. Т. С. Лобиковым концепции стадийного развития лесозаготовительных предприятий как на наиболее реально описывающей процесс освоения сырьевых ресурсов [2, 3].

*Лэ* — лесоводственный эффект, выраженный изменением прироста древесины в результате воздействия рубок, р.

Для сопоставимости исследуемых вариантов по выходу продукции целесообразно соотносить затраты и результат на 1 га осваиваемой площади.

Такая последовательность оценки альтернативных решений позволит выбрать оптимальную форму освоения сырьевых баз в долгосрочном прогнозировании и обеспечит достижение управляемости системой способ рубки — технология.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ивашкевич Б. А. Дальневосточные леса и их промышленная будущность. Хабаровск, Хабаровское кн. изд-во, 1933, с. 168. [2]. Лобовиков Т. С. Лесные предприятия будущего. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 3, с. 134—140. [3]. Лобовиков Т. С. Лесные предприятия будущего и воспроизводство лесных ресурсов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 4, с. 18—25. [4]. Мелехов И. С. Лесоведение и лесоводство. М., МЛТИ, 1972, с. 176. [5]. Шейнгауз А. С. и др. Способы рубок главного пользования на Дальнем Востоке. — «Труды ДальНИИЛХ», Хабаровск, 1977, вып. 19, с. 3—10.

Поступила 15 июня 1979 г.

УДК 674.09.004.15

## РАЙОННЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ЭКОНОМИКЕ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Е. Д. ФАТЕЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

На основе изучения влияния природных, экономических, технологических факторов на уровень себестоимости производства пиломатериалов и капитальные вложения выявлены районные различия в экономике лесопиления.

Вопросам размещения производства партия и правительство всегда уделяли большое внимание. XXV съездом КПСС поставлена задача дальнейшего расширения заготовки древесины и ее переработки в районах Сибири и Дальнего Востока.

Процесс развития и размещения лесопильного производства осуществляется путем наращивания мощностей в многолесных районах и сокращения в малолесных.

Многолесные районы страны, перспективные для развития лесопильной промышленности, существенно отличаются друг от друга природными, экономическими и социальными условиями, влияющими на экономику производства пиломатериалов.

Различия в экономике любого производства характеризуются уровнем экономических показателей, в первую очередь, себестоимости продукции, капитальных вложений, приведенных затрат, рентабельности.

Многолесная зона страны разделена на семь районов: Западный (Прибалтийский), Европейский Север, Волго-Вятский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Дальневосточный, которые имеют развитое лесопиление и перспективны для его развития. Выбор районов обоснован общеэкономическим районированием. Из Северо-Западного района выделен Европейский Север (Архангельская, Вологодская области и Коми АССР), где наиболее развито лесопиление,

имеются перспективы для его развития, аналогичны природные условия.

Различия условий строительства и эксплуатации лесопильных предприятий по районам приведены в табл. 1 (данные Гипродрева и Гипролестранса), из которой видно, что районы существенно отличаются средним диаметром распиливаемого сырья (от 20 до 30 см), способом транспортировки пиловочника на биржу лесопильного предприятия. В европейской зоне 70% пиловочника поступает сухопутным транспортом, в Сибири и на Дальнем Востоке, наоборот, 70% — водным транспортом (сплавом). Породный состав пиловочника также неоднороден. В европейской части преобладает еловое сырье, в Сибири распиливается преимущественно сосновый пиловочник.

Таблица 1

Показатели	Экономические районы						
	Западный	Европейский Север	Волго-Вятский	Уральский	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский	Дальневосточный
Средний диаметр пиловочника, см	20	20	24	26	28	30	30
Процент сырья, поступающего водным путем	30	30	30	40	70	70	70
Породный состав пиловочника	8Е2С	7Е3С	7Е3С	6Е4С	4Е6С	2Е8С	6Е4С
Районный коэффициент: для капитальных вложений	1,00	1,13	1,00	1,04	1,04	1,13	1,20
для себестоимости	1,02	1,21	1,15	1,18	1,20	1,20	1,25
Себестоимость обработки 1 м <sup>3</sup> пиломатериалов	100,4	100	100,2	99,6	108,0	103,0	105,4
Капитальные вложения	90,3	100	90,3	99,0	97,7	101,6	110,8
Приведенные затраты	99,3	100	99,5	99,4	105,5	101,0	106,6
Рентабельность производства	119,8	100	123,8	109,0	90,0	96,6	80,4

Расчет экономических показателей (табл. 1) выполнен по пиломатериалам внутрисоюзного назначения толщиной 25—32 мм, со 100%-ной окоркой, брусочкой и сушкой, для четырехрамного лесопильного завода. Для этого выбран расчетно-аналитический метод, позволяющий исключить влияние факторов, не связанных с районными различиями. В основу расчета себестоимости пиломатериалов и капитальных вложений положены методика и нормативы, применяемые в проектных организациях.

Анализ показателей производится методом сравнения с показателями Европейского Севера, как района с развитым лесопилением, сохраняющего перспективу для его развития.

Данные таблицы показывают, что в районах Сибири и Дальнего Востока себестоимость 1 м<sup>3</sup> пиломатериалов выше на 3—8%. В европейско-уральской зоне изменение себестоимости по районам незначительно. Это объясняется тем, что влияние отдельных факторов на экономические показатели по районам неоднозначно и носит сложный, разнонаправленный характер.

Несмотря на то, что в районах Сибири и Дальнего Востока размерно-качественные характеристики пиловочника значительно лучше,

чем в европейской зоне, снижения себестоимости производства пиломатериалов не наблюдается. Положительный эффект от улучшения качества распиливаемого сырья нивелируется другими факторами, в частности, способом поступления сырья на предприятия и районным коэффициентом, учитывающим удорожание по заработной плате, содержанию и амортизации оборудования и т. д.

Во всех экономических районах, за исключением Восточной Сибири и Дальнего Востока, капитальные вложения ниже, чем на Европейском Севере. Причем в Западном и Волго-Вятском экономических районах они почти на 10% ниже, а на Дальнем Востоке на 10% выше, чем на Европейском Севере, т. е. амплитуда колебаний между крайними значениями составляет 20%. Более высокий уровень капитальных вложений в районах Восточной Сибири и Дальнего Востока объясняется, прежде всего, районным коэффициентом, учитывающим удаленность от промышленно развитых районов страны, а также суровые климатические условия строительства.

Районные различия в показателе приведенных затрат (при  $E_n = 0,15$ ) по своему значению близки к изменению себестоимости производства пиломатериалов, поскольку себестоимость превалирует в общей сумме эксплуатационных и капитальных затрат.

Отклонения крайних показателей рентабельности производства довольно значительны. В Волго-Вятском экономическом районе показатель рентабельности составляет 133,3% по сравнению с Европейским Севером, а на Дальнем Востоке всего 80%.

Приведенные данные указывают на наличие в Западном, Волго-Вятском и Уральском районах, а также на Европейском Севере условий, обеспечивающих более высокую экономичность строительства и эксплуатации предприятий по производству пиломатериалов.

Однако они никоим образом не свидетельствуют о том, что в районах Сибири и Дальнего Востока не целесообразно развивать лесопильное производство. Ограниченность сырьевых ресурсов в европейской части страны, растущий спрос народного хозяйства на пиломатериалы предъявляют высокие требования к темпам развития лесопиления в восточных районах. Ускоренное освоение этих районов, комплексное развитие их экономики будут способствовать повышению эффективности лесопильного производства.

Поступила 15 июня 1979 г.

УДК 656.065.2

## О КЛАССИФИКАЦИИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ В УПРАВЛЕНИИ СНАБЖЕНИЕМ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ

Ю. П. КОНОНОВ, Б. В. УВАРОВ

Архангельский лесотехнический институт, СевНИИП

На основе анализа характеристик поставляемых в запасные части деталей и узлов описывается метод деления их на классы. Приведены результаты расчетов.

Главными экономическими показателями, характеризующими запасные части, являются цены деталей и узлов, их вес, средняя годовая норма потребления на 100 эксплуатируемых машин.

В целях выявления зависимости общей стоимости, количества и веса деталей и узлов по действующим общесоюзным нормам потре-



ления от числа их наименований была составлена программа и проведены соответствующие расчеты на ЭВМ. Результаты расчетов показаны графически на рис. 1—4.

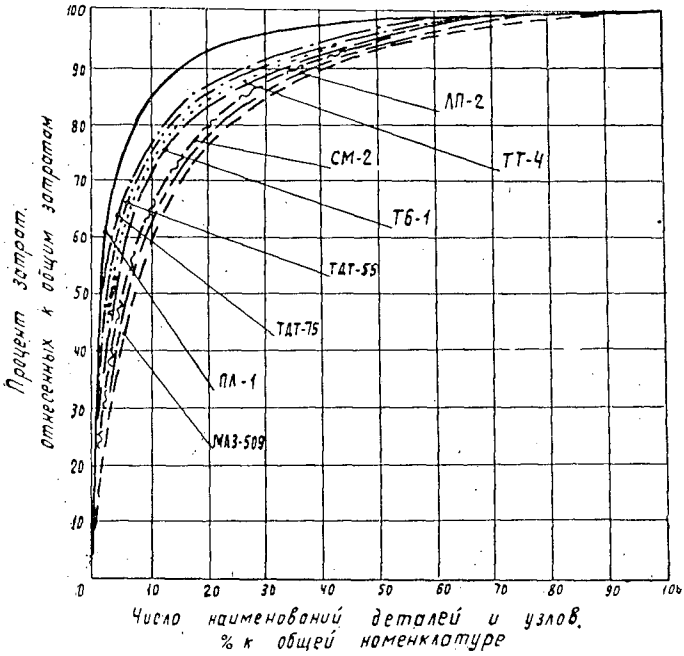


Рис. 1.

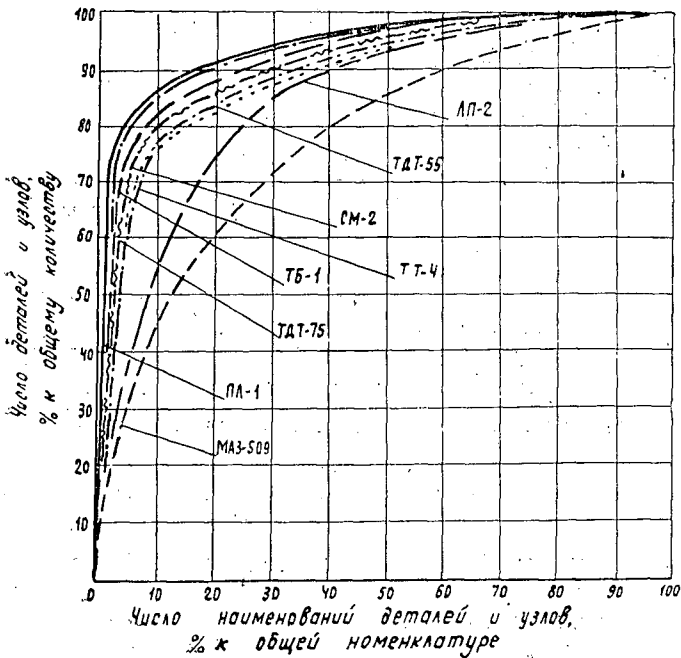


Рис. 2.

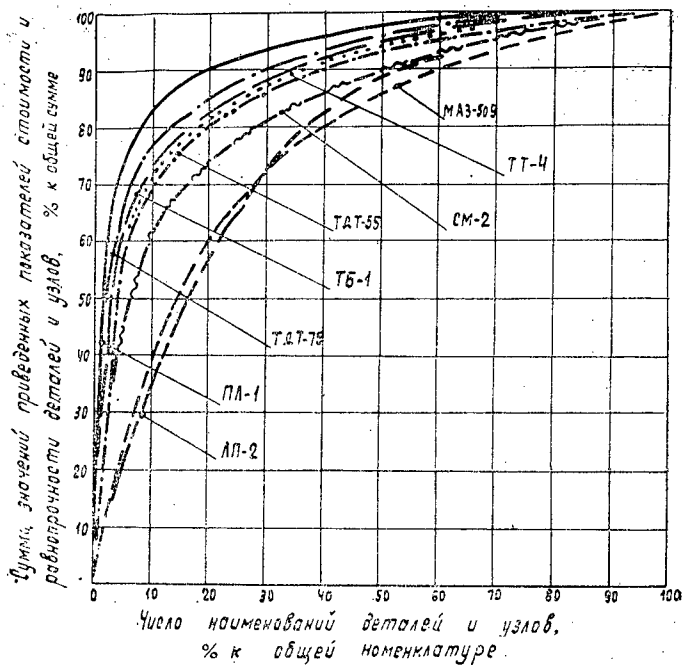


Рис. 3.

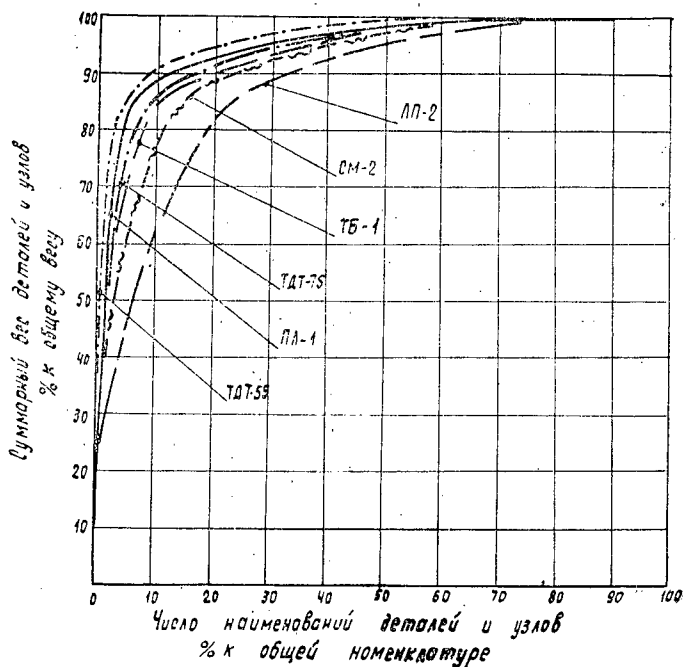


Рис. 4.

На рис. 1 приведена зависимость средней годовой потребности в запасных частях в стоимостном выражении от числа наименований деталей и узлов для трелевочных тракторов ТДТ-55, ТДТ-75, ТБ-1, ТТ-4,

челюстного погрузчика ПЛ-1, сучкорезной машины СМ-2, валочно-пакетирующей машины ЛП-2 и лесовозного автомобиля МАЗ-509. При построении графиков подсчитывали затраты средств на 100 машин каждой марки как произведение требуемого количества запасных частей по норме на стоимость детали или узла. Все затраты располагали в порядке убывания и определяли процент затрат, приходящийся на каждое наименование. По оси ординат отложены проценты затрат на определенные наименования запасных частей нарастающим итогом, а по оси абсцисс — процент наименований также нарастающим итогом. Вначале нанесены показатели деталей с наибольшими затратами. Из графика видно, что 60% средств затрачивается на 3—10% наименований запасных частей; на следующие 30—37% наименований приходится 30—37% общих затрат. На остальные 60% наименований падает 3—10% годовых затрат.

На рис. 2 приведена зависимость средней годовой потребности в запасных частях в количественном выражении от числа наименований деталей и узлов для перечисленных выше типов машин. Анализ графиков показывает, что для большинства рассматриваемых типов машин повышенным спросом пользуется весьма ограниченное число наименований деталей и узлов.

Определенный интерес представляют изменения затрат одновременно в натуральном и стоимостном выражении для одних и тех же наименований запасных частей. Для этого может быть использован комплексный приведенный показатель расхода запасных частей, определенный по формуле

$$P_i^{с.к} = \frac{C_i K_i}{\sum_{i=1}^n C_i K_i} + \frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i},$$

где  $P_i^{с.к}$  — комплексный приведенный показатель стоимости и равнопрочности запасных частей  $i$ -того наименования, условных единиц;

$C_i$  — цена запасной части  $i$ -того наименования, р.;

$K_i$  — средняя годовая потребность в запасных частях  $i$ -того наименования, шт.;

$n$  — число наименований запасных частей, поставляемых для данной марки машины.

Комплексный приведенный показатель поставляемых в запасные части деталей или узлов  $i$ -того наименования отражает сумму годовых затрат в натуральном и стоимостном выражении, отнесенных к суммарным значениям этих величин для всех наименований запасных частей. На рис. 3 приведена зависимость общей суммы приведенных показателей стоимости и равнопрочности поставляемых в запасные части деталей и узлов, по средней общесоюзной годовой норме от числа наименований. Из рисунка следует, что с изменением числа наименований суммарное значение приведенных показателей стоимости и равнопрочности меняется более равномерно, чем изменение каждого показателя в отдельности. На рис. 4 показана зависимость годовой потребности в запасных частях в весовом выражении от числа наименований деталей и узлов. Из графиков видно, что по данному показателю запасные части распределяются наиболее неравномерно.

При планировании и оперативном управлении снабжением запасными частями целесообразно использовать подразделение всей номенклатуры на классы (группы). Многообразие целей, для которых про-

изводится деление общей номенклатуры запасных частей на классы, требует в каждом конкретном случае в качестве критерия распределения брать различные показатели. Так, при расчетах потребности в запасных частях путем минимизации общих затрат на создание запасов узлов и деталей целесообразно классифицировать их по годовым затратам в стоимостном выражении. Для целей же учета, оценки равнопрочности деталей и узлов машин и оперативного распределения между потребителями предпочтительнее классифицировать запасные части по расходу в натуральном выражении. Анализ расхода металла и других материалов на производство запасных частей, а также определение складских площадей и стоимости перевозок требуют классификации деталей и узлов по весу. Исходя из анализа графиков рис. 3, требований, предъявляемых к классификации запасных частей, и учитывая опыт исследований в этом направлении [1—3], может быть рекомендована следующая методика деления номенклатуры деталей и узлов лесозаготовительных машин на три класса — А, В и С.

**К л а с с А:** количество наименований деталей и узлов не выше 20% общего числа наименований по данной машине; сумма приведенных показателей стоимости и равнопрочности не более 80% общей суммы показателей по деталям и узлам машины; при числе наименований деталей и узлов в классе от 10 до 20% сумма приведенных показателей не более 60%.

**К л а с с С:** количество наименований деталей и узлов не выше 70% общего числа наименований по данной машине; сумма приведенных показателей стоимости и равнопрочности не более 20% общей суммы показателей по деталям и узлам машины; при числе наименований деталей и узлов в классе более 60% сумма приведенных показателей не выше 10%.

**К л а с с В:** количество наименований деталей и узлов, не вошедших в классы А и С.

По описанному алгоритму деления деталей и узлов, поставляемых в запасные части, на классы была составлена программа и проведены расчеты на ЭВМ. В табл. 1 приведены результаты расчетов по классификации запасных частей для рассмотренных типов машин.

Таблица 1

* Марка машины	Процент наименований по классам			Процент суммы приведенных показателей по классам		
	А	В	С	А	В	С
ПЛ-1	8	22	70	80	13	7
ТДТ-75	10	20	70	77	13	10
ТБ-1	10	24	66	74	16	10
ТДТ-55	10	30	60	70	20	10
ТТ-4	10	26	64	72	18	10
СМ-2	10	30	60	62	24	14
МАЗ-509	20	20	60	60	20	20
ЛП-2	20	20	60	57	26	17

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Букан Д., Кенигсберг Э. Научное управление запасами. М., «Наука», 1967. [2]. Коломиец П. А. Организация снабжения сельского хозяйства запасными частями. М., «Колос», 1974. [3]. Рыков В. Н. Рекомендации по обеспечению запасными частями ремонтных предприятий. ГОСНИТИ, 1971.

Поступила 5 июля 1979 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*.116.25 : 630\*.652

ОБ ОЦЕНКЕ ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО ВЛИЯНИЯ ЛЕСА

А. П. БЛАГОВ, Ю. И. ТРЕЩЕВСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Связь между процентом эродированных земель ( $y$ ) и отношением площади леса к площади пашни ( $x$ ) для районов Горьковской области может быть выражена формулой  $y = \frac{7}{x}$ .

По предлагаемой в статье методике можно оценить в денежном выражении противоэрозионную роль лесов в районах, близких по условиям рельефа и лесорастительным условиям к условиям Горьковской области.

