

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ШЕСТНАДЦАТЫЙ

6

1973

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6
(Год издания шестнадцатый)

Сдан в набор 1/XI 1973 г. Подписан к печати 25/I 1974 г. Форм. бум. 70X108¹/₁₆.
Печ. л. 15,4+2 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,82. Тираж 2200.
Сл. 00005 Заказ 7404. Цена 1 руб.

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

ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ГОД ДЕВЯТОЙ ПЯТИЛЕТКИ

Планомерность — объективная форма развития социалистического производства. Составление и выполнение перспективных и текущих планов придает процессам экономического развития характер сознательного и целенаправленного управления.

Состоявшийся в декабре 1973 г. очередной Пленум ЦК КПСС обсудил проекты Государственного плана развития народного хозяйства и Государственного бюджета СССР на 1974 год, в основном одобрил их и внес на рассмотрение сессии Верховного Совета СССР, которая и утвердила план развития народного хозяйства и Государственный бюджет на 1974 год.

Национальный доход СССР, используемый на потребление и накопление, увеличился в 1973 году на 6,3% против 4,6% в среднем за 1971—1972 гг., то есть в 1,4 раза превысил среднегодовой темп прироста за первые два года пятилетки.

Перевыполнен план производства промышленной продукции, которое возросло в 1973 году на 7,3% вместо 5,8% по плану. Сверх плана выпущено продукции более чем на 7 млрд. руб. Значительно увеличилась выработка электроэнергии, добыча нефти и газового конденсата. Возрос выпуск автомобилей, металлорежущих станков, сельскохозяйственных машин и др.

В 1973 году собраны рекордные урожаи зерна (222,4 млн. т) и хлопка (7,6 млн. т).

На основе роста промышленного и сельскохозяйственного производства последовательно осуществляется курс XXIV съезда КПСС на повышение материального благосостояния народа. Реальные доходы на душу населения возросли в 1973 году на 4,5%, а в целом за три года пятилетки — на 13,5%. Увеличена заработная плата 31 млн. человек, 26 млн. человек получили повышенные пенсии, стипендии, пособия. Всего денежные доходы населения за 3 года возросли на 39 млрд. руб. В стране растет товарооборот, жилищное строительство, получает дальнейшее развитие просвещение, культура, здравоохранение.

Третий, решающий год девятой пятилетки ознаменовался замечательными успехами в осуществлении ленинского генерального курса Коммунистической партии Советского Союза во внутренней и внешней политике. План на новый 1974 год направлен на реализацию экономической политики партии.

Большие задачи намечены на 1974 год. Национальный доход возрастет на 6,5%, что превысит среднегодовой темп роста в предыдущем году пятилетки. Намечено опережающими темпами развивать производство предметов потребления и на этой основе увеличить реальные доходы населения на 5%. Доля прироста национального дохода, полученного за счет повышения производительности труда, составит 87%.

Конкретные задачи определены каждой отрасли промышленности. В лесной промышленности планируется расширить масштабы заготовок в восточных районах страны, увеличить вывозку древесины на 2,5 млн. м³. Весь прирост объема вывозки древесины должен быть обеспечен за счет роста производительности труда, интенсификации производства, максимального использования производственных мощностей.

Ресурсы лесоматериалов возрастут более чем на 20 млн. м³, благодаря более глубокой переработке древесины и использованию отходов. Производство целлюлозы намечено увеличить на 7,2%, картона — на 8,4%, бумаги — на 2,5%.

В материалах сессии указан и ряд недостатков в целлюлозно-бумажном производстве: невыполнение плана ввода в действие мощностей, медленное освоение новых предприятий и объектов, недостаточное использование мощностей действующих предприятий.

На 1974 год в народном хозяйстве намечены новые мероприятия по научно-техническому прогрессу: предусмотрено освоить производство около 1200 наименований новой продукции, более 4 тыс. новых типов машин, оборудования и приборов, разработать 540 заданий по внедрению передовой технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, создать свыше 500 вычислительных центров на предприятиях и в учреждениях и т. д.

Намечены новые мероприятия по развитию сельского хозяйства. Объем валовой продукции сельского хозяйства превысит 1000 млрд. руб., что на 6,4% превосходит уровень текущего года.

Предусмотрена широкая программа действий в области дальнейшего повышения уровня жизни народа. Среднемесячная заработная плата рабочих и служащих увеличится на 3,6%, оплата труда колхозников — на 6,1%. Общественные фонды потребления возрастут на 6,5% и достигнут 82,5 млрд. руб. В целом реальные доходы в расчете на душу населения увеличатся на 5% по сравнению с 1973 годом.

В 1974 году предусматривается построить 113,4 млн. м² жилой площади, или на 5 млн. м² больше, чем в 1973 году.

Получит дальнейшее развитие просвещение, образование и здравоохранение. Прием студентов в вузы в 1974 году составит 943 тыс. человек, высшие и средние специальные заведения в 1974 году подготовят для народного хозяйства более 1,8 млн. специалистов. Подготовка молодых специалистов, способных решать самые сложные научно-технические задачи, — важное направление в наращивании экономического потенциала страны. В настоящее время в народном хозяйстве СССР занято около 2,5 млн. дипломированных инженеров. Общее число специалистов с высшим и средним специальным образованием в народном хозяйстве СССР в 1975 году составит примерно 23 млн. человек, а их удельный вес среди работающих — 20%.

В 1974 году будут дальше развиваться внешнеэкономические связи Советского Союза с зарубежными странами. Оборот внешней торговли увеличится на 10% по сравнению с 1973 годом.

В развитии народного хозяйства большая роль принадлежит государственному бюджету СССР. Общая сумма расходов на народное хозяйство возрастет до 95,1 млрд. руб. Средства, направленные на дальнейшее развитие народного образования, медицинского обслуживания населения и социального обеспечения составят 70,2 млрд. руб. Ассигнуется на содержание вузов и техникумов 4,5 млрд. руб., или на 4% больше, чем в 1973 году. Затраты на научные исследования из бюджета и собственных средств хозяйства достигнут 16,4 млрд. руб. и возрастут на 5,9%.

В Постановлении декабрьского (1973 г.) Пленума ЦК КПСС указывается, что выполнение и перевыполнение плана 1974 года будет иметь определяющее значение для успешного завершения пятилетки в целом, создаст условия для дальнейшего роста экономического могущества страны, повышения материального благосостояния и культурного уровня народа.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.81

РАЗЛИЧИЯ В АНАТОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ
КОРЫ КОРНЯ И СТВОЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

В. М. ЕРЕМИН, В. М. МАКСИМОВ

Воронежский лесотехнический институт

Изложены результаты исследования микроструктуры коры корня и стебля сосны обыкновенной. Выявлены существенные различия в гистологическом составе тканей коры, степень их развития, топографии и характере возрастных изменений. В целом кора стебля развита значительно лучше, чем кора корня. Данные измерений обработаны методами математической статистики.

Известно, что в первичном строении корня и стебля имеются весьма существенные различия, которые несколько сглаживаются по мере формирования тканей вторичного происхождения. Однако, несмотря на сходство функций вторичных тканей корня и стебля, общность происхождения и параллелизм в онтогенезе, между корой и древесиной корня и стебля различия сохраняются. По мнению К. Эсау [9], они носят скорее количественный, чем качественный характер. В литературе имеется достаточно сведений о строении древесины этих органов [1]—[5], [9]—[11]. Выводов о различиях в строении коры корня и стебля по литературным данным сделать не представляется возможным, так как изучение анатомии коры корня начато только в последние годы. Проведенные на кафедре ботаники и дендрологии Воронежского лесотехнического института (ВЛТИ) сравнительно-анатомические исследования коры корня и ветвей некоторых покрытосеменных позволяют судить об особенностях строения коры деревьев только до 5—6 лет [6], [7]. Сравнительных исследований коры корня и ствола хвойных до сих пор не было, хотя знание анатомии коры корня, онтогенеза тканей и характера возрастных изменений имеет важное практическое и теоретическое значение. Нам известна лишь одна работа, в которой описаны чечевички на корнях сосны обыкновенной [8].

Мы исследовали анатомическую структуру коры корня и ствола сосны обыкновенной, имеющей возраст 1; 4; 6; 20 и 40 лет. Модельные деревья 6-, 20- и 40-летнего возраста отбирали в Правобережном лесничестве Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ. Образцы коры из одновозрастных участков ствола и корня брали в октябре 1972 г. и фиксировали в смеси спирта и глицерина. Продольные и поперечные срезы и постоянные препараты из них изготавливали по общепринятой методике, для исследования препаратов использовали микроскопы МБИ-6 и МББ-1.

Так как ткани коры стебля и корня имеют общее происхождение (во вторичном строении) и сходны функционально, то различия следует ожидать, по-видимому, прежде всего в гистологическом составе, топографии, степени развития тканей (количественном участии в сложении коры) и характере возрастных изменений. Рассмотрим каждый из указанных факторов.

Гистологический состав коры

По составу тканей, слагающих кору, между корнем и стеблем наблюдается существенное различие примерно до 30 лет. До этого возраста корка в составе коры корня отсутствует, а функции покров-

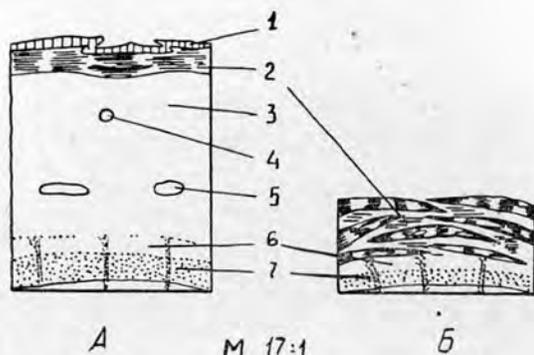


Рис. 1. Схема расположения тканей коры в однолетнем побеге А и в однолетнем корне Б.

1 — эпидермис и гиподерма; 2 — перидерма; 3 — первичная кора; 4 — дополнительный смоляной ход; 5 — основной смоляной ход; 6 — непроводящая флоэма; 7 — проводящая флоэма. Увелич. в 17 раз.

ной ткани выполняет внешняя (наружная) перидерма. В стебле же внешняя перидерма функционирует всего 2—3 года, а с 4 лет формируется корка. Следовательно, до 30 лет в коре корня отсутствуют и повторные перидермы, а в коре стебля они закладываются с 4 лет.

В корне и стебле значительно различаются внешние перидермы: в составе перидермы корня преобладает каменистая пробка и очень мало губчатой, а в стебле каменистая расположена в виде небольших линз в массе губчатой (рис. 1). В стебле перидерма по способу заложения является субгиподермальной, то есть феллоген вычленяется периферическими клетками первичной коры, а в корне перициклом, и перидерма формируется под первичной корой.

Окончательно сложившиеся корень и стебель вторичной структуры в однолетнем возрасте различаются и тем, что кора стебля имеет эпидермис, гиподерму и первичную кору, которых нет в коре корня (рис. 1). В коре стебля (в молодом возрасте) очень хорошо развита первичная кора, включающая систему основных и дополнительных смоляных ходов. В корне первичная кора функционирует всего 2—3 недели в зоне всасывания, когда он имеет первичное строение.

Топография тканей коры

Особенности размещения тканей коры стебля и корня обусловлены наличием в коре молодых стеблей первичной коры, а начиная

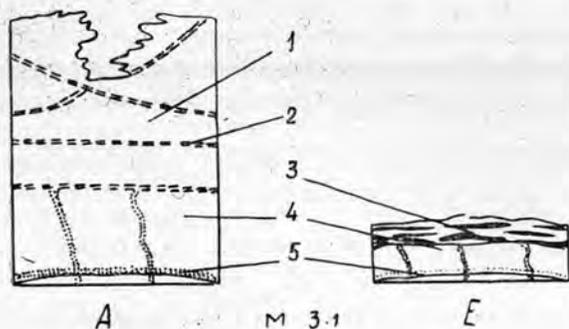


Рис. 2. Схема расположения тканей коры в 6-летнем стебле А и в 6-летнем корне Б.

1 — корка; 2 — повторные перидермы; 3 — наружная перидерма; 4 — непроводящая флоэма; 5 — проводящая флоэма. Увелич. в 3 раза.

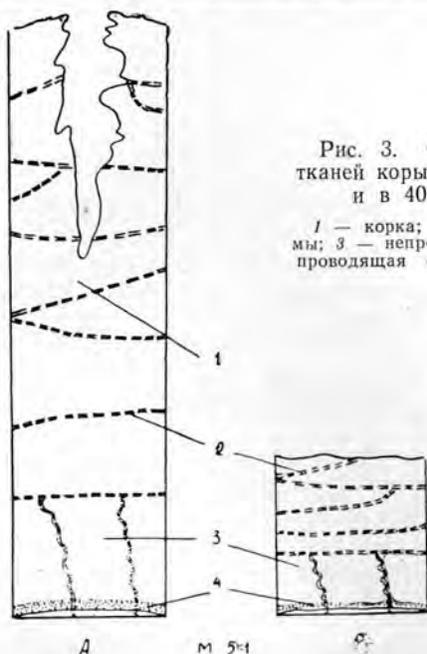


Рис. 3. Схема расположения тканей коры в 40-летнем стволе А и в 40-летнем корне Б.

1 — корка; 2 — повторные перидермы; 3 — непроводящая флоэма; 4 — проводящая флоэма. Увелич. в 5 раз.

с 4 лет — корки. В стеблях и корнях старше 30 лет в топографии тканей различий нет: за камбием располагается вторичная флоэма, а за ней корка. В корнях моложе 30 лет вместо корки вокруг флоэмы расположена внешняя перидерма. В коре стебля до слоя корки вокруг флоэмы находится довольно широкий пояс первичной коры. Снаружи побег покрыт эпидермисом, под ним — отдельные участки гиподермы. В молодых корнях этих тканей нет и за флоэмой сразу следует перидерма. Топография тканей коры стебля и корня в разном возрасте приведена на рис. 1, 2, 3.

Степень развития тканей

Во всех образцах, исследованных нами, общая толщина коры в стебле оказалась в 3—5 раз больше, чем в корне. У деревьев с 30 лет эта разница объясняется степенью развития корки, которая у корня в 5—6 раз тоньше. Однако формирование корки есть возрастное изменение, а новообразование элементов коры связано с деятельностью камбия, который ежегодно откладывает слой флоэмы в стебле в 1,5—2 раза толще, чем в корне. А это, в свою очередь приводит к большому накоплению в коре стебля непроводящей флоэмы и корки. Различие в толщине последнего годичного слоя флоэмы (проводящая флоэма) обусловлено неодинаковым количеством ситовидных клеток в радиальном ряду и их различными радиальными размерами. В стебле камбий откладывает в 1,5—2 раза больше ситовидных элементов, чем в корне (табл. 1). По данным таблицы прослеживается интересная закономерность в изменении поперечников ситовидных элементов: до 5 лет и радиальные, и тангентальные размеры ситовидных клеток во вторичной флоэме корня значительно больше, что связано, по-видимому, с различной напряженностью нисходящего тока именно в этих частях указанных органов. В более старшем возрасте достоверное различие сохраняют только радиальные размеры, причем в стебле они

Таблица 1

Элементы коры	Характеристика элементов коры ствола (числитель) и корня (знаменатель) сосны обыкновенной в возрасте, лет				
	40	20	6	4	1
Кора (общая толщина), мм	$\frac{16-17}{3,9-4,2}$	$\frac{16-17}{2,4-2,5}$	$\frac{5,1-5,2}{0,8-0,9}$	$\frac{3,0-3,1}{0,6-0,7}$	$\frac{1,2-1,3}{0,30-0,35}$
Корка, мм	$\frac{13-14}{2,2-2,3}$	$\frac{13-15}{-}$	$\frac{3,1-3,2}{-}$	$\frac{1,8}{-}$	-
Внешняя перидерма, мк	-	$\frac{-}{200-300}$	$\frac{-}{200-300}$	$\frac{-}{320-380}$	$\frac{100-120}{160-170}$
Повторная перидерма, мк	$\frac{100-300}{100-250}$	$\frac{100-200}{-}$	$\frac{120-150}{-}$	$\frac{50-60}{-}$	-
Расстояние между повторными перидермами, мм	$\frac{2-3}{0,3-0,5}$	$\frac{2-3}{-}$	$\frac{0,5-1,5}{-}$	$\frac{0,7-1,0}{-}$	$\frac{-}{0,8-0,9}$
Первичная кора, мм	-	-	-	-	-
Флоэма, мм	$\frac{2,8-3,0}{1,8-1,9}$	$\frac{2,4-2,5}{1,8-1,9}$	$\frac{1,5-1,6}{0,7-0,8}$	$\frac{1,1-1,2}{0,3-0,4}$	$\frac{0,17-0,18}{0,08-0,09}$
в том числе проводящая, мк	$\frac{200-220}{180-160}$	$\frac{150-160}{80-90}$	$\frac{160-170}{60-90}$	$\frac{100-120}{80-100}$	$\frac{140-150}{50-60}$
Число клеток в радиальном ряду проводящей флоэмы, шт.	$\frac{10-11}{8-9}$	$\frac{8-10}{5-7}$	$\frac{9-11}{5-8}$	$\frac{8-10}{5-6}$	$\frac{13-15}{7-10}$
Число тяжей клеток с кристаллами на 1 мм ² тангентального среза, шт.	$\frac{3-4}{1-2}$	$\frac{5-6}{1-2}$	$\frac{3-8}{1-2}$	$\frac{4-8}{1-2}$	$\frac{1-5}{1-2}$
Число флоэмных лучей на 1 мм ² тангентального среза проводящей флоэмы, шт.	$\frac{30-35}{20-22}$	$\frac{30-35}{30-35}$	$\frac{25-30}{30-35}$	$\frac{30-35}{30-35}$	$\frac{35}{35}$
Высота лучей, мк	$\frac{160}{151}$	$\frac{186}{136}$	$\frac{159}{123}$	$\frac{142}{111}$	$\frac{153}{106}$
Ситовидные клетки тангентальный размер, мк	$\frac{27 \pm 1,3}{30 \pm 0,6}$	$\frac{26 \pm 0,8}{30 \pm 1,3}$	$\frac{29 \pm 1,4}{26 \pm 1,1}$	$\frac{22 \pm 0,9}{30 \pm 1,7}$	$\frac{17 \pm 0,3}{31 \pm 1,3}$
существенность различия	1,9	2,3	1,6	4,5	10,0
радиальный размер, мк	$\frac{22 \pm 0,8}{18 \pm 0,6}$	$\frac{17 \pm 0,4}{14 \pm 0,6}$	$\frac{17 \pm 0,4}{16 \pm 0,7}$	$\frac{15 \pm 0,7}{19 \pm 0,4}$	$\frac{11 \pm 0,4}{15 \pm 0,5}$
существенность различия	3,2	4,2	2,2	18,0	18,5

уже больше, чем в корне (примерно с 5—6 лет), а различие между тангентальными размерами недостоверно.

В количестве запасяющих тканей заметных различий мы не обнаружили. Вертикальная паренхима, располагающаяся в виде тангентальной прослойки в годичном слое флоэмы, в коре корня представлена несколько большим количеством на единицу площади поперечного среза в силу того, что годичный слой флоэмы в корне уже. Количество флоэмных лучей на единицу площади тангентального среза в корне и стебле различается незначительно. Их средняя абсолютная высота в

коре стебля несколько больше, тем не менее это различие недостоверно. Количественная характеристика элементов коры приведена в таблице.

Характер возрастных изменений

Наиболее глубокое возрастное изменение коры — формирование корки в результате заложения повторных перидерм. По структуре повторные перидермы в корне и стебле существенных различий не имеют, однако расположены они неодинаково: расстояние между ними в коре ствола в 6—10 раз больше, чем в коре корня.

С возрастом во вторичной флоэме обычно увеличивается количество клеток с кристаллами оксалата кальция. В корне кристаллоносных клеток в 2—3 раза меньше, чем в стебле. Сами же кристаллы в коре корня и стебля одинаковы: это типичные стилоиды длиной 80—120 мк.

Одна из отличительных черт древесины корня — менее четкая годичная слоистость. Это положение справедливо и для вторичной флоэмы. В стволе на границе годичных слоев флоэмы наблюдается более значительная облитерация ситовидных элементов, и сезонная периодичность в сложении флоэмы выражена очень четко. В корне облитерация происходит более равномерно, и граница между годичными слоями почти не выражена.