В комплексе факторов, связанных с развитием эрозии почв, лес — один из наиболее важных. Почва в лесу в равнинных условиях практически не подвергается эрозии. Положительно его влияние и на прилегающие территории. Для экономической оценки леса как противоэрозионного фактора необходимо, прежде всего, знать, какова степень влияния лесных массивов, произвольно распределенных по территории.

Для выяснения этого влияния за территориальную единицу был принят административный район Горьковской области. По каждому из 46 районов сопоставляли процент эродированных земель и лесистость. Кроме того, учитывали площадь пашни, поскольку ее наличие — один из факторов, в наибольшей степени способствующий эрозии. Смыв с распаханых и занятых зерновыми культурами площадей в сотни раз превышает смыв с площадей, занятых травами, лесом [1]. На рис. 1 представлена связь между процентом эродированных земель в районах (по оси  $y$ ) и отношением площади леса к площади пашни (по оси  $x$ ). Эта зависимость хорошо описывается функцией

$$y = \frac{7}{x}.$$

Исследованная область значений аргумента охватывает интервал от 0 до 22.

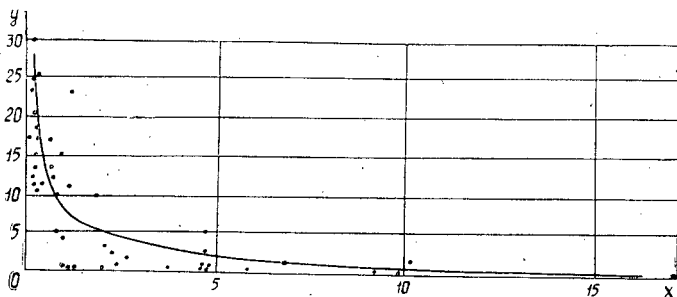


Рис. 1.

Полученное значение индекса корреляции (0,99) говорит о тесной связи между выбранными показателями. Для дальнейшего анализа удобно использовать показатель эластичности функции, который определяет, на сколько процентов изменится функция при изменении аргумента на 1%.

От относительных показателей к абсолютным переходим по формуле

$$\Delta_1 y = \frac{\Delta y}{\Delta x},$$

где  $\Delta y$  — 1% площади эрозии;  
 $\Delta x$  — 1% площади леса.

$\Delta_{iy}$  — увеличение площади эрозии при уменьшении площади леса на 1 га (при фиксированном количестве пашни) — представляет собой противоэрозионное влияние 1 га леса, выраженное в гектарах сохраненной от эрозии пашни. Тогда экономическую оценку 1 га леса как противоэрозионного фактора для каждого района можно выразить по формуле

$$P_i = \Delta y \frac{N}{2} M,$$

где  $P_i$  — экономическая оценка противоэрозионного влияния 1 га леса в  $i$ -том районе, р.;

$N$  — урожайность ведущей сельскохозяйственной культуры (в нашем случае пшеницы), ц/га. Потери урожайности сельскохозяйственных культур на эродированных землях приняты в размере 50% от урожайности на не подверженной эрозии пашне [2].

$M$  — закупочная цена сельскохозяйственной культуры, р./ц (в нашем случае — 12,5 р./ц).

Для совокупности районов

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i q_i}{\sum_{i=1}^n q_i},$$

где  $P$  — экономическая оценка противоэрозионного влияния 1 га леса в совокупности районов, р.

Рассчитанная по приведенным формулам денежная оценка противоэрозионной роли 1 га леса Горьковской области 11 р. 46 к. Однако в различных районах эта оценка варьирует от 0 до 172 р. 72 к. Нулевую оценку противоэрозионного влияния 1 га леса имеют районы с высокой лесистостью и малой распаханностью: Борский, Выксунский, Ковернинский, Семеновский, Тоншаевский. В районах с невысокой лесистостью и значительными площадями пашни денежная оценка противоэрозионного влияния 1 га леса очень высока: Бутурлинский — 112 р. 27 к. Гагинский — 149 р. 46 к. Княгининский — 170 р. 96 к., Б. Мурашкинский — 172 р. 72 к.

Экономическую оценку противоэрозионной роли леса необходимо учитывать при определении очередности проведения лесокультурных работ и передаче земель гослесфонда и ведомственных лесов в другие виды пользования.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Беннетт Х. Основы охраны почвы. М., ИЛ, 1958. [2]. Бодров В. А. Лесная мелиорация. М., Сельхозиздат, 1961.

УДК 630\*907

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ ЛЕСОПАРКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ КРАСНОЯРСКА

Н. Х. СУРТАЕВ, В. С. МОИСЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследовано влияние загрязнения окружающей воздушной среды на морфологическое состояние и таксационное строение пригородных лесов. Выделены три зоны по радиусу удаленности от промышленных предприятий. Для каждой зоны показана степень загрязнения атмосферного воздуха, дан анализ роста и состояния древесных пород и рекомендации по формированию насаждений оптимального состава, строения и полноты.

Основное направление ведения лесного хозяйства в пригородных лесах зеленых зон — оптимизация формирования наиболее желательных лесопарковых ландшафтов с высокими эстетическими и санитарно-гигиеническими свойствами.

Исследования проводили на пробных площадях, заложенных по таксационному описанию в Городском лесничестве и пригородном учебно-опытном лесхозе Красноярска. Ими представлено основное разнообразие наиболее часто встречаемых здесь насаждений сосны и березы по составу пород, условиям местопроизрастания, возрасту и полноте. Их расположение выбирали по направлению и против господствующих ветров, а также перпендикулярно им на расстоянии от промышленных центров на 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15 и 20 км. На пробах срубали и замеряли по 25 учетных деревьев или по 10—12 средних моделей по ступеням толщины. При этом определяли размеры, массу крон и их зеленую биомассу. Всего было заложено 49 пробных площадей с рубкой и обмером около 800 учетных и средних модельных деревьев. В вегетационный период на пробных площадях ежедневно в 8, 12 и 16 ч. проводили стационарные наблюдения за газообменом на уровне 1 м от поверхности земли, на 0,5 высоты древостоя и на поверхности полога (у вершин крон). Эти работы выполняли в 1977 и 1978 гг. с участием дипломников кафедры лесной таксации и лесоустройства Сибирского технологического института.

Анализ данных по зонам удаленности от промышленных объектов с установлением соответствующих корреляционных зависимостей и связей позволяет сделать следующие выводы.

1. Под влиянием загрязнения атмосферы в древостоях изменяются внешние морфологические признаки и внутренние физиологические процессы. Замечено уменьшение средних диаметров крон и их протяженности на 15—20%, длины хвон на 1—2 см, охвоенности крон в 1,5—2,0 раза, густоты крон и сомкнутости полога на 20—25%. Наибольший прирост по диаметру крон наблюдается на пробных площадях, расположенных в середине кварталов, а наименьший — ближе к просекам и на других участках загрязненного воздуха. Аэрозоли, твердые частицы пыли, оседающие на клейкой поверхности хвои сосны, закупоривают устьица, затрудняют газообмен.

2. Общие закономерности таксационного строения древостоев сосны и березы закрытых и полукрытых лесопарковых ландшафтов промышленных районов в основном сохраняются. Однако здесь ряды распределения деревьев по различным таксационным показателям несколько сужены, и показатели их изменчивости меньше, чем в насаждениях обычных лесных массивов.

3. По степени чувствительности наиболее распространенных здесь насаждений сосны и березы к изменению посещаемости их населением, загрязненности окружающей атмосферы, а также по анализу морфологического состояния и таксационного строения древостоев можно выделить три зоны по радиусу удаленности от промышленных предприятий:

первая — до 2—3 км — с постоянной загрязненностью атмосферного воздуха свыше допустимых норм и частой посещаемостью населением. Сосновые древостои здесь частично или полностью гибнут, поэтому нужно сажать и воспитывать главным образом насаждения березы и лиственницы, у которых каждый год опадает загрязненная листва и хвоя, заменяясь новой. Таксационное строение хвойных древостоев здесь значительно нарушается с раннего возраста;

вторая — от 3 до 7 км — с периодическим превышением допустимой загрязненности воздуха и умеренным ее посещением жителями. Рост древостоев в высоту задерживается, следовательно, класс бонитета понижается. Сосна начинает испытывать влияние антропогенных факторов примерно со II класса возраста, и к 80 годам бонитет снижается на 1—2 класса, насаждение становится сильно расстроенным. Доля участия сосны в составе уменьшается на 10—20%, относительная полнота на 0,2—0,3, высота на 3—5 м, запас на 30—50 м<sup>3</sup>. Здесь нужно создавать смешанные лиственно-хвойные насаждения (лучше с куртинным расположением хвойных пород в центре кварталов под прикрытием лиственных со стороны просек и опушек);

третья — от 7 до 15 км — при загрязненности воздуха в допустимых нормах и с незначительной посещаемостью населением. Процесс замедления роста древостоев происходит более умеренно без существенного нарушения таксационного строения. Здесь можно ориентироваться на формирование насаждений с преобладанием сосны и лиственницы с примесью березы при оптимальном чередовании чистых и смешанных насаждений хвойных пород с лиственными по эстетическим и санитарно-гигиеническим признакам. При этом в I и II зонах нужно учитывать местное движение воздушных масс в горизонтальном и вертикальном направлениях, создавать для продувания загрязненного воздуха чересполосные, аллеи коридоры и разреженные древостои, а для его задержания — зеленые барьеры.

Во всех выделяемых зонах пригородных лесов хозяйство должно быть направлено на выращивание и формирование насаждений с высокими декоративными качествами, устойчивых к высоким рекреационным нагрузкам и изменениям атмосферной среды, на создание максимальных удобств для отдыха трудящихся путем благоустройства территории.

УДК 630\*.165.62

## О СЕЗОННОМ РАЗВИТИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А. И. ВИДЯКИН

Кировская лесная селекционная лаборатория ЦНИИЛГиС

Установлено, что последовательность вступления в фазы начала и окончания роста сосен различного географического происхождения устойчиво сохраняется ежегодно.

Многие исследователи считают, что попадая в новые условия среды, растения сохраняют определенную, свойственную районам естественного произрастания ритмику биологических процессов. При этом в некоторых случаях наблюдается несоответствие наследственной ритмичности и новых климатических условий, что отрицательно сказывается на росте и устойчивости растений. Поэтому при изучении влияния происхождения семян на рост растений важное место отводится фенологическим наблюдениям.

Фенологические наблюдения проводили в 1974 и 1975 гг. в географических культурах сосны Куменского лесхоза Кировской области по методике И. Н. Елагина [2]. В опытных культурах представлена сосна обыкновенная из 26 географических районов. Для более точного определения фазы окончания роста верхушечных побегов со дня появления едва заметных почек ежедневно измеряли несколько верхушечных побегов, как это рекомендует Б. И. Иваненко [3]. Длину побегов измеряли через 4 дн. у 10 растений каждого происхождения.

Наблюдения за весенним пробуждением почек показали, что сроки наступления и окончания фенологических фаз сосны, прежде всего, определяются комплексом метеорологических факторов текущего года.

В зависимости от погодных условий отдельных лет сроки наступления фенофаз, характер их прохождения и продолжительность могут быть разными (табл. 1). Однако ежегодно первыми начинают рост сосны северного происхождения. Почти одновременно с ними или на 1—2 дн. позднее распускаются почки сосен из районов с резко континентальным климатом. Сосны южного происхождения начинают расти

Таблица 1

Географическое происхождение (область, лесхоз)	1974 г.			1975 г.		
	Начало роста	Конец роста	Продол- житель- ность, дн.	Начало роста	Конец роста	Продол- житель- ность, дн.
Архангельская, Плесецкий	13.V	24.VI	42	30.IV	8.VI	39
Коми АССР, Сторожевский	13.V	27.VI	45	30.IV	10.VI	41
Кировская, Куменский	15.V	2.VII	48	1.V	14.VI	44
Пермская, Оханский	15.V	3.VII	49	1.V	14.VI	44
Удмуртская АССР, Вот- кинский	15.V	5.VII	51	2.V	16.VI	45
Марийская АССР, Куярский	15.V	7.VII	53	2.V	19.VI	48
Татарская АССР, Зелено- дольский	16.V	8.VII	53	3.V	19.VI	47
Иркутская, Тангуйский	15.V	30.VI	46	30.IV	11.VI	42
Калининградская, Курский	17.V	10.VII	54	3.V	21.VI	49
Оренбургская, Бузулукский	19.V	10.VII	52	4.V	20.VI	47
Амурская, Тыгдинский	16.V	1.VII	46	1.V	12.VI	42
Смоленская, Велижский	17.V	9.VII	53	3.V	20.VI	48



последними. Различия во времени распускания почек у северных и южных вариантов культур в 1974 г. составили 6 дн., а в 1975 г. — 3 дн. Это согласуется с результатами исследований других авторов, которые считают, что различия во времени начала распускания почек определяются характером нарастания положительных температур в весеннее время. В годы с дружной весной эти различия меньше.

Сроки наступления данной фенологической фазы у сосен разного географического происхождения связаны с особенностями климатических условий на их родине. Особенно высокая связь установлена с суммой температур свыше  $+10^\circ$  ( $r_s = -0,778$ ). Таким образом, выявленные различия в сроках начала вегетации, вероятно, связаны с наследственно обусловленной способностью северных и континентальных сосен активизировать жизненные процессы при более низких температурах по сравнению с южными.

Первыми закладывают верхушечные почки и прекращают рост побегов северные сосны, последними — южные. При этом различия во времени окончания роста побегов составляют 10—15 дн., а между растениями одного происхождения 3—4 дн. Многие авторы [1, 4, 6] отмечают, что сосны северного происхождения по сравнению с южными имеют более короткий годичный рост в высоту. По данным В. Я. Попова [5], продолжительность роста сосен различного географического происхождения в условиях Архангельской области была примерно одинаковой (58—60 дн.).

Продолжительность роста побегов сосны находится в прямой зависимости от теплообеспеченности мест произрастания материнских деревьев, погодных условий отдельных лет и составляет в среднем 40—50 дн. Например, сосна из Плесецкого лесхоза Архангельской области в 1974 г. росла 42 дн., в 1975 г. — 39 дн., а оренбургская соответственно 52 и 47 дн. Продолжительность роста побегов тесно коррелирует с суммой температур свыше  $+10^\circ$  в месте произрастания материнских деревьев ( $r_s = 0,878$ ).

Рост верхушечных побегов у всех сосен заканчивается раньше, чем рост хвоя. В зависимости от происхождения и погодных условий рост побегов заканчивается во второй половине июня — начале июля, а хвоя продолжает расти до середины или конца июля.

Кульминация прироста в высоту у сосен разного происхождения наблюдается в основном в одно и то же время, но по годам может быть сдвинута в зависимости от особенностей погодных условий. Максимальный среднесуточный прирост составляет 8—15 мм. На прирост побегов отрицательное влияние оказывает низкая температура воздуха. В период похолодания 20—23 мая 1974 г. и в последующие дни энергия роста значительно снизилась у всех сосен.

В географических культурах ежегодно наблюдается вторичный прирост побегов сосны алтайского, оренбургского, смоленского происхождения (не более 10—15% от основного). Осенью 1974 г. после окончания вегетационного сезона у восьмилетних сосенок местного происхождения на центральном побеге текущего года удаляли все боковые почки, кроме верхушечной. В 1975 г. все эти сосенки, в отличие от контрольных, дали второй прирост. Таким образом, второй прирост побегов у сосны образуется не только в результате выращивания ее в новых условиях среды, но и в местных популяциях при наличии определенных причин, нарушающих нормальное протекание физиолого-биохимических процессов.

В заключение следует отметить, что сезонный ритм развития, выработавшийся у сосны данного географического происхождения на протяжении многих поколений, имеет наследственный характер и сохраняется поэтому в новых условиях среды.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дерюжкин Р. И. Географическая и экологическая изменчивость лиственницы и сосны и ее значение для лесного семеноводства. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Воронеж, 1955. [2]. Елагин И. Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных. — «Ботанический журнал», 1961, т. 46, № 7. [3]. Иваненко Б. И. Признаки для определения фенологических фаз. — В кн.: Фенология древесных и кустарниковых пород. М., 1962. [4]. Патлай И. Н. Сезонный прирост сосны обыкновенной в высоту в географических культурах и плантациях. — В сб.: Лесоводство и агролесомелиорация. Вып. 36. Киев, 1974. [5]. Попов В. Я. К вопросу о сезонном развитии сосны обыкновенной разного географического происхождения в условиях Архангельской области. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1967, № 1. [6]. Сидорова Н. С. Рост и развитие сосны обыкновенной различного географического происхождения. — В сб.: Лесная селекция, семеноводство и интродукция в Казахстане (Рефераты докладов научно-методической конференции при КазНИИЛХ). Алма-Ата, 1969.

УДК 531/534:630\*.5

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ IV И V КЛАССОВ БОНИТЕТА И ИХ СВЯЗЬ С ТАКСАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В. П. ШЕЙДЕ

ВНИИ торфяной промышленности

Приведен анализ динамических свойств березы IV и V классов бонитета, их связь с таксационными свойствами. Все динамические свойства деревьев сведены в таблицы, аналогичные таксационным.

Для правильного конструирования и расчета машин и механизмов, используемых в лесной промышленности, возникает необходимость в создании справочных таблиц, включающих динамические характеристики деревьев. К этим характеристикам относятся масса дерева в целом и отдельных его частей, координаты их центров тяжести, момент инерции, размеры кроны. Как и таблицы таксации, они должны быть составлены по всем разрядам высот.

При анализе динамических свойств деревьев березы IV и V классов бонитета использованы результаты экспериментальных работ, проведенных автором во Всесоюзном научно-исследовательском институте торфяной промышленности в период создания машины для сводки леса напроход при подготовке торфяных полей к добыче торфа, а также материалы исследований других авторов [2, 3, 8, 9, 13].

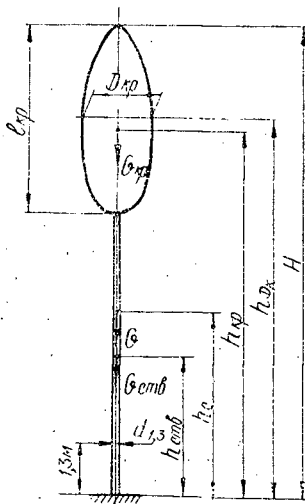
Таблицы динамических свойств деревьев березы IV и V классов бонитета составлены аналитически на основе выведенных зависимостей.

### Координата центра тяжести дерева от плоскости среза

По данным [2, 8, 13], центр тяжести березы находится на расстоянии  $h_C = (0,35 \pm 0,39) H$  от ее комля (обозначения см. на рис. 1). Остальные обозначения, используемые в статье:  $S_{кр}$  — площадь кроны в сечении вдоль оси ствола;  $M_{дер}$  — масса дерева;  $M_{ств}$  — масса ствола;  $M_{кр}$  — масса кроны;  $I_{ср}$  — момент инерции дерева относительно плоскости среза;  $I_{ц.т}$  — момент инерции дерева относительно центра тяжести;  $V_{ств}$  — объем ствола.

Рис. 1. Показатели, определяющие динамические свойства дерева.

$d_{1,3}$  — диаметр ствола на уровне груди;  $H$  — высота дерева;  $h_C$  — расстояние от корневой шейки до центра тяжести дерева (координата центра тяжести дерева);  $h_{ств}$  — расстояние от корневой шейки до центра тяжести ствола;  $h_{кр}$  — расстояние от корневой шейки до центра тяжести кроны;  $l_{кр}$  — длина кроны;  $D_{кр}$  — максимальный диаметр кроны;  $h_{D_{кр}}$  — расстояние от корневой шейки до максимального диаметра кроны;  $G$  — сила тяжести дерева;  $G_{ств}$  — сила тяжести ствола;  $G_{кр}$  — сила тяжести кроны.



По нашим данным для деревьев на низинных и переходных торфяниках

$$h_c = (0,384 \pm 0,004) H. \quad (1)$$

Полученное нами более высокое расположение центра тяжести можно объяснить тем, что у деревьев низких классов бонитета масса кроны относительно велика по сравнению с массой ствола, поэтому центр тяжести дерева смещается в сторону кроны.

### Масса дерева

Масса дерева складывается из массы ствола и кроны. Количество составляющих в объемных единицах приведено в таблицах таксации [14]. На основании данных этих таблиц определим массы ствола, кроны и дерева в целом.

Масса ствола зависит от его объема и объемной массы древесины, т. е.

$$M_{\text{ств}} = \gamma V_{\text{ств}}. \quad (2)$$

Объемная масса древесины зависит от ее влажности [5, 7]. Для березы влажность древесины в свежесрубленном состоянии колеблется незначительно и составляет 73—77%. При этой влажности объемная масса древесины березы равна  $\gamma_{\text{бер}} = 937 \text{ кг/м}^3$ .

Для определения массы кроны и всего дерева в целом воспользуемся данными А. А. Дебердеева [2], согласно которым координата центра тяжести березы от плоскости среза

$$h_c = \left( 0,292 \frac{M_{\text{ств}}}{M_{\text{дер}}} + 0,782 \frac{M_{\text{кр}}}{M_{\text{дер}}} \right) H. \quad (3)$$

Первое слагаемое отражает влияние центра тяжести ствола на расположение центра тяжести дерева. Как пишет автор, с изменением диаметра ствола на уровне груди и высоты дерева коэффициент  $\frac{h_{\text{ств}}}{H} = 0,292$  остается практически неизменным.

Второе слагаемое отражает влияние центра тяжести кроны на центр тяжести дерева. Подставляем в формулу (3) значение  $h_c = 0,384 H$

$$0,384 H = \left( 0,292 \frac{M_{\text{ств}}}{M_{\text{ств}} + M_{\text{кр}}} + 0,782 \frac{M_{\text{кр}}}{M_{\text{ств}} + M_{\text{кр}}} \right) H.$$

После преобразования получаем

$$M_{\text{кр}} = 0,231 M_{\text{ств}}. \quad (4)$$

Общая масса дерева

$$M_{\text{дер}} = M_{\text{ств}} + M_{\text{кр}}. \quad (5)$$

Из формул (4) и (5) массу ствола и кроны можно выразить через массу дерева в целом

$$M_{\text{ств}} = 0,812 M_{\text{дер}}; \quad (6)$$

$$M_{\text{кр}} = 0,188 M_{\text{дер}}. \quad (7)$$

### Момент инерции дерева относительно плоскости среза и центра тяжести

Для определения момента инерции дерева воспользуемся той же работой А. А. Дебердеева [2], согласно которой момент инерции дерева относительно плоскости среза (для березы) равен

$$I_{\text{ср}} = (0,130 M_{\text{ств}} + 0,627 M_{\text{кр}}) H^2. \quad (8)$$

По формулам (6) и (7) выражаем величины  $M_{\text{ств}}$  и  $M_{\text{кр}}$  через  $M_{\text{дер}}$ , в итоге получаем

$$I_{\text{ср}} = 0,23 M_{\text{дер}} H^2. \quad (9)$$

Момент инерции дерева относительно центра тяжести

$$I_{\text{ц.т.}} = I_{\text{ср}} - M_{\text{дер}} h_c^2. \quad (10)$$

После подстановки в формулу (10) величин  $l_{ср}$  и  $h_C$  из формул (9) и (1) имеем

$$I_{ц.т} = 0,08M_{дер}H^2. \quad (11)$$

### Размеры кроны

Размеры кроны определяют величину силы воздушного сопротивления при валке дерева и точку ее приложения. Форма кроны дерева существенно зависит от состава, возраста и полноты древостоя. Однако для определенных условий произрастания и состава древостоя закономерность изменения одинакова.

Зависимость между диаметрами на высоте груди и размерами кроны дерева устанавливали Н. И. Баранов [1], Г. Г. Самойлович [12], А. П. Полищук [10]. Особенности форм кроны деревьев на верховых и низинных болотах различных фитоценозов исследовали И. Ф. Ларгин [4], Е. А. Романова [11], А. К. Филатов [15].

На основании анализа литературных данных и замеров, выполненных нами, для березы IV и V классов бонитета можно принять следующие соотношения между размерами элементов кроны и высотой дерева:

$$D_{кр} = 0,15H; \quad l_{кр} = 0,4H; \quad h_{D_{кр}} = 0,8H.$$

### Площадь кроны

По классификации Г. Г. Самойловича, крона березы относится к параболоидной (яйцевидной) — рис. 2. Термин «яйцевидная» более точно отражает форму кроны березы. Дело в том, что параболоидную форму имеет лишь верхняя часть кроны, расположенная выше плоскости максимального диаметра кроны. Нижняя часть имеет более округлую форму, и ее очертания в продольном сечении подчиняются закону эллипса.

Рассмотрим верхнюю часть кроны. Если за начало координат принять точку  $O_1$ , то уравнение образующей кроны как параболы запишется так:

$$y^2 = 2px,$$

здесь  $y = R_y$  — радиус поперечного сечения кроны, он является функцией  $x$ , т. е.

$$R_y^2 = 2px.$$

Из полученных ранее соотношений  $\frac{h_{D_{кр}}}{H} = 0,8$  и  $l_{кр} = 0,4H$  следует, что максимальный диаметр кроны будет иметь в среднем сечении. Тогда для середины кроны

$$\frac{D_{кр}^2}{4} = 2p \frac{l_{кр}}{2}.$$

Отсюда

$$2p = \frac{D_{кр}^2}{2l_{кр}},$$

а уравнение верхней части образующей кроны примет вид

$$R_y^2 = \frac{D_{кр}^2}{2l_{кр}} x. \quad (12)$$

Уравнение образующей нижней части кроны как эллипса имеет вид

$$\frac{R_y^2}{\left(\frac{D_{кр}}{2}\right)^2} + \frac{x^2}{\left(\frac{l_{кр}}{2}\right)^2} = 1$$

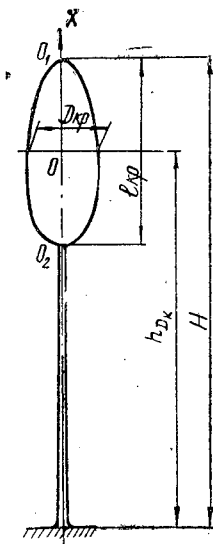


Рис. 2. Преобладающая форма кроны березы.

Таблица 2

Диаметр дерева на уровне груди $d_1, \text{ см}$	Высота дерева $H, \text{ м}$	Расстояние от плоскости среза до центра тяжести дерева $h_C, \text{ м}$	Объем ствола $V_{\text{ств}}, \text{ м}^3$	Масса ствола $M_{\text{ств}}, \text{ кг}$	Масса кроны $M_{\text{кр}}, \text{ кг}$	Масса дерева $M_{\text{дер}}, \text{ кг}$	Момент инерции ле- реза относи- тельно пло- скости среза $I_{\text{ср}}, \text{ кгс} \cdot \text{ м}^2$	Момент инер- ции дерева относительно центра тя- жести дерева $I_{\text{д}}, \text{ кгс} \cdot \text{ м}^2$	Макси- мальный диаметр кроны $D_{\text{кр}}, \text{ м}$	Расстояние от плоскости среза до пло- скости макси- мальной ши- рины кроны $h_D, \text{ м}$	Высота кроны дерева $h_{\text{кр}}, \text{ м}$	Площадь сечения кро- ны вдоль оси ствола $S_{\text{кр}}, \text{ м}^2$
IV класс бонитета												
4	5	1,92	0,003	2,8	0,7	3,5	20	7	0,75	4,0	2,0	1,10
6	7	2,70	0,010	9,4	2,2	11,6	128	44	1,05	5,6	2,8	2,15
8	9	3,50	0,022	20,6	4,8	25,4	465	162	1,35	7,2	3,6	3,55
10	11	4,20	0,042	39,4	9,1	48,5	1325	460	1,65	8,8	4,4	5,30
12	12	4,60	0,065	60,9	14,1	75,0	2430	850	1,80	9,6	4,8	6,30
14	13	5,00	0,095	89,0	20,6	110,0	4160	1450	1,95	10,4	5,2	7,40
16	14	5,40	0,132	123,7	28,6	152,0	6730	2450	2,10	11,2	5,6	8,60
18	15	5,80	0,178	166,8	38,5	205,0	10420	3630	2,25	12,0	6,0	9,85
20	16	6,10	0,233	215,5	49,8	265,0	14700	5120	2,40	12,8	6,4	11,20
24	17	6,50	0,360	337,3	67,9	405,0	26500	9200	2,55	13,6	6,8	12,70
V класс бонитета												
4	4	1,54	0,003	2,8	0,7	3,5	13	4,5	0,60	3,2	1,6	0,70
6	6	2,30	0,008	7,5	1,7	9,2	75	26,0	0,90	4,8	2,4	1,58
8	8	3,10	0,019	17,8	4,1	21,9	315	110,0	1,20	6,4	3,2	2,80
10	10	3,80	0,038	35,6	8,2	43,8	980	340,0	1,50	8,0	4,0	4,40
12	11	4,20	0,060	56,2	13,0	69,2	1890	662,0	1,65	8,8	4,4	5,30
14	12	4,60	0,088	82,5	19,0	101,5	3500	1215,0	1,80	9,6	4,8	6,30
16	13	5,00	0,124	116,0	26,8	143,0	5450	1900,0	1,95	10,4	5,2	7,30
18	14	5,40	0,167	156,5	36,2	193,0	8520	2970,0	2,10	11,2	5,6	8,60
20	15	5,80	0,220	206,0	47,6	254,0	12900	4500,0	2,25	12,0	6,0	9,85
24	15	5,80	0,317	297,0	68,0	365,0	18500	6470,0	2,25	12,0	6,0	9,85

или

$$\frac{4R_y^2}{D_{кр}^2} + \frac{4x^2}{l_{кр}^2} = 1. \quad (13)$$

Площадь продольного сечения кроны складывается из площади параболического сегмента с основанием  $D_{кр}$  и высотой  $\frac{l_{кр}}{2}$  и полуплощади эллипса с осями  $D_{кр}$  и  $l_{кр}$

$$S_{кр} = S_1 + S_2 = \frac{2}{3} D_{кр} \frac{l_{кр}}{2} + \frac{1}{2} \pi \frac{D_{кр}}{2} \frac{l_{кр}}{2}.$$

Окончательно

$$S_{кр} = 0,73 D_{кр} l_{кр}. \quad (14)$$

Следует подчеркнуть, что по формуле (14) определяют площадь, ограниченную образующими кроны без вычета просветов внутри кроны. Для подсчета сил воздушного сопротивления густоту кроны следует учитывать; при этом формула (14) может быть принята за основу.

Таким образом, нами получены формулы для подсчета динамических характеристик дерева. Часть формул получена в результате статистической обработки экспериментальных данных, часть аналитически. Какова погрешность приведенных зависимостей?

Между высотой дерева, его центром тяжести и размерами кроны существуют прямолинейные корреляционные связи. Оценка этих связей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Параметры	Уравнение связи	Коэффициент корреляции	Ошибки коэффициента корреляции	Показатель достоверности
$h_c$	$0,384H$	0,865	0,039	22,00
$l_{кр}$	$0,403H$	0,675	0,100	6,75
$D_{кр}$	$0,151H$	0,665	0,114	5,85
$h_{D_{кр}}$	$0,778H$	0,590	0,132	5,40

Между высотой дерева, его массой и моментом инерции по результатам обработки экспериментальных данных установлены криволинейные корреляционные связи. Для массы эта связь характеризуется корреляционным отношением  $\eta = 0,903$ , для момента инерции  $\eta = 0,870$ . Аналитически подсчитанные по формулам (2), (9), (11) показатели несколько отличаются от экспериментальных, хотя характер связей, выраженный графически, совершенно одинаков. Это расхождение объясняется тем, что при определении массы ствола по формуле (2) значения объема ствола брали из таблиц таксации, а они отличались от действительных объемов деревьев.

На основании установленных зависимостей составлены таблицы динамических характеристик березы IV и V классов бонитета, согласно известным таблицам таксации деревьев (табл. 2).

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Баранов Н. И. К вопросу об исследовании взаимосвязи между кронами деревьев и таксационными признаками древостоев. — В сб.: Вопросы лесной таксации. Вып. 17. Л., 1941. [2]. Дебердеев А. А. К вопросу о центре тяжести и моменте инерции дерева. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1966, № 6. [3]. Коротьев Л. В. О положении центра тяжести стволов с кроной и хлыстов, заготавливаемых в лесах Европейского Севера Союза ССР. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1959, № 2. [4]. Ларгин И. Ф. Исследование древесного яруса на верховых болотах. — «Труды Института леса АН СССР», 1953, т. 13. [5]. Леонтьев Н. Л. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины. М., Гослесбуиздат, 1962. [6]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. М., 1966. [7]. Леонтьев Н. Л. О влажности и весе круглых лесоматериалов в свежесрубленном состоянии. — «Труды ЦНИИМЭ», 1967, вып. 84. [8]. Орлов С. Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. М., Гослесбуиздат, 1963. [9]. Полищук А. П. Валка леса. М.; «Лесная промышленность», 1964. [10]. Полищук А. П. Эксплуатационные показатели деревьев и древостоев Лесного фонда СССР. Химки, 1968. [11]. Романова Е. А.

О связи между растительностью, верхними слоями торфяной залежи и водным режимом верховых болот Северо-Запада. — «Труды Гидрологического института», 1960, вып. 89. [12]. Самойлович Г. Г. Применение авиации и аэрофотосъемки в лесном хозяйстве. М.—Л., Гослесбуиздат, 1953. [13]. Старков Г. И. О некоторых вопросах динамики дерева при направленном повале. — «Труды ЦНИИМЭ», 1963, вып. 46. [14]. Тюрин А. В., Науменко И. М., Воропанов П. В. Лесная вспомогательная книжка. М., Гослестехиздат, 1946. [15]. Филатов А. К. Характеристика поверхностей низинных торфяных залежей применительно к подготовке их для добычи фрезерного торфа. Диссертация, Калининский политехнический институт, 1960.

УДК 621.74 : 669.131.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУКОЛЬЦА ЧОКЕРА

Н. И. БЕЛОГУРОВ, Л. А. БЯЛЬСКИЙ, Б. Е. ГАЛИНКИН

Воронежский лесотехнический институт

Аналитическим и экспериментальным методами определены напряжения, возникающие в полукольце чокера при рабочих нагрузках. Для изготовления литых деталей канатной оснастки предложен высокопрочный чугун с шаровидным графитом, позволяющий снизить металлоемкость арматуры на 12—15% и повысить их долговечность в 1,5—2 раза по сравнению со штампованной.

Лесная промышленность и лесное хозяйство при трелевке леса ежегодно расходуют около 3,0 млн. трелевочных чокеров и свыше 11 тыс. км тягового каната. Такой расход чокеров объясняется несовершенством конструкции арматуры, необоснованным выбором материала и технологии ее изготовления. Поэтому решение вопросов, направленных на повышение работоспособности чокеров при снижении массы арматуры и сохранении всех эксплуатационных характеристик, является актуальной задачей.

Наиболее нагруженный и ответственный элемент чокерной арматуры — полукольцо. Несмотря на простоту конструкции, расчет его на прочность представляет значительную сложность, так как при заданных размерах кольца одна из основных гипотез сопротивления материалов — гипотеза плоских сечений — теряет свою справедливость.

Если использовать метод определения напряжений, применяемый для тяговых цепей, воспринимающих большие динамические нагрузки при значительных циклах нагружений, то определенные с его помощью напряжения при рабочей нагрузке намного превосходят предел текучести материала. В действительности же никаких остаточных деформаций не наблюдается.

Применение формулы для определения напряжений в кривом бруске дает такие их значения, при наличии которых деталь не может работать, хотя фактически действующие напряжения от внешних сил не нарушают нормальных условий работы полукольца [5].

По имеющимся литературным данным, для грузовых петель и колец различной формы (овоидные, круглые, эллиптические и т. д.) наибольший изгибающий момент [2]:

$$M_{max} = (0,280 \div 0,318) PR,$$

где  $P$  — приложенная нагрузка, Н;

$R$  — радиус кривизны нейтрального слоя полукольца, м.

При подстановке в формулу Н. Н. Давиденкова для определения напряжений в кривых брусках

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \pm \frac{R}{R \pm \frac{d}{2}}$$

значений  $P = 100$  кН (расчетная нагрузка на полукольцо) и  $R = 0,05$  м получаем  $\sigma_x = 1400—1500$  МПа, что значительно превышает предел прочности применяемых материалов.

Можно рассматривать полукольцо как деталь, имеющую жесткую проушину, защемленную в замковой части и нагруженную по оси симметрии сосредоточенной силой  $P$  (рис. 1).

Такая схема трижды статически неопределима. Используя канонические уравнения метода сил, найдем наибольшее значение изгибающего момента:

$$M_{max} = 0,23PR.$$

И в этом случае вычисленные напряжения в полукольце только лишь при чистом изгибе намного превосходят предел текучести.

Более удовлетворительные результаты дает применение схемы, в которой на полукольцо действует (на некотором участке) равномерно распределенная нагрузка (рис. 2).

Определение изгибающих моментов и продольных сил для такой схемы нагружения впервые выполнено Р. С. Кинашвили при расчете головок шатунов авиационных двигателей [3]. Для облегчения расчетов в работе [3] приведен график зависимостей нормальных сил  $N$  и моментов  $M$  от угла  $\alpha$ .

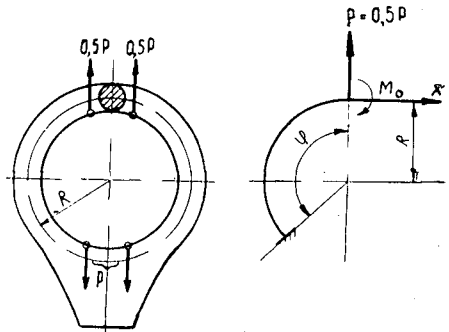


Рис. 1. Полукольцо, нагруженное сосредоточенной силой.

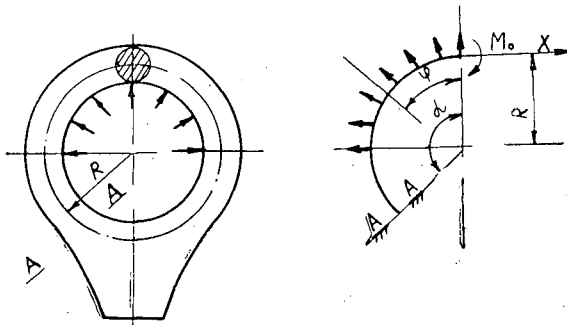


Рис. 2. Полукольцо, нагруженное равномерно распределенной нагрузкой.

Наибольший изгибающий момент при расчете по методу [3] в сечении чокера при  $\alpha = 125 \div 135^\circ$

$$M = (0,042 \div 0,064) PR,$$

а напряжения в наружных и внутренних волокнах полукольца соответственно равны:  $\sigma_1 = 320$  МПа,  $\sigma_2 = 395$  МПа. Эти значения  $\sigma$  соответствуют допускаемым напряжениям по пределу текучести для сталей марок 35—40 ГОСТ 1051—73, которые рекомендуются для производства арматуры чокеров по отраслевому стандарту 13—20—73 «Чокеры трелевочные».

Результаты расчета были подтверждены экспериментально моделированием напряженного состояния полукольца чокера с использованием плоских резиновых моделей.

Модель полукольца чокера была вырезана в натуральную величину из светлой вакуумной листовой резины толщиной 5 мм. Упругие постоянные  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$  материала модели определяли с использованием полосы размером  $150 \times 30 \times 5$  мм.

На модель детали и полосу-образец с помощью клише типографской краской наносили сетку с базой 0,7 мм. Полосу-образец из резины закрепляли на плите, под объективом микроскопа МИ-1 и растягивали через блок гириями. Деформацию сетки фиксировали на фотоплёнке.

Максимальные напряжения в деталях возникают обычно у контура [6]. Для определения их величины достаточно найти относительную деформацию участков контура модели, образованных сеткой:

$$\sigma_m = \pm E_m \epsilon_m,$$

где  $E_m$ ,  $\epsilon_m$  — соответственно модуль упругости материала модели и относительные деформации ее участков.



Пересчет напряжений, полученных на резиновой модели, на напряжения, действующие в исследуемой детали, производили с помощью теории подобия по формуле

$$\sigma = \sigma_m \frac{l_V t_V}{P_V},$$

где  $\sigma$  — напряжения в соответствующей точке детали;

$\sigma_m$  — напряжение в соответствующей точке модели;

$l_V$  — отношение линейных размеров модели к размерам детали;

$t_V$  — отношение толщины модели к толщине детали;

$P_V$  — отношение нагрузки, действующей на модель, к нагрузке, приложенной к детали.

По результатам экспериментов построены эпюры нормальных напряжений на наружном и внутреннем контурах полукольца чокара (рис. 3, а).