Таким образом, в анатомическом строении коры ствола и корня сосны обыкновенной разного возраста наблюдаются четкие различия в гистологическом составе, топографии тканей, количественном участии тканей в составе коры и характере возрастных изменений. Так как гистологический состав коры у сосны обыкновенной богаче, чем состав древесины, то и различия более многообразны и не всегда аналогичны тем, которые наблюдаются в древесине.

Специфика строения коры ствола и корня, безусловно, является следствием различий в условиях обитания этих органов и функциональных особенностей рассмотренных структур.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Е. Вихров, Л. В. Костарева. Анатомическое строение древесины, корней некоторых хвойных пород. «Ботанический журнал», т. 45, ± 9, 1960. [2]. Л. А. Иванов. Анатомия растений. Гослестехиздат, Л., 1939. [3]. Л. А. Лебедеенко. Некоторые особенности строения древесины корней хвойных. *Drevarsky vyuskum*, 1961. [4]. Л. А. Лебедеенко. Сравнительно-анатомический анализ зрелой древесины корней и стволов некоторых древесных растений. Труды института леса и древесины, т. 51, изд-во АН СССР, М.—Л., 1962. [5]. А. А. Никитин. К вопросу об анатомическом строении корней главных плодовых пород Киргизии. Труды Ботанического института АН СССР, сер. V, т. 3, 1952. [6]. П. Б. Раскатов, Т. Е. Манохина. Особенности анатомической структуры коры в корнях осины. Материалы научно-методической конференции, Химия, ботаника, зоология. Белгород, 1970. [7]. Т. Е. Савельева. Сравнительно-анатомические особенности коры корней и ветвей некоторых древесных пород. Журн. «Биологические науки» № 8, 1972. [8]. А. Н. Шатерникова. О чечевичках у *Pinus silvestris*. «Ботанический журнал», т. 14, № 1, 1929. [9]. К. Эсау. Анатомия растений. Изд-во «Мир», М., 1969. [10]. M. W. Van Papp. Vascular rays and adventitious root formation in *Thuja occidentalis*. *Am. J. Bot.* 28, 1941. [11]. M. W. Van Papp. Variability in wood structure in roots of native Ontario Conifers. *Bull. Torry Bot. Club*, 68, 1941.

Поступила 14 февраля 1973 г.

УДК 634.0.114.22

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, ВЛАЖНОСТЬ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ НА ВЫРУБКАХ С ЕЛОВЫМ ПОДРОСТОМ

Е. И. ИВАНОВА, Е. И. УСПЕНСКИЙ

Марийский политехнический институт

Рассмотрена биологическая активность, влажность и физико-химические свойства почвы на открытых вырубках, в куртинах елового подроста и под пологом материнского древостоя. Выявлено влияние характера размещения подроста на его выживаемость.

Изучению изменения физико-химических свойств и водного режима почв на сплошных вырубках посвящено значительное число работ [3]—[6]. Однако сохранение подроста на вырубках вносит определенные коррективы. Поэтому в Пижемском лесхозе Горьковской области мы исследовали физико-химические и биохимические свойства почвы на вырубках с 15—25-летним еловым подростом в двух наиболее распространенных коренных типах леса: ельниках липняковом и черничном, а также на участках вырубок с куртинным и единичным подростом. Одновременно аналогичные исследования были выполнены в прилегающих участках под пологом леса.

Почва в ельнике липняковом дерново-слабоподзолистая супесчаная, развита на водно-ледниковых бескарбонатных супесчаных отложениях. Лесная подстилка в большинстве случаев трехслойная грубогумусная. Механический состав и физико-химические свойства этой почвы (табл. 1) показывают, что горизонты A_1 и особенно A_2B обеднены частицами физической глины (менее 0,01 мм) и поглощенными основаниями. Реакция сильнокислая по всему профилю.

Наименование почвы	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Общий азот, %	Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность
					мг-экв на 100 г почвы	
Дерново-слабоподзолистая супесчаная (ельник липняковый, полог леса, состав древостоя 6Е 2П × × 2Ос)	A_0	0—3	61,3*	1,54	—	—
	A_1	3—11	2,58	0,20	8,22	9,7
	A_2B	20—30	0,55	Не опр.	2,12	2,5
	B_1	45—55	0,48	"	8,99	7,2
	B_2	80—90	0,61	"	13,46	5,9
	B_3	105—115	0,54	"	13,91	5,3
	C	150—160	0,30	"	16,26	3,2
Дерново-сильноподзолистая супесчаная на супесях (ельник-черничник, состав древостоя 5Е 3Б 2Ос)	A_0	0—4	87,1	1,31	—	—
	A_1	4—10	2,27	0,17	6,38	39,0
	A_2	10—26	0,42	Не опр.	2,52	1,4
	B_1	35—45	0,49	"	10,01	1,6
	B_2	55—65	Не опр.	"	13,59	1,8
	C	80—90	0,41	"	16,06	1,2

* Дана потеря от прокалывания.

В ельнике черничном почва дерново-сильнопodzолистая супесчаная грубогумусная, развитая на водно-ледниковых бескарбонатных супесях, на глубине 1 м подстилается глинами и суглинками. Наличие подстилающей породы и неглубокое залегание почвенно-грунтовых вод привели к развитию укороченного почвенного профиля с укороченным иллювиальным горизонтом. Почва ельника-черничника несколько беднее гумусом, азотом и обменными основаниями, в подзолистом горизонте меньше частиц физической глины. Горизонты A_0 и A_1 характеризуются большей кислотностью, чем те же горизонты почвы ельника липнякового. Степень насыщенности гумусового горизонта основаниями невелика, но с глубиной она резко увеличивается.

Чтобы проследить за различиями в биологических процессах в почве, происходящих после рубки древостоя, мы определяли биологическую активность почвы по методу В. И. Штатнова [9] в модификации В. Н. Смирнова [8]. Результаты исследований 1966 г. (табл. 2) показали, что наиболее низкая биологическая активность почвы наблюдается на вырубке в ельнике липняковом в летний период (июнь — июль). Иссушение лесной подстилки, влажность которой в засушливые периоды вегетационного сезона доходит до значения максимальной гигроскопичности, замедляет деятельность микроорганизмов и снижает выделение CO_2 из почвы. Лишь в сентябре, когда понижается температура почвы и в достаточной степени увлажняется подстилка, биологическая активность почвы на вырубке оказывается выше, чем под пологом леса.

В пределах вырубки заметно более интенсивное выделение CO_2 под куртинами подроста в обоих типах леса. Это связано с большей влажностью почвы под куртинами при сохранении достаточной проницаемости, а также с большей массой опада.

В ельнике черничном в течение вегетационного периода наблюдается меньшее иссушение лесной подстилки и поверхностных слоев почвы, поэтому здесь на вырубке биологическая активность почвы оказалась выше, чем в ельнике липняковом.

Осенью (сентябрь) биологическая активность почвы снижается, причем более резко в ельнике черничном, что обусловлено понижением температуры и сильным повышением влажности. Биологическая активность почвы под пологом ельника липнякового выше, чем в ельнике

Таблица 1

Степень насыщенности почв основаниями, %	Подвижный Al по Соколову, мг-экв на 100 г почвы	рН солевой суспензии	P_2O_5 , мг на 100 г почвы по Кирсанову	K_2O мг на 100 г почвы по Пейве	Содержание частиц, %	
					физической глины 0,01 мм	физического песка 0,01 мм
—	—	5,7	—	—	—	—
45,8	0,25	4,1	1,25	12,0	17,32	82,68
45,5	0,42	4,3	сл.	2,0	12,34	86,66
55,5	2,54	4,1	нет	6,2	26,25	73,75
69,4	1,57	3,9	3,12	11,2	26,52	73,48
72,9	0,98	3,9	4,37	9,0	24,49	75,51
81,2	0,52	4,1	10,0	12,5	19,92	80,08
—	—	4,0	—	—	—	—
14,1	0,1	3,4	1,25	7,6	19,87	80,13
64,7	0,07	4,0	1,25	4,5	8,67	91,33
86,3	—	4,9	5,0	1,9	19,26	80,74
85,5	1,19	4,9	1,87	6,3	25,30	74,70
93,0	0,009	5,0	6,87	7,0	17,70	82,30

Таблица 2

Категория участка	Срок наблюдения	СО ₂ , г с 1 м ³ /час	Температура почвы, °С	Влажность подстилки, %
Открытая 3-летняя вырубка	18/VI	0,25	15,3	40,1
		0,24	13,0	58,0
	25/VII	0,22	18,4	32,3
		0,45	17,2	53,0
	10/IX	0,32	11,8	92,0
		0,24	10,2	160,0
Куртина подроста на вырубке	18/VI	0,36	14,0	55,0
		0,40	12,1	82,0
	25/VII	0,38	16,7	48,9
		0,49	14,6	61,0
	10/IX	0,36	9,3	96,0
		0,27	8,7	221,0
Под пологом леса	18/VI	0,49	11,2	75,1
		0,34	9,8	93,0
	25/VII	0,51	14,2	62,2
		0,39	13,8	80,2
	10 IX	0,28	8,2	119,0
		0,23	7,4	173,0

Примечание. В числителе данные для ельника липнякового; в знаменателе — для ельника-черничника.

черничном. Это вызвано большим содержанием здесь гумуса, азота и поглощенных оснований и менее кислой реакцией горизонта А₁ и лесной подстилки.

Изменение режима влажности почвы на трехлетней вырубке в ельнике черничном иллюстрируется данными табл. 3. Влажность почвы определяли в июне — августе на десятый — двенадцатый день после выпадения дождя.

Таблица 3

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Наименьшая влагоемкость	Максимальная гигроскопичность	Полевая влажность почвы		
				на открытой вырубке	в куртине подроста	под пологом леса
% к сухому весу						
A ₀	0—5	109,3	23,9	33,3	54,5	65,5
A ₁ —A ₂	6—10	48,6	13,4	23,7	25,4	27,0
A ₂	11—30	13,6	1,2	8,8	9,2	7,6
Запас воды, мм						
A ₀	0—5	9	2	3	4	5
A ₁ —A ₂	6—10	15	4	7	8	9
A ₂	11—30	44	4	28	30	24
Всего		68	10	38	42	38

На ровных открытых участках вырубки в критические периоды в первую очередь резко снижаются запасы влаги в лесной подстилке. Влажность подстилки лишь незначительно превышает максималь-

ную гигроскопичность почвы. Еще сильнее иссушается подстилка на микроповышениях, состоящих из сгнивших стволов, пней и кочек органического происхождения. Здесь она пересыхает до воздушно-сухого состояния, и влага, по классификации А. А. Роде [8], становится труднодоступной для растений.

В куртинах подроста, особенно под пологом леса, вследствие меньшего физического испарения влажность подстилки и верхнего минерального горизонта выше, чем на вырубке. Однако и здесь в отдельные засушливые годы, по данным И. С. Васильева [1], В. Г. Карпова [2] и др., запасы влаги в подстилке могут сокращаться до границ влажности завядания.

Более глубокие горизонты почвы на вырубке благодаря защитному действию подстилки меньше подвержены колебаниям влажности. Под пологом леса они сильнее иссушаются вследствие влагопотребляющей деятельности корней.

Дефицит доступной влаги в подстилке и поверхностном минеральном слое почвы при продолжительной засухе вызывает массовую гибель мелкого елового подроста, корневые системы которого, как правило, не достигают минеральных горизонтов почвы. От недостатка влаги может пострадать и средней высоты подрост, имеющий поверхностные корни. Особенно чувствителен к недостатку влаги подрост, растущий на органическом субстрате.

Пятилетние наблюдения показали, что 70% мелкого и 22% среднего елового подроста на вырубках погибают именно вследствие иссушения органического субстрата в вегетационный период.

В целом же при групповом расположении подроста на вырубках создаются более благоприятные почвенные и микроклиматические условия для его выживаемости и дальнейшего роста. Отпад группового подроста составил 25,1%, а одиночного 32,6%. В лучших условиях оказываются те биогруппы и куртины подроста, в составе которых участвуют мягколиственные породы и подлесок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Васильев. Водный режим подзолистых почв. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева, АН СССР, 32, 1950. [2]. В. Г. Карпов. Экспериментальная фитоценология темнохвойной тайги. Изд-во «Наука», 1969. [3]. Р. М. Морозова. Изменение процессов почвообразования под влиянием концентрированных рубок леса. Сб. «Возобновление леса на вырубках и выращивание сеянцев в питомниках», Петрозаводск, 1964. [4]. М. К. Мурзаев. Влияние лесозаготовок на изменение водно-физических свойств почв на вырубках. Сб. «Леса Урала и хозяйство в них», вып. 2, 1968. [5]. А. В. Побединский. Рубки главного пользования. ГЛБ. 1961. [6]. Г. Е. Пятецкий, Р. М. Морозова. Изменения физических и химических свойств лесных почв южной Карелии в связи с вырубкой леса. Труды Карельского филиала АН СССР, вып. 34, 1962. [7]. А. А. Роде. Основы учения о почвенной влаге. Гидрометиздат, 1969. [8]. В. Н. Смирнов. К вопросу о биологической активности почв под лесами южной части таежной зоны. Труды института леса, т. 23, изд. АН СССР, 1954. [9]. В. И. Штатнов. К методике определения биологической активности почвы. Доклады ВАСХНИЛ, вып. 6, 1952.

Поступила 6 июля 1973 г.

УДК 634.0.5 : 581.524.4

ИЗМЕНЕНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРЕВОСТОЕВ ЕЛЬНИКА ЧЕРНИЧНОГО В СВЯЗИ С ЗОНАЛЬНОСТЬЮ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

П. Н. ЛЬВОВ, Л. Ф. ИПАТОВ

Архангельский лесотехнический институт

На основе анализа массовых выборок таксационных характеристик из материалов лесоустройства установлены существенные различия в высоте, диаметре, запасае, полноте и бонитете древостоев ельника черничного, произрастающих в разных подзонах тайги Европейского Севера.

Тезис Г. Ф. Морозова «лес — явление географическое» в наши дни получает все более глубокую научную разработку. Как для европейской части СССР, так и для Сибири и Дальнего Востока установлены различия в морфологии лесов и их производительности в связи со своеобразием условий физико-географической среды. Поэтому возникает необходимость организации и ведения лесного хозяйства с учетом географического разнообразия лесов, а следовательно, дальнейшего, более углубленного изучения их зональных особенностей.

В настоящей статье освещаются результаты исследований различий между средними величинами основных таксационных показателей самого распространенного на Европейском Севере типа леса — ельника черничного, произрастающего на разных географических широтах*. Основой для сравнения послужили массовые выборки таксационных характеристик древостоев из материалов лесоустройства (табл. 1). Анализу подвергнуты не тронутые рубками ельники в наиболее «устойчивом» возрасте (110—170 лет), когда наблюдается так называемое «равновесие тайги».

Таблица 1

Подзона	Широта	Лесхоз	Количество участков (выделов)	Площадь участков, тыс. га	Средняя площадь выдела, га
Долгота 45° (Архангельская, Вологодская области)					
Притундровая	66°00'	Мезенский	131	11,1	85
Северная	64°30'	Лешуконский	104	3,6	35
Средняя	62°00'	Авнюгский	103	2,5	24
Южная	59°30'	Никольский	91	2,6	29
Долгота 55° (Коми АССР)					
Притундровая	66°00'	Ижемский	202	6,5	32
Северная	64°00'	Сосногорский	105	4,2	40
Средняя	62°00'	Усть-Немский	102	3,2	31

* Существенность различия определяли по формуле. $t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} > 3$.

Таблица 2

Показатели	Подзона тайги			
	притундровая (66°00' с. ш.)	северная (64°00'—64°30' с. ш.)	средняя (62°00' с. ш.)	южная (59°30' с. ш.)
Долгота 45° (Архангельская и Вологодская области)				
Состав	7,0Е; 0,2С; 2,7Б; 0,1Ос	7,5Е; 0,3С; 0,3Лц; 1,8Б; 0,1Ос	6,9Е; 0,7С; 0,1Пк; 1,9Б; 0,4Ос	8,3Е; 0,2С; 0,3Пк; 0,5Б; 0,7Ос
Высота, м	14,2±0,004	16,9±0,026	19,3±0,055	23,4±0,020
Диаметр, см	19,7±0,03	20,7±0,04	22,8±0,07	28,4±0,05
Запас на 1 га, м ³	105±0,5	165±0,6	206±0,9	266±1,0
Полнота	0,56±0,001	0,63±0,002	0,65±0,002	0,67±0,002
Класс бонитета	V,1±0,002	IV,4±0,007	IV,1±0,01	III,0±0,0001
Долгота 55° (Коми АССР)				
Состав	7,1Е; 0,1С; 2,7Б; 0,1Ос	6,4Е; 0,3С; 0,5Лц; 2,8Б	7,3Е; 0,2С; 0,1Лц; 0,1Пк; 2,0Б; 0,3Ос	—
Высота, м	11,9±0,02	14,6±0,03	18,6±0,04	—
Диаметр, см	16,6±0,03	18,3±0,04	22,0±0,04	—
Запас на 1 га, м ³	91±0,4	133±0,6	198±0,9	—
Полнота	0,57±0,001	0,62±0,002	0,73±0,002	—
Класс бонитета	V,7±0,003	IV,8±0,008	IV,2±0,009	—

Для достижения достаточно высокой точности исследования ($\pm 2-3\%$) выбрано по 25—30 таксационных характеристик выделов в пределах каждого типа леса и класса возраста. Средние таксационные показатели (высота, диаметр, полнота и класс бонитета) вычислены через площади выделов, а для контроля — через число случаев.

Итоговые данные расчетов (табл. 2) свидетельствуют о выраженной связи таксационных показателей древостоев с широтной зональностью. Наиболее резко она проявляется в величинах средней высоты и среднего диаметра. От южной к притундровой подзоне средняя высота уменьшается почти вдвое. Коэффициент t между средними данными по объектам значительно превышает 3,0, что свидетельствует о весьма существенном различии. То же наблюдается и для среднего диаметра. При продвижении к северу на 1° географической широты (что составляет около 110 км) средняя высота уменьшается почти на 1,5 м а средний диаметр на 1,7 см.

Отмеченные особенности изменения средней высоты нашли отражение в величине среднего класса бонитета. Согласно лесоустроительным данным, ельник черничный в зависимости от широты характеризуется следующими классами бонитета: в притундровой подзоне (66° с. ш.) — V—Va, северной ($64-65^\circ$ с. ш.) — IV,5 и V, средней (62° с. ш.) около IV и в южной ($59^\circ 30'$ с. ш.) — III (табл. 2).

По мере продвижения к северу относительная полнота также уменьшается, хотя и незначительно, но различие в полнотах в разных подзонах существенно.

Уменьшение высоты, диаметра и полноты в конечном итоге определило значительное снижение запаса стволовой древесины на 1 га. Так, на долготе 45° запас снизился с 266 м^3 в южной подзоне до 105 м^3 в притундровой, то есть более чем в два раза. На 1° широты снижение запаса составляет почти 30 м^3 .

Состав древостоя мало зависит от зональности. Доля участия ели в древостоях, отнесенных лесоустройством к еловым хозсекциям, колеблется от 64 до 83%. Из сопутствующих пород для ельника черничного характерна устойчивая примесь березы. По мере продвижения к югу доля участия ее снижается с 27 до 5% (на долготе 45°). Количество осины несколько возрастает, но и в южной подзоне тайги

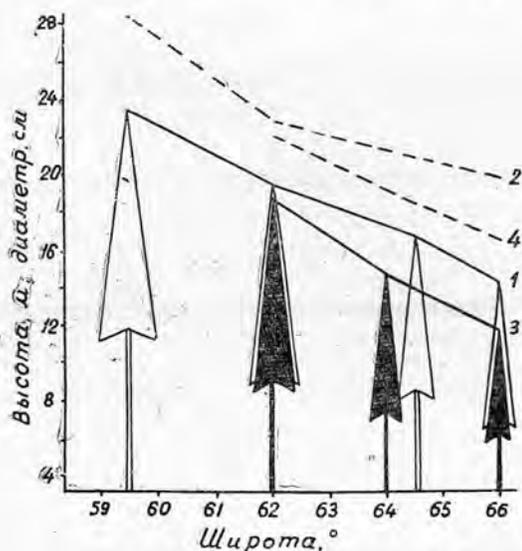


Рис. 1.

1 и 2 — высота и диаметр на долготе 45° ; 3 и 4 — высота и диаметр на долготе 55° .

примесь ее не превышает 7%. Из других хвойных пород в составе лесов ельника черничного встречается сосна (до 7%) и в меньшем количестве лиственница и пихта.

Рассмотренный материал позволяет подметить изменение таксационных показателей и по долготе. Наиболее четко оно проявляется в величине высоты и диаметра, особенно в северной части, в притундровой и северной подзонах (рис. 1). Это объясняется возрастанием континентальности климата в северо-восточном направлении [1], [2], [6]. Для средней подзоны тайги отмеченное различие выражено меньше, но и здесь оно остается существенным ($t > 3$).

Полученные материалы убедительно свидетельствуют о значительных изменениях таксационных показателей в древостоях ельника черничного в связи с горизонтальной зональностью лесов в европейской части СССР. Следовательно, ельник черничный (как и другие типы лесов) имеет ряд географических вариантов. Каждый из них представляет собой особый (одноименный) тип леса, отличающийся от других морфологией и производительностью. Данный вопрос был освещен нами ранее ([3]—[6] и др.).

Результаты исследований еще раз подтверждают необходимость решения организационных и хозяйственных вопросов на географической основе не только в лесном хозяйстве, но и в лесной промышленности. В частности, таблицы хода роста следует составлять не по административным единицам, а по подзонам тайги, нормы и расценки разрабатывать с учетом различной производительности лесов на разных широтах, а все лесохозяйственные работы выполнять дифференцированно, с учетом природы типов лесов в разных подзонах тайги Европейского Севера.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Агроклиматический справочник по Коми АССР. Сыктывкар, 1961. [2]. Леса и лесная промышленность Коми АССР. Гослесбумиздат, М.—Л., 1961. [3]. П. Н. Львов. Зональные границы и черты лесов Европейского Севера. Тезисы доклада на юбилейной научной конференции АЛТИ, Архангельск, 1969. [4]. П. Н. Львов. Продуктивность лесов Европейского Севера в связи с широтной зональностью. Материалы симпозиума «Продуктивность биоценозов субарктики», УФ АН СССР, Свердловск, 1970. [5]. П. Н. Львов. Географические варианты ельника черничного на Европейском Севере. Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам адаптации растений к экстремальным условиям среды, Петрозаводск, 1971. [6]. П. Н. Львов. Природа лесов Европейского Севера и ведение в них хозяйства. Северо-Западное книжное изд-во, Архангельск, 1971.

Поступила 6 июля 1973 г.

УДК 625.089.1

ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДОРОЖЕК В ДЕНДРОСАДАХ И ПИТОМНИКАХ

Т. Д. СУСЛОВА

Московский лесотехнический институт

Приводятся данные об изменении качеств поверхности грунтовых дорожек в питомниках при различных вариантах внесения в грунт химических реагентов (фурфурола и анилина), о трудозатратах и общей стоимости укрепления.

Во II дорожно-климатической зоне, к которой относится и Московская область, местные грунты в большинстве суглинистые пылеватые. В весенний и осенний периоды состояние грунтовой дорожной сети пи-

томников, дендросадов, дендрочастков зависит от погодных условий, сезонного поднятия грунтовых вод и других факторов. Кроме того, с весны и на протяжении всего летнего сезона малоэксплуатируемые участки дорожной сети зарастают сорняками. Такие участки — косвенный источник распространения сорняков по всей территории.

Полному или частичному устранению этих недостатков дорожной грунтовой неулучшенной сети может способствовать укрепление местных грунтов, например, с помощью фурфурола и анилина. Данные реагенты были применены в Московском лесотехническом институте при устройстве дорожек дендрочастков. Был учтен опыт аэродромного и автодорожного строительства, а также проведены специальные исследования специфических условий дорожной сети зеленых объектов.

В подтверждение имеющихся данных установлено, что при введении реагентов в местный грунт значительно уменьшается его влагоемкость, повышается гидрофобность ($B = 0,3 \div 0,2$), грунт становится погодоустойчивым. Это способствует стабилизации его прочности в периоды распутиц и обильного выпадения осадков. Модуль деформации достигает $600-800 \text{ кг/см}^2$ и более [3]. Такой высокий модуль деформации наблюдается в случае локализации действия подстилающего грунта, то есть при наличии искусственного основания. На зеленых объектах возможно устройство дорожной сети облегченного типа без основания. Улучшается только дневная поверхность грунта. В любом случае грунт, обработанный фурфурол-анилином (ФА), обладает значительно лучшими и более стабильными дорожно-строительными качествами. Кроме того, проведенные в МЛТИ исследования [3] показали, что слой грунта, обработанного ФА, влияет на режим влажности подстилающего грунта, стабилизируя его. Влажность почти не изменяется даже в засушливые летние периоды. Это связано с уменьшением физического испарения из нижележащих слоев. В то же время при выпадении осадков не наблюдается переувлажнения нижележащих слоев, так как улучшенный слой грунта сокращает инфильтрацию. Приобретенные грунтом качества сохраняются в течение 8—10 лет.

Грунтовая поверхность, обработанная ФА, не зарастает сорными растениями (рис. 1), чему способствует высокая гидрофобность улучшенного грунта, при которой наблюдается недостаток влаги. Более подробно результаты исследований данного вопроса изложены в опубликованных ранее работах [2], [3].

Растительность, расположенная близко к обработанным дорожкам, не угнетается. Это объясняется тем, что при взаимодействии реа-



Рис. 1.

генты образуют синтетическую смолу, лишенную способности мигрировать. Для установления зоны миграции реагентов в горизонтальном и вертикальном направлениях были проведены специальные исследования [3]. При непосредственном соприкосновении с обработанным грунтом в корневой системе травянистого или начинающего рост древесного растения наблюдается сокращение сосущей системы, проявляется отрицательный хемотропизм. У развитых кустарниковых и древесных растений изменений не происходит, так как их корни расположены глубже.

Таким образом улучшенная поверхность дорожек обладает гербицидными свойствами, которые сохраняются в течение ряда лет. По истечении 3—4 лет на дорожки с прилегающих участков заносится слой почвы, который служит средой для укоренения сорняков.

При устройстве дорожной сети с применением фурфурола и анилина можно использовать два метода. Метод смешения на месте целесообразно применять на участках с транспортным движением, наиболее интенсивно эксплуатируемых в хозяйстве, метод пропитки — на участках малоэксплуатируемых, где надо создать неразмокающую и незарастающую сорняками поверхность. В обоих методах реагенты берутся в соотношении от 1 : 2 до 1 : 2,5, или 34% фурфурола и 66% анилина.

При методе смешения дозировка реагентов составляет 1—2% от веса улучшаемого грунта. Например, для обработки 100 м² при толщине улучшаемого слоя 0,1 м и объемном весе 1600 кг/м³ потребуются 160 кг реагентов (54,4 кг фурфурола и 105,6 кг анилина).

Дозировка при методе пропитки назначается в зависимости от площади улучшаемого грунта. Например, на 100 м² расходуется 70—100 кг реагентов, то есть 23,8—34,0 кг фурфурола и 46,2—66,0 кг анилина.

При методе смешения толщина улучшаемого слоя может быть различна в зависимости от эксплуатационных требований к данному участку; обычно она составляет 8—15 см. При методе пропитки реагенты самопроизвольно проникают в глубь грунта, образуя улучшенный слой толщиной 1,5—2,0 см.

Улучшаемый ФА грунт должен иметь кислую или нейтральную реакцию ($pH \leq 7,4$). В гранулометрическом составе допускается большой диапазон — от легкой супеси до тяжелого суглинка.

Метод смешения на месте требует следующих технологических операций. Грунт с поверхности участка разрыхляют на заданную глубину (3—4 см) и измельчают. Для этого применяют фрезы; можно использовать автогрейдеры, бульдозеры, навесное оборудование, установленное на тракторе «Беларусь», бороны, лопаты. Взрыхленный подготовленный грунт доводят до влажности, близкой к оптимальной для данного грунта. Приводим ориентировочные значения оптимальной влажности (%):

пески	— 6—9
супеси	— 9—12
суглинки легкие и средние	— 12—15
суглинки тяжелые	— 16—20
суглинки тяжелые пылеватые	— 18—24
глины	— 19—25

Анилин (или фурфурол) вносят поливом с помощью различных поливочных устройств, опрыскивателей, леек. Внесенный реагент перемешивают с грунтом (при механизированном способе — за 1—2 прохода машины). Затем вносят второй реагент. Для каждого реагента

должно быть отдельное поливочное устройство. В случае использования одного и того же устройства его необходимо тщательно промывать перед загрузкой вторым реагентом. Это связано с тем, что реагенты при соприкосновении сразу начинают взаимодействовать с образованием смолы, которая закупоривает отверстия поливочного устройства. Сразу же вслед за поливом грунт профилируют с приданием поперечного уклона 2—3%. В зависимости от ширины участка профилировка может быть выполнена навесным оборудованием на тракторе «Беларусь», бульдозером, шаблонами. Затем улучшенный грунт укатывают 10-тонными катками, тротуарными катками или другими уплотняющими устройствами. Готовый участок можно вводить в эксплуатацию через 1—2 суток (в случае необходимости через 18—20 час).

Метод пропитки, разработанный в МЛТИ, предусматривает обработку грунта без нарушения его естественного сложения. При этом поверхность участка очищается от сорной растительности и выравнивается с помощью навесного оборудования на тракторе «Беларусь», автотрейдера, лопат, скребков. Затем придается поперечный уклон 3—4%. Спрофилированную поверхность поливают реагентом, а через 20—30 мин — вторым. При данном методе не требуется ни разрыхления, ни перемешивания, ни укатки улучшаемого грунта.

Несмотря на кажущееся превосходство, метод пропитки целесообразен только в вариантах, о которых уже было упомянуто.

Применение химических реагентов, которые активизируют ресурсы самого грунта, позволяет на 98—100% использовать местный грунт как основной дорожно-строительный материал. Привозного материала требуется немного. Приводим потребные количества привозного, наиболее часто применяемого материала. Для устройства 100 м² дорожек при толщине слоя 0,1 м нужно:

щебня	— 17,00 т (10 м ³)
фурфурола и анилина	— 1,80 т (при дозировке 10%)
цемента	— 0,16 т (при дозировке 1%)

Ориентировочная стоимость готовой конструкции (для тех же параметров):

щебеночной	— 95 руб.
фурфурол-анилиновой (по методу смешения)	— 76 руб.
фурфурол-анилиновой (по методу пропитки)	— 26 руб.

Затраты труда на устройство конструкции (при механизированном процессе):

щебеночной	— 4,87 чел.-дн.
фурфурол-анилиновой (по методу смешения)	— 1,11 чел.-дн.
фурфурол-анилиновой (по методу пропитки)	— 0,02 чел.-дн.

Безусловно, как стоимость, так и затраты труда будут варьировать в зависимости от дальности перевозки материалов, от технологии и особенно от вида использованных механизмов.

Реагенты, применяемые при пропитке грунта, химически активны и ядовиты. Поэтому требуется осторожность в работе, строгое выпол-

ние всех правил техники безопасности и точное дозирование. Близрастущие растения следует оберегать от непосредственного воздействия жидких реагентов. По данным ряда исследователей, образуемая реагентами синтетическая смола теряет ядовитые свойства реагентов [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. Ф. Мищенко и др. Химическое укрепление грунтов в аэродромном и дорожном строительстве. Изд-во «Транспорт», М., 1967. [2]. Т. Д. Суслова. Влияние фурфурол-анилиновой смолы на растительность при укреплении грунтовых дорожек. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1962. [3]. Т. Д. Суслова. Исследование влияния химических реагентов на изменения свойств грунтов и условий роста растений при устройстве дорожной сети питомников и лесопарков. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, М., 1969.

Поступила 23 июля 1973 г.

УДК 634.0.522

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ВЫСОТОМЕРОВ

Б. К. ТЕСЛЮК

Белорусский технологический институт

Н. К. ТЕСЛЮК

ВНИИЛМ

Теоретически исследуются оптические высотомеры акад. Н. П. Анучина, на основе этих исследований разрабатывается их усовершенствованный образец и приводятся результаты его испытаний.

Оптические высотомеры, предложенные акад. ВАСХНИЛ Н. П. Анучиным, являются наиболее портативными и удобными в обращении лесотаксационными приборами. Простота оптической схемы, состоящей всего из двух—трех линз, и высокая производительность измерений обусловили широкое распространение оптического высотомера ВА, выпускаемого производственно-экспериментальными мастерскими ВНИИЛМа. Усовершенствованный образец этого высотомера — таксационный прицел ТПА — содержит высотомер, дальномер (бипризма с внешней базисной рейкой), измеритель сумм площадей поперечных сечений в виде клиновидной призмы и маятниковый уровень и позволяет измерять уже несколько наиболее важных таксационных показателей. Наибольший интерес представило изучение

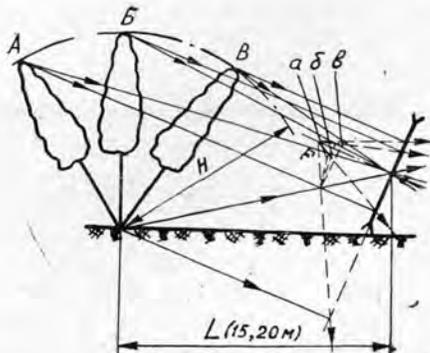


Рис 1.

А — дерево, расположенное выше наблюдателя по склону; а — его изображение; Б — дерево, расположенное на горизонтальной местности; б — его изображение; В — дерево, расположенное ниже наблюдателя по склону местности; в — его изображение.

принципа работы высотомерного устройства, так как теория измерений других таксационных показателей уже изложена в многочисленных публикациях.

Оптическая система высотомера у приборов Н. П. Анучина представляет собой перевернутую зрительную трубку Галилея и состоит из двух отрицательных линз с широким углом поля зрения ($2\omega = 60^\circ$) и одной положительной окулярной линзы. Шкала высотомера расположена впереди оптической системы (в пространстве предметов) и отградуирована на базисные дистанции 15 и 20 м (у ВА) и 20 м (у ТПА). На рис. 1 показано построение изображений дерева при различных случаях расположения наблюдателя на местности. При одной и той же высоте деревьев A, B и B , равной H , и базисной дистанции L , отмеренной по поверхности земли, величины изображений $a, б$ и $в$ оказываются различными. Так как шкала высотомера жестко закреплена параллельно главным плоскостям оптической системы, то при измерениях одинаковых по высоте деревьев в различных условиях рельефа отсчеты, сделанные по проекциям изображений $a, б$ и $в$ на шкалу, оказываются разными. Это говорит о неприменимости его для измерений в случае расположения наблюдателя выше или ниже дерева по склону. Усовершенствованная конструкция высотомера в таксационном прицеле, благодаря наличию отградуированного ниже нуля отрезка шкалы (до -6 м), позволяет измерять высоты и на склонах, но в этом случае требуется промерять 20-метровую базисную дистанцию в горизонтальном проложении, что значительно затрудняет и замедляет измерения.

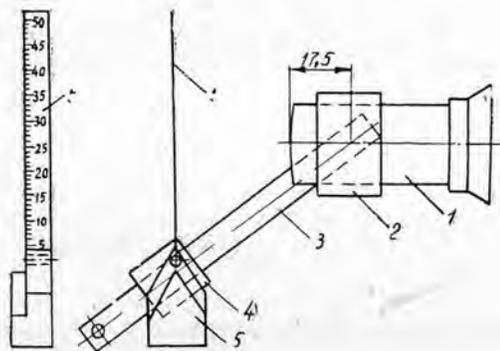


Рис. 2.

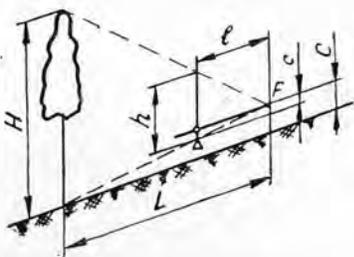


Рис. 3.

Для практики необходимо создать достаточно простой и точный прибор, который позволял бы вести измерения с различных базисных дистанций, откладываемых непосредственно по поверхности земли, а не в горизонтальном проложении, при различном типе рельефа местности без введения каких-либо поправок. Учитывая простоту и распространенность высотомера ВА, мы разработали без изменения оптической системы третью модификацию высотомера (рис. 2). Он состоит из зрительной трубки 1 высотомера ВА, к которой с помощью переходной муфты 2 крепится базисная рейка 3 под половинным углом поля зрения ($\omega = 30^\circ$). На базисной рейке нанесена шкала дистанций (расстояний от центра основания дерева до носков ног наблюдателя, измеряемых по поверхности земли на склоне любой крутизны). Графический интервал шкалы — 2 мм, а числовой — 1 м. Началом шкалы дистанций служит задний мнимый фокус объектива

зрительной трубки. На базисную рейку с помощью ползуна 4 шарнирно подвешен маятник 5 с равномерной шкалой высот. Ее графический интервал также равен 2 мм, а числовой — 1 м.

Нуль шкалы высот смещен относительно оси подвески на расстояние 1,6 м (в масштабе шкалы высот), что необходимо для автоматического введения поправок в высоту на средний рост наблюдателя. Последнее можно уяснить из схемы измерения высоты (рис. 3). Из подобия соответствующих измерительных треугольников следует, что $\frac{H \cdot h}{Ll}$.

Для откладывания на установочной шкале дистанций расстояния l в направлении, параллельном склону местности (для подобия треугольников), ось подвески смещена на расстояние c от нуля шкалы, равное в масштабе высоте роста C наблюдателя. В пространстве изображений зрительной трубки получаются параллельные изображения дерева и вертикальной шкалы при любом типе рельефа местности. Вследствие их одинакового видимого увеличения и взаимной пропорциональности сторон измерительных треугольников отсчеты высот равных деревьев получаются одинаковыми для всех трех случаев измерения.

Следовательно, для измерения высоты дерева на склоне любой крутизны с помощью высотемера необходимо измерить любое удобное расстояние от центра основания ствола до ног наблюдателя, отложить его на установочной шкале расстояний, передвигая ползун по рейке, и при визировании через зрительную трубку на дерево прочитать отсчет полной высоты, предварительно совместив нуль шкалы с основанием дерева. Равномерность и крупномасштабность шкал высот и расстояний и увеличенные диапазоны измерений у нового высотемера позволяют повысить точность и производительность измерений, особенно в горных лесах. Видимость основания ствола дерева — обязательное условие, которое должно выполняться при выборе места точки наблюдения. Этим обеспечивается автоматический учет тех минимальных углов наклона местности (в пределах $1-4^\circ$), которые в практической таксации леса при измерениях маятниковыми высотемерами обычно не принимаются во внимание. В насаждениях с густым подростом и подлеском точность измерения высот может значительно снижаться из-за ориентировочного определения местонахождения основания ствола (общий недостаток для всех лесных высотемеров).

Точность и производительность измерений оптическими высотемерами исследована экспериментальным путем в условиях равнинных лесов в Туровском леспромхозе Гомельской области БССР (контрольные измерения выполнены после повала деревьев) и в условиях горных лесов Кавказа в Сочинском лесхозе, Кавказском государственном заповеднике и Адлерском лесокомбинате (контрольные измерения проведены с помощью теодолита ТТ-5) на 22 пробных площадях, заложенных в насаждениях сосны, ели, березы, ольхи, бука восточного, дуба грузинского и пихты кавказской I—III классов бонитета с полнотой 0,7—1,0. При измерении расстояний на местности шагами средние квадратические ошибки определения высот в диапазоне 20—30 м у высотемера ВА составляют $\pm(3,5 \div 4,5\%)$, у высотемера ТПА $\pm(3,5 \div 4,0\%)$ и у высотемера в нашей модификации $\pm(2,7 \div 3,0\%)$. Сравнение ошибок по критерию Стьюдента указывает, однако, на отсутствие их достоверной разницы (по каждому варианту было сделано 30—60 наблюдений, а точность определения ошибок составила 5—12%). При измерениях в горных лесах дистанций мерной лентой с абсолютной ошибкой $\pm 0,1$ м у высотемера средняя квадратическая ошибка в диапазоне высот 10—15 м составляет $\pm 2,0\%$; при увеличении вы-

сот до 35—40 м ошибка постепенно снижается до $\pm 0,7\%$. Эти данные говорят о сравнительно высокой точности измерений высотомером деревьев. Ошибки могут незначительно возрасти из-за наклона и кривизны стволов, которые не были учтены при контрольных измерениях теодолитом. Между высотомерами оптического метода не обнаружено существенных различий в производительности измерений в равнинных лесах. Применение оптических высотомеров новой модификации в горных лесах позволяет повысить производительность измерений в 1,3—2,0 раза по сравнению с другими базисными высотомерами, при пользовании которыми на пересеченной местности приходится вводить поправки в значениях базисных дистанций и высот и проделявать устно дополнительные вычисления. Принцип работы высотомера можно использовать при разработке универсального лесотаксационного прибора, автоматически вводящего поправки на рельеф.