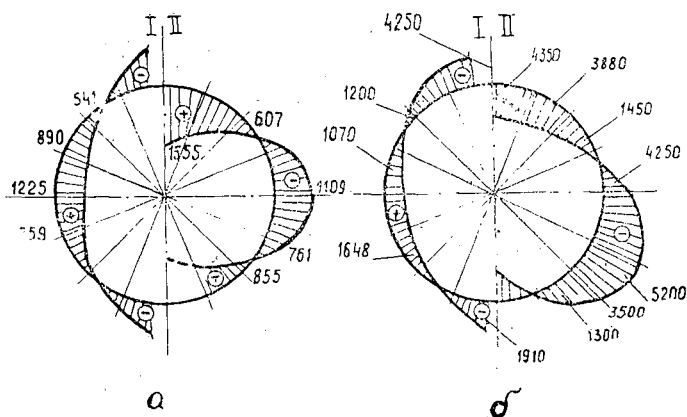


Рис. 3. Эпюры нормальных напряжений полукольца.  
а — на резиновых моделях; б — на натуральных образцах.

Расчетные напряжения и данные, полученные на резиновых моделях, проверяли на натуральных образцах — полукольцах.

Для сравнительных тензометрических испытаний арматуры чокаров использованы полукольца трех типов: штампованные, из стального литья марки 35—40Л ГОСТ 977—75 и из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом марки ВЧ45—5 ГОСТ 7293—70.

Стальные и чугунные отливки изготавливали методом литья по выплавляемым моделям. Жидкий металл плавил в индукционной печи с кислой футеровкой на шихте, состоящей из отходов стального лома и возврата собственного производства. Стальной лом науглероживали электродным боем, а модифицирование жидкого металла производили с помощью медномagneйного брикета, со смесью ферросилиция и бария [1]. Заливали чугун в прокаленные полукерамические формы, охлажденные до температуры 60—80°C.

Выбор литых полуколец основывается на том, что только методом литья можно получить любую конфигурацию полукольца как в продольном, так и поперечном сечениях, т. е. выполнить эту конструкцию более равнопрочной.

Применение высокопрочного чугуна для арматуры чокаров обусловлено также рядом его положительных физико-механических, технологических, служебных и технико-экономических свойств [2].

На полукольцах по внешнему и внутреннему периметру фрезеровали площадки  $10 \times 8$  мм для наклеивания на них тензодатчиков типа 2ПКБ-10-100ГБ с коэффициентом тензочувствительности — 2,15 и относительным удлинением не более  $\pm 0,30\%$ . Площадки располагали строго перпендикулярно к радиусу через каждые  $22^\circ 30'$ , начиная от верхней точки. Подготовленные таким образом полукольца закрепляли в приспособление и испытывали на разрывной машине ГРМ-50.

Деформации записывали с помощью портативного электронного прибора ИСД-3 при постепенном ступенчатом повышении нагрузки от 0 до 5 тс с интервалом в 1 тс.

После каждого замера нагрузку сбрасывали до нуля, и опыт повторяли еще два раза. Расхождение в результатах показаний составляло не более 1—2%.

На рис. 3, б представлены эпюры напряжений натуральных образцов, полученные по результатам тензоиспытаний.

Из них видно, что величина и характер напряжений не зависят от материала полукольца и тождественны по характеру и величине данным, полученным на резиновых моделях.

Исследования дали возможность разработать вариант конструкции облегченного (на 12—15%) полукольца равнопрочного переменного сечения (рис. 4).

Сравнительные эксплуатационные испытания опытной партии чокеров из высокопрочного чугуна, стального литья и штамповарной, проведенные в зимних условиях в объединениях Костромалеспром и Архангельсклеспром, показали существенные преимущества чугунной арматуры по сравнению со штамповарной. Долговечность тягового каната увеличилась в 1,5—2,0 раза, а работоспособность повысилась в среднем на 60—70%.

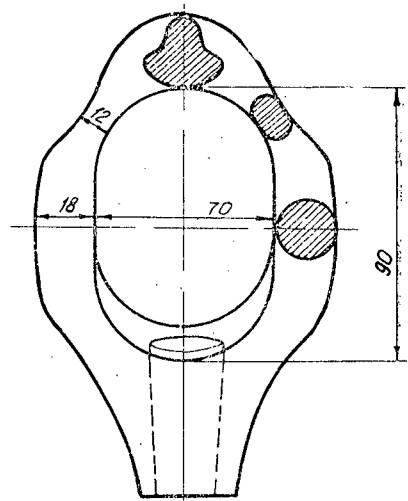


Рис. 4. Полукольцо равнопрочного переменного сечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белогуров Н. И. и др. Модификатор для чугуна. Авт. свид. № 495503. — Бюл. № 5, 1975. [2]. Белогуров Н. И. и др. Применение отливок из высокопрочного чугуна для деталей лесных машин. ВНИИЭлеспром, М., 1975. [3]. Кинашвили Р. С. Расчет прочности шатунов авиационных двигателей. — Труды ЦИАМ, М., Оборонгиз, 1945. [4]. Расчеты крановых механизмов и их деталей на прочность. ВНИИМаш, М., «Машиностроение», 1971. [5]. Справочник машиностроителя. В. 6-ти т. Т. 3. Под ред. С. В. Сереежкина, М., 1962. [6]. Финк К., Рорбах Х. Измерение напряжений и деформаций. М., Машгиз, 1961.

УДК 674.053 : 621.933.6

### О ВЛИЯНИИ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗУБЬЕВ ПИЛ

В. В. СОЛОВЬЕВ, А. Р. МИХАЙЛОВА, Л. П. СЕМЕНОВА

Архангельский лесотехнический институт

Исследовано влияние вида нагрузки на напряженное состояние зуба рамной пилы. Расчет выполнен методом конечных элементов. Оценены результаты существующих методов расчета прочности зубьев пильных инструментов.

В существующей практике расчета реза на прочность обычно задаются нагрузки либо равномерно распределенные, либо распределенные по закону треугольника, а чаще принимаются в расчет силы, сосредоточенные в вершине зуба. Действительный закон распределения нагрузки на резе не установлен [1—3].

В настоящей статье задача о напряженном состоянии зуба рамной пилы решается методом конечных элементов [4].

Цель данной работы — оценить результаты существующих методов расчета и исследовать влияние вида нагрузки на напряженное состояние зуба (параметры зуба по ГОСТу 5524—75, тип II,  $h = 18$  мм,  $t = 26$  мм,  $r = 5$  мм).

Рассмотрены четыре схемы нагружения зуба (рис. 1, а, б, в, г): а — вертикальная и горизонтальная составляющие силы резания приложены в вершине зуба; б — силы равномерно распределены по граням реза; в и г — силы распределены по закону треугольника. Результаты расчета представлены графически.

На рис. 1 приведены эпюры распределения напряжений  $\sigma_y$  в наиболее опасном сечении на расстоянии 14 мм от вершины; сплошными линиями показаны эпюры, полученные на основании метода конечных элементов.

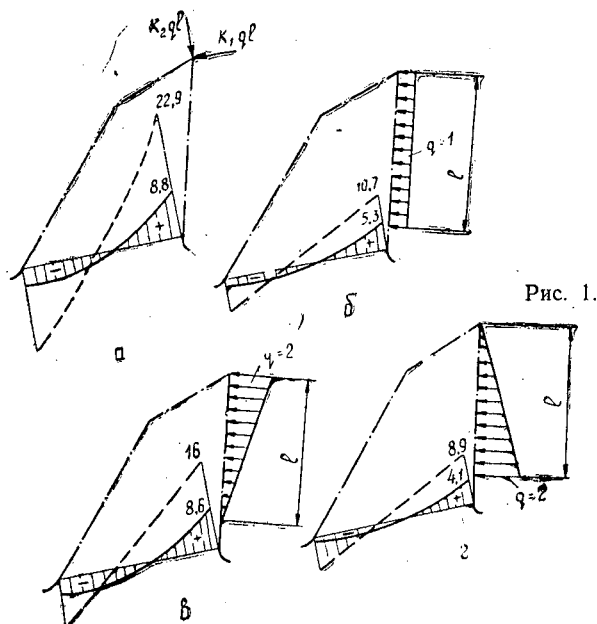


Рис. 1.

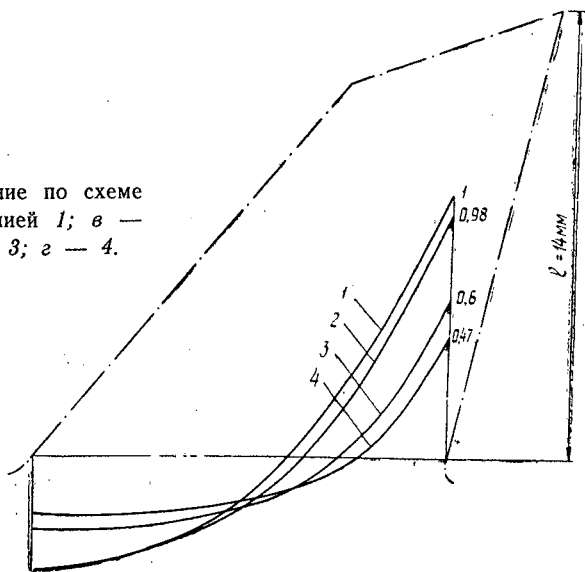
На рис. 1, а штриховой линией даны эпюры, вычисленные на основании формулы для бесконечного клина

$$\sigma_y = - \frac{p}{\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha} \cdot \frac{xy^2}{(x^2 + y^2)^2}.$$

На рис. 1, б, в, г штриховыми линиями показаны эпюры, определенные по формуле, полученной в работе [2],

$$\sigma_n = \frac{6p_l(x - x_c)}{(a + 2x \operatorname{tg} \beta/2)^2}.$$

Рис. 2. Нагружение по схеме а обозначено линией 1; в — линией 2; б — 3; г — 4.



Во всех рассмотренных случаях напряжения, вычисленные по формулам элементарных теорий, оказываются более высокими (в два раза и выше).

На рис. 2 сопоставлены напряжения при одной и той же эквивалентной нагрузке, но распределенной различным образом. Все напряжения отнесены к напряжениям, вычисленным для случая сосредоточенных сил в вершине зуба  $\left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{y_0}}\right)$ .

Выполненные расчеты показывают, что замена действительных давлений на зуб эквивалентными нагрузками, приложенными в вершине зуба, не вызывает возражений в тех случаях, когда равнодействующая распределенных нагрузок оказывается в зоне, близкой к вершине зуба. При других видах нагружения оценка прочности должна производиться с учетом характера нагружения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бакиев Р. Ш. Применение метода акад. Н. И. Мухелишвили к исследованию резания. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 3, [2]. Дунаев В. Д. Анализ нормальных напряжений в резце от изгибающей нагрузки. — Научные труды ЦНИИМОДа, 1968, вып. 32. [3]. Ивановский Е. Г. Резание древесины. М., «Лесная промышленность», 1975. [4]. Соловьев В. В., Михайлова А. Р., Семенова Л. П. К вопросу исследования напряженного состояния зубьев пильных инструментов методом конечных элементов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 6.

УДК 621.822.5

### ВЛИЯНИЕ НАКЛОНА ВОЛОКОН НА ПРОЧНОСТЬ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

А. К. СИДОРЕНКО, Д. И. КОНОШКО, Ю. Н. МАРТЫНЕНКО

Днепропетровский химико-технологический институт  
Днепропетровский филиал НИИ шинной промышленности

Рассмотрено влияние угла наклона волокон на механические свойства прессованной древесины. Приведены диаграммы зависимости прочности при статическом изгибе и сжатии и рассматривается характер разрушения ДП при различных углах наклона волокон.

Древесина прессованная (ДП) заменяет дорогие и дефицитные материалы во многих отраслях машиностроения.

Подшипники скольжения, работающие во влажной среде или на водяной смазке, собираются из отдельных брусков, вследствие чего волокна в таких конструкциях находятся не строго в радиальном направлении, а под некоторым углом. При прессовании из-за особенностей распиловки часто получаются заготовки с наклоном волокон. В связи с этим возник вопрос, как влияет наклон волокон на прочность ДП.

Для исследований брали древесину березы, акации белой и береста одноосного прессования (удельный вес 1,25 г/см<sup>3</sup>). Методом специальной распиловки сырья создавали искусственный наклон волокон и проводили испытания на статический изгиб (размеры образцов 10×15×120 мм) и сжатие (размеры образцов 15×15×22,5 мм) согласно ГОСТу 9629—75.

В каждой серии испытывали не менее восьми образцов. Результаты измерений обрабатывали методами математической статистики; коэффициент вариации составил в среднем 4,8%.

Зависимость предела прочности ДПО-П исследуемых материалов на статический изгиб от наклона волокон представлен на рис. 1, из которого видно, что при угле наклона более 5% механические свойства ДП резко снижаются. В связи с этим рекомендуется применять детали из ДП с наклоном волокон не более 5—7%.

Зависимость предела прочности ДПО-П исследуемых материалов на сжатие от наклона волокон показана на рис. 2, из которого видно, что при углах наклона более 7—10° механические свойства ДП тоже резко снижаются.

В зависимости от наклона волокон меняется и характер разрушения образцов. При углах от 0 до 5° разрушение вызывается обычно местным выпучиванием волокон. Для углов от 10 до 45° разрушение происходит от ярко выраженного скалывания. При углах более 60° после начала разрушения возможно дальнейшее увеличение нагрузки, так как сопротивляемость возрастает за счет уплотнения волокон ДП.

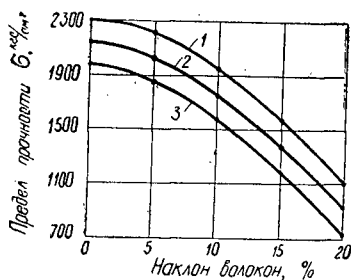


Рис. 1.

1 — ДПО-П береста; 2 — ДПО-П  
акация белой; 3 — ДПО-П березы.

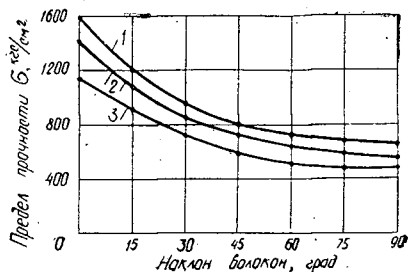


Рис. 2.

1 — ДПО-П береста; 2 — ДПО-П ака-  
ции белой; 3 — ДПО-П березы.

Детали из ДП, работающие на сжатие, рекомендуется применять с наклоном волокон не более 10°.

По результатам испытаний найдена зависимость между пределом прочности и наклоном волокон. Использовали выражение

$$\Phi = \sum_{k=1}^n [\hat{y}_k - f(\hat{x}_k)]^2, \quad (1)$$

где  $\Phi$  — сумма квадратов отклонений;

$\hat{y}_k$  — ординаты экспериментальных точек;

$f(\hat{x}_k)$  — искомая функция.

Кривые аппроксимировали параболой и гиперболой. Неизвестные коэффициенты определяли, минимизируя дисперсию методом вращающихся координат.

Предел прочности на статический изгиб от наклона волокон можно выразить уравнением

$$y = 1000(ax^2 + bx + c), \quad (2)$$

где  $x$  — наклон волокон, %;

коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  зависят от материала.

Таблица 1

Материал	Коэффициенты		
	$a$	$b$	$c$
Берест	$-0,002672$	$-0,006907$	$-2,3$
	$1,267$	$0,03256$	$0,3191$
Акация белая	$-0,001857$	$-0,02386$	$2,155$
	$1,228$	$0,02717$	$0,1808$
Береза	$-0,001735$	$-0,02837$	$2,006$
	$0,9729$	$0,02702$	$0,1832$

Предел прочности на сжатие от наклона волокон можно выразить так:

$$y = 1000 \left( \frac{a}{1 + bx} + c \right), \quad (3)$$

где  $x$  — наклон волокон, град;

коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  зависят от материала.

В табл. 1 приведены значения коэффициентов предела прочности на статический изгиб (числитель дроби) и на сжатие (знаменатель дроби).

Точность аппроксимации характеризуется среднеквадратическим отклонением, равным для всех случаев 7—14,5 кгс/см<sup>2</sup>.

УДК 630\*.812:674.032.475.3

## О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ, НАХОДИВШЕЙСЯ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ 24500 ЛЕТ

К. Ф. ДЬЯКОНОВ, А. Ф. ГОРБЕНКО, В. А. ЩЕКИН

Воронежский лесотехнический институт

Приведены результаты сравнения некоторых физико-механических свойств ископаемой древесины лиственницы сибирской по сравнению с натуральной.

В 1937 г. сотрудники Игарской научно-исследовательской станции Института мерзлотоведения Сибирского отделения АН СССР обнаружили в районе г. Игарки на глубине 7—7,5 м в грунте вечной мерзлоты хорошо сохранившиеся древесные стволы [3]. В 1959 г. сотрудниками Института геохимии АН СССР установлено, что это стволы лиственницы сибирской, возраст их — более 24500 лет. Древесина находится в грунте при температуре от —2 до —2,5°C. Она была длительное время как бы законсервирована. По мере необходимости от стволов отпиливают отрезки для различных испытаний.

Образцы древесины в виде кряжей различных размеров во влагонепроницаемой пленке присланы в Воронежский лесотехнический институт для исследования физико-механических и химико-биологических свойств.

Наружный осмотр образцов (рис. 1) показал следующее. По числу годичных слоев возраст древесины составляет 130—150 лет; цвет древесины по сравнению с натуральной более темный с сероватым оттенком; годичные слои узкие; поверхностные слои древесного ствола (на глубину 15—20 мм) имеют большую деструкцию, чем внутренние. Обнаружены такие пороки, как сухобокость, отлупы, морозобойные трещины; наблюдается значительное расслоение древесины по годичным слоям; отсутствуют внешние признаки заболевания древесины.

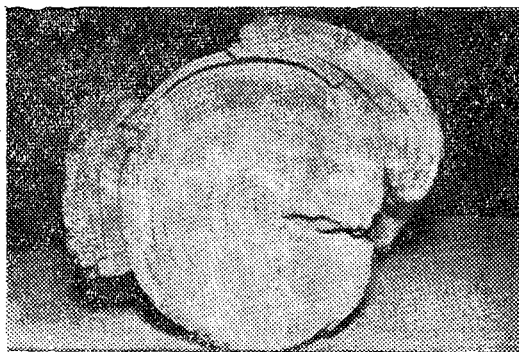


Рис. 1. Поперечный разрез образца древесины ископаемой лиственницы.

В данной работе приведены результаты сравнительных исследований физико-механических свойств древесины ископаемой и натуральной лиственницы сибирской. Для обоих случаев число годичных слоев в одном сантиметре, процент поздней древесины, климатический район произрастания различаются незначительно. Показатели физико-механических свойств взяты из руководящих технических материалов [2].

Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей для древесины лиственницы сибирской			
	ископаемой	натуральной	Отклонение показателей, %	
Число годовичных слоев в 1 см, шт.	15	13,5	+10	
Процент поздней древесины	34	29	+15	
Плотность при 12%-ной влажности, кг/см <sup>3</sup>	393	634	-38	
Коэффициент усушки, %	объемный	0,45	0,57	-21
	по радиальному направлению	0,15	0,18	-16
	по тангенциальному »	0,30	0,37	-19
Коэффициент разбухания, %	объемный	0,52	0,68	-21
	по радиальному направлению	0,15	0,19	-21
	по тангенциальному »	0,33	0,41	-20
Предел прочности при 12%-ной влажности, МПа, при сжатии вдоль волокон скальвании « »		42,0	60,7	-31
	в радиальном направлении	6,2	9,9	-37
	в тангенциальном »	3,7	9,1	-59
Торцовая твердость, МПа, при 12%-ной влажности	29,1	46,2	-37	

Исследования показали (табл. 1), что древесина ископаемой лиственницы в сравнении с натуральной имеет меньшую плотность, прочность, усушку, разбухание. Данные изменения плотности и прочностных показателей близки друг к другу по величине. Это подтверждает вывод Ю. В. Вихрова и В. А. Борисова [1] о том, что плотность древесины наиболее полно характеризует степень ее разрушения в результате длительного хранения в различных условиях.