Поступила 21 мая 1973 г.

УДК 634.0.2 : 634.0.266

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ СТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ

А. В. ХАВРОНЬИН

Поволжская АГЛОС

Рассматривается вопрос о возобновлении в полезащитных лесных полосах. Установлено, что в условиях степного Заволжья семенным путем могут возобновляться клен остролистный и ясень зеленый. Единственный надежный способ омоложения дубовых насаждений — порослевое возобновление.

Один из важнейших вопросов защитного лесоразведения — изучение смены поколений древесных пород в лесных полосах. Надежное мелиорирующее воздействие лесных полос на окружающую местность может быть продлено сменой старого поколения деревьев новым, молодым и более жизнеспособным. Поэтому долговечность насаждений и постоянство их защитного влияния должны оцениваться не только возрастом одного поколения, но и продолжительностью жизни последовательно сменяющихся поколений [11].

Условия роста и развития древесной растительности в защитных лесных насаждениях имеют специфические особенности. В естественных древостоях смена поколений происходит как семенным, так и вегетативным путем; о полезащитных лесных полосах этого сказать нельзя.

Е. С. Павловский [6], изучавший естественное семенное возобновление в 60—70-летних лесных полосах Каменной степи, отметил, что все породы хорошо плодоносят, но наиболее успешно возобновляются семенами клен остролистный и ясень зеленый; береза и дуб не дают устойчивого подроста. К таким же выводам пришел Ю. Х. Новожегин [5] при исследовании естественного семенного возобновления в водораздельных лесных полосах, созданных по инициативе Н. К. Генко в 1886—1906 гг. Наши данные также не подтверждают наличия в этих насаждениях жизнеспособного подроста дуба [8].

Исследования Ф. Н. Харитоновича [9], [10] и С. С. Пятницкого [7] показывают, что самый простой и надежный способ продления жизни

лиственных насаждений в степи — порослевое возобновление. В степных условиях дуб возобновляется порослью особенно хорошо до 40 лет [2], [10]. На следующий год после рубки у 95—100% дубовых пней образуются порослевые побеги. По данным В. М. Борисова [1], при позднелетней рубке появляется поросль у 73% пней, после весенней только у 50% и летней — лишь у 12%.

В 1969—1970 гг. в 18—20-летних полезащитных лесных полосах Поволжской агролесомелиоративной опытной станции, произрастающих на обыкновенных черноземах, мы изучали семенное и порослевое возобновление некоторых древесных пород. Для определения количества благонадежного самосева (двух лет и старше) в полезащитных лесных полосах № 1, 6, 7, 15 и 16 закладывали учетные площадки размером 1 м² в 10—12-кратной повторности. Данные табл. 1 характеризуют способность разных древесных пород возобновляться естественным семенным путем. Всходы дуба были единичны, поэтому их наличие в таблице не отражено.

Таблица 1

Порода	Количество самосева на 1 га, тыс. шт.	Средняя высота, см	Средний диаметр у основания, мм
Береза бородавчатая	1,5	72,4	6,6
Клен остролистный	67,0	16,4	4,9
Клен ясенелистный	1060,0	20,9	3,2
Клен татарский	53,0	22,7	4,1
Вяз перистоветвистый	49,0	21,8	5,0
Ясень зеленый	18,0	18,3	3,1

Пользуясь шкалой В. Г. Нестерова [4], на основании данных табл. 1 мы можем констатировать, что естественным семенным путем удовлетворительно возобновляется большинство древесных пород, исключение составляют береза и дуб.

Одновременно в лесных полосах № 3-а, 7 и 23 изучали побегопроизводительную способность дуба, березы и клена остролистного. Пробные площадки размером 0,20—0,25 га закладывали на участках, где проводили реконструкцию лесных полос с целью придания им наиболее эффективной конструкции. Древесные породы удаляли из состава полос либо целыми рядами (дуб в полосах № 3-а и 7, клен остролистный в полосах (№7 и 23), либо выборочно (береза в полосе № 23). Рубку деревьев проводили в октябре. Наблюдения показали, что образование пневной поросли во времени у разных пород не одинаково. На пнях дуба и клена остролистного спящие почки пробуждаются одновременно с началом облиствления. Период роста порослевых побегов из спящих почек у березы весьма рано, хотя полное облиствление заканчивается немного раньше, чем у других пород.

Образование и интенсивный рост поросли дуба и клена продолжают 1—1,5 месяца, на березовых пнях поросль отрастает в течение всего вегетационного периода. Так, на 1 июля поросль имели 47,5% пней березы, на 25 июля — 47%, на 18 августа — 54,3% и на 1 сентября — 59,6%. За второй вегетационный период число березовых пней с порослью возросло до 65,9%. Количество пней с порослью клена остролистного и дуба к осени второго года увеличилось до 100%.

По нашим данным, после осенней рубки 18-летнего дуба в первый сезон образовали поросль 91—93% пней. Значит, позднелетний срок рубки наиболее благоприятен для образования массового жизнестойкого вегетативного поколения дуба.

Таблица 2

Порода	Возраст лесной полосы, лет	Высота пня, см	Диаметр пня, см	Количество порослевин, шт.	Диаметр порослевин, мм	Высота порослевин, мм	Количество пней с порослью, %
Дуб черешчатый	18	14,9	9,1	26,0	2,4—2,9	33,0—99,4	91,0
Клен остролистный	20	11,2	12,0	18,0	2,0—11,0	17,5—108,8	99,0
Береза бородавчатая	20	8,7	20,2	8,1	2,5—6,0	40,0—68,4	59,6

Как видно из табл. 2, достаточно высокой побегопроизводительной способностью обладают дуб и клен остролистный. По количеству пней с однолетней порослью и росту порослевых побегов береза намного уступает этим породам.

На второй год жизни 23% порослевин дуба имели за вегетационный период один прирост, 62% — два и 15% — три прироста. Образование двух приростов к концу второй вегетации у 67—75% порослевин отмечал также В. М. Борисов [1].

Средняя длина первого прироста равнялась 63,3 см, максимальная 130 и минимальная — 29 см. За второй период роста длина порослевых побегов увеличилась в среднем на 43,5 см при максимальной 126 и минимальной 8 см. Общая средняя длина поросли с тремя годовыми приростами равнялась 97 см, максимальная 154 и минимальная 39 см. В целом средний прирост за одну вегетацию составил 83,5 см, максимальный — 27 см. Следовательно, пневая поросль дуба обладает очень высокой энергией роста, а это сокращает период возмужалости второго поколения насаждения.

Количество поросли и ее размещение зависят от диаметра и высоты пня [1], [10]. В первом вегетационном сезоне на дубовых пнях диаметром до 3,5 см поросли появляется в 3—7 раз меньше, чем при толщине от 3,6 до 15,5 см. Наибольшее число пней, давших поросль в первый год после рубки, имели высоту 11—15 см и меньшее — высоту более 20 см. По 16—20 порослевин оказалось на пнях высотой от 6 до 20 см, что составляет 15,2% от общего числа. Чем выше дубовый пень, тем меньше на нем порослевых побегов.

Замечено, что лучше растут порослевины, возникшие из спящих почек, расположенных ближе к плоскости среза; нижние побеги слабее, короче и тоньше. Пробуждение нижних почек начинается значительно позднее. Древесина таких побегов не успевает окрепнуть и вымерзает. Так, на второй год после перезимовки однолетней поросли 73,2% пней дуба имели поврежденную низкими температурами недревесневшую поросль, с диаметром у основания 2—3 мм. Крупные порослевины с плотной темно-зеленой корой оказались более морозостойкими. Спящие почки могут располагаться и ниже поверхности почвы. Так, у 38% пней дуба поросль берет начало в зоне корневой шейки. На пне насчитывалось в среднем по 5,7 порослевины.

Размещение поросли по окружности пня различно и не отличается определенной закономерностью по отношению к странам света. С групповым размещением (по 3—5 порослевин) оказалось 48,6% пней. Порослевые побеги могут размещаться равномерно по всей окружности или занимать половину, треть, четверть боковой поверхности пня. Пневая поросль дуба отличается светолюбием (биологический признак породы), поэтому надежное порослевое возобновление может быть достигнуто сплошной рубкой даже в узких лесных поло-сах [3].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Борисов. Рост поросли дуба на вырубках. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1971. [2]. В. Г. Жеребцов. Порослевое возобновление дуба в степи. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1966. [3]. Н. А. Лохматов. Порослевое возобновление дуба под пологом и у стены леса. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1956. [4] В. Г. Нестеров. Общее лесоводство. М.—Л., 1954. [5]. Ю. Х. Новоженин. Естественное семенное возобновление в лесных полосах, созданных Н. К. Генко в степной части Куйбышевской области. Автореферат, Саратов, 1965. [6]. Е. С. Павловский. Естественное возобновление в лесных полосах Каменной степи. Сборник трудов Воронежского ЛТИ, т. XXXIII, 1971. [7]. С. С. Пятницкий. Жизнестойкость, долговечность и возобновляемость лесных насаждений в степи. Записки Харьковского СХИ, т. 10. Харьков, 1955. [8]. А. В. Хавроньин. Рост дуба в водораздельных лесных полосах. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1971. [9]. Ф. Н. Харитонович. Порослевое возобновление. Сб. «Полезные лесные полосы», М., 1937. [10]. Ф. Н. Харитонович. Порослевое возобновление дуба в степи. М.—Л., 1953. [11]. В. А. Чирков. Методика вегетативного возобновления. Волгоград, 1968.

Поступила 24 января 1973 г.

УДК 631.577

СОКОВЫДЕЛЕНИЕ У БЕРЕЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИАМЕТРА СТВОЛА, ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, КАЛЕНДАРНОГО ВРЕМЕНИ ПОДСОЧКИ И ВРЕМЕНИ СУТОК

И. С. КОРОЛЯК

Волынское управление лесного хозяйства и лесозаготовок

Р. И. ТОМЧУК

Карпатский филиал УкрНИИЛХА

Приводятся результаты исследования интенсивности соковыделения березы бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) в зависимости от некоторых экологических факторов, а также результаты фенологических наблюдений за подсоченными березовыми насаждениями.

Лес — богатейшая база не только древесины, но и многих ценных продуктов прижизненной эксплуатации. Один из таких продуктов — березовый сок. Это ценный физиологический напиток. Только в Волынской области Украинской ССР за весенний сезон 1970 г. заготовлено и переработано 1882,8 т натурального березового сока, а по Минлесхозу Украинской ССР — 9,7 тыс. т.

Подсочка как способ прижизненного использования деревьев должна сохранить нормальное жизненное состояние подсачиваемых насаждений. Следовательно, для условий Волынского Полесья необходимо изыскать технические нормы оптимальных размеров ранений живых клеток ствола, величину нагрузки стволов ранениями, способы защиты деревьев от попадания в открытые живые клетки вредных микроорганизмов. Кроме того, для успешного решения важного вопроса реализации натурального березового сока, способного к быстрому самосбраживанию, необходимо разработать способы хранения его, транспортировки к потребителю, первичную переработку и др.

Несмотря на большое практическое значение этой проблемы, подсочка березы на Украине не исследована. С целью изучения характера соковыделения березы бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) и его зависимости от различных факторов в лесхозагах Волынской области (Владимир-Волынском, Городокском, Маневичском, Любомльском, Ратновском, Цуманском и Щацком) в 1968 г. нами заложено десять постоянных пробных площадей по 0,25 га в естественных древостоях (табл. 1).

На каждой пробной площади перечитывали все деревья на высоте 1,3 м от шейки корня и определяли 10 модельных. Модели нумеровали в трех местах (в трехкратной повторности). Данные об интенсивности соковыделения учитывали для каждого модельного дерева по календарным дням и времени суток (в 6, 12, 18 и 24 час.). Отмечали календарный день начала помутнения сока, а в конце вегетационного периода замеряли прирост моделей приростным буровичком.

Учитывали также соковыделение на пробной площади в целом. По карточке фенологических наблюдений устанавливали глубину снежного покрова и промерзания почвы, температуру воздуха и почвы до начала и в период соковыделения, календарное время развития почек, цветения, распускания листьев, созревания плодов, пожелтения и опадения листьев. Всего на каждой пробе изучением интенсивности соковыделения охвачено до 50 деревьев, а исследованием в целом — 500 деревьев, из которых взято 100 модельных.

Таблица 1

№ пробной площади	Тип условий местопрорастания (по П. С. Погребняку)	Состав	Возраст, лет	Полнота	Класс бонитета	Наличие подлеска	Глубина подстилки, см, и ее сложение
1	V ₂₋₃	6Б3Г1Ос+Д	40	0,7	III	Отсутствует	3—5, рыхлая
2	C ₂	6Б1Ос2Г1Д	47	0,8	II	"	5—8 "
3	C ₃	7Б2Ос1Д, ед.Г,Яс	55	0,7	II	Лещина, крушина, свидина	4—5 "
4	C ₂	5Д4Б1Ос	55	0,7	II	Отсутствует	3—6 "
5	V ₂	9С1Б+Ос	67	0,7	II	"	2—4 "
6	C ₂₋₃	7Д3Б, ед.Г	50	0,7	II	"	3—4 "
7	C ₂	7Д3Б	85	0,7	II	Лещина, крушина, жимолость	4—6 "
8	V ₃	6Б2Ос1С1.Д, ед.Ол	40	0,6	II	Лещина	3—4 "
9	V ₃	7Б2Г1Ос	40	0,7	I	Отсутствует	4—5 "
10	C ₂	7Б3Ос1С+Д	58	0,7	II	Рябина, крушина	4—6 "

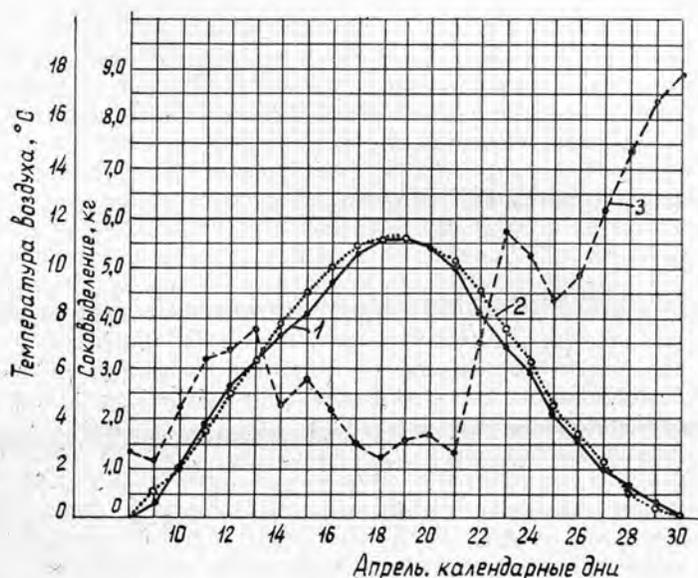


Рис. 1. Интенсивность соковыделения у березы в зависимости от календарного времени подточки и температуры воздуха.

1 — соковыделение по опытным данным; 2 — аналитическая модель соковыделения; 3 — средние дневные температуры воздуха.

Таблица 2

Число апреля	Выход сока, кг, для моделей (диаметром, см)										итого
	1 (28)	2 (28)	3 (16)	4 (20)	5 (16)	6 (32)	7 (24)	8(20)	9(20)	10 (24)	
9	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	3,4
10	1,0	1,0	0,8	0,7	0,5	1,0	2,0	1,5	0,9	0,7	10,1
11	2,0	1,8	1,5	1,5	1,2	2,5	3,0	2,0	1,5	1,5	18,5
12	3,0	2,5	2,5	2,0	1,7	3,5	3,5	2,2	2,7	2,0	25,6
13	3,8	3,5	3,1	2,0	2,0	4,5	3,8	2,5	3,2	3,0	31,4
14	4,0	4,2	3,5	3,2	3,0	5,5	4,0	3,0	3,5	3,0	36,9
15	4,0	4,8	3,5	4,0	3,5	6,0	4,5	3,5	4,0	3,5	41,3
16	5,0	5,0	4,0	4,5	4,2	6,0	3,5	4,0	4,5	4,5	47,2
17	7,0	5,3	4,0	5,0	5,0	6,0	6,0	4,5	4,8	5,5	53,1
18	7,0	5,5	4,0	5,0	4,8	7,0	6,5	4,8	5,0	6,0	55,6
19	6,0	6,0	3,5	5,0	5,0	8,0	6,5	5,0	4,5	6,0	55,5
20	6,5	6,5	4,0	5,2	5,0	9,0	6,0	4,5	4,0	5,0	54,7
21	5,5	6,0	3,5	5,0	5,0	7,0	5,0	4,0	4,8	5,0	49,8
22	4,5	5,0	3,0	4,0	4,0	5,5	4,8	3,0	3,5	3,5	40,8
23	3,8	4,8	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0	2,8	3,5	3,0	33,9
24	3,0	4,0	3,0	2,2	2,0	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0	29,7
25	2,0	3,0	2,0	1,7	1,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	20,7
26	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0	2,0	1,8	1,5	1,5	1,0	16,3
27	1,5	1,5	1,5	0,5	1,0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,5	11,0
28	1,0	1,0	1,0	×	0,5	1,2	0,4	0,5	0,5	×	6,1
29	0,5	0,5	0,4		0,3	1,0	×	×	×		2,7
30	×	×	×		0,3	0,5					0,8
Итого	73,6	74,2	54,0	56,2	54,7	86,7	73,0	56,3	57,5	58,9	645,1

Примечание. Знаком × обозначена дата начала интенсивного помутнения сока.

Результаты исследования оказались следующими.

1. Начало подсочки березы в Волынской области совпадает с началом интенсивного весеннего таяния снега, что соответствует периоду от первой декады до конца апреля. Оптимальный срок подсочки — 18—20 дней. В зависимости от метеорологических условий начало и продолжительность сезона подсочки могут меняться. Затяжная весна с теплыми солнечными днями и морозными ночами удлиняет сезон подсочки и способствует увеличению валового сбора сока. В 1968 г. соковыделение березы длилось 22 дня, начало соковыделения в большинстве моделей отмечено 4 апреля, а окончание — 26 апреля; в 1969 г. соответственно 16 дней (с 10 по 26 апреля), в 1970 г. — 24 дня (с 3 по 27 апреля).

Некоторые деревья (например, модели № 1 и 2 пробной площади № 9) в 1969 г. начали соковыделение на четыре дня позднее, чем основная масса деревьев. Повторная подсочка одних и тех же деревьев не показала уменьшения выходов сока по сравнению с данными первого года подсочки.

2. Результаты исследований интенсивности соковыделения у березы в зависимости от температуры воздуха и календарного времени подсочки на пробной площади № 4 представлены в табл. 2 и на рис. 1.

Интенсивность соковыделения в зависимости от календарного времени подсочки представляет собой динамический ряд, описываемый уравнением

$$\bar{y}_t = 2,800 - 2,231 \cos t + 1,785 \sin t,$$

где \bar{y}_t — соковыделение, кг;

t — календарное время периода подсочки, выраженное в угловых градусах.

Таблица 3

№ пробной площади	Выход сока с десяти модельных деревьев, кг (числитель) и % от суточного сбора (знаменатель) в зависимости от времени суток				
	утро	день	вечер	ночь	всего
1	101,4	137,2	156,4	74,0	469,0
	21,6	29,3	33,4	15,7	100,0
2	151,0	245,5	98,0	61,5	556,0
	27,2	44,0	17,7	11,1	100,0
3	44,6	100,8	107,7	44,3	297,4
	14,7	34,0	36,3	15,0	100,0
4	85,6	266,5	213,6	79,4	645,1
	13,3	41,4	33,1	12,2	100,0
5	207,0	414,0	361,0	219,0	1201,0
	17,2	34,5	30,0	18,3	100,0
6	56,0	114,5	99,5	42,0	312,0
	17,9	36,7	31,9	13,5	100,0
7	1,0	349,0	54,0	—	404,0
	0,2	86,4	13,4	—	100,0
8	147,0	230,2	215,2	141,8	734,2
	20,0	31,5	29,2	19,3	100,0
9	101,4	138,6	157,7	73,4	471,1
	21,5	29,5	33,5	15,5	100,0
10	88,8	423,7	156,7	105,4	775,6
	11,4	54,6	20,4	13,6	100,0

Аналогичные зависимости дают результаты наблюдений и на других пробных площадях. Из приведенных данных видно, что в первой половине сезона подсочки одновременно с общим повышением температуры воздуха увеличивается выход сока. Во второй половине сезона имеет место обратная зависимость, так как повышение температуры способствует ускорению развития березы: набуханию почек. Предвестником окончания подсочки служит уменьшение выходов сока, снижение его сахаристости и вкусовых свойств, помутнение. На окончание сезона подсочки указывают и фенологические явления: набухание почек березы, пробуждение насекомых и др. Установлено, что среднесуточная температура воздуха начала соковыделения около $+4^{\circ}\text{C}$.

3. Интенсивность соковыделения у березы в зависимости от времени суток показана в табл. 3, из которой видно, что наибольшее количество сока выделяется с 12 до 18 час., наименьшее — с 0 до 6 час. На пробной площадке № 7 в ночное время соковыделение прекращалось полностью.

Таблица 4

№ пробной площади	Выход сока, кг, в зависимости от диаметра дерева, см				
	16	20	24	28	32
1	24,6	41,5	52,3	53,1	66,7
	29,4	43,8	47,2	53,0	57,0
2	42,0	47,0	50,0	54,0	76,0
			52,0	60,0	64,5
3	21,5	25,2	27,2	34,0	38,5
	24,7	27,2	27,4	34,8	
4	54,0	56,3	58,9	74,2	86,7
	54,7	57,5	73,0	73,6	
5	—	—	117,0	118,0	120,0
			108,0	119,0	126,0
6	16,0	17,0	26,0	28,0	42,0
			32,0	32,0	54,0
7	27,0	36,0	37,0	40,0	52,0
	34,0	36,0	39,0	42,0	61,0
8	—	67,0	70,0	71,3	78,0
			71,0	75,0	76,1
9	—	24,5	43,7	57,2	66,7
		41,3	47,1	52,2	
10	51,4	69,1	77,3	91,0	97,4
	50,1	68,1	76,9		101,6
В среднем с одного дерева	37,3	43,8	53,5	65,3	80,6

4. Выход сока в зависимости от диаметра дерева на высоте груди показан в табл. 4.

Исследуя корреляционную связь между диаметром дерева x и выходом сока y (как по отдельным пробным площадям, так и в целом) способом наименьших квадратов, мы получили уравнения параболы второго порядка. Для средних выходов сока уравнение имеет вид

$$y_x = 39,4887 - 15,5427x + 8,8674x^2.$$

Сопоставление опытных и расчетных данных показывает почти полное совпадение обеих кривых, что говорит о хорошей точности расчетов.

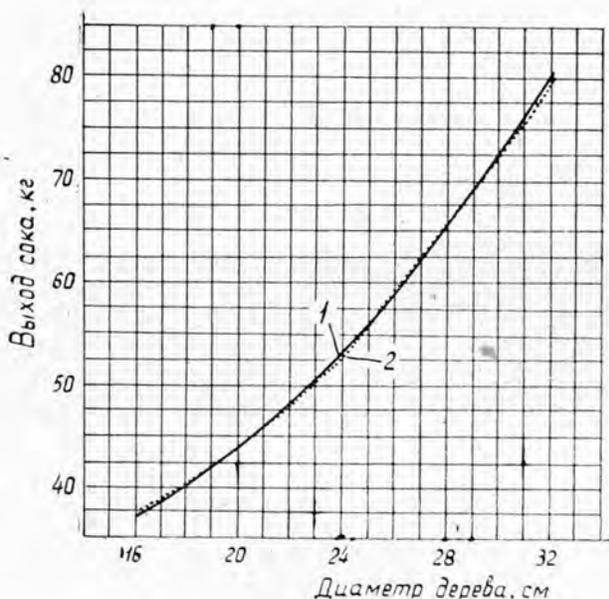


Рис. 2. Выход сока в зависимости от диаметра дерева.

1 — опытные данные; 2 — расчетные данные.

Анализ интенсивности соковыделения показал, что деревья с сильно развитыми кронами, как правило, дают значительно больший выход сока, чем деревья с менее развитыми кронами.

5. Сахаристость сока колеблется в пределах 0,5—1,1%, причем повышенное содержание сахара наблюдается в середине периода подсочки. У некоторых экземпляров берез содержание сахара достигало 1,15—1,20% (данные пробной площади № 7). Повторная подсочка одних и тех же деревьев не вызвала снижения выхода и сахаристости сока.

6. Содержание сухих веществ в соке в период подсочки не было постоянным и колебалось от 0,7 до 1,4% (данные пробной площади № 7).

7. Во внешнем виде заподсоченных деревьев не выявлено изменений, не было отклонений и в сроках распускания листьев, созревания плодов, пожелтения и опадения листьев.

8. Добыча березового сока важна для повышения экономического значения березняков. Рентабельность заготовки березового сока значительно выше рентабельности заготовки березовой древесины (табл. 5, данные 1969—1970 гг.).

Таблица 5

Продукция	Себестоимость единицы р.—к.	Оптовая цена, р.—к.	Рентабельность, %	Прибыль, р.—к.
Обезличенный 1 м ³ березовой древесины	11—87	12—31	4,0	0—44
Сок березовый натуральный (1 т)	135—00	160—00	16,3	25—00

В результате подсочки березы экономическая эффективность 1 га березовых насаждений возросла в 7,8 раза (табл. 6).

Таблица 6

Продукция	Выход с 1 га	Выход за период подсочки (10 лет)	Прибыль от реализации единицы, р.—к.	Прибыль с 1 га березовых насаждений за период оборота рубки, р.—к.
Обезличенный 1 м ³ березовой древесины	150	—	0—44	660—00
Сок березовый натуральный (1 т)	18	180	25—00	4500—00

Только в Украинской ССР площадь березняков составляет 290,0 тыс. га, а в целом по нашей стране свыше 42,0 млн. га. Решая проблему комплексного использования лесосырьевых ресурсов, а также значительного повышения экономического значения березняков, необходимо расширить подсочку березы и организовать ее в других районах страны.

Поступила 21 июня 1973 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.711.84

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ СЕТИ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Б. А. ИЛЬИН

Изложен метод определения оптимальной густоты сети лесовозных путей в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий. Он основан на использовании известных (несколько модифицированных) способов расчета оптимальных расстояний между ветками и между усами и на существовании обратно пропорциональной связи между показателем густоты сети дорог в лесу и средним расстоянием между путями низшего порядка, входящими в состав данной сети.

Правильное установление рассматриваемого параметра имеет большое значение, так как от его величины непосредственно зависят как размер затрат на строительство дорожной сети, так и расходы на трелевку и вывозку древесины.

Рассматриваемый параметр представляет собой отношение длины всех лесовозных путей в лесном массиве к эксплуатационной лесной площади. С учетом этого можно написать

$$\Delta_{об} = \Delta_{маг} + \Delta_{вет} + \Delta_{ус} \text{ пог. м/га,}$$

где $\Delta_{маг}$, $\Delta_{вет}$ и $\Delta_{ус}$ — густота сети магистральных путей, веток и усов в данном массиве.

Пользуясь расчетной схемой на рис. 1, можно получить

$$\Delta_{маг} = 10 \frac{A - 0,5d_n}{S_{об}} k_{р.м} \text{ пог. м/га;}$$

$$\Delta_{вет} = \frac{10}{d_B} \left(1 - \frac{d_n}{B}\right) k_{р.в} = \frac{10(S_{об} - A \cdot d_B)}{S_{об}d_B} k_{р.в} \text{ пог. м/га;}$$

$$\Delta_{ус} = \frac{10(d_B - d_{ус})}{d_B d_{ус}} k_{р.ус} \text{ пог. м/га.}$$

Суммируя, найдем

$$\Delta_{об} = \frac{10}{S_{об}} \left[(A - 0,5d_n) k_{р.м} + \frac{S_{об} - A d_B}{d_B} k_{р.в} + \frac{(d_B - d_{ус}) S_{об}}{d_B d_{ус}} k_{р.ус} \right] \text{ пог. м/га,} \quad (1)$$

где A и B — длина и средняя ширина лесного массива;
 $S_{об}$ — общая площадь лесного массива ($S_{об} = A \cdot B$);
 d_B и $d_{ус}$ — оптимальные средние расстояния между ветками и между усами;
 $k_{р.м}$, $k_{р.в}$ и $k_{р.ус}$ — коэффициенты развития линии при укладке трассы дороги на местности.

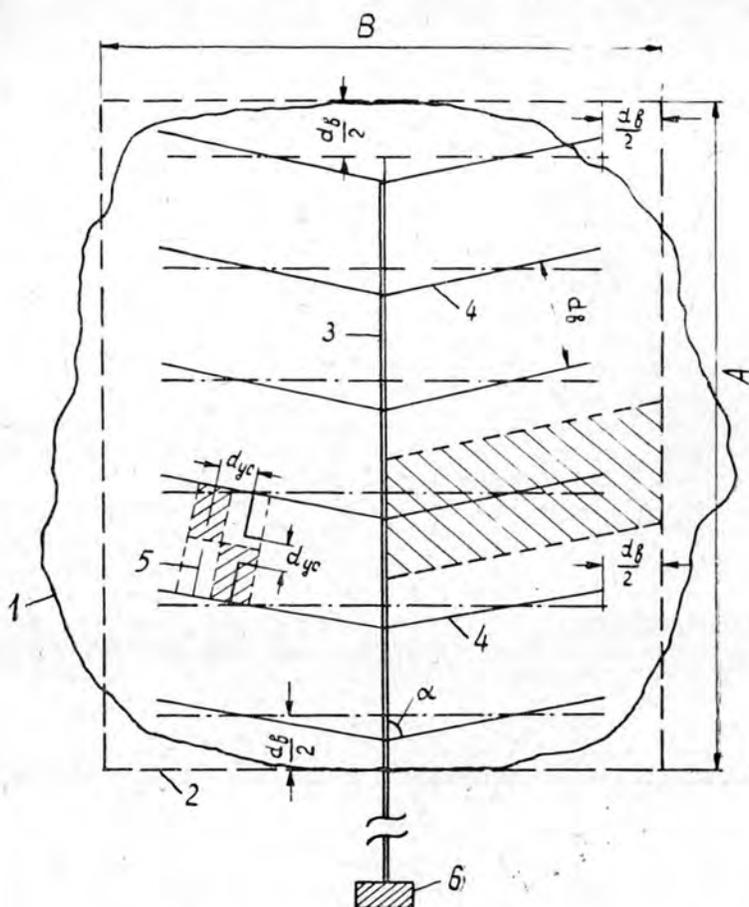


Рис. 1. Расчетная модель сети лесовозных дорог в лесном массиве.

1 — действительные границы лесного массива; 2 — спрямленные границы лесного массива; 3 — магистральный путь; 4 — ветки; 5 — усы; 6 — нижний склад.

Полученную формулу можно упростить, приняв $k_{p,m} (A - 0,5d_b) \approx \approx k_{p,v} \cdot A$, а также $k_p = 0,5 (k_{p,v} + k_{p,ус})$. Расчеты показывают, что величина ошибки в определении $\Delta_{об}$ при этом не превышает 0,5—2%. Тогда

$$\Delta_{об} = \frac{10k_p}{d_{ус}} \text{ пог. м/га}, \quad (2)$$

В случае, когда усов не строят и лес трелюют непосредственно к веткам (при $k_p = 0,5 (k_{p,m} + k_{p,v})$,

$$\Delta'_{об} = \frac{10k_p}{d_b} \text{ пог. м/га}. \quad (2a)$$

Для определения значений d_b и $d_{ус}$ могут быть использованы расчетные формулы, полученные автором [1], [2].

Учитывая одинаковую в принципе структуру обеих расчетных формул для определения d_b и $d_{ус}$, а равно и выражений (2) и (2a),

можно предложить для определения оптимальной густоты путей в лесном массиве следующую формулу, в которой четко выявляются все основные факторы, влияющие на величину рассматриваемого параметра:

$$\Delta_{\text{опт}} = 100k_p\beta \sqrt{\frac{M_{\text{тр}}\gamma_l\delta\tau}{A_n k_b P_{\text{теор}}}} \text{ пог. м/га}, \quad (3)$$

где $M_{\text{тр}}$ — стоимость машино-часа трелевочной машины (с зарплатой персонала);

γ_l — ликвидный запас леса на 1 га эксплуатационной площади;

δ — коэффициент, зависящий от принятой схемы размещения волоков на лесосеке ($\delta = 0,25 \div 0,5$);

β — коэффициент, учитывающий прокладку лесовозных путей частично по неэксплуатационным участкам лесного массива, равный 1,0—1,2;

τ — коэффициент; $\tau = 1$ при расположении трелевочных волоков с обеих сторон пути, к которому они примыкают; $\tau = 2$ при одностороннем примыкании;

A_n — сумма затрат на постройку и содержание в исправности 1 км усов в течение срока их действия как лесовозных путей;

k_b — коэффициент использования рабочего времени трелевочной машины;

$P_{\text{теор}}$ — условная теоретическая часовая производительность трелевочной машины

$$P_{\text{теор}} = \frac{q_{\text{тр}}v_{\text{тр}}}{2} \text{ м}^3 \text{ км/ч},$$

где $q_{\text{тр}}$ — полезная нагрузка, м³;

$v_{\text{тр}}$ — средняя скорость движения в обоих направлениях, км/ч.

При отказе от строительства усов и использовании внелесосечных трелевочных волоков для доставки леса из лесосек к дорогам

$$A_n = \beta A_{\text{вет}} - \frac{2l_l}{d_{\text{вол}}} A_{\text{вол}}, \quad (4)$$

где $A_{\text{вет}}$ — сумма затрат на постройку и содержание 1 км веток в течение срока их действия как лесовозных путей;

$A_{\text{вол}}$ — затраты на устройство и содержание 1 км волока;

l_l — предельная допускаемая длина лесосеки;

$d_{\text{вол}}$ — расстояние между внелесосечными волоками.

Если заменить

$$x_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}}\delta\tau}{k_b P_{\text{теор}}}, \quad (5)$$

то получим

$$\Delta_{\text{опт}} = 100k_p\beta \sqrt{\frac{x_{\text{тр}}\gamma_l}{A_n}} \text{ пог. м/га}. \quad (6)$$

Величина $x_{\text{тр}}$ представляет собой переменную (зависящую от расстояния) стоимость трелевки леса, отнесенную к 1 м³ км полезной грузовой работы. Она характеризует эксплуатационные свойства трелевочной машины и эффективность принятой схемы транспортной разработки лесосек. Ниже приводится пример расчета необходимой густоты сети лесовозных дорог при следующих исходных данных:

$M_{тр} = 4$ руб./ч; $q_{тр} = 6$ м³; $v_{тр} = 6$ км/ч; $\delta = 0,3$ (трелевка широким фронтом); $K_b = 0,75$; $\tau = 1$; $k_p = 1,2$; $\beta = 1,1$. Величина

$$x_{тр} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 2}{0,75 \cdot 6 \cdot 6} = 0,089 \text{ руб./м}^3\text{км.}$$

Задаваясь разными значениями A_n и γ_l можно получить следующие значения оптимальной густоты путей (табл. 1).

Таблица 1

A_n , руб.	Значения $\Delta_{\text{опт}}$ при запасе на 1 га, м ³			
	100	150	200	250
20000	2,78	3,41	4,06	4,40
10000	3,94	4,82	5,55	6,22
5000	5,55	6,80	7,84	8,70
2500	7,9	9,70	11,1	12,4
1250	11,1	13,6	15,7	17,5
625	15,7	19,3	22,2	24,8

Графическая интерпретация полученных значений $\Delta_{\text{опт}}$ приведена на рис. 2.

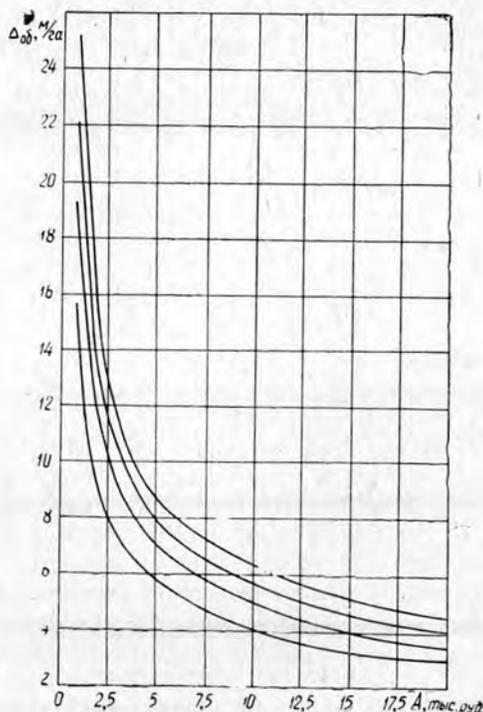


Рис. 2. Зависимость оптимальной густоты сети лесовозных дорог в лесном массиве от размеров ликвидного запаса леса на 1 га и величины дорожных строительных и эксплуатационных затрат на 1 км уса (или ветки при отказе от строительства усов).

1 — для запаса 100 м³/га; 2 — для запаса 150 м³/га; 3 — для запаса 200 м³/га; 4 — для запаса 250 м³/га.

Зная величину $\Delta_{\text{опт}}$, из формулы (2) или (2а) можно определить оптимальное значение $d_{\text{с}}$ или $d_{\text{в}}$. Полученная зависимость $\Delta_{\text{опт}} = f(\gamma_{\text{тр}}, \gamma_l, A_n)$ позволяет:

1) установить оптимальную густоту сети лесовозных путей в лесах, вовлеченных в промышленную эксплуатацию;

2) правильно выбрать систему путей транспортировки леса, сравнивая конкурирующие варианты с учетом различных значений d_v и d_{yc} ;

3) решить задачу экономичного размещения сети лесотранспортных путей в любом конкретном лесном массиве.

Поскольку произведение $\gamma_{тр} \cdot \gamma_l$ является по существу показателем величины затрат на транспортировку грузов, получаемых с 1 га грузообразующей площади, к дорогам на расстояние 1 км, рассматриваемый метод определения необходимой густоты путей можно использовать при любой системе рубок леса, при проектировании сети дорог лесохозяйственного назначения и в других аналогичных случаях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. А. Ильин. Определение оптимальных расстояний между ветками лесовозных дорог при отказе от строительства усов. Сб. «Технология, комплексная механизация лесозаготовительных работ и транспорт леса», изд. ЛТА, 1972. [2]. Б. А. Ильин, М. М. Коруннов, Б. И. Кувалдин. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971.

Поступила 28 мая 1973 г.

УДК 625.165

О РАСЧЕТЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПАРКА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Б. В. УВАРОВ, М. Д. КАРГОПолов

СевНИИП

Описывается алгоритм, который позволяет определить оптимальный состав и количество механизмов при минимальных строительных затратах. При расчете используется симплексный метод. Одновременно решается задача рациональной расстановки выбранного парка машин по видам работ.

При проектировании строительства лесовозных дорог, как и дорог общего пользования, большое значение имеет подбор парка дорожно-строительных машин. Экономически выгодный состав этого парка определяется видами дорожно-строительных работ, их объемами и сроками выполнения. При традиционных методах проектирования рассматривается несколько принципиально возможных вариантов состава машин с последующим выбором одного из них. Учитывая большое разнообразие дорожно-строительной техники, выпускаемой промышленностью, можно утверждать, что вероятность выбора оптимального по какому-либо критерию состава машин и, тем более, их количества при таком способе расчета невелика.

Предложенный Г. А. Борисовым и Г. В. Воиновой [2] машинный алгоритм расчета оптимальной расстановки заданной группы машин по видам работ не решает проблемы выбора оптимального парка, поскольку состав машин при этом по-прежнему может быть принят лишь на основе рассмотрения ряда практически случайно выбранных групп оборудования.

В настоящей работе предлагается алгоритм, который дает возможность из произвольно заданной совокупности выбрать такую группу машин, которая обеспечивает минимум затрат на выполнение строительных работ. При этом одновременно решается задача рациональ-

ной расстановки выбранных машин по видам работ с учетом предельного срока их выполнения. Метод заключается в следующем.