Наибольшая потеря предела прочности древесины выявлена при скальвании вдоль волокон в тангенциальной плоскости (-59%). Видимо, при длительном хранении древесины в условиях вечной мерзлоты происходит значительное нарушение (разрыв) поперечных связей между целлюлозными волокнами вследствие деструкции древесных тканей. Это же подтверждает и обнаруженное при внешнем осмотре образцов значительное расслоение древесины по годовичным слоям.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вихров Ю. В., Борисов В. А. Физические свойства археологической древесины сосны. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 6. [2]. Древесина. Показатели физико-механических свойств. РТМ, М., 1975. [3]. К тайнам тундры. — «Правда», 1974, 6 дек.

УДК 630\*.284.2

## ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ПРОСМОЛЕНИЯ КОМЛЕВОЙ ЧАСТИ ДЕРЕВЬЕВ НА ВЫХОД ЖИВИЦЫ

Ю. Г. САННИКОВ, Т. И. БАРЫШЕВА, А. А. САННИКОВА

КирНИИЛП

Рассматриваются вопросы выхода живицы, накопления канифоли, изменение физико-химических свойств и группового состава канифоли в связи с искусственным просмолением сосновых деревьев при различных сроках подсочки.

Проблема обеспеченности канифольно-экстракционных заводов сырьем, на наш взгляд, может быть решена путем прижизненного искусственного просмоления комлевой части сосновых древостоев. Это не только увеличит содержание смолистых веществ в древесине, но и обусловит в дальнейшем искусственную спелость пня.

В 1973—1974 гг. нами было исследовано влияние искусственного просмоления комлевой части растущих деревьев на выход живицы в зависимости от сроков подсочки.

Пробные площади были заложены в Оричевском лесхозе Кировской области в брусничных сосновых древостоях II класса бонитета. Всего проведено 14 вариантов опыта при сроках подсочки от 1 до 6 лет. В каждом варианте было отобрано по 25 модельных деревьев (по пять в преобладающих ступенях толщины). В комлевой части модельных деревьев в целях искусственного просмоления снимали кору и 1—2 мм заболонной древесины на высоту 30 см от корневой шейки. В контрольном варианте деревья подсачивали первый год, но комлевою часть искусственному просмолению не подвергали. Кроме того, для каждого варианта опыта был заложен вариант контроля, где искусственного просмоления не проводили.

В течение вегетационного периода все модельные деревья подсачивали по типовой технологической схеме; через каждые три-четыре обхода проводили сбор и взвешивание живицы отдельно по группам деревьев разных ступеней толщины. В каждом варианте опыта учитывали количество карр, обходов и выход живицы на карроподновку.

Для установления динамики просмоления заболонной древесины комлевой части дерева при искусственном просмолении через каждые 15 дн. отбирали образцы для определения в них содержания канифоли. Всего было отобрано 294 образца.

По отдельным вариантам опыта были рассчитаны связи выхода живицы в зависимости от сроков сбора. В качестве примера приводим уравнения для разных вариантов (древостои находились в подсочке 2 и 6 лет).

Опыт:

$$B_2 = 0,00321n^2 - 0,81045n + 108,59005;$$

$$B_6 = -0,01946n^2 + 2,39469n + 23,73857.$$

Контроль:

$$B_2 = -0,00633n^2 - 1,04881n + 86,41681;$$

$$B_6 = -0,01754n^2 + 2,07511n + 33,50854.$$

где  $B_2, B_6$  — выход живицы на карроподновку, г;

$n$  — число дней между датами сбора в течение вегетационного периода.

Общая закономерность выхода живицы на карроподновку в течение вегетационного периода как на опытных, так и на контрольных участках сохраняется и носит параболический характер.

Регрессионный анализ выхода живицы на карроподновку ( $\bar{B}_{w, \tau}$ ) в зависимости от температуры ( $T^\circ\text{C}$ ) и влажности ( $W\%$ ) воздуха позволил установить следующую взаимосвязь между этими величинами (опыт — 1 год):

$$\bar{B}_{w, \tau} = -263,48890 + 2,65547W + 8,51108T,$$

при

$$d_{\bar{B}, w, \tau} = d_w + d_T = 0,21463 + 0,72614 = 0,94077.$$



Из значений коэффициентов частной детерминации видно, что на выход живицы наибольшее влияние оказывает температура воздуха.

Для установления степени различия выхода живицы в зависимости от сроков подсочки был проведен многофакторный дисперсионный анализ, который подтвердил, что искусственное просмоление комлевой части деревьев не оказывает существенного влияния на выход живицы, а следовательно, и на валовой сбор ее при любых сроках подсочки.

В табл. 1 приведены результаты влияния продолжительности подсочки на просмоление заболонной древесины комлевой части растущих деревьев сосны (в пересчете на 20%-ную влажность).

Таблица 1

Продолжительность подсочки, лет	Содержание канифоли, %, при глубине отбора образцов, см					
	0,0-0,5	0,51-1,0	1,01-1,5	1,51-2,0	2,01-2,5	2,51-3,0
1	2,00	1,91	2,31	1,87	1,91	1,99
	16,90	7,48	3,58	3,37	4,49	3,06
2	2,37	1,96	1,96	2,20	1,96	1,57
	16,02	9,22	3,58	6,37	3,43	5,83
3	2,24	1,22	1,85	1,57	2,20	2,13
	12,14	6,64	4,60	3,43	3,86	2,33
4	1,61	1,78	1,77	1,85	1,18	1,10
	13,29	7,21	2,76	2,71	1,86	2,34
5	1,96	2,05	1,57	1,77	1,69	2,03
	13,01	6,95	3,73	4,45	3,09	3,21
6	2,01	1,66	1,36	1,45	1,48	1,18
	11,28	6,93	5,33	3,31	3,33	2,13
Контроль	2,01	1,89	1,57	1,96	2,19	1,97
	14,57	7,18	5,90	7,59	6,91	5,01

Примечание. В числителе — содержание канифоли в образцах, отобранных в мае; в знаменателе — в октябре. Контроль — деревья незаподсоченные, но подвергнутые искусственному просмолению.

Как видно из таблицы, в искусственно просмоленной древесине канифоль накапливается во всех исследуемых зонах в течение всего вегетационного периода. Однако с увеличением срока подсочки смолистость заболонной древесины в комлевой части дерева снижается.

Значимость влияния тех или иных факторов на содержание канифоли при искусственном просмолении определена многофакторным дисперсионным анализом. Результаты обработки показали, что глубина отбора образца значительно влияет на содержание канифоли ( $\Theta_{\text{факт}} = 66,12 > \Theta_{1\text{ теор}} = 3,0$ ). Влияние продолжительности подсочки не доказано ( $\Theta_{\text{факт}} = 2,04$  почти равнозначно  $\Theta_{5\text{ теор}} = 2,1$ ).

Был изучен также групповой состав и физико-химические свойства канифоли, полученной из искусственно просмоленной заболонной древесины комлевой части дерева, в зависимости от срока подсочки (табл. 2).

Данные таблицы показывают, что с увеличением срока подсочки в канифоли увеличивается содержание неомыляемых и нерастворимых в петролейном эфире веществ, а содержание смоляных и жирных кислот уменьшается; незначительно увеличивается кислотное число, в то же время йодное число становится намного меньше.

Статистическая обработка результатов исследований показала, что содержание нерастворимых в петролейном эфире веществ находится в обратной связи с содержанием смоляных кислот ( $r = -0,991 \pm 0,008$  при  $t = 12,3 > 3$ ), так же, как с йодным числом ( $r = -0,875 \pm 0,09$  при  $t = 9,7 > 3$ ). Точность опыта при определении содержания неомыляемых составила 1,98, нерастворимых в петролейном эфире — 4,5 и смоляных кислот — 0,66%.

По мере увеличения срока подсочки связь между кислотным числом и содержанием жирных кислот становится значительной ( $r = 0,705 \pm 0,193$  при  $t = 3,66$ ).

В первый год подсочки содержание жирных кислот в канифоли, полученной из искусственно просмоленной заболонной древесины комлевой части дерева, составило

Таблица 2

Продолжительность подсочки, лет	Групповой состав канифоли, %					Физико-химические свойства канифоли	
	Неомыляемые	Нерастворимые в петролейном эфире	Смоляные кислоты	Жирные кислоты	Итого	Кислотное число	Йодное число
1	5,63	8,70	55,98	25,20	95,51	130,5	91,8
2	7,29	13,76	48,43	30,26	99,54	133,2	89,6
3	10,33	15,05	45,60	28,28	99,26	140,9	84,8
4	15,29	17,31	43,44	20,73	96,77	124,4	83,5
5	12,60	20,65	39,66	20,92	93,83	135,5	77,4
6	9,46	22,52	34,02	18,32	99,06	133,5	77,0
Контроль 1	7,92	8,64	56,80	25,25	98,61	135,5	110,5
Контроль 2	8,5	10,4	48,3	31,3	98,50	133,8	—

Примечание. Контроль 1 — деревья незаподсоченные, но подвергнутые искусственному просмолению; контроль 2 — деревья незаподсоченные и не подвергнутые искусственному просмолению.

25%, во второй — 30, в третий — 28, в четвертый — 20, в шестой — 18%. Возможно, такое изменение является следствием физиологической деятельности деревьев, реакцией на двойное поранение (подсочка и искусственное просмоление комлевой части). Существует мнение, что увеличение содержания жирных кислот повышает жизнедеятельность древесного организма. Вполне вероятно, что после первого года подсочки, увеличение их содержания объясняется нарушением ферментативного обмена, т. е. стремлением дерева увеличить свои энергетические ресурсы для «залечивания ран». С увеличением сроков подсочки жизнедеятельность дерева, как правило, ухудшается. В нашем опыте наблюдалось уменьшение содержания жирных кислот.

Таким образом, с увеличением продолжительности подсочки одновременно с искусственным просмолением в канифоли, полученной из просмоленной заболонной древесины комлевой части дерева, происходит изменение не только группового состава, но и ее физико-химических свойств, которые приближаются к свойствам канифоли, полученной из спелого осмола.

### Выводы

1. При искусственном просмолении комлевой части дерева выход живицы относительно контрольного варианта не снижается, независимо от сроков подсочки.

2. Под влиянием искусственного просмоления комлевой части дерева не только накапливаются смолистые вещества, но и улучшаются физико-химические свойства канифоли.

## ЗА РУБЕЖОМ

УДК 338.92(480)

**ФИНСКАЯ  
ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
МЕРА И ЕЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ***М. А. ЛОБОВИКОВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются разрабатываемые в Финляндии с 1964 г. долгосрочные программы, анализируется ход и основные итоги их выполнения, вскрываются причины, отрицательно сказавшиеся на их реализации.

Лесное хозяйство и деревоперерабатывающая промышленность — ведущие отрасли финской экономики. Они обеспечивают работой половину промышленных рабочих страны, производят более 20% валового продукта национальной промышленности и 40—50% экспортных товаров. Именно благодаря этим отраслям Финляндия достигла высокого уровня промышленного развития. Дальнейшее развитие лесного хозяйства и деревоперерабатывающей промышленности будет и впредь во многом определять способность страны сохранять свои позиции экономически развитого государства в условиях динамичной мировой экономики. Поэтому уже с начала 60-х годов в Финляндии разрабатываются долгосрочные программы, предусматривающие значительный рост и интенсификацию названных отраслей, что свидетельствует о попытках капиталистического государства прогнозировать и направлять развитие своей экономики на основе научных исследований. Созданию этих программ предшествовала большая научная работа, начатая в 50-х годах в период бурного роста деревоперерабатывающей промышленности Финляндии, когда перед страной остро встал вопрос обеспечения национальной промышленности собственным сырьем. За 10 лет (1955—1965 гг.) объем потребляемой промышленностью древесины вырос почти на 16 млн. м<sup>3</sup>, или на 58%. Было очевидно, что единственный путь надежного обеспечения промышленности собственным сырьем без нарушения лесного баланса — интенсификация лесохозяйственного производства. Задача заключалась в исследовании альтернативных программ увеличения прироста, рубок и запаса древесины и изыскания возможностей их финансирования.

Первоначально вопросы повышения продуктивности лесов были рассмотрены в программе ТЕХО в 1961 г. В 1964 г. их решение было продолжено в программе МЕРА I\*, которая позднее дважды подвергалась корректировке преимущественно в сторону увеличения. В результате в 1969 г. появилась программа МЕРА III, которая, как и ее предшественницы, была одобрена правительством Финляндии.

Были рассмотрены четыре альтернативы, прогнозировавшие развитие лесных ресурсов Финляндии с 1970 г. по 2015 г. Низшая (перво-

\* МЕРА — аббревиатура финского наименования Комитета по финансированию лесного хозяйства (Metsätalouden Rahoituskomitla).

начальная) программа предусматривала сохранение затрат на лесное хозяйство на уровне 1968 г.; высшая (программа максимум) предполагала максимально высокий уровень затрат и наиболее полную реализацию биологического потенциала насаждений. Между этими двумя были построены две другие альтернативы: программа минимум и МЕРА. Последняя рекомендовалась как оптимальная программа, поскольку более полная реализация биологического потенциала требует повышенных затрат и круто уменьшает величину чистого лесного дохода.

Центральная идея программ МЕРА — поиск путей значительного увеличения производства деревоперерабатывающих отраслей промышленности на основе роста продуктивности лесов. Их разработка, выполненная крупнейшими специалистами Финляндии\*, показывает, какие огромные резервы в повышении продуктивности лесов могут раскрыть наука и опирающаяся на нее практика.

Согласно программе МЕРА III, к концу расчетного периода (2015 г.) предусматривается увеличение прироста древесины в финских лесах на 75 млн. м<sup>3</sup>, рубок на 27 млн. м<sup>3</sup>, запаса на 810 млн. м<sup>3</sup> в сравнении с 1970 г.\*\* (табл. 1).

Таблица 1

Прогнозируемые показатели	Единицы измерения	Контрольные цифры программы МЕРА III				
		1965 г. (факт.)	1970 г.	1985 г.	2000 г.	2015 г.
Посев и посадка	тыс. га	140	170	250	200	200
Дренаж	"	209	350	170	—	—
Удобрение	"	20	240	700	700	700
Прирост	млн. м <sup>3</sup>	43	47	67	96	122
Допустимые рубки	"	48	53	61	69	80
Запас	"	1248	1192	1152	1362	1902

Намеченные перспективы представляются особенно значительными, если учесть, что и современное (исходное в программе) состояние лесов и лесозаготовок в Финляндии характеризуется весьма высоким уровнем. Годовой прирост предполагается увеличить с 2,4 приблизительно до 6,2 м<sup>3</sup>/га, рубки с 2,7 до 4 м<sup>3</sup>/га, запас с 61 до 97 м<sup>3</sup>/га.

Столь значительных результатов намечалось достигнуть прежде всего заменой почти 2/3 современных лесов вновь создаваемыми лесными культурами из элитного материала с лучшими генетическими задатками, в оптимальном соответствии с условиями местообитаний. За счет этого мероприятия предполагается увеличить годичный прирост на 45,8 млн. м<sup>3</sup>, или на 61% общего повышения прироста. Еще 22% должны дать осушение переувлажненных лесов и удобрение лесных почв, которым в программе также отводится видное место (табл. 1). Все эти обстоятельства позволяют по-новому взглянуть на проблему выращивания лесов.

На основе повышения объемов рубок и полного использования древесины, направляемой в соответствии с ее физико-химическими свойствами преимущественно на производство волокнистых материалов, предполагалось значительное увеличение продукции деревоперерабатывающей промышленности (табл. 2).

\* Профессора Эрvasti, Хейкинхеймо, Куусела, Мякинен и др. [1—3].

\*\* Здесь и далее приводятся объемы древесины без коры.

Таблица 2

Продукция	Единица измерения	Прогнозные достижения программы МЕРА III				
		1965 г. (факт.)	1971 г.	1975 г.	1980 г.	2000 г.
Пиломатериалы	тыс. м <sup>3</sup>	6919	6820	6958	7098	7098
Фанера	"	545	846	950	1072	1478
Древесностружечные плиты	"	214	520	693	802	1391
Древесноволокнистые плиты	тыс. т	231	254	292	340	528
Целлюлоза	"	5344	6951	8120	9239	13513

Несомненно, что успешное выполнение программы МЕРА имело бы для Финляндии исключительное экономическое значение, уже первые годы ее реализации принесли заметные результаты, хотя и несколько меньше намеченных. Однако в дальнейшем осуществление программы значительно замедлилось.

Совершенно очевидно, что главное влияние на ход выполнения программы МЕРА оказали обострившиеся с начала 70-х годов кризисные явления в капиталистической экономике. В 1970—1971 гг. наблюдался заметный спад деловой активности в большинстве стран капитализма. Резко сократились темпы роста выпуска продукции в лесопильной и целлюлозно-бумажной промышленности и в производстве

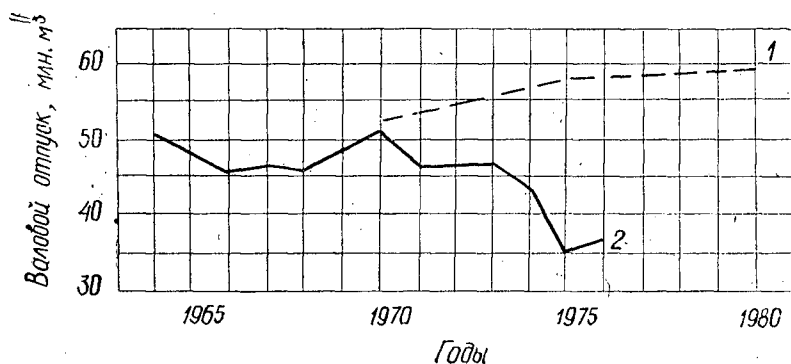


Рис. 1. Фактический валовой отпуск в сравнении с запроектированным в программе МЕРА III, млн. м<sup>3</sup>.

1 — допустимый по программе МЕРА III; 2 — фактический.

плит в связи с падением спроса на мировом рынке на продукцию этих отраслей, имеющих в Финляндии ярко выраженную экспортную направленность.

Затем, после некоторого оживления экономики, последовал еще более глубокий спад в 1974—1975 гг., вызванный мировым кризисом капиталистической экономики. Под воздействием кризиса объем ежегодных рубок в Финляндии постоянно сокращался с 1970 г. и в 1975 г. уменьшился на 15,6 млн. м<sup>3</sup>, или на 30%, едва достигнув 70% допустимых (рис. 1). Произошло также резкое падение производства в деревоперерабатывающих отраслях промышленности (табл. 3).

Если в 1965 г. доля экспорта продукции деревоперерабатывающей промышленности в общем экспорте страны составляла 69%, то в

Таблица 3

Продукция	Единицы измерения	Сокращение производства		
		1975 г. (факт.)	% к 1971 г.	% к MERA (1975 г.)
Пиломатериалы	тыс. м <sup>3</sup>	5020	66	72
Фанера	"	411	61	43
Древесностружечные плиты	"	693	139	106
Древесноволокнистые плиты	тыс. т	148	60	50
Целлюлоза	"	5147	89	63

1975 г. она упала до 45%. Вместе с этим сократились возможности финансирования лесохозяйственных работ.

В Финляндии свыше 70% лесов находятся в частной собственности. Лесное хозяйство в государственных лесах также развивается при воздействии законов капитализма. Рекомендую рациональную программу лесного хозяйства, буржуазное государство не в силах организовать планомерное ее выполнение. Требование неукоснительного соблюдения собственниками какой-либо программы явилось бы «посягательством» на саму основу капиталистического строя — частную собственность. Поэтому государство вынуждено стимулировать лесовладельцев крупными субсидиями и ссудами, обогащая их таким образом за счет налогоплательщиков. За 11 лет (1965—1975 гг.) государство выдало частным лесовладельцам ссуд на сумму 591 млн. марок и субсидий на сумму 788 млн. марок\*. Это составляет в общей сложности 1/3 стоимости всех выполненных в этот период лесохозяйственных работ в Финляндии, а в балансе средств, затраченных на эти цели частными лесовладельцами, государственные средства составляют более половины (примерно 20% — ссуды и 30% — субсидии).