Пусть по проекту имеется m видов работ с объемами Q_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$). Для выполнения всех этих работ технически возможно применение n различных типов дорожно-строительных машин. В практических расчетах следует принимать n достаточно большим с тем, чтобы охватить по возможности все типы дорожно-строительного оборудования, применяемые на данных видах работ. Известными методами можно рассчитать или принять по нормам производительность в смену Π_{ij} для каждого j -того типа машин на каждом i -том виде работ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$). Если какой-либо механизм k -того типа не может применяться на l -ой работе, то следует принять $\Pi_{lk} = 0$. Обозначим время работы группы машин j -того типа на i -той работе через T_{ij} . При этом, очевидно, должны выполняться m следующих соотношений

$$\sum_{j=1}^n T_{ij} \cdot \Pi_{ij} \cdot X_j \geq Q_i, \quad (1)$$

где X_j — количество дорожно-строительных машин j -того типа.

На переменные, входящие в эту формулу, необходимо наложить следующие ограничения:

$$X_j \geq 0; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m T_{ij} = T_{\text{стр}}; \quad (3)$$

$$T_{ij} \leq \tau_i, \quad (4)$$

где $T_{\text{стр}}$ — продолжительность рассматриваемого строительного периода, смены;

τ_i — предельный срок выполнения i -того вида работ, смены.

Условие (3) соответствует требованию постоянной загрузки машин всех выбранных типов в течение всего строительного сезона. Ограничение (4) обусловлено технологической необходимостью выполнения строительных работ некоторых видов в сжатые сроки. При этом ни один тип машин не может быть занят на работе i -того вида больше заданного времени τ_i .

Перечисленные условия позволяют сформулировать рассматриваемую задачу следующим образом. Требуется найти такие x_j и T_{ij} , чтобы затраты на выполнение строительных работ были минимальными. При этом в качестве целевой функции принимается сумма затрат на эксплуатацию и содержание выбранного парка машин.

Предположив, что ни один механизм не будет простоев за период $T_{\text{стр}}$, и обозначив себестоимость одной машино-смены j -того типа машин через C_j , можно представить целевую функцию в виде

$$C = \min \sum_{j=1}^n X_j \cdot C_j \cdot \sum_{i=1}^m T_{ij}$$

или

$$C = \min T_{\text{стр}} \cdot \sum_{j=1}^n X_j \cdot C_j. \quad (5)$$

При этом предполагается, что себестоимость машино-смены машин одного типа на всех работах постоянна. Практически это условие выполняется не всегда, поскольку применение одной и той же машины на разных работах требует иногда различной квалификации работников и различных режимов работы оборудования. Однако расхождение в себестоимости машино-смен, обусловленное этими факторами, обычно невелико, к тому же для сравнительного анализа типов механизмов оно не имеет принципиального значения.

Задача, описанная выражениями (1) — (5), может быть представлена матричной моделью (табл. 1), имеющей следующие особенности: каждый элемент матрицы содержит два неизвестных X_j и T_{ij} ; неизвестные X_j — величины целочисленные.

Таблица 1

X_1	X_2	X_3	...	X_j	...	X_n	Q	τ
$T_{11}P_{11}$	$T_{12}P_{13}$	$T_{13}P_{13}$	...	$T_{1j}P_{1j}$	...	$T_{1n}P_{1n}$	Q_1	τ_1
$T_{21}P_{21}$	$T_{22}P_{22}$	$T_{23}P_{23}$	...	$T_{2j}P_{2j}$	...	$T_{2n}P_{2n}$	Q_2	τ_2
$T_{31}P_{31}$	$T_{32}P_{32}$	$T_{33}P_{33}$	...	$T_{3j}P_{3j}$	...	$T_{3n}P_{3n}$	Q_3	τ_3
...
$T_{i1}P_{i1}$	$T_{i2}P_{i2}$	$T_{i3}P_{i3}$	...	$T_{ij}P_{ij}$	...	$T_{in}P_{in}$	Q_i	τ_i
...
$T_{m1}P_{m1}$	$T_{m2}P_{m2}$	$T_{m3}P_{m3}$	...	$T_{mj}P_{mj}$	...	$T_{mn}P_{mn}$	Q_m	τ_m
C_1	C_2	C_3	...	C_j	...	C_n		

Из табл. 1 можно видеть, что исходными для решения поставленной задачи являются такие данные:

- 1) объемы работ Q_i , которые необходимо выполнить;
- 2) срок строительства $T_{стр}$, представляющий количество смен, в течение которых предполагается использовать парк машин для завершения строительства;
- 3) предельный срок выполнения каждого i -того вида работ τ_i , определяемый условиями строительства, например, такими, как климатические, технологические, организационные и т. п.;
- 4) список типов строительных машин, которые могут быть использованы для выполнения данного состава работ.

Если рассматриваемые виды работ распадаются на группы, каждая из которых выполняется определенными взаимозаменяемыми машинами, то задачу следует решать по частям;

5) производительность рассматриваемых типов машин на всех видах работ P_{ij} ;

6) себестоимость машино-смен каждого j -того типа машин C_j , определяемая расчетом или принимаемая по нормам. С помощью со-

ответствующей корректировки величин C_j можно учесть все преимущества или недостатки тех или иных включаемых в расчет типов машин. Так, возможность использования j -того типа машин на каких-либо работах после окончания строительства можно учесть путем соответственного уменьшения C_j .

В принципе, вместо себестоимости машино-смен могут быть приняты другие оценки типов машин, например, приведенные затраты.

Для решения задачи необходимо принять первоначальную расстановку всех включаемых в расчет типов машин по работам. Время занятости каждого типа машин по видам работ может задаваться различными способами. Нами были выявлены следующие наиболее эффективные методы первоначальной расстановки машин по работам:

а) равномерная занятость каждого типа машин по видам работ;

б) распределение машинного времени пропорционально объемам с учетом производительности по каждому типу машин.

Если на первом этапе отбросить требование целочисленности величин X_j , то имеем классическую задачу линейного программирования. Для ее решения можно использовать симплексный метод [3], позволяющий получить оптимальные, при данной расстановке, состав и количество машин. Целочисленность величин X_j предлагается учитывать путем корректировки данных по себестоимости. Способ корректировки заключается в том, что исходные C_j умножаются на коэффициенты, равные отношению округленных до ближайших больших целых чисел величин X_j к их неокругленным значениям.

Для полученных таким образом значений C_j отыскивается с помощью симплексного метода новый оптимальный состав машин. Данный этап задачи циклически повторяется, пока не будет найден оптимальный с учетом целочисленности состав машин, то есть до прекращения уменьшения критерия (5). Проведившиеся расчеты показали достаточно быструю сходимость данного итерационного процесса.

Таблица 2

Вид работы	Производительность Π , м ³ /см по типам машин					Объемы работ, м ³	Время, в течение которого можно выполнить эти работы 7. см.
	бульдозер Д-493	скрепер Д-498	грейдер-элеватор Д-437	грейдер-элеватор с бульдозером (Д-437+3Д-493)	экскаватор Д-552 с землевозными тележками		
Перемещение на 10 м в летний период . . .	1075	424				196402	202
То же в зимний период			1940			391636	202
Перемещение на 20 м в летний период . . .	666	424		1940		291979	202
Перемещение на 200 м в летний период . . .		245			904	58128	202
Перемещение на 300 м в летний период . . .		173			904	26625	202
То же в зимний период		147			768	5146	202
Перемещение на 400 м в летний период . . .		133			904	31369	202
То же в зимний период		113			768	37478	202
Перемещение на 800 м в летний период . . .		70			825	115170	202
То же в зимний период		60			701	68277	202
Себестоимость машино-смены C , руб./см . .	25,22	28,58	44,26	119,4	201,2	—	—

Второй этап решения задачи — улучшение первоначальной расстановки типов машин по видам работ. Информацией о нерациональности распределения времени занятости машин по видам работ является наличие резервов, определяемых на первом этапе симплекс-программой. На основании этой информации при использовании первоначально задаваемого шага изменения времени ΔT улучшается расстановка каждого типа машин по видам работ следующим способом.

По тем видам работ, где имеются резервы, время занятости машин T_{ij} уменьшается на величину $\Delta T : n_1$, где n_1 — количество выполняемых машинами рассматриваемого типа работ, имеющих резервы.

По остальным видам работ в соответствии с условием (3) время занятости рассматриваемого типа машин увеличивается на $\Delta T : n_2$, где n_2 — количество выполняемых машинами рассматриваемого типа работ, не имеющих резервов.

При этом условия (3) — (4) постоянно соблюдаются. Аналогично изменяется время занятости по всем типам машин, включенных в расчет. На основании достигнутой таким образом расстановки типов машин по видам работ повторяется первый этап расчета и определяется новый оптимальный состав машин, соответствующий улучшенной рас-

Таблица 3

Показатели	Величина показателей по типам машин				Итого
	бульдозер Д-493	скрепер Д-498	грейдер- элеватор Д-437	экскаватор Д-652 с земле- возными тележками	
Количество машин	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2+3}{2+3}$	$\frac{11}{10}$
Общие затраты, руб.	$\frac{15278}{15278}$	$\frac{11550}{5775}$	$\frac{8942}{8942}$	$\frac{41145}{41145}$	$\frac{76916}{71141}$
Занятость машин T , см, по видам работ	$\frac{182,7}{178,5}$	$\frac{—}{2,6}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Перемещение на 10 м летом	$\frac{182,7}{178,5}$	$\frac{—}{2,6}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
То же зимой	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{202}{202}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Перемещение на 20 м летом	$\frac{423,0}{429,5}$	$\frac{24,2}{3,8}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Перемещение на 200 м летом	$\frac{—}{—}$	$\frac{240,2}{26,8}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{48,2}$	$\frac{—}{—}$
Перемещение на 300 м летом	$\frac{—}{—}$	$\frac{73,6}{89,4}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{17,5}{11,7}$	$\frac{—}{—}$
То же, зимой	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{6,7}{8,9}$	$\frac{—}{—}$
Перемещение на 400 м летом	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{79,6}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{34,7}{20,2}$	$\frac{—}{—}$
То же зимой	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{48,8}{64,5}$	$\frac{—}{—}$
Перемещение на 800 м летом	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{139}{121,7}$	$\frac{—}{—}$
То же зимой	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{97,4}{128,6}$	$\frac{—}{—}$

Примечание. В числителе данные по варианту [2]; в знаменателе — по нашему варианту.

становке. Путем последовательного выполнения первого и второго этапов задачи достигается постепенная оптимизация решения. Расчет продолжается до тех пор, пока наблюдается уменьшение критерия (5).

Для увеличения точности результата значение ΔT следует принимать достаточно малым. Однако с уменьшением ΔT возрастает время решения задачи. В практических расчетах следует задать ΔT достаточно большим, а после завершения оптимизации решения уменьшить заданное ΔT , например, путем деления пополам, и повторить расчет. Используя метод последовательного деления ΔT , можно получить довольно высокую точность при сравнительно небольших затратах машинного времени. Рекомендуется предварительными пробными расчетами определить наиболее рациональное в рассматриваемом случае первоначально задаваемое значение ΔT . Обычно ΔT принимают равным 2—7% от всего срока строительства.

Описанный метод расчета был запрограммирован на алгоритмическом языке «АКИ» и реализован на ЭВМ «Минск-32». Полученное решение выдается на печать в виде трех массивов: матрицы расстановки оборудования T_{ij} и массивов количественного и качественного состава машин. Кроме того, печатается значение критерия (5), соответствующее лучшему составу машин.

Указанную программу использовали в практических расчетах при обосновании состава дорожно-строительных машин, предназначенных для выполнения земляных работ на строительстве лесовозных УЖД.

В качестве примера здесь приводятся результаты решения задачи, рассмотренной в [1] и [2]. Исходные данные для примера приведены в табл. 2. Для экскаваторов значения себестоимости машиносмен определены с учетом использования землевозных тележек.

Результаты расчета приведены в табл. 3, где одновременно дано решение, полученное в [2]. Сравнение показывает, что благодаря выбору рационального состава машин достигнута экономия в размере около 8%. По сравнению же с решением, полученным в [1] без применения ЭВМ, экономия составляет 22%.

В целом выполнявшиеся расчеты показали достаточно высокую эффективность программы, которая может быть использована как при проектировании организации строительства дорог, так и в планировании работы дорожно-строительных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. О. Г. Батраков, В. М. Сиденко. Организация дорожно-строительных работ. Изд-во «Транспорт». 1966. [2]. Г. А. Борисов, Г. В. Воинова. Математические модели организации производства. Журн. «Механизация строительства» № 3, 1968. [3]. Е. С. Вентцель. Исследование операций. М., 1972.

Поступила 27 апреля 1973 г.

УДК 629.123.18

О НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТОРМОЖЕНИЯ ПЛОТОВ ВОЛОКУШНЫМИ ЦЕПЯМИ*

А. А. МИТРОФАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Предлагается метод расчета торможения плота волокушными цепями на начальном участке остановки при переменном значении тормозной силы, изменяющейся по линейному закону в функции от тормозного пути.

Среди донных средств торможения плотов предпочтение может быть отдано волокушным цепям, которые обеспечивают торможение без резких динамических нагрузок в такелажных связях плота.

Известны различные способы крепления тормозных цепей к плоту и включения их в работу. Наиболее удачный, по нашему мнению, приведен в технических условиях по формированию речных плотов [1], применительно к нему ниже рассматриваются вопросы торможения плотов на начальном участке.

Нами [4] были даны расчетные формулы для определения пути и времени торможения плотов постоянной силой. На начальном же участке активного торможения плотов волокушными цепями, вследствие постепенного включения звеньев цепи в работу, сила торможения — величина переменная.

Анализ процесса наращивания этой силы показывает, что одна плеть цепи вступает в работу на длине пути плота S_0

$$S_0 = L_{ц} + L_{д}, \quad (1)$$

где $L_{ц}$ — длина одной плети цепи **;

$L_{д}$ — расстояние, на котором плеть цепи падает с понтона.

Это положение доказывается тем, что задний конец цепи переносится понтоном на расстояние $L_{д}$ вниз по течению [2]. С незначительной погрешностью величину $L_{д}$ можно определить, как

$$L_{д} = \frac{v_{т} + v_{п}}{2} t_{ц}, \quad (2)$$

где $v_{т}$ — скорость движения плота в момент включения в работу волокушных цепей;

$v_{п}$ — скорость речного потока в месте торможения плота;

$t_{ц}$ — время падения цепи с понтона. Расчетная формула для определения $t_{ц}$ получена нами ранее [2].

С учетом сказанного переменная сила трения, создаваемая волокушными цепями,

$$F_{ц.х} = n_{ц} q_{ц} \gamma_{отн} f_2 \frac{L_{ц}}{S_0} s = As, \quad (3)$$

* Работа выполнена под руководством доцента, канд. техн. наук, К. А. Чекалкина.

** Далее будем считать, что плот тормозится двумя одинаковыми по весу цепями, вступающими в работу одновременно.

где $n_{\text{ц}}$ — число плетей цепи;

$q_{\text{ц}}$ — вес 1 пог. м цепи;

s — переменный путь движения плота;

A — произведение постоянных величин.

Вес тормозных цепей в последней формуле принимается или с поправкой на взвешивающее влияние воды $\gamma_{\text{отн}}$ или без нее, в зависимости от того, учитывается ли эта поправка при определении коэффициента трения цепей о дно f_2 .

Дифференциальное уравнение торможения плота волокушными цепями имеет вид

$$M_{\text{д}}(1+n)v \frac{dv}{ds} = \pm r(v_{\text{п}} - v)^2 - As \pm R_{\Sigma}, \quad (4)$$

где $M_{\text{д}}$ — масса древесины в плоту, $\text{кг сек}^2/\text{м}$;

n — безразмерный коэффициент, учитывающий совокупное влияние на неустановившееся движение присоединенной массы воды, массы воды, заполняющей пустоты внутри плота, и дополнительного сопротивления, вызванного нестационарностью процесса. Численное значение n принимают в каждом конкретном случае по работе [3];

r — приведенное сопротивление воды движению плота, $\text{кг сек}^2/\text{м}^2$;

R_{Σ} — равнодействующая сил влечения плота от уклона и ветра, кг ;

v — переменная скорость движения плота относительно берега.

Уравнение (4) решается численными методами. По известному интервалу пути $(0, S_0)$ можно определить значение скорости $v_{\text{в.ц}}$, которой достигает плот к моменту полной вытяжки цепей. Анализ вычислений показывает, что достаточная точность в определении $v_{\text{в.ц}}$ при решении методом Рунге — Кутты достигается при шаге интегрирования $\sim 1 \text{ м}$.

В процессе решения получается табличная зависимость

$$v = \frac{ds}{dt} = f(s), \quad (5)$$

откуда время движения

$$t = \int \frac{ds}{f(s)}. \quad (6)$$

Интегрирование выражения (6) методом трапеций дает точное значение до целых секунд при шаге 10 м.

Очевидно, что в реальных условиях остановки $v_{\text{в.ц}}$ может быть больше, равной и меньше $v_{\text{п}}$.

В начале торможения плот относительно потока движется замедленно. В данном случае коэффициент n — постоянная величина n [3], знак перед первым членом правой части уравнения (4) отрицательный.

Если при решении уравнения (4) окажется, что при $s = S_0$ $v_{\text{в.ц}} \geq v_{\text{п}}$, то подсчитывают время движения и на этом вычисления заканчивают. В дальнейшем плот тормозится постоянной силой, определяемой по выражению (3) при $s = S_0$. Рекомендации по расчету приведены в работе [4].

Если же при $s = S_1 < S_0$ $v = v_{\text{п}}$, то время движения определяется для интервала s $(0, S_1)$.

Дальнейшее торможение плота до полной вытяжки цепей происходит со скоростью, меньшей скорости потока. Поэтому в уравнении (4) знак перед первым членом правой части положительный. Коэффициент n — величина переменная, определяется, согласно [3], по выражению

$$n = n_1 + n_2(v_n - v) \sqrt{\frac{r}{F_{u,x} \pm R_{\Sigma}}}, \quad (7)$$

где n_1 и n_2 — постоянные коэффициенты, подсчитываются по формулам [3] в зависимости от размеров плота.

Решая уравнение (4) с учетом (7) для интервала s (S_1, S_0), получаем значения $v_{в.ц}$ и времени торможения. В дальнейшем плот тормозится постоянной силой. Формулы для подсчета пути и времени торможения плота до полной остановки можно получить из решения дифференциального уравнения в общем виде [4] подстановкой начальных условий $v = v_{в.ц}$, $s = 0$ и $t = 0$.

Для примера подсчитаем время движения и скорость $v_{в.ц}$, которую достигнет плот, имеющий $M_{д} = 1,398 \cdot 10^6$ кг·сек²/м и габариты $33 \times 650 \times 1,6$ м, к моменту полной вытяжки цепей. Плот тормозится двумя цепями $L_{ц} = 160$ м, $q_{ц} = 39,6$ кг/пог. м. Скорость потока v_n в месте остановки 1,0 м/сек. Приведенное сопротивление плота r , согласно [5], равно 9230 кг·сек²/м². Коэффициенты n , n_1 и n_2 , следуя [3], соответственно равны: 0,490; 0,144; 1,265. Коэффициент трения цепей о дно принимаем, по рекомендациям [6], $f_2 = 1$. Длительность падения цепей с понтона [2] $t_{ц} = 24$ сек. Для сокращения вычислений считаем $R_{\Sigma} = 0$,

Расчеты выполним для двух случаев, отличающихся скоростью v_n , при которой цепи включаются в работу: $v_{n1} = 1,6$ м/сек; $v_{n2} = 1,4$ м/сек.

По формулам (2), (1) и (3) подсчитали: $L_{д1} = 31$ м; $L_{д2} = 29$ м; $S_{01} = 191$ м; $S_{02} = 186$ м; $F_{u,x_1} = 57,85$ с и $F_{u,x_2} = 59,41$ с.

В результате для рассматриваемых случаев дифференциальное уравнение (4) запишется так:

$$1,398 \cdot 10^6 (1 + 0,490) v \frac{dv}{ds} = -9230 (1 - v)^2 - 57,85 \text{ с}; \quad (8)$$

$$1,398 \cdot 10^6 (1 + 0,490) v \frac{dv}{ds} = -9230 (1 - v)^2 - 59,41 \text{ с}. \quad (9)$$

Численное интегрирование уравнения (8) относительно интервала изменения пути $(0, S_0)$ при начальных условиях $v = v_{n1}$, $s = 0$, дает результат $v_{в.ц} = 1,05$ м/сек $> v_n$. Время движения $t = 135$ сек. В дальнейшем плот тормозится постоянной силой.