Однако в условиях разразившегося кризиса и инфляции государственные ссуды и субсидии, а также кредиты Международного банка реконструкции и развития в размере 90 млн. марок не смогли предот-

Таблица 4

Работы	1965—1969 гг.			1970—1975 гг.			1965—1975 гг.		
	Всего	% к MERA	Сред- нее за год	Всего	% к MERA	Сред- нее за год	Всего	% к MERA	Сред- нее за год
Посев, посадка	868	78	173	1215	66	202	2083	71	189
	679		135	803		133	1483		135
Уход за посадками	1119	97	223	1656	110	276	2775	104	252
	1088		217	1823		303	2911		264
Удобрение лесов	779	52	155	2465	53	410	3244	53	293
	411		82	1311		218	1722		156
Осушение лесов	1297	99	259	2023	67	337	3320	79	301
	1285		257	366		227	2650		241
Строительство дорог	10,45	102	2,09	35,30	48	5,88	45,75	69	4,15
	10,74		2,14	17,20		2,86	27,94		2,54

Примечание. В числителе контрольные цифры программы MERA, в знаменателе — фактические. 1965 г. — MERA I; 1966—1969 гг. — MERA II; 1970—1975 гг. — MERA III. Единицы измерения — 1000 га.

\* 100 финских марок = 19,68 р. (апрель 1977 г.)

вратить падения производства лесохозяйственных работ, о чем наглядно свидетельствует табл. 4.

Хотя конкретные задания программы MERA к 1975 г. не были достигнуты, все же их выполнение оказалось достаточно эффективным. Однако несомненно, что капиталистический кризис нанес лесному хозяйству и всей экономике Финляндии ощутимый урон. В 1976 г. объемы лесохозяйственных работ продолжали сокращаться, причем особенно быстро в частных лесах.

Программа MERA составлялась в период благоприятного развития капиталистической экономики. С лесоводственной точки зрения ее обоснованность не вызывает сомнений. Но при первом же столкновении с действительностью капитализма, для которого, как и прежде, характерны кризисы, вопреки ожиданиям его апологетов, научно обоснованная программа подвергается сокрушительным ударам.

Неизвестно пока, сменится ли текущий кризис депрессией, когда начнется очередной подъем и каким он будет. Но уже сейчас ясно, что осуществление насущной для страны программы развития откладывается или по меньшей мере замедляется.

Рассмотренный пример показывает, что крупномасштабные общегосударственные программы, подобные программам MERA, в условиях капиталистической экономики встречают серьезные осложнения. Они могут вполне успешно осуществляться лишь в условиях планового ведения хозяйства на социалистической основе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ervasti, Heikinheimo, Kuusela, Mäkinen. Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. — Helsinki, «Folia Forestalia», 1970, N 88. [2]. Uusitalo M. Finnish forestry during the MERA programme period 1965—1975. — Helsinki, «Folia Forestalia», 1978, N 367. [3]. Yearbook of forest statistics, 1975. Helsinki, 1977.

Поступила 19 марта 1979 г.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 595.70(091)

О РАЗВИТИИ ЛЕСНОЙ ЭНТОМОЛОГИИ В СССР  
(К 150-летию преподавания в лесных вузах)

Уточняется и обосновывается дата возникновения лесной энтомологии как науки в СССР. Показана история развития и достижения науки за 150 лет.

В СССР до сих пор не создано удовлетворительной истории лесной энтомологии. Но основы ее заложены в виде кратких и более полных книжных и журнальных заметок и справок. В представленных описаниях обнаруживаются некоторые неясности, в особенности о сроке возникновения энтомологии в России. Вот что известно об этом из наиболее компетентных источников.

В сборнике «Отечественные лесоводы» в статье В. Г. Нестерова (1953) «М. Н. Римский-Корсаков», воспроизведенной из статьи В. Кушева, опубликованной в «Лесном хозяйстве» № 8 за 1950 г., говорится: «До Великой Октябрьской социалистической революции лесной энтомологии как науки в России не существовало. Михаил Николаевич Римский-Корсаков является основоположником лесной энтомологии как самостоятельной науки». К сожалению, эта справка ошибочна. Сам М. Н. Римский-Корсаков отрицал приписываемое ему первенство. Во введении к учебнику «Лесная энтомология» (В. И. Гусев, М. Н. Римский-Корсаков и др., 1961) говорится: «Лесная энтомология — молодая наука. Она, по выражению известного лесного энтомолога А. И. Ильинского, — «Дитя бедствий», а ее возникновение как науки в нашей стране связано с массовыми размножениями первичных вредителей во второй половине прошлого века (примерно с 70-х годов — П. П.), а также с усыханием искусственных, особенно степных насаждений и повреждением их хрущами... Введением преподавания энтомологии в лесных институтах и изданием Н. А. Холодковским учебника «Курс энтомологии теоретической и прикладной» (1890) было положено начало лесной энтомологии как научной дисциплины — в 1890 году».

А. И. Ильинский (1957) усугубил ошибку упомянутых авторов сообщением, что лесная энтомология в учебный план лесных вузов включена взамен дисциплины «Лесоохранение» с конца XIX в. и что своим появлением она обязана выдающейся роли И. Я. Шевырева и других исследователей. Этой точки зрения придерживается и А. И. Воронцов. В монографии «Биологические основы защиты леса» (1960) он посвятил специальную главу истории лесной энтомологии. Он пишет: «Создание лесной энтомологии в России по праву связывается с именем И. Я. Шевырева... Но решающую роль в развитии и пропаганде лесной энтомологии следует отдать Холодковскому».

В. Н. Старк, с которым автор обсуждал вопрос об истории и первых лесных энтомологах в СССР, «бесспорным основателем» назвал В. С. Семенова, автора двухтомного сочинения «О вредных лесных насекомых», изданного в 1845—1851 гг.

В неясной форме история лесной энтомологии и зоологии в нашей стране показана в книге «Крупнейший лесной вуз СССР», изданной в 1967 г. к 50-летию Советской власти. В ней (с. 46) говорится: «...начало преподавания (лесной энтомологии) в лесном институте относится к 1828 году, а 1859 год явился годом рождения в России лесной энтомологии (хотя она тогда еще так не называлась)».

Конечно, ни с одним из предложенных высказываний о времени возникновения в России науки лесной энтомологии согласиться нельзя. Фактически возникновение у нас науки «Лесная энтомология» наиболее правильно считать с момента введения ее в учебный план для преподавания, что и произошло в бывшем Лесном институте (ныне ЛТА) в 1829 г. (см. «Исторический очерк развития СПб. лесного института, 1803—1903», с. 48), 150 лет назад.

Обязательность преподавания энтомологии и зоологии в Лесном институте отражена в документах за 1837 и 1838 гг. (с. 65, 74). Первыми преподавателями ее числились Ярошевский\*, позднее — Яновский\*, В. С. Семенов, А. А. Длатовский.

В 1869—1877 гг., как и до этого, зоология и энтомология преподавались на 1—2-м курсах Э. Э. Баллионом, а с 1878 г. — доктором А. Гриммом. В 1885 г. Гримма

\* Инициалы установить не удалось.



заменил Н. А. Холодковский, впоследствии ученый с мировым именем, автор фундаментальных учебников зоологии и энтомологии, чл.-кор. Российской академии наук. На первом курсе Н. А. Холодковский читал общую, на втором — прикладную зоологию (т. е. «лесную энтомологию»). С 1886 по 1890 гг. Н. А. Холодковскому ассистировали И. Я. Шевырев и П. Н. Спесивцев.

Осенью 1920 г. Н. А. Холодковский пригласил на свое место М. Н. Римского-Корсакова, который в 1921 г. был избран профессором зоологии и лесной энтомологии института. В изложении курса энтомологии М. Н. Римский-Корсаков только один год следовал плану Н. А. Холодковского, затем изменил его коренным образом. Н. А. Холодковский излагал лекционный материал в академическом плане, т. е. после общей части, характеризующей энтомологию в целом, насекомых рассматривал по отрядам от низших к высшим без разделения на группы по значению в природе или хозяйстве человека. В 1926 г. М. Н. Римский-Корсаков опубликовал учебник «Лесная энтомология», первый на русском языке (впоследствии переиздававшийся три раза), в котором вредные насекомые были сгруппированы по хозяйственному значению: первичные вредители спелых и средневозрастных насаждений; вторичные вредители спелых и средневозрастных насаждений; вредители молодняков и жердняков, вредители корней; вредители питомников; вредители плодов и семян; технические вредители.

М. Н. Римский-Корсаков является создателем «Определителя поврежденных лесных и декоративных деревьев и кустарников европейской части СССР» (изд. 3—5-е в соавторстве с В. И. Гусевым), переведенного на чешский и китайский языки. Им значительно расширен и обогащен энтомологический музей, заложенный Н. А. Холодковским. Ныне этот музей, благодаря усилиям проф. О. А. Катаева, представляет собой подлинный храм энтомологической науки, один из лучших в лесных вузах мира. С 1920 по 1925 гг. ассистентами — учениками М. Н. Римского-Корсакова состояли: В. В. Редикорцев, Н. Н. Богданов-Катьков, И. Н. Филипьев, А. В. Яцентковский, В. Я. Шиперович, ставшие впоследствии крупными учеными. Сформировалась и стала общепризнанной лесоэнтомологическая школа Римского-Корсакова. На кафедре под его руководством работало в общей сложности 92 студента, многие из которых затем внесли существенный вклад в развитие отечественной энтомологии и были удостоены высоких ученых степеней и званий.

За 150 лет отечественная лесная энтомология имеет значительные достижения. Ниже показаны лишь отрывочные материалы.

В 1937 г. М. Н. Римский-Корсаков сообщил о достижениях в лесной энтомологии за 20 лет (1917—1937 гг.), а В. Н. Старк (1958) — за 40 лет (1917—1957 гг.). Оба они отметили, что только с момента Октябрьской революции у нас началось интенсивное изучение вредителей и подготовка кадров энтомологов.

Г. Я. Бей-Биенко (1959) в докладе «К 100-летию Всесоюзного энтомологического общества» охарактеризовал достижения отечественной общей, сельскохозяйственной, медико-ветеринарной и менее — лесной энтомологии. В другой статье (1967) «Советская энтомология за 50 лет» (1917—1967) Г. Я. Бей-Биенко показал, что за 50 лет Советского государства по вопросам отечественной энтомологии (включая лесную) опубликовано почти 34 тыс. работ. По подсчетам А. И. Ильинского, с 1813 г. по 1956 г. были опубликованы 1943 работы о вредителях леса России; вредные лесные насекомые Воронежской области за 1800—1956 гг. упоминаются в 784 литературных источниках (Положенцев, 1957).

По А. И. Воронцову (1960), в области лесной энтомологии к концу тридцатых годов XX столетия у нас сформировались две лесоэнтомологические школы: украинская во главе с З. С. Головянко, подготовившая таких исследователей, как Д. Ф. Руднев, В. Л. Циопкало, к которым примыкал А. И. Ильинский; и ленинградская во главе с М. Н. Римским-Корсаковым в составе П. А. Положенцева, В. И. Гусева, В. Я. Шиперовича, Б. В. Флерова, В. Л. Кушева и др., к которой примыкал А. В. Яцентковский. Плодотворно изучавшими вредителей леса СССР названы В. Н. Старк, П. И. Жохов, А. И. Куренцов, А. С. Рожков, П. Г. Трошанин, Н. Г. Коломиец, Е. Н. Талалаев, А. Б. Гукасян, М. Г. Ханисламов и др.

Особенно велики успехи отечественной лесной энтомологии за последние 30 лет. Созданы отделы и секторы энтомологии в научно-исследовательских институтах и филиалах Академии наук СССР, в академиях и филиалах союзных и автономных республик, в вузах, отраслевых институтах и станциях. Вместо 7 лесных энтомологов в дооктябрьский период к 60-летию Октября у нас было 25 докторов и три профессора-энтомолога, более 100 кандидатов наук, не считая работающих в нелесных учреждениях.

С момента возникновения (1829) и по настоящее время развитие лесной энтомологии в СССР мы разделяем на три периода.

Важнейшим событием начального (1829—1925 гг.) периода явился выход в свет первых учебных руководств. В процессе исследований насекомых и поражаемых ими древесных растений лабораторное оборудование (кроме луп и микроскопов) не менялось.

Второй период (1926—1945 гг.) характеризовался активной инвентаризацией энтомофауны СССР, созданием научных школ (М. Н. Римского-Корсакова, З. С. Головянко), выходом в свет первого на русском языке учебника М. Н. Римского-Корсакова «Лесная энтомология». В практике борьбы с вредителями леса преобладала химия, ловчие деревья, сбор жуков и т. п. В исследованиях насекомых и поражаемых ими древесных растений сложная аппаратура не употреблялась.

Третий период (1946 г. — по настоящее время) — расцвет энтомологической науки. На современном уровне изучаются взаимосвязи дерева с насекомыми, в исследованиях вовлекаются смежные науки — прикладная химия, физиология растений и насекомых, биохимия растений, математика и др. Разрабатываются закономерности консортивных отношений древесных растений и насекомых, механизмы устойчивости деревьев к насекомым и роль в этом процессе веществ химической информации; изучается и отчасти используется в практике динамика численности и всплеск размножения насекомых с применением математики и ЭВМ; обосновывается феноменологическая теория устойчивости лесных биогеоценозов к насекомым на принципах стабильности и саморегуляции подвижных экологических систем и др. Сформировалась идея о массовых размножениях растительноядных насекомых как особых случаях круговорота веществ в лесном биогеоценозе и результатах функциональных связей внутри биогеоценоза, об отражении взаимодействий насекомых и растений в почвообразовательных и фитоклиматических процессах. Системный подход к изучению лесных насекомых привел к коэволюции их с природным сообществом и к нахождению основ для биоценологической теории динамики популяций и др. В процессе исследований применяется современная сложная аппаратура и оборудование, изучается и внедряется в практику понятие об энтоморезистентности и инструментальная энтомодиагностика деревьев (древостоев); разрабатываются и применяются на практике биологические, в особенности микробиологические методы борьбы; отыскиваются безвредные для человека и полезных животных химические препараты, аттрактанты; разрабатывается половая радиационная и химическая стерилизация насекомых, обосновывается учение о гомеостатических свойствах здорового леса, реабилитации биоценозов и др. Успешно готовятся исследовательские кадры — кандидаты и доктора наук.

Такова в конспективном изложении история отечественной лесной энтомологии.

П. А. Положенцев

Воронежский лесотехнический институт

УДК 630\*.2(075.8)

## 175 ЛЕТ УЧЕБНИКУ ЛЕСОВОДСТВА Е. Ф. ЗЯБЛОВСКОГО

В 1804 г., на следующий год после открытия Лесного института, вышла из печати небольшая книга «Начальные основания лесоводства», написанная Евдокимом Филипповичем Зябловским для слушателей училища корабельной архитектуры. К лесоводству в те времена относили все, что в той или иной мере было связано с лесом, и потому автор определил его как «...знание разводить, сберегать и употреблять леса в известное для разных изделий время... Посему предмет лесоводства тот, чтобы при довольном употреблении леса не чувствовать в оном недостатка» (с. 1). Это определение в главных чертах сохранилось и до настоящего времени. Очень важно в нем указание на необходимость неистощительного пользования древесиной.

Основное внимание в учебнике уделено разведению и выращиванию лесов. Значительная часть книги (11 разделов из 18) посвящена искусственному разведению лесов. Автор отмечает, что рост деревьев зависит от качества лесных семян. Большое внимание уделяется способам заготовки и хранения семян и плодов. Уже было известно, что их посевные качества у разных пород сохраняются в течение различного времени. Особенно быстро теряют всхожесть семена, содержащие большое количество воды или масла.

В книге приводится характеристика почв по влажности и качеству, оценивается их пригодность для лесоразведения и рекомендуются способы обработки, особенно выжигание с последующей вспашкой. На свежих вырубках предлагается высевать семена без обработки почвы. Эта рекомендация нашла теоретическое подтверждение в учении о типах вырубков.

Подробно описывается семенной и древесный питомники, что по современной терминологии соответствует посевному и школьному отделениям. Разъясняется, как выбрать место под питомник, указываются способы обработки почвы, приготовления гряд, глубина заделки семян, техника пересадки сеянцев, их размещение, способы ухода, борьба с насекомыми, полив и формирование кроны в школьном отделении.

Лесные культуры рекомендуется создавать посевом и посадкой. Особое внимание обращается на соблюдение оптимальных сроков сева, так как их нарушение ведет к неудачам. Наряду с осенними, рекомендуются весенние посевы семян. Размещение посадочных мест устанавливается в зависимости от скорости роста породы и целевого назначения насаждений. Рекомендация высаживать от 2300 до 5040 растений на 1 га не потеряла своего значения и в наше время. Описывается также дополнение культур. Отмечаются преимущества смешанных древостоев. «Чистые леса никогда не производят хороших бревен», — пишет Е. П. Зябловский (с. 31). Стеблевые и корневые черенки используются для улучшения естественного возобновления.

В различных разделах книги высказывается несколько замечаний по проведению рубок ухода. Суть их сводится к тому, что деревья при большой густоте растут медленно. Оптимальное количество деревьев на единице площади зависит от их возраста и скорости роста. Интенсивность изреживания должна быть такой, чтобы оставшиеся деревья не разрастались в сучья и условия их жизни существенно не изменялись. Рекомендовалось вырубать преимущественно худшие и поврежденные деревья. В зависимости от возраста древостоев и получаемых материалов было выделено три вида рубок ухода: прочистка, прорубка и очистка. Здесь сформулированы основные положения рубок ухода и их классификации, которые используются и в настоящее время.

В книге приводится также характеристика главнейших лесобразующих пород. Этот раздел сохранился во многих учебниках лесоводства, вышедших значительно позднее. Описаны виды и разновидности деревьев, области их распространения, свойства древесины, ее пороки, способы сушки и окраски. Особенно подробно характеризуются семена, способы их сбора и хранения, методы выращивания. Сведения эти очевидно почерпнуты из работы Фокеля «Описание естественного состояния растущих в северных Российских странах лесов с различными примечаниями и наставлениями, как оные разводить», рекомендованной к изданию М. В. Ломоносовым и С. П. Крашенинниковым.

При заготовке древесины рекомендуется делить леса на лесосеки: для заготовки дров — на 25 лесосек, строевого леса — на 70 и корабельного — на 100 лесосек. По существу, это планирование лесопользования для создания базы постоянно действующих предприятий.

Е. Ф. Зябловский обосновал также развитие побочных пользований, рекомендуя заготавливать кору для дубления кож, кору и листья для окрашивания, березовый сок, смолы, эфирные масла и многие другие продукты, относимые теперь к категории недревесных. Кратко останавливается автор на лесных пожарах, уборке поврежденных деревьев, посадках под пологом древостоев и других вопросах.

Книге Е. Ф. Зябловского предшествовали работы А. А. Нартова, А. Т. Болотова, П. И. Рычкова и других русских и зарубежных авторов. Е. Ф. Зябловский не имел специального лесного образования. После корабельного училища он работал профессором географии в Петербургском университете, и заслуга его в том, что он сумел обобщить материалы, сделать, иногда почти при полном отсутствии данных, правильные выводы и выбрать то главное, что нужно было дать студентам. Не случайно основные вопросы рассматриваемого курса долго еще были основными разделами учебников лесоводства и лесных культур. Благодарные потомки-лесоводы с гордостью вспоминают имя творца этого учебника лесоводства.

Е. Д. Солодухин, Л. С. Жирина  
ВИПКлесхоз, Союзгипролесхоз

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3

**СЕМИНАР ПО ВНЕДРЕНИЮ НОВОЙ ТЕХНИКИ  
И УЛУЧШЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ПОДСОЧКЕ ЛЕСА  
И В ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ**

С 8 по 12 октября 1979 г. проходил Всесоюзный семинар на тему «Внедрение новой техники, технологии, улучшение экономических и качественных показателей лесохимического производства Минлеспрома СССР».

С докладом об основных направлениях развития новой техники и технологии лесохимического производства в СССР и в мире выступил главный инженер Всесоюзного производственного объединения Союзхимлес В. П. Рябов. В докладе указывалось, что за годы десятой пятилетки в технологии добычи живицы и в осмолозаготовительном производстве произошли существенные изменения. Значительно увеличилось применение химических стимуляторов на подсочке, широко внедрены разреженные сборы живицы и одноразовый сбор в сезоне из приемников этого ценного лесохимического сырья, разработано новое каррооборудование, конструкции вздымочных хаков и другие инструменты и механизмы для повышения производительности труда на подсочке леса. Внедрение этих мероприятий позволило увеличить комплексную выработку рабочих больше чем на 20%. Для повышения производительности труда на сборе живицы и улучшения ее качества успешно внедряются в подсочное производство так называемые крышки-крапны.

На заготовке осмола широкое распространение получила новая технология механизированной заготовки пневого осмола с распространением электрического способа взрывания осмола вместо огневого. На добыче живицы и заготовке осмола все шире применяются прогрессивный бригадный метод работы. В целях дальнейшего совершенствования и развития производства ведутся опытные работы по получению эфирного лихтового масла, хвойно-витаминной муки, углевыжиганию и дегтекурению.

Директор КирНИИЛПа Ю. М. Новоселов сообщил, что одно из перспективных направлений работы института — прижизненное стимулирование просмоления сосновых древостоев. Эти исследования проводятся также в Ленинградской лесотехнической академии, в Архангельском институте леса и лесохимии и др. Зав. лабораторией КирНИИЛПа В. Я. Бондарев рассказал о результатах работ по совершенствованию инструментов и оборудования на подсочке леса, о новых конструкциях химических хаков для подновок с одновременным нанесением загущенных или жидких химических стимуляторов с дозировкой химикатов, он поставил вопрос о целесообразности разработки нового ГОСТа на сосновую живицу и о замене бардьяных стимуляторов на дрожжевые экстракты и водные настои. Начальник отдела ВПО Союзхимлес М. П. Сергеев говорил о путях повышения производительности труда на таких трудоемких подсочных операциях, как нанесение, подновок и сбор живицы, о применении на подсочке экстрактов и настоев кормовых дрожжей, которые по эффективности примерно одинаковы с бардьяными концентратами, увеличивают выход живицы на 30—40%, но не содержат в своем составе лигносульфонатов, загрязняющих живицу и резко повышающих потери ее при переработке на канифоль и скипидар. О поисках более эффективных стимуляторов для подсочки рассказал зав. лабораторией КирНИИЛПа Я. С. Дрочнев. Стимулирующее действие их усиливается путем введения атразина, поваренной соли и др. П. И. Хавротин (Минлеспром БССР) отметил, что экстракты кормовых дрожжей быстро плесневеют. При применении их требуется производить частую прочистку направляющих желобков на каррах. В. П. Кулагин (зональная Сибирская опытная станция по подсочке леса) говорил об особенностях работы на подсочке в северных районах Иркутской области. В. И. Шунин (Белоярский инструментальный завод) сообщил об унификации основных деталей вздымочных хаков, о разработке новой конструкции реторты на 20 м<sup>3</sup> с механической загрузкой древесины и выгрузкой угля. Б. П. Устинович сообщил о перспективах развития подсочки леса на предприятиях Гослесхоза. Бригадир комсомольско-молодежной бригады сборщиков живицы Полинчетского химлесхоза производственного объединения Иркутскимлес лауреат премии Ленинского комсомола Н. М. Брезницкий и А. Н. Толстобров (главный инженер п/о Свердловхимлес) говорили о преимуществах бригадного подряда. Было отмечено, что работники подсочки леса и лесохимических производств успешно выполняют задачи, поставленные XXV съездом партии в области технического прогресса и завершения десятой пятилетнего плана.

Ф. А. Медников

Ленинградская лесотехническая академия.

## СОДЕРЖАНИЕ

*Е.С. Романов.* За дальнейшее совершенствование хозяйственного руководства 3

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Н. А. Коновалов, Н. Н. Чернов.* Возобновление пихтовых лесов южной тайги Среднего Урала и Предуралья . . . . . 5
- А. И. Золотухин.* О биохимическом влиянии кустарников, выращиваемых в лесных полосах лесостепи, на березу и лиственницу . . . . . 7
- С. С. Веремьева.* Обмен веществ у ели в разных условиях освещенности и корневого питания . . . . . 12
- М. П. Чернышов.* Современное состояние и товарность старовозрастных каштанников Черноморского побережья Кавказа . . . . . 17
- В. Н. Евдокимов, П. А. Феклистов.* Использование связи между линейным и объемным годичным приростом . . . . . 20
- П. Ф. Войтко, М. М. Михайлов.* Точность определения объема древесных хлыстов по простой формуле срединного сечения . . . . . 23

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- К. А. Чекалкин.* Метод расчета потребности в причалах для формирования плотов . . . . . 26
- С. В. Гулидов.* Определение объема пучка бревен . . . . . 31
- М. Ф. Семенов, В. И. Солдатенков.* Статистические характеристики микропрофилей волоков и нагруженность силовой передачи трактора ТБ-1 . . . . . 35
- М. В. Макушинский, М. В. Ходосовский.* Исследование загрузки вагонов круглыми лесоматериалами . . . . . 39
- В. И. Жабин.* Боковые колебания тепловоза ТУ4 при изношенных колесах и различных моментах трения в опорных устройствах . . . . . 41

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Я. М. Ширяев, Н. Ю. Микловцик.* Ленточная пила с новой конструкцией межзубовой впадины . . . . . 47
- Н. И. Тимофеев.* К вопросу подачи бревен в окантовочные станки с дисковыми фрезами . . . . . 50
- Л. А. Бяльский.* Об оценке напряженного состояния образцов при динамических испытаниях древесины . . . . . 52
- Б. П. Ерыхов, В. И. Скрипова.* Исследование водопоглощения древесностружечных плит методом крутильных колебаний . . . . . 55
- В. П. Левченко.* Модули упругости деревянных строительных элементов из сосны обыкновенной с сучками и боковыми трещинами усушки . . . . . 57
- В. В. Ченцов.* Определение числа трасс измерения толщины древесностружечных плит . . . . . 60

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Д. М. Фляте, Л. С. Гуляев.* Исследование водной поверхности целлюлозы методом термогравиметрии . . . . . 64
- Г. И. Чижов, В. В. Хованский.* О влиянии добавки алюмината натрия на свойства бумаги, подвергнутой термообработке . . . . . 67
- Л. Г. Машихина, Ю. Н. Непенин, Н. С. Вишневецкая.* Исследование процесса кислородно-щелочной отбелки хлорированной лиственничной целлюлозы . . . . . 71
- О. М. Соколов, Е. Д. Гельфанд.* О взаимосвязи загрязненности последрожжевой бражки с молекулярно-массовой характеристикой органических веществ . . . . . 74

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

- Н. П. Дергунов.* Автоматизированная система транспортировки бревен к лесопильной раме с помощью оптимального управления впередирамной тележкой . . . . . 78
- С. А. Кириллов, Ю. Ф. Казаринов.* Оптимальное управление автоматическими манипуляторами . . . . . 84

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

- С. В. Афанасьев, И. В. Воронин, М. А. Куликов.* Комплексная продуктивность буковых насаждений . . . . . 89
- В. Г. Трунин.* Долгосрочное прогнозирование оптимальных форм освоения лесосырьевых баз лесозаготовительных предприятий . . . . . 93
- Е. Д. Фатеева.* Районные различия в экономике лесопиления . . . . . 97
- Ю. П. Кононов, Б. В. Уваров.* О классификации деталей и узлов в управлении снабжением запасными частями . . . . . 99

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ**

- А. П. Благов, Ю. И. Трещевский.* Об оценке противоэрозионного влияния леса . . . . . 104
- Н. Х. Суртаев, В. С. Моисеев.* Оптимизация формирования древостоев лесопарковых ландшафтов в промышленных районах Красноярска . . . . . 105
- А. И. Видякин.* О сезонном развитии сосны обыкновенной разного географического происхождения . . . . . 107
- В. П. Шейде.* Динамические характеристики деревьев березы IV и V классов бонитета и их связь с таксационными характеристиками . . . . . 109
- Н. И. Белогуров, Л. А. Бяльский, Б. Е. Галинкин.* Исследование напряженного состояния полукольца чокера . . . . . 114
- В. В. Соловьев, А. Р. Михайлова, Л. П. Семенова.* О влиянии характера нагрузки на напряженное состояние зубьев пил . . . . . 117
- А. К. Сидоренко, Д. И. Коношко, Ю. Н. Мартыненко.* Влияние наклона волокон на прочность прессованной древесины . . . . . 119
- К. Ф. Дьяконов, А. Ф. Горбенко, В. А. Шекин.* О физико-механических свойствах древесины лиственницы сибирской, находившейся в условиях вечной мерзлоты 24500 лет . . . . . 121
- Ю. Г. Санников, Т. И. Барышева, А. А. Санникова.* Влияние искусственного просмоления комлевой части деревьев на выход живицы . . . . . 123

**ЗА РУБЕЖОМ**

- М. А. Лобовиков.* Финская лесоводственно-лесозаготовительная программа МЕРА и ее осуществление . . . . . 126

**ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ**

- П. А. Положенцев.* О развитии лесной энтомологии в СССР (к 150-летию преподавания в лесных вузах) . . . . . 131
- Е. Д. Солодухин, Л. С. Жирина.* 175 лет учебнику лесоводства Е. Ф. Зябловского . . . . . 133

**НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ**

- Ф. А. Медников.* Семинар по внедрению новой техники и улучшению показателей на подпочке леса и в лесохимических производствах . . . . . 135

- Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 1979 г. . . . . 140

## CONTENTS

<i>E. S. Romanov.</i> For further perfecting economical guidance . . . . .	3
--	---

### FORESTRY

<i>N. A. Konovalov, N. N. Chernov.</i> Fir forest regeneration in south taiga of Middle Urals and Suburals . . . . .	5
<i>A. I. Zolotukhin.</i> On biochemical influence of shrubbery grown in the strips of forest steppe zone on larch and birch . . . . .	7
<i>S. S. Veremyeva.</i> Metabolism in spruce trees growing in different conditions of lighting and root nutrition . . . . .	12
<i>M. P. Chernyshov.</i> The present state and marketability of old-agen Caucasian Black sea shore chestnut groves . . . . .	17
<i>V. N. Evdokimov, P. A. Feklistov.</i> The use of connection between linear and volume increment . . . . .	20
<i>P. F. Voitko, M. M. Mikhailov.</i> Accurate determination of tree length volume according to simple formulae of middle section . . . . .	23

### FOREST EXPLOITATION

<i>K. A. Chekalkin.</i> The method for calculating needs in berths for making rafts .	26
<i>S. V. Gultdov.</i> Finding the volume of a patch of logs . . . . .	31
<i>M. F. Semenov, V. I. Soldatenkov.</i> Statistical characteristics of the portage microprofiles and the transmission loading of the tractor TB-1 . . . . .	35
<i>M. V. Makushinsky, M. V. Khodosovsky.</i> Investigation of log-loading railway cars . . . . .	39
<i>V. I. Zhabtn.</i> Side vibrations of TY4 locomotive due to worn out weels and different moments of friction in bearing devices . . . . .	41

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

<i>Ya. M. Shirayev, N. Yu. Miclovchik.</i> Band saw with a new design of inter-teeth bottom . . . . .	47
<i>N. I. Timofeev.</i> On feeding logs into edging machine-tool with disc milling cutters . . . . .	50
<i>L. A. Byalsky.</i> Stress analysis of wood under dynamic testing . . . . .	52
<i>B. P. Erykhov, V. I. Skripova.</i> Investigation of particleboards waterabsorbtion by the method of twisting oscillations . . . . .	55
<i>V. P. Levchenko.</i> Modulus of elasticity of pine wood constructional dimensions with knots and lateral shrinking shakes . . . . .	57
<i>V. V. Chentsov.</i> Determination of number of trasses for measuring thickness of wood particleboards . . . . .	60

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>D. M. Flyate, L. C. Gulyaev.</i> Investigation of the cellulose water surface by the thermogravimetry method . . . . .	64
<i>G. I. Chizhov, V. V. Hovansky.</i> On effect of additive of natrium aluminate on paper properties after its heat-treatment . . . . .	67
<i>L. G. Mashikhina, Yu. N. Nepenin, N. S. Vtshnevskaya.</i> The research in oxygen-alkali bleaching of larch pulp after chlorination . . . . .	71
<i>O. M. Sokolov, E. D. Gelfand.</i> On correlation between the pollution of the post-yeast beer and molecular weght characteristics of organic substances . . . . .	74

### COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

<i>N. P. Dergunov.</i> Automatic system of transporting logs to the log frame with the help of optimum controlling the front-end-frame carriage . . . . .	78
---	----

<i>S. A. Kirillov, Yu. F. Kazarinov.</i> Optimum operation of automatic manipulators . . . . .	84
<i>ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION</i>	
<i>S. V. Aphanasiev, I. V. Voronin, M. A. Kullkov.</i> Complex productivity of beech plantations . . . . .	89
<i>V. G. Trunin.</i> Long-term forecasting of optimum developing timber areas of logging enterprises . . . . .	93
<i>F. D. Fateeva.</i> Regional distinctions in economics of woodsawing industry . .	97
<i>Yu. P. Kononov, B. V. Uvarov.</i> On classification of parts and groups in guiding supply of spares . . . . .	99
<i>SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE</i>	
<i>A. P. Blagov, Yu. I. Treshchevsky.</i> Methodical approach to the evaluation of antierosional forest influence . . . . .	104
<i>N. H. Surtayev, V. S. Moiseev.</i> The optimisation of forming stands of forest-park landscape in Krasnoyarsk industrial districts . . . . .	105
<i>A. I. Vidyakin.</i> On seasonal growth of Common pine of different geographical origin . . . . .	107
<i>V. P. Sheide.</i> Dynamic characteristics of IV and V bonited class birch trees and their connection with valuation survey characteristics . . . . .	109
<i>N. I. Belogurov, L. A. Byalsky, B. E. Galinkin.</i> Investigation of stressed state of a choker half-ring . . . . .	114
<i>V. V. Solovlev, A. R. Mikhailova, L. P. Semenova.</i> On the influence of load characteristics upon stressed state of saw teeth . . . . .	117
<i>A. K. Sidorenko, D. I. Konoshko, Yu. N. Martynenko.</i> Influence of fibre slope on the strength of pressed wood . . . . .	119
<i>K. F. Dyakonov, A. F. Gorbenko, V. A. Shchekin.</i> On physical and mechanical properties of siberian larch after having been in the permafrost zone for 24500 years . . . . .	121
<i>Yu. G. Sannikov, T. I. Barysheva, A. A. Sannikova.</i> Influence of artificial resining the butts of trees on the gum yield . . . . .	123
<i>ABROAD</i>	
<i>M. A. Lobovikov.</i> Finnish forestry and logging program MERA and its realization . . . . .	126
<i>FROM HISTORY OF SCIENCE</i>	
<i>P. A. Polozhentsev.</i> On the progress of forest entomology in the USSR . . . .	131
<i>E. D. Solodukhin, L. S. Zhirina.</i> 175 years of E. F. Zyablovsky's text-book on forestry . . . . .	133
<i>SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS</i>	
<i>F. A. Mednikov.</i> Seminar on inculcation of new technology and improvement of showings on forest tapping and timberchemical industry . . . . .	135
Index of articles published by „Lesnoi journal“ in 1979 . . . . .	140



УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»

в 1979 г.

ПЕРЕДОВЫЕ

- Боровиков Е. М. Новые рубежи высшей школы. № 5—3.  
Калинин Г. А., Щеголова В. С. Эффективность идеологической работы. № 4—3.  
Романов Е. С. За дальнейшее повышение эффективности и качества работы. № 1—3.  
Романов Е. С. Торжество плановой экономики. № 3—3.  
Романов Е. С. За дальнейшее совершенствование хозяйственного руководства. № 6—3.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Алексеев В. А. Использование хлорхлоринхлорида для замедления прироста мелколиственных пород. № 5—22.  
Бердникова С. В., Булыгин Н. Е. Оценка воздействия факторов погоды на ритм сезонного развития древесных растений методами множественного регрессионного анализа. № 5—15.  
Бондаренко В. Д. К методике расчета интенсивности фотосинтеза подроста. № 3—20.  
Буторова О. Ф. Выращивание сеянцев вяза и пузыреплодника с применением минеральных удобрений. № 3—24.  
Веремьева С. С. Обмен веществ у ели в разных условиях освещенности и корневой питания. № 6—12.  
Войтко П. Ф., Михайлов М. М. Точность определения объема древесных хлыстов по простой формуле среднего сечения. № 6—23.  
Войчал П. И., Барабин А. И. К вопросу об оценке семенности ели баллами Каппера. № 5—11.  
Гордина Н. П. Взаимосвязь текущего объемного прироста деревьев сосны с массой крон. № 5—9.  
Гутман Т. С. Особенности роста зеленой изолированной ткани хвои ели (*Picea abies* (L.) Karst.) в каллусной и суспензионной культуре. № 1—22.  
Давидов М. В. О методических рекомендациях по таксации лесов Белоруссии. № 4—24.  
Евдокимов В. Н. Прирост древесины в зависимости от интенсивности осущения в ельнике хвощово-сфагновом Коми АССР. № 3—30.  
Евдокимов В. Н., Феклистов П. А. Использование связи между линейным и объемным годичным приростом. № 6—20.  
Землянухин А. И., Баранов А. И., Малофеева М. А. Определение времени обработки семян в машине с вертикальным рабочим органом. № 5—25.  
Золотухин А. И. О биохимическом влиянии кустарников, выращиваемых в лесных полосах лесостепи, на березу и лиственницу. № 6—7.  
Ильин А. М. Связь строения корневых систем с корнеотпрысковым возобновлением осины. № 3—32.  
Калинин В. И. Изменчивость диаметров крон в пологе сосновых древостоев. № 3—18.  
Калинин М. И., Тиунчик В. К. Особенности строения смешанных древостоев по диаметру. № 4—17.  
Коновалов Н. А., Чернов Н. Н. Возобновление пахтовых лесов южной тайги Среднего Урала и Предуралья. № 6—5.  
Львов П. Н. Научные основы планирования и оптимизации работ по естественному и искусственному воспроизводству лесных ресурсов. № 1—5.  
Мелехов И. С. Значение структуры годичных слоев и ее динамики в лесоводстве и дендроклиматологии. № 4—6.

- Михайлов М. М. Оценка некоторых способов определения текущего прироста запаса наличного древостоя молодняка дуба. № 4—14.  
Накавина Е. Н. О ритмах питания однолетних сеянцев ели в лесном питомнике. № 2—12.  
Нартов П. С., Вершинин В. И., Попов А. Н. Исследование работы лесного дискового плуга с активным приводом. № 2—22.  
Науменко Е. Н., Успенский В. В. Итоги 48-летних наблюдений на постоянных пробных площадях в культурах сосны: Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ. № 1—18.  
Прогунов В. В. Сезонный рост и нектаропродуктивность дальневосточных видов лип. № 2—24.  
Разумов В. П. Природно-хозяйственная модель леса. № 2—3.  
Родин А. Р. Искусственное лесовозобновление в свете динамической типологии леса. № 3—14.  
Рябчук В. П. Влияние подсоски на фенологическое состояние лиственных пород. № 1—15.  
Савченко А. Г. Радиальный прирост и содержание поздней древесины у деревьев сосны крымской в послепожарный период. № 5—5.  
Самошкин Е. Н., Ткаченко А. Н. Реакция ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) на воздействие водных растворов этиленмина. № 4—28.  
Стадникий Г. В., Бортник А. М. Экологические проблемы защиты таежных лесов. № 3—5.  
Тиунчик В. К. О размерах текущего периодического прироста в смешанных древостоях. № 3—27.  
Трофимов В. Н. Температурный режим деревьев здорового и заселенного стволовыми вредителями. № 5—18.  
Трофимова О. В. Определение оптимального размера пробной площадки для учета куколки сосновой совки (*Panolis flammea* Schiff.). № 2—16.  
Феклистов П. А., Байдина Л. А. Естественное возобновление хвойных на осушенных площадях в северной подзоне тайги Архангельской области. № 2—9.  
Чернышов М. П. Современное состояние и товарность старовозрастных каштанников Черноморского побережья Кавказа. № 6—17.  
Чмыр А. Ф., Скиба А. А. Влияние состава и структуры древостоя на влагообеспеченность ели в культурах под пологом леса. № 1—10.  
Шавнин А. Г. Опыт проведения дифференцированных рубок в ельниках Среднего Урала. № 4—20.  
Шляхта Я. М. Селекционная характеристика насаждений дугласии в Закарпатье. № 2—7.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Анисимов Г. М. Техничко-эксплуатационные показатели трелевочных тракторов. № 2—28.  
Бейшер Р. В., Елисеев А. П., Морозов В. П., Лоскутов В. И. О возможности использования малопрочных известняков при строительстве лесовозных дорог. № 1—40.  
Библюк Н. И. О выборе расчетной модели при исследовании поперечных колебаний лесовозного автопоезда. № 2—32.  
Высотин Н. Е. Нагрузка электродвигателей хода козового крана на лесном складе. № 5—52.  
Гулидов С. В. Определение прогиба плота при динамической постановке его на волну. № 3—44.