Интегрированием уравнения (9), при начальных условиях $v = v_{n2}$, $s = 0$, получаем, что при $S_1 = 169,7$ м плот достигает скорости потока. Время движения $t = 130$ сек.

Дифференциальное уравнение (4) для случая движения плота при $v < v_n$, с учетом имеющихся расчетных данных запишется

$$1,398 \cdot 10^6 \left[1 + 0,144 + 1,265(v_n - v)^2 \sqrt{\frac{9230}{59,41 \text{ с}}} \right] v \frac{dv}{ds} = 9230 (1 - v)^2 - 59,41 \text{ с}. \quad (10)$$

Для интервала изменения s (S_1, S_0), при начальных условиях $v = v_n$, $s = S_1$ его решение дает результат: $v_{в.ц} = 0,89$ м/сек, $t = 18,2$ сек.

В общем случае начальный период торможения плота волокушными цепями зависит от размеров цепей и разности скорости транспортировки и скорости потока. В среднем путь и время торможения в этом периоде составляют $30 \div 50\%$ всего пути и времени остановки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Временные технические условия на речные плоты для Северодвинского бассейна. Составители: Г. А. Манухин, К. А. Чекалкин, ЦБТИ Архангельского СХЗ, Архангельск, 1960. [2]. А. А. Митрофанов. О продолжительности процесса включения тормозных цепей в работу при остановке плота. Сборник трудов АЛТИ, № XXVIII, Архангельск, 1971. [3]. А. А. Митрофанов, К. А. Чекалкин. Результаты исследования на моделях неустановившегося поступательного движения плотов. Сборник трудов АЛТИ, XXXIII, Архангельск, 1972. [4]. А. А. Митрофанов. Некоторые уточнения к расчету инерционных свойств плотов, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1973. [5]. В. Н. Худогов. Гидродинамическое взаимодействие плотов и внешней среды. Красноярск, 1966. [6]. Управление плотами при буксировке в речных условиях. Техническая информация ЦНИИЛесосплава № 134, составитель В. А. Щербаков, Л., 1962.

Поступила 14 июня 1973 г.

УДК 625.245.73

РЕЗОНАНСНЫЕ РЕЖИМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГАСИТЕЛЕЙ ПОДПРЫГИВАНИЯ И ГАЛОПИРОВАНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО ВАГОНА

Г. К. ЛЕНЮК

Пермский политехнический институт

Разработана методика определения параметров гасителей подпрыгивания и галопирования лесовозного вагона. Введен критерий устойчивости движения вагона и разработан энергетический метод определения параметров гасителей подпрыгивания и галопирования вагонов.

Проблема проектирования и эксплуатации лесовозного подвижного состава требует научно обоснованной методики выбора оптимальных параметров гасителей его колебаний. Проф. И. И. Челноков в ряде своих работ [8], [9] показал, что рекомендации Марье, М. В. Винокурова, а также формула ЦНИИ МПС, положенная в основу при создании единственного типа гасителя фрикционного действия на лесовозном подвижном составе УЖД, далеко не исчерпывают вопроса.

Динамике лесотранспорта в последнее время уделяется большое внимание. В частности, с помощью математического моделирования при известных допущениях [2] получены уравнения вертикальных колебаний вагонов-цепей с учетом вязкого трения пакета и пути, а также сухого трения в рессорном подвешивании. Однако проблема остается нерешенной. Параметры гасителей колебаний косвенно связаны с остальными параметрами системы. Гасители колебаний должны обеспечить устойчивость движения вагона, гарантируя устойчивость движения его подвешенной части.

Согласно нашим исследованиям, колебания надрессорной части и неподвешенных масс вагона-цепя не связаны. Поэтому при определении собственных частот надрессорной части вагона-цепя будем пренебрегать упругостью пути и рассматривать колебательный процесс

на абсолютно жестком основании. Ошибка при этом всегда меньше 10%, а для низшей частоты она находится в пределах 1%.

При решении поставленной задачи непременно встретятся два вопроса: при каких значениях возмущающих частот наблюдаются наиболее интенсивные колебания адрессорной части (наиболее интенсивное накопление энергии в системе); что считать критерием устойчивого движения.

Следуя символическому методу Рэлея [6], [10], уравнение частот свободных затухающих колебаний системы обозначим через $\Delta(ip)$, где k замещено ip . Когда рассеяние имеет место, $\Delta(ip)$ не обращается в нуль ни при каких реальных значениях p . При этом $\Delta(ip)$ комплексно, и его можно представить суммой

$$\Delta(ip) = \Delta_1(ip) + ip\Delta_2(ip), \quad (1)$$

где $\Delta_1(ip)$ и $\Delta_2(ip)$ действительны.

Из [6], [10] следует, что энергия системы достигнет максимума, когда модуль выражения (1)

$$\text{Mod } \Delta(ip) = \sqrt{\Delta_1^2(ip) + p^2\Delta_2^2(ip)}$$

достигнет минимума. В выражении (1) $\Delta_2(ip)$ зависит исключительно от трения. Величина $\Delta_1(ip)$, вообще говоря, зависит от трения только отчасти. Если трение отсутствует, то $\Delta_1(ip)$ в точности таково, каким оно должно быть при его отсутствии, а при совпадении p с одной из собственных частот k $\Delta_1(ip)$ равно нулю. Если трение мало, что как раз и должно иметь место в гасителях, с некоторым приближением можно считать, что $\text{Mod } \Delta(ip)$ принимает минимальное значение, когда частота возмущающей силы p совпадает с одной из собственных частот системы.

Следовательно, при этом условии и наблюдается максимум накопленной системой энергии. Допускаемая погрешность при этом невелика, и тем меньше, чем меньше рассеяние. Этот вывод согласуется, в частности, с данными для систем с одной степенью свободы, где максимальный эффект [1] достигается при

$$p = \sqrt{k^2 - 2n^0} \approx k,$$

здесь k — собственная частота системы;
 n — коэффициент затухания колебаний.

Для принятия критерия устойчивости движения введем равенство Рэлея [6], [10] для линейных систем с вязким трением

$$\frac{d(T+V)}{dt} + 2F = \Psi_1\dot{\psi}_1 + \Psi_2\dot{\psi}_2 + \dots, \quad (2)$$

где в обозначениях Рэлея T и V — кинетическая и потенциальная энергии системы;

F — диссипативная функция;

$\psi_1, \psi_2 \dots$ — обобщенные координаты, которыми определяется конфигурация системы;

$\Psi_1, \Psi_2 \dots$ — соответствующие обобщенным координатам обобщенные силы.

Первый член левой части уравнения (2) представляет собой скорость, с какой в системе накапливается энергия; $2F$ есть скорость рассеяния энергии. Обе эти величины позволяют судить о работе, совершаемой над системой внешними силами $\Psi_1\Psi_2$ и т. д.

Обозначим в нашем случае* [3] диссипативную функцию как

$$\frac{1}{2} (a_{11}^* \dot{z}_1^2 + a_{22}^* \dot{z}_2^2 + a_{33}^* \dot{z}_3^2 + I_1^* \dot{\varphi}_1^2 + I_2^* \dot{\varphi}_2^2)$$

и перепишем равенство (2) в виде

$$\begin{aligned} \frac{d(T+V)}{dt} = & Q_{z_1} \dot{z}_1 + Q_{z_2} \dot{z}_2 + Q_{z_3} \dot{z}_3 + Q_{\varphi_1} \dot{\varphi}_1 + Q_{\varphi_2} \dot{\varphi}_2 - (a_{11}^* \dot{z}_1^2 + \\ & + a_{22}^* \dot{z}_2^2 + a_{33}^* \dot{z}_3^2 + I_1^* \dot{\varphi}_1^2 + I_2^* \dot{\varphi}_2^2) = \dot{z}_1 (Q_{z_1} - a_{11}^* \dot{z}_1) + \dot{z}_2 (Q_{z_2} - \\ & - a_{22}^* \dot{z}_2) + \dot{z}_3 (Q_{z_3} - a_{33}^* \dot{z}_3) + \dot{\varphi}_1 (Q_{\varphi_1} - I_1^* \dot{\varphi}_1) + \dot{\varphi}_2 (Q_{\varphi_2} - I_2^* \dot{\varphi}_2). \end{aligned}$$

Отсюда альтернатива: для ненарадания энергии системы и, как следствие, колебаний либо обобщенные скорости должны равняться нулю, что в движении исключается, либо обобщенные силы сопротивления должны быть равны обобщенным внешним силам соответствующих координат. В общем виде условие ненарадания энергии запишется

$$Q_{z_i} = a_{ii}^* \dot{z}_i. \quad (3')$$

Следовательно, для ненарадания колебаний нужно обеспечить их гашение по всем координатам. Неправильно поэтому утверждение, что пакет груза сам является достаточно эффективным гасителем для всей системы в целом. Из формулы (3') вытекает, что единственно правилен энергетический метод расчета гасителей, построенный либо на реализации в резонансных условиях равенства (3'), либо на предложении, эквивалентном предложению И. И. Челнокова [8], [9] о том, что работа обобщенной внешней силы на резонансном режиме должна быть равна работе обобщенной силы сопротивления за один период колебаний системы

$$\int_0^{z_{i\tau}} Q_{z_i} dz_i = \int_0^{z_{i\tau}} a_{ii}^* \dot{z}_i dz_i, \quad (3'')$$

где $z_{i\tau}$ — изменение i -той обобщенной координаты за один период колебаний.

Рассмотрим процесс вынужденных колебаний подпрыгивания и галопирования связанной системы вагон-сцеп + пакет без учета сопротивления на резонансном режиме. Пусть микропрофиль пути представлен гармоникой [3]

$$A \sin(pt + \varepsilon) = M \sin pt + N \cos pt,$$

где $p = \frac{2\pi}{3,6s} v$ — частота возмущающей силы;

s — длина волн микропрофиля, м;

v — скорость движения вагона-сцепы, км/час.

Дифференциальные уравнения вынужденных колебаний связанной системы имеют вид

* Приводимые здесь и в дальнейшем выкладки справедливы как для серийных вагонов-сцепов ЦНИИМЭ — АВЗ, так и для вагонов-сцепов с верхними поворотными рамами. Ниже будут даны соответствующие примеры.

$$\left. \begin{aligned} a_{11}\ddot{z}_1 + a_{12}\ddot{z}_2 + a_{13}\ddot{z}_3 + b_{11}z_1 &= P_{11} \sin pt + P_{12} \cos pt; \\ a_{12}\ddot{z}_1 + a_{22}\ddot{z}_2 + a_{23}\ddot{z}_3 + b_{22}z_2 &= P_{21} \sin pt + P_{22} \cos pt; \\ a_{13}\ddot{z}_1 + a_{23}\ddot{z}_2 + a_{33}\ddot{z}_3 - b_{33}z_3 - b_{34}\varphi_1 - b_{35}\varphi_2 &= 0; \\ a_{44}\ddot{\varphi}_1 + b_{44}\varphi_1 - \dot{v}_{34}z_3 &= \Phi_{11} \sin pt + \Phi_{12} \cos pt; \\ a_{55}\ddot{\varphi}_2 + b_{55}\varphi_2 - b_{35}z_3 &= \Phi_{21} \sin pt + \Phi_{22} \cos pt, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где z_1, z_2, z_3 — вертикальные смещения пятников нижних рам и среднего сечения пакета;

φ_1, φ_2 — углы поворота нижних рам около их центров тяжести.

Выражения коэффициентов a_{ik}, b_{ik} и обобщенных сил приведены в одной из наших работ [3]. Общий интеграл неоднородной системы дифференциальных уравнений (4) складывается из общего интеграла соответствующей однородной системы и частного интеграла неоднородной системы (4). Последний имеет вид

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= A_1 \sin pt + B_1 \cos pt; \\ z_2 &= A_2 \sin pt + B_2 \cos pt; \\ z_3 &= A_3 \sin pt + B_3 \cos pt; \\ \varphi_1 &= A_4 \sin pt + B_4 \cos pt; \\ \varphi_2 &= A_5 \sin pt + B_5 \cos pt. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Подставляя выражения (5) в систему (4) и группируя коэффициенты при $\sin pt$ и $\cos pt$, получим десять уравнений для определения десяти произвольных постоянных A_i, B_i :

$$\left. \begin{aligned} (b_{11} - a_{11}p^2)A_1 - a_{12}p^2A_2 - a_{13}p^2A_3 &= P_{11}; \\ -a_{12}p^2A_1 + (b_{22} - a_{22}p^2)A_2 - a_{23}p^2A_3 &= P_{21}; \\ -a_{13}p^2A_1 - a_{23}p^2A_2 + (b_{33} - a_{33}p^2)A_3 - b_{34}A_4 - b_{35}A_5 &= 0; \\ -b_{34}A_3 + (b_{44} - a_{44}p^2)A_4 &= \Phi_{11}; \\ -b_{35}A_3 + (b_{55} - a_{55}p^2)A_5 &= \Phi_{21}; \\ (b_{11} - a_{11}p^2)B_1 - a_{12}p^2B_2 - a_{13}p^2B_3 &= P_{12}; \\ -a_{12}p^2B_1 + (b_{22} - a_{22}p^2)B_2 - a_{23}p^2B_3 &= P_{22}; \\ -a_{13}p^2B_1 - a_{23}p^2B_2 + (b_{33} - a_{33}p^2)B_3 - b_{34}B_4 - b_{35}B_5 &= 0; \\ -b_{34}B_3 + (b_{44} - a_{44}p^2)B_4 &= \Phi_{12}; \\ -b_{35}B_3 + (b_{55} - a_{55}p^2)B_5 &= \Phi_{22}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Определители каждой из двух независимых систем уравнений (относительно A_i и B_i) равны в точности определителю $\Delta(k^2)$, который характеризует собственные частоты системы, где k замещено p

$$\Delta(p^2) \begin{vmatrix} (b_{11} - a_{11}p^2) & -a_{12}p^2 & -a_{13}p^2 & 0 & 0 \\ -a_{12}p^2 & (b_{22} - a_{22}p^2) & -a_{23}p^2 & 0 & 0 \\ -a_{13}p^2 & -a_{23}p^2 & (b_{33} - a_{33}p^2) & -b_{34} & -b_{35} \\ 0 & 0 & -b_{34} & (b_{44} - a_{44}p^2) & 0 \\ 0 & 0 & -b_{35} & 0 & (b_{55} - a_{55}p^2) \end{vmatrix} \quad (7)$$

При $\Delta(p^2) \neq 0$ используем теорему Крамера для системы линейных неоднородных уравнений. Искомые коэффициенты определяются равенствами:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)}; A_2 = \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)}; A_3 = \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)}; A_4 = \frac{\Delta_4(p^2)}{\Delta(p^2)}; A_5 = \frac{\Delta_5(p^2)}{\Delta(p^2)}; \\ B_1 &= \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; B_2 = \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; B_3 = \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; B_4 = \frac{\Delta_{4B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; \\ B_5 &= \frac{\Delta_{5B}(p^2)}{\Delta(p^2)}, \end{aligned} \right\} (8)$$

где $\Delta_1(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ первого столбца столбцом свободных членов $P_{11}, P_{21}, O, \Phi_{11}, \Phi_{21}$;
 $\Delta_{1B}(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ первого столбца столбцом свободных членов $P_{12}, P_{22}, O, \Phi_{12}, \Phi_{22}$;
 $\Delta_2(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ второго столбца столбцом свободных членов $P_{11}, P_{21}, O, \Phi_{11}, \Phi_{21}$;
 $\Delta_{2B}(p^2)$ — определитель, получаемый заменой в $\Delta(p^2)$ второго столбца столбцом свободных членов $P_{12}, P_{22}, O, \Phi_{12}, \Phi_{22}$ и т. д.

Тогда вынужденные колебания связанной системы (5) примут вид

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_2 &= \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_3 &= \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ \varphi_1 &= \frac{\Delta_4(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{4B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ \varphi_2 &= \frac{\Delta_5(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{5B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt, \end{aligned} \right\} (9)$$

а общий интеграл системы (4) будет равен

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= P_1 \cos kt + Q_1 \sin kt + \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_3 &= P_2 \cos kt + Q_2 \sin kt + \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ z_3 &= P_3 \cos kt + Q_3 \sin kt + \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ \varphi_1 &= P_4 \cos kt + Q_4 \sin kt + \frac{\Delta_4(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{4B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt; \\ \varphi_2 &= P_5 \cos kt + Q_5 \sin kt + \frac{\Delta_5(p^2)}{\Delta(p^2)} \sin pt + \frac{\Delta_{5B}(p^2)}{\Delta(p^2)} \cos pt. \end{aligned} \right\} (10)$$

Определим значения P_i и Q_i из условия, что связанная система вагон-сцеп + пакет, подходя к стыку, не имеет вертикальных и угловых колебаний, то есть при $t = 0$

$$\begin{aligned} z_1(0) &= 0; \quad z_1(0) = 0; \quad z_3(0) = 0; \quad \varphi_1(0) = 0; \quad \varphi_2(0) = 0; \\ \dot{z}_1(0) &= 0; \quad \dot{z}_2(0) = 0; \quad \dot{z}_3(0) = 0; \quad \dot{\varphi}_1(0) = 0; \quad \dot{\varphi}_2(0) = 0. \end{aligned}$$

Отсюда получим

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= -\frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; & P_3 &= -\frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; & P_5 &= -\frac{\Delta_{5B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; \\ Q_2 &= -\frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)} \cdot \frac{p}{k}; & Q_4 &= -\frac{\Delta_4(p^2)}{\Delta(p^2)} \cdot \frac{p}{k}; \\ P_2 &= -\frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; & P_4 &= -\frac{\Delta_{4B}(p^2)}{\Delta(p^2)}; & Q_1 &= -\frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)} \cdot \frac{p}{k}; \\ Q_3 &= -\frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)} \cdot \frac{p}{k}; & Q_5 &= -\frac{\Delta_5(p^2)}{\Delta(p^2)} \cdot \frac{p}{k}. \end{aligned} \right\} (11)$$

Общий интеграл (10) примет вид

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \frac{\Delta_{1B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos kt) + \frac{\Delta_1(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right); \\ z_2 &= \frac{\Delta_{2B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos kt) + \frac{\Delta_2(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right); \\ z_3 &= \frac{\Delta_{3B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos kt) + \frac{\Delta_3(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right); \\ \varphi_1 &= \frac{\Delta_{4B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos kt) + \frac{\Delta_4(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right); \\ \varphi_2 &= \frac{\Delta_{5B}(p^2)}{\Delta(p^2)} (\cos pt - \cos k) + \frac{\Delta_5(p^2)}{\Delta(p^2)} \left(\sin pt - \frac{p}{k} \sin kt \right); \\ \Delta(p^2) &= (k_1^2 - p^2)(k_2^2 - p^2)(k_3^2 - p^2)(k_4^2 - p^2)(k_5^2 - p^2), \end{aligned} \right\} (12)$$

где k_i^2 — квадраты собственных частот связанной системы. Поэтому при резонансе колебаний, когда $p = k_i$ ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) выражения (12) принимают неопределенный вид типа $\frac{0}{0}$. Раскрывая эту неопределенность по правилу Лопиталья, получим

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \frac{1}{2k_i\Psi} \left[\Delta_{1B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_1(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right]; \\ z_2 &= \frac{1}{2k_i\Psi} \left[\Delta_{2B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_2(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right]; \\ z_3 &= \frac{1}{2k_i\Psi} \left[\Delta_{3B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_3(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right]; \\ \varphi_1 &= \frac{1}{2k_i\Psi} \left[\Delta_{4B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_4(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right]; \\ \varphi_2 &= \frac{1}{2k_i\Psi} \left[\Delta_{5B}(k_i^2) t \sin k_i t - \Delta_5(k_i^2) \left(t \cos k_i t - \frac{\sin k_i t}{k_i} \right) \right], \end{aligned} \right\} (13)$$

где

$$\Psi = [(k_2^2 - k_i^2)(k_3^2 - k_i^2)(k_4^2 - k_i^2)(k_5^2 - k_i^2) + (k_1^2 - k_i^2)(k_3^2 - k_i^2)(k_4^2 - k_i^2)k_5^2 - k_i^2] + \\ + (k_1^2 - k_i^2)(k_2^2 - k_i^2)(k_4^2 - k_i^2)(k_5^2 - k_i^2) + (k_1^2 - k_i^2)(k_2^2 - k_i^2)(k_3^2 - k_i^2)(k_5^2 - k_i^2) + \\ + (k_1^2 - k_i^2)(k_2^2 - k_i^2)(k_3^2 - k_i^2)(k_4^2 - k_i^2)] \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5). \quad (14)$$

Реализуем равенства (3'), подставляя в них производные обобщенных координат (13) и выражения коэффициентов диссипативной функции [3] a_{ii}^* ,

$$\left. \begin{aligned} a_{11}^* &= 2nM_1; \\ a_{22}^* &= 2nM_2; \\ I_1^* &= 2nM_1d_1^2; \\ I_2^* &= 2nM_2d_2^2, \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где n — коэффициент затухания колебаний рессорного комплекта;
 $d_1 = d_2$ — полубаза полусцепа;

$$M_1 = m_1 + m_3 + \frac{1}{2}m + \frac{1}{2}m_c; \quad M_2 = m_2 + m_4 + \frac{1}{2}m + \frac{1}{2}m_c;$$

здесь m_1, m_2 — массы нижних рам;
 m_3, m_4 — массы верхних рам;
 m, m_c — массы пакета и связи.