- Тулидов С. В. Анализ уравнения угловых колебаний плота. № 5—43.
- Гуляев С. В. Определение объема пучка бревен. № 6—31.
- Дмитриев Ю. Я., Мажарцева Л. Ф. К вопросу о перераспределении поверхностных скоростей течения потока в зависимости от формы профиля гидросопровиления. № 2—47.
- Дуров А. В. Об аппроксимации нагрузочных характеристик дизелей лесотранспортных машин. № 2—42.
- Дуров А. В. Эксплуатационная топливная экономичность лесовозного автопоезда МАЗ-509. № 3—36.
- Жабин В. И., Калинин Г. А. Воздействие подвижного состава на временные луги УЖД. № 1—27.
- Жабин В. И. Боковые колебания тепловоза ТУ4 при изношенных колесах и различных моментах трения в опорных устройствах. № 6—41.
- Жуков А. В., Бельский Ю. Ю., Азбель А. Б., Петрович А. И. Оценка плавности хода лесовозных автопоездов. № 1—31.
- Кислицына Г. Ф., Мазуркин П. М. Экспериментальное исследование силовых характеристик импульсных струй жидкости применительно к окорке лесоматериалов. № 1—44.
- Кислицына Г. Ф. Механизм разрушения и смыва древесной коры импульсными струями жидкости. № 4—50.
- Коваленко Н. П., Коптелов Е. П. Расчет влажности в ненасыщенной зоне при осушении торфяников. № 3—51.
- Коротяев Л. В., Ростовцев А. В. Экспериментальное исследование коэффициента сопротивления сдвигу с места пачек деревьев и хлыстов при трелевке в полупогруженном положении. № 2—50.
- Костогрыз С. Г. Методика оценки сопротивления движению гусеничных лесных машин по слабым грунтам. № 4—42.
- Кочегаров В. Г., Фурин А. И. Параметры сталкивающего устройства ударного действия. № 2—38.
- Макушинский М. В., Ходосовский М. В. Исследование загрузки вагонов круглыми лесоматериалами. № 6—33.
- Мартьянин В. Д., Цвирко М. А. К вопросу об определении давлений на проволоки каната в желобе блока. № 4—37.
- Марченко П. Ф. Влияние конструкции азтвоза и условий его эксплуатации на выбор эквивалентной модели и расчетных схем при исследованиях. № 4—46.
- Мельников В. И. Оптимальное размещение дорог общего пользования с учетом лесотранспортных сетей. № 5—32.
- Морозов С. И., Попов М. В. О влиянии неровностей сварных рельсов на их допустимую длину. № 5—38.
- Овчинников М. М., Кузин А. А. Исследование пропускной способности гидравлических лотков при транспортировке технологической щепы. № 3—47.
- Петровский Л. В., Гарматюк В. В., Галахин В. И. К расчету шарнирно-соединенных покрытий. № 3—40.
- Питухин А. В., Фрейдиндинг А. Ф. Выбор оптимальной периодичности профилактических работ для оборудования. № 1—48.
- Семенов М. Ф., Солдатенков В. И. Статистические характеристики микропрофилей волокон и нагруженности силовой передачи трактора ТБ-1. № 6—35.
- Слепко И. И., Матвеев Э. Н. Исследование усилий в грузоподъемном канате подвесной лесотранспортной установки. № 4—32.
- Слодкевич Я. В., Белоусов Н. А. Теоретические предпосылки определения глубины колеи гусеничной машины. № 5—29.
- Суров Г. Я. Метод расчета устройства для остановки плывущих пучков бревен. № 5—47.
- Харитонов В. Я. Исследование движения бревен после их падения на воду. № 4—56.
- Чекалкин К. А. Метод расчета потребности в причалах для формирования плотов. № 6—26.
- Шелопасев Е. И. Расчет дорожных одежд на морозоустойчивость и осушение. № 1—36.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Андронов В. В., Карев В. Н. К динамике процесса сортировки спичечной соломки. № 4—76.
- Апостол А. В., Козлов В. П. Влияние пропитки древесины березы уксусной кислотой различной концентрации на некоторые физико-механические свойства. № 1—64.
- Бессонова Н. Н., Ерыхов Б. П., Наумов А. Н., Скрипова В. И. О возможности однопараметрового неразрушающего контроля качества древесностружечных плит. № 5—60.
- Бьяльский Л. А. Об оценке напряженного состояния образцов при динамических испытаниях древесины. № 6—52.
- Винтовий И. С. О связи формы коры и плотности древесины явора (*Acer pseudoplatanus* L.). № 3—69.
- Гамова И. А., Махова Т. В., Вихрева В. Н., Брысковская А. В., Михайлова В. В., Уманская Е. В. Использование отходов полистирола для получения полимердревесного материала из измельченной древесины. № 2—80.
- Голяков А. Д., Коптяков С. А., Попов С. Е. О влиянии влажности древесины на модуль упругости образцов с сучками. № 2—65.
- Дудник В. Т., Хрулев В. М. Водостойкость клеевых соединений древесины лиственных пород. № 2—73.
- Дыскин И. М., Ляптев Ю. В. К вопросу снижения выделения формальдегида из древесностружечных плит. № 2—76.
- Ерыхов Б. П., Липцев Н. В., Чибирев В. Е. Исследование вязко-упругих свойств древесины применительно к размолу щепы. № 4—61.
- Ерыхов Б. П., Скрипова В. И. Исследование водопоглощения древесностружечных плит методом крутильных колебаний. № 6—55.
- Есафова З. Я., Высотин Н. Е., Есафов В. Д. К вопросу применения инерционного привода в круглопильных станках циклического действия. № 1—51.
- Ионайтис С. И. Выход заготовок с учетом сбега кривых необрезных досок. № 3—65.
- Красиков А. С., Пашков В. К. Определение коэффициентов теплоотдачи вращающихся дисков пил. № 2—70.
- Копоплев С. П. Влияние точности подготовки рамных пил и межпильных прокладок на качество и объемный выход линоматериалов. № 3—59.
- Кунтыш В. Б., Пиир А. Э., Зайцев В. Г. Эффективные оребренные поверхности для теплообменных агрегатов бумагоделательных машин. № 1—66.
- Левченко В. П. Модули упругости деревянных строительных элементов из сосны обыкновенной с сучками и боковыми трещинами усушки. № 6—57.
- Лобастов В. К. Определение параметров циклоидальных механизмов приводов лесообрабатывающих станков. № 2—56.
- Никитюк Л. А. Исследование процесса нанесения высоковязких отделочных составов на древесностружечные плиты. № 4—72.
- Николаев Н. Е., Мирский В. Ю., Федилов В. В., Сулягин В. А. Исследование взаимодействия древесного волокна с огнезащитным составом на основе алюмохромфосфатного связующего. № 3—62.
- Онегин В. И., Егоров В. А. Определение адгезионного натяжения полиэфирного лака на подложке из полиметилметакрилата. № 1—56.
- Остроумов И. П., Богданов Е. А. Влияние параметров зубьев на их напряженное состояние. № 2—61.

- Сидоров И. И. Распиловка кражей параллельно верхней пласти выпиливаемых шпал. № 5—69.
- Соколов Н. В. К проектированию круглых пил со вставными зубьями. № 5—64.
- Таубер Б. А., Мартовичкий Л. М. Аналитическое определение плотности штабеля короткомерных круглых лесоматериалов. № 5—55.
- Тимофеев Н. И. К вопросу подачи бревен в окантовочные станки с дисковыми фрезами. № 6—50.
- Уласовец В. Г. Характер поступления сырья на лесопильное предприятие. № 1—39.
- Чарина М. В., Машков В. М. Акустические свойства ядровой и заболонной древесины. № 2—78.
- Ченцов В. В. Определение числа трасс измерения толщины древесностружечных плит. № 6—60.
- Черемных Н. Н., Чижевский М. П., Петров А. Н. Расчет снижения уровня звуковой мощности, излучаемой циклонами пневмотранспорта. № 4—69.
- Шамаев В. А., Гребенчиков А. В. Гидротермическая обработка древесины расплавом мочевины. № 5—67.
- Ширяев Я. М., Микловчик Н. Ю. Ленточная пила с новой конструкцией межзубовой впадины. № 6—47.
- Эпштейн Ю. П. Колебания конструкций лесосушильной камеры. № 4—66.
- Янтовская М. П. К расчету диспергирующей способности электрораспылителя. № 1—55.
- Яцюк А. И., Грицишин С. И. Абразивные цилиндры на эпоксидной связке для шлифования — калибрования древесностружечных и других плит. № 3—56.
- ХИМИЧЕСКАЯ  
ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**
- Алексеева И. А., Кречетова С. П., Синицына Т. А., Пузырев С. А. Об использовании модифицированных экстракционных канифоли и мисцеллы для проклейки бумаги. № 1—87.
- Багаев А. А., Царев Г. И., Киприанов А. И. Превращения жирных кислот таллового масла в процессе их димеризации. № 3—78.
- Гаврилади Е. А., Леонович А. А., Аксельрод Г. З., Покровский Е. И. К вопросу о взаимодействии поливинилового спирта с древесным комплексом. № 4—92.
- Екимова Т. Г., Пономарев Д. А., Зарубин М. Я. Изучение состава фенольных продуктов окисления модельных соединений лигнина в водном растворе аммиака. № 5—80.
- Крунчак В. Г., Писаревский А. М., Полозова И. П., Боховкин И. М., Боголицын К. Г., Романенко В. Е., Терехин Б. С., Фесенко Е. П. Потенциометрический метод определения двуокиси хлора в технологических растворах. № 2—95.
- Крунчак В. Г., Фесенко Е. П., Боголицын К. Г., Боховкин И. М., Пальчевский В. В., Ширко К. Д., Львова Т. И. Окислительный потенциал сульфатных черных щелоков и сточных вод варочно-промывного цеха. № 3—73.
- Крунчак В. Г., Боголицын К. Г., Боховкин И. М., Крунчак М. М., Фесенко Е. П., Пальчевский В. В., Семенов В. П., Львова Т. И. Восстановительная емкость сульфатного черного щелока и ее связь с ХПК и БПК. № 4—81.
- Левин Э. Д., Ивкина Т. М. Экстракция коры хвойных пород водой при использовании ее для очистки водоемов от нефти. № 3—94.
- Лысяк Т. К., Непенин Ю. Н., Жалина В. А. Химический состав древесины лиственных пород от рубок ухода. № 5—94.
- Малков Ю. А., Непенин Ю. Н., Домницкий В. В., Гугнин М. Ю. Окислительно-восстановительные превращения серосодержащих компонентов варочных растворов при щелочных варках древесины. № 5—85.
- Машихина Л. Г., Непенин Ю. Н., Вишневская Н. С. Исследование процесса кислородно-щелочной отбелки хлорированной лиственничной целлюлозы. № 6—71.
- Некрасов В. В. Сольватация макромолекул сульфатного лигнина в метилцеллозолевом и тетрагидрофуруриловом спирте. № 3—87.
- Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д., Хабаров Ю. Г. О деградации гемицеллюлоз, перешедших в щелок при моносльфитной варке полуделлюлозы. № 2—88.
- Пен Р. З., Пяядина Б. А. Факторная модель прочности бумажного листа. № 3—90.
- Ратнер М. Е., Сметанина С. С., Ковалев В. Е., Коротова О. Н. Получение синтанов на основе фенолов растворимой смолы и древесносмоляного пиролизата. № 1—72.
- Сапотничий С. А., Крюкова Л. И., Геденов Б. А. Свойства лигносульфонатов двухступенчатых варок еловой древесины с высокотемпературной первой ступенью. № 1—79.
- Семенихина Л. В., Пен Р. З. Свойства бисульфитной целлюлозы из древесины переменного породного состава. № 1—83.
- Соколов О. М., Гельфанд Е. Д. О взаимосвязи закономерности последовательной бражки с молекулярно-массовой характеристикой органических веществ. № 6—74.
- Терегеря Н. В., Медников Ф. А., Терегеря В. В., Выродов В. А. Получение поверхностно-активных веществ окислением таллового масла перекисью водорода. № 2—91.
- Терегеря Н. В., Терегеря В. В., Выродов В. А., Медников Ф. А. Кинетика и тип реакции окисления таллового масла кислородом воздуха. № 3—84.
- Терегеря Н. В., Терегеря В. В., Выродов В. А., Медников Ф. А. О кинетике окисления таллового масла надкислотами в слабых кислых растворах. № 5—90.
- Туманова Т. А., Пахомова Л. Н., Павлова Л. А. Свойства сульфатной целлюлозы, беленой растворами хлоритов. № 4—96.
- Фефилов В. В., Макаренко В. К., Мазная А. Ф., Кульчицкий В. И. Отверждение карбамидных смол хлоридами металлов в присутствии мочевины. № 4—89.
- Фефилов В. В., Макаренко В. К., Романова Т. И. Об отверждении карбамидных смол кислотнотерекисными отвердителями. № 5—73.
- Фляте Д. М., Гуляев Л. С. Исследование водной поверхности целлюлозы методом термогравиметрии. № 6—64.
- Фомин Б. Е., Аракин И. Е., Пен Р. З. Изучение влияния переменных факторов на тронно-кислородной варки на сопротивление излому лиственничной целлюлозы. № 2—85.
- Хабаров Ю. Г., Прокшин Г. Ф., Боховкин И. М., Горбунова О. Ф. О взаимодействии некоторых модельных веществ и лигнина с феррицианидом калия в присутствии сульфида натрия. № 1—77.
- Хабаров Ю. Г., Боховкин И. М., Прокшин Г. Ф. Комплексобразование при взаимодействии феррицианида калия с сульфатными лигнинами. № 5—76.
- Чернокрылов В. П., Кокушин Н. Н. Исследование режимов формирования на сеточной части картоноделательной машины Инверформ. № 4—99.
- Чижов Г. И., Хованский В. В. О влиянии добавки алюмината натрия на свойства бумаги, подвергнутой термообработке. № 6—67.
- КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**
- Афанасьев О. П., Пилотик А. Г. Моделирование динамических процессов в лесозаготовительных машинах. № 4—103.

- Афанасьев О. П., Матвеев А. И. К выбору скоростей перемещения дерева валочно-пакетирующими машинами. № 5—97.
- Васильев В. Н., Петровский В. С. Устройство автоматической обработки информации для учета хлыстов и бревен на основе мннн-ЭВМ. № 2—116.
- Гурьев А. Т., Испанюк В. С. Определение вероятностей состояний комплексов лесозаготовительных машин. № 5—105.
- Дергунов Н. П. Автоматизированная система транспортировки бревен в лесопильной раме с помощью оптимального управления впередирамной тележкой. № 6—78.
- Дудюк Д. Л. Повышение эффективности линий для первичной обработки древесины. № 3—108.
- Кириллов С. А., Казаринов Ю. Ф. Оптимальное управление автоматическими манипуляторами. № 6—84.
- Лебедь С. С., Козлов В. Н. Теоретическое обоснование процесса обвязки лесоматериалов методом бесконечной спирали. № 1—100.
- Мельник В. А. Выбор мощности электродвигателя привода бревносбрасывателя по условиям допустимого нагрева. № 2—110.
- Петровский В. С., Хмелик С. Г. Исследование динамических характеристик системы автоматического вождения. № 3—104.
- Рыков Е. Н. К теоретическим исследованиям грузозного устройства для круглых и конических деталей с прямолинейной осью. № 4—107.
- Темрук В. И., Колесников В. Л. Разработка алгоритмов структурного анализа технологических систем картоно-бумажного производства. № 2—103.
- Тихонов А. Ф., Жуков А. В., Гермацкий А. В. Методика расчета и исследование динамики лесных манипуляторных машин. № 3—98.
- Торопов А. С. Исследования производительности установок для групповой раскрывки хлыстов при их продольном перемещении. № 4—113.
- Хегай В. К. К вопросу вертикальной динамики валочно-пакетирующих машин при гравитационном пакетировании деревьев. № 1—95.
- Хегай В. К., Кушляев В. Ф. Об ударно-динамических нагрузках на манипулятор валочно-пакетирующей машины (ВПМ) при валке деревьев. № 5—101.
- Червинский В. А. Оптимальные схемы раскрывки древесных хлыстов с учетом качественных зон. № 2—113.
- Шустов В. И., Лебедев Ю. В., Чикин Г. Н. Применение теории массового обслуживания в исследовании многопоточных лесобработывающих линий. № 1—92.
- ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**
- Афанасьев С. В., Воронин И. В., Куликов М. А. Комплексная продуктивность буковых насаждений. № 6—89.
- Винокурова Г. П. Внутрипроизводственный хозрасчет в леспромысловом комплексе. № 3—119.
- Винокуров А. А. О региональном лесопромышленном комплексе. № 4—120.
- Воробьева Э. В. О планировании технического перевооружения производства на уровне предприятия. № 1—109.
- Закиров А. Некоторые проблемы формирования и развития лесопромышленных узлов. № 1—112.
- Иванюта В. М. К вопросу о сырьевой базе производства хвойной витаминной муки и бумаги при плантационном лесопользовании. № 3—113.
- Ильев Л. И., Горденко Р. Н. О лесном кадастре страны. № 1—106.
- Ильев Л. И. О расчетной лесосеке. № 2—122.
- Коновов Ю. П., Уваров Б. В. О классификации деталей и узлов в управлении снабжением запасными частями. № 6—99.
- Конечевская М. Г. Экономические показатели комплексного использования сырья на предприятиях объединения Северолесхозпорт. № 5—119.
- Лобовиков Т. С., Береславская В. А. О динамике соотношения лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности в лесных предприятиях. № 4—117.
- Новгородова Т. И. Современный уровень эксплуатации затрат и доходов жилищно-коммунального хозяйства лесозаготовительных предприятий. № 2—128.
- Остроумова Т. М. Об оптимальном размере лесозаготовительных предприятий. № 4—123.
- Петров А. П., Сабалина Н. И. Вопросы организации комплексного использования сырья на базе кооперирования предприятий лесозаготовительной промышленности. № 3—116.
- Петров А. П., Бахтадзе К. Д. Экономические показатели использования лиственной древесины в целлюлозно-бумажной промышленности. № 5—109.
- Пластинин А. В. Методика расчета показателя чистой продукции на предприятии. № 5—115.
- Трунин В. Г. Долгосрочное прогнозирование оптимальных форм освоения лесосырьевых баз лесозаготовительных предприятий. № 6—93.
- Фатеева Е. Д. Районные различия в экономике лесопиления. № 16—97.
- Хитрина Г. С. К вопросу о дифференцированном ведении лесного хозяйства. № 2—125.
- Шмулев Г. А. Методические вопросы определения экономической эффективности сотрудничества социалистических стран по совместной заготовке древесины. № 5—112.
- КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ**
- Бардышев И. И., Булгаков А. Н., Ударов Б. Г., Зминова Н. Г. О химическом составе живицы, продуцируемой индивидуальными деревьями вида сосна обыкновенная (подвиды — лесная и сибирская). № 1—117.
- Белогуров Н. Н., Бяльский Л. А., Галицкий Б. Е. Исследование напряженного состояния полукольца чокера. № 6—114.
- Благов А. П., Трещевский Ю. И. Об оценке противозонного влияния леса. № 6—104.
- Видякин А. И. О сезонном развитии сосны обыкновенной разного географического происхождения. № 6—107.
- Губенко Л. А. Исследование твердости древесины с пороками. № 5—133.
- Давидов Г. М. Расчет выхода березового сока по таксационной характеристике древостоя. № 1—116.
- Дрочнев Я. Г., Рябова С. И., Хворостухина Т. В. Об изменчивости состава скипидаров сосны обыкновенной. № 1—134.
- Дьяконов К. Ф., Горбенко А. Ф., Щекин В. А. О физико-механических свойствах древесины лиственницы сибирской, находившейся в условиях вечной мерзлоты 24500 лет. № 6—121.
- Жаденов В. С., Маркин В. М. Результаты применения бензосучкорезок на рубках ухода. № 1—124.
- Зайцев А. А. Влияние одиночного косонаправленного фильтрующего сооружения на скоростной режим речного потока с неразмываемым руслом. № 1—130.
- Зайцев Б. Д. К вопросу об использовании методов биометрии при изучении лесных подзолистых почв. № 5—125.
- Измоденов А. Г. Период технической спелости. № 5—123.
- Каторина Л. С., Зарудный Л. Б. Использование циклонных потоков для переработки древесных отходов. № 1—128.
- Клычков П. Д. К вопросу о разбивке серпантин на лесовозных автодорогах. № 3—130.

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1980 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, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск-7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».