Тогда

$$\left. \begin{aligned} 2n &= \frac{2k_i\Psi [P_{11}\Delta_{1B}(k_i^2) - P_{12}\Delta_1(k_i)]}{M_1\Delta_{1B}^2(k_i^2)} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5); \\ 2n &= \frac{2k_i\Psi [P_{21}\Delta_{2B}(k_i^2) - P_{22}\Delta_2(k_i^2)]}{M_2\Delta_{2B}^2(k_i^2)} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5); \\ 2n &= \frac{2k_i\Psi [\Phi_{11}\Delta_{4B}(k_i^2) - \Phi_{12}\Delta_4(k_i^2)]}{M_1d_1^2\Delta_{4B}^2(k_i^2)} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5); \\ 2n &= \frac{2k_i\Psi [\Phi_{21}\Delta_{5B}(k_i^2) - \Phi_{22}\Delta_5(k_i^2)]}{M_2d_2^2\Delta_{5B}^2(k_i^2)} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5). \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Вычислив наибольшее значение $2n$, получим параметр гасителя колебаний рессорного комплекта по формуле

$$C = 2nM, \quad (17)$$

где M — масса, приходящаяся на один рессорный комплект.

Зная параметр гасителя вязкого сопротивления, можно определить по методу И. И. Челнокова эквивалентный параметр фрикционного гасителя.

Вычислим потребный параметр гасителя колебаний рессорного комплекта при следующих данных вагона-сцепа ЛТА — Ленлес:

Вес пакета mg	18 000 кгГ;
Длина пакета l	21 м;
Средний диаметр хлыста d_{cp}	18,6 см;
Жесткость пакета на изгиб по Б. Г. Гастеву EJ	$1412 \cdot 10^3$ кгГ·м ² ;
Величина свесов a (при связи $l_c = 6,5$ м)	1,35 м

Вес подрессоренных масс сцепа:

$m_1g = m_2g$	1200 кгГ;
$m_3g = m_4g$	1450 кгГ;
m_cg	200 кгГ;

Жесткость всех рессор одной тележки $c_1 = c_2$ $350 \cdot 10^3$ кгГ/м;

Жесткость комплекта скользунов $c_3 = c_4$ 2850 кгГ/м.

Считая микропрофиль пути гармоникой $M \sin pt$ с амплитудой $M = 4,5$ мм и длиной волны 8 м, получим [3]: $P_{11} = -461$ кгГ;
 $P_{21} = 1240$ кгГ; $\Phi_{11} = 6710$ кгГ; $\Phi_{21} = 1066$ кгГ; $P_{12} = 1110$ кгГ; $P_{22} = -183$ кгГ;
 $\Phi_{12} = 2785$ кгГ; $\Phi_{22} = 7140$ кгГ.

Коэффициенты a_{ik}, b [3] равны:

$$\begin{aligned} a_{11} = a_{22} &= 1085; \quad a_{23} = 192; \quad b_{11} = b_{22} = 0,7 \cdot 10^6; \\ b_{34} = b_{35} &= 5250; \quad a_{12} = 80; \quad a_{33} = 851; \quad b_{33} = 49400; \quad a_{13} = 233; \\ a_{44} = a_{55} &= 600; \quad b_{44} = b_{55} = 4,44 \cdot 10^6. \end{aligned}$$

Собственные частоты системы [3]

$$k_1 = 7,61 \text{ 1/сек}; k_2 = 25,3 \text{ 1/сек}; k_3 = 28,0 \text{ 1/сек}; k_4 = 86,1 \text{ 1/сек}; k_5 = 86,3 \text{ 1/сек}.$$

Наибольшее значение $2n$, полученное из формул (16), составляет $0,948 \cdot 10^{-5} \text{ 1/сек}$, а потребное значение параметра гасителя из формулы (17)

$$C = 0,948 \cdot 10^{-5} \cdot 2,93 = 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{сек/см}.$$

Вычислим при тех же исходных данных относительно пакета и пути параметр гасителя серийного вагона-сцепы ЦНИИМЭ — АВЗ.

В данном случае $m_3 = m_4 = m_c = 0$; $c^3 = c^4 = 0$.

$$P_{11} = -1170 \text{ кг}; P_{21} = -346 \text{ кг}; \Phi_{11} = 5650 \text{ кг}; \Phi_{21} = 4360 \text{ кг}; \\ P_{12} = 1520 \text{ кг}; P_{22} = -1855 \text{ кг}; \Phi_{12} = 4340 \text{ кг}; \Phi_{22} = 1920 \text{ кг}.$$

Коэффициенты a_{ik} , b_{ik} равны [3]:

$$a_{11} = a_{22} = 1085; a_{23} = 192; b_{11} = b_{22} = 0,7 \cdot 10^6; \\ a_{11} = a_{22} = 1085; a_{23} = 192; b_{11} = b_{22} = 0,7 \cdot 10^6; b_{34} = b_{35} = 0; \\ a_{12} = 80; a_{33} = 728; b_{33} = 37 \cdot 10^6; \\ a_{13} = 233; a_{44} = a_{55} \approx 900; b_{44} = b_{55} = 5,68 \cdot 10^6.$$

Собственные частоты системы [3]: $k_1 = 7,15 \text{ 1/сек}; k_2 = 25,3 \text{ 1/сек};$
 $k_3 = 27,1 \text{ 1/сек}; k_4 = k_5 = 79,5 \text{ 1/сек}.$

Наибольшее значение $2n$, полученное из формул (16), а также значение параметра гасителя C из (17) практически совпадают с вычисленными ранее, что объясняется совершенно одинаковым рессорным подвешиванием рассматриваемых сцепов. Расчеты по балансу энергий (3") приводят к еще меньшему значению параметра гасителя C .

Следовательно, для поглощения энергии вертикальных колебаний вагона-сцепы вполне достаточно «внутреннего трения» [4], [5]. Отсюда понятно, но не совсем справедливо заключение некоторых исследователей [7] о том, что пакет может успешно погасить колебания всей системы в целом. Рассмотрение той же задачи в поперечной плоскости приведет нас к другим результатам.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. М. Бабаков. Теория колебаний. Изд-во «Наука», М., 1968. [2]. Н. Г. Игнатов, В. А. Камаев, Г. С. Михальченко. Расчетная схема и уравнения вертикальной динамики лесовозных вагонов-сцепов колеи 750 мм. Труды ЦНИИМЭ, вып. 115, Химки, 1971. [3]. Г. К. Ленюк. Вертикальная динамика специального вагона-сцепы при вывозке хлыстов по УЖД. Материалы научно-технической конференции ЛТА, Л., 1967. [4]. Г. С. Писаренко. Рассеяние энергии при механических колебаниях. Изд. АН УССР, Киев, 1962. [5]. Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1971. [6]. Д. В. Стретт (лорд Рэлей). Теория звука, т. 1, ГИТТЛ, М., 1955. [7]. З. С. Цофин. Исследование физико-механических характеристик пакетов хлыстов, перевозимых по лесовозным дорогам. Сб. «Пути развития сухопутного транспорта леса» под ред. Н. Г. Корчунова, М., 1964. [8]. И. И. Челноков. Установление параметров гасителей колебаний грузовых вагонов. Докторская диссертация, Л., 1955. [9]. И. И. Челноков, Б. И. Вишняков, В. М. Гарбузов, А. А. Эстлинг. Гасители колебаний вагонов. М., 1963. [10]. J. W. Strutt. Some general theorems concerning forced vibrations and resonance. Scientific Papers, v. V, Cambridge. 1912.

УДК 624.01/04

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ РАСЧЕТ
БАЛОЧНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ
НА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГАХ ПО МЕТОДУ
«УПРУГО ОСЕДАЮЩИХ И ПОВОРАЧИВАЮЩИХСЯ ОПОР»**

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Получены формулы для определения величин давлений на главные балки мостов, крутящих моментов в балках и изгибающих моментов в поперечной конструкции пролетного строения. Учет кручения главных балок позволил приблизить результаты теоретического расчета к результатам «точных» методов (например, методу Б. Е. Улицкого).

Многолетнее плановое использование лесных массивов и доставка автотранспортом леса с делянок на склады и к потребителю требуют возведения на лесовозных дорогах мостов из клееной древесины, железобетона и металла.

Современные методы пространственного расчета мостов с использованием электронно-вычислительных машин дают возможность наиболее полно учитывать физические свойства материалов, взаимодействие элементов, условия работы и характер деформирования элементов.

Предлагаемый метод пространственного расчета балочных пролетных строений достаточно прост и дает результаты, сравнимые с «точными» методами, в частности, с методом Б. Е. Улицкого. В расчетах учитывается кручение балок, существенно влияющее на работу конструкции. Метод позволяет рассчитывать пролетные строения с крайними балками, отличающимися от средних.

Поперечное сечение пролетного строения рассматривается как неразрезная балка, образованная диафрагмами и плитой, на упруго оседающих и упруго поворачивающихся опорах, которыми служат главные балки пролетного строения (рис. 1).

На основании решения А. А. Уманского для неразрезной балки постоянного сечения на упруго оседающих и упруго поворачивающихся опорах выведены формулы для определения величин давлений на главные балки, крутящих моментов в балках и изгибающих моментов в диафрагмах или плите проезжей части пролетного строения. Решение выполнено методом начальных параметров.

В расчетах приняты коэффициенты α и β , характеризующие относительные гибкости балок пролетного строения на изгиб и кручение,

$$\alpha = \frac{d^3}{6EI\Delta}; \quad \beta = \frac{d}{2EI\varphi},$$

где I — момент инерции поперечной конструкции пролетного строения;

Δ , φ — прогиб и угол закручивания главной балки (опоры) от внешней нагрузки без учета упругого распределения поперечной конструкцией;

d — расстояние между главными балками.

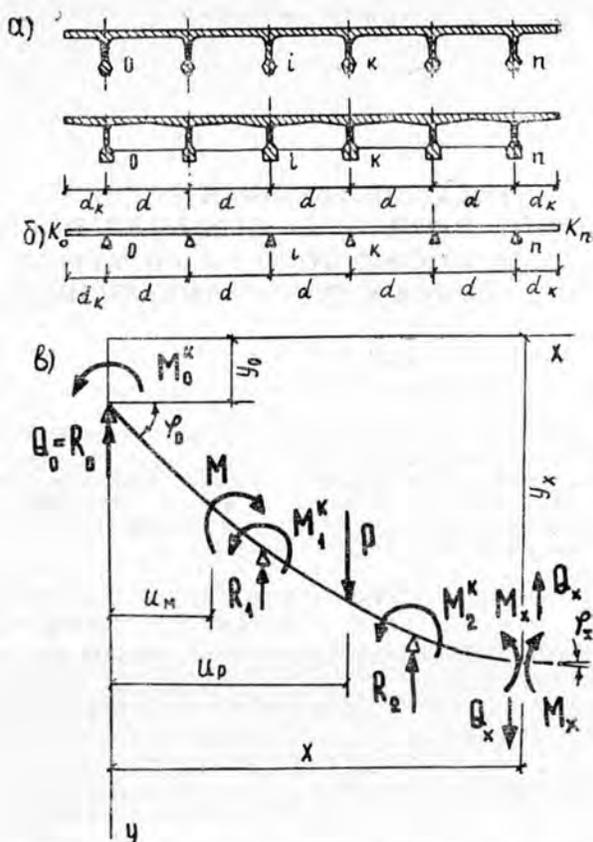


Рис. 1. Поперечные сечения пролетных строений без диафрагм и с диафрагмами (а), расчетная схема (б) и схема расчетных усилий для балки на «упруго оседающих и поворачивающихся опорах» (в). Положительные усилия для всех факторов указаны стрелками.

При определении момента инерции I поперечной конструкции бездиафрагменных пролетных строений рассматривается плита проезжей части шириной 1 м (вдоль пролета), в диафрагменных — диафрагма с прилежащими участками плиты суммарной шириной, равной шагу диафрагм; Δ и φ определяются по формулам сопротивления материалов.

При построении линий влияния достаточно рассмотреть положение единичных воздействий только над опорами балок. При этом вычисляются величины ординат только над опорами балок при условии сохранения точности площади линии влияния.

В случае действия единичных воздействий $P = 1$, $M = 1$, $\Theta = 1$ общее решение линейного дифференциального уравнения четвертого порядка изгиба балки для неразрезной балки постоянного сечения на упруго оседающих и упруго поворачивающихся опорах может быть представлено в виде четырех уравнений (табл. 1).

В уравнениях (1—4") y_{ki} , φ_{ki} , M_{ki} , Q_{ki} — соответственно прогиб, угол поворота, изгибающий момент и поперечная сила на опоре k от внешних воздействий $P = 1$, $M = 1$ и $\Theta = 1$, приложенных на опоре i ; y_{oi} , φ_{oi} , M_{oi} , Q_{io} — те же величины на опоре 0, принимаемой за на-

Таблица 1

№ уравнения	Общая часть уравнений	$P = 1$	$M = 1$	$\theta = 1$
1	Уравнение эпюры прогибов $y_{ki} = y_{0i}A_k + \varphi_{0i}B_k + M_{0i}C_k - Q_{0i}D_k$	$+1 \cdot D_{k-i}$ (1)	$-1 \cdot C_{k-i}$ (1')	$-1 \cdot B_{k-i}$ (1'')
2	Уравнение эпюры углов поворота $\varphi_{ki} = \varphi_{0i}A'_k + M_{0i}B'_k - Q_{0i}C'_k - y_{0i}D'_k$	$+1 \cdot C'_{k-i}$ (2)	$-1 \cdot B'_{k-i}$ (2')	$-1 \cdot A'_{k-i}$ (2'')
3	Уравнение эпюры моментов $M_{ki} = -M_{0i}A''_k + Q_{0i}B''_k + y_{0i}C''_k + \varphi_{0i}D''_k$	$-1 \cdot B''_{k-i}$ (3)	$+1 \cdot A''_{k-i}$ (3')	$-1 \cdot D''_{k-i}$ (3'')
4	Уравнение эпюры поперечных сил $Q_{ki} = Q_{0i}A'''_k + y_{0i}B'''_k + \varphi_{0i}C'''_k + M_{0i}D'''_k$	$-1 \cdot A'''_{k-i}$ (4)	$-1 \cdot D'''_{k-i}$ (4')	$-1 \cdot C'''_{k-i}$ (4'')

чальную, то есть начальные параметры. Они играют роль постоянных интегрирования в общем интеграле: $A_{k-i}, A_k, B_{k-i}, B_k, C_{k-i}, \dots, B'_{k-i}, B'_k, \dots, C''_{k-i}, \dots, D'''_k$ — функции влияния начальных параметров и сосредоточенных воздействий на прогиб y , угол поворота φ , изгибающий момент M и поперечную силу Q на опорах $k-i$ и k . Выражения для функций влияния приведены в работе А. А. Уманского [2].

Составлены таблицы функций влияния в зависимости от коэффициентов α и β , что значительно сокращает время на производимые расчеты [1].

1. Определение начальных параметров y_0 и φ_0 (R_0 и M_0^k). Для пролетного строения из n балок

$$\omega_0 = \omega_n = \omega_{кр}; \quad \mu_0 = \mu_n = \mu_{кр}; \quad \omega_{ср} = \omega; \quad \mu_{ср} = \mu,$$

где $\mu_{кр} = \frac{1}{\varphi_{кр}}$ и $\omega_{кр} = \frac{1}{y_{кр}}$ — жесткости крайней опоры на кручение и изгиб;

μ и ω — то же средней опоры.

В уравнениях (1—4'') все члены можно считать заранее известными, за исключением четырех начальных параметров. Начало помещаем на левом конце неразрезной балки, тогда два из четырех начальных параметров также заранее известны: крайняя опора шарнирно оперта — $M_{0i} = 0$; $Q_{0i} = \omega_{кр}y_{0i}$; два других начальных параметра определяются из условий на правом конце

$$M_{ni} = -\mu_{кр} \cdot \varphi_{ni}; \quad Q_{ni} = -\omega_{кр} \cdot y_{ni}.$$

Случай I. Решение для нагрузки $P = 1$.

Воспользуемся уравнениями (1—4'').

$$\begin{aligned} & -\mu_{кр} \varphi_{0i} A''_n + \omega_{кр} y_{0i} B''_n + y_{0i} C''_n + \varphi_{0i} D''_n - B''_{n-i} = \\ & = -\mu_{кр} (\varphi_{0i} A''_n + \mu_{кр} \varphi_{0i} B''_n - \omega_{кр} y_{0i} C''_n - y_{0i} D''_n + C''_{n-i}) \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned} & y_{0i} (\omega_{кр} B''_n + C''_n - \mu_{кр} \omega_{кр} C''_n - \mu_{кр} D''_n) + \varphi_{0i} (-\mu_{кр} A''_n + D''_n + \\ & + \mu_{кр} A''_{кр} + \mu_{кр}^2 B''_n) - B''_{n-i} + \mu_{кр} C''_{n-i} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\omega_{кр} y_{0i} A_n''' + y_{0i} B_n''' + \varphi_{0i} C_n''' - \mu_{кр} \varphi_{0i} D_n''' + A_{n-i}''' = -\omega_{кр} (y_{0i} A_n + \varphi_{0i} B_n + \mu_{кр} \varphi_{0i} C_n - \omega_{кр} y_{0i} D_n + D_{n-i})$$

или

$$y_{0i} (\omega_{кр} A_n''' + B_n''' + \omega_{кр} A_n - \omega_{кр}^2 D_n) + \varphi_{0i} (C_n''' + \mu_{кр} D_n''' + \omega_{кр} B_n + \omega_{кр} \mu_{кр} C_n) - A_{n-i} + \omega_{кр} D_{n-i} = 0. \quad (6)$$

Определим значение начального параметра y_{0i} . Для этого из уравнения (5)

$$\varphi_{0i} = \frac{(B_{n-i}'' - \mu_{кр} C_{n-i}') - y_{0i} (\omega_{кр} B_n'' + C_n'' + \mu_{кр} \omega_{кр} C_n' - \mu_{кр} D_n')}{2\mu_{кр} A_n' + D_n'' - \mu_{кр}^2 B_n'}. \quad (7)$$

В преобразованиях воспользуемся равенством функций влияния

$$C_n' = C_n; A_n'' = A_n'; A_n''' = A_n; B_n'' = B_n; C_n''' = C_n''; D_n''' = D_n'(n = 0, 1, 2, \dots). \quad (8)$$

Для каждого α и β значения функций влияния представим в виде произведения определенного числа (численного множителя) на дополнительный множитель, характерный для данной функции влияния. Например, для $\alpha = 0,5$ и $\beta = 0,3$

$$A_2 = 0,5 \cdot 1; B_2 = 1,8d; C_2 = 2,5 \frac{d^2}{2EI}; D_2 = 9,0 \frac{d^3}{EI} \text{ и т. д.} \quad (9)$$

Из каждой функции влияния вынесем ее дополнительный множитель, оставив под ее знаком значение численного множителя. Из выражений для α и β

$$\mu = \frac{\beta 2EI}{d} = \frac{\beta \omega d^2}{3\alpha}; \quad \frac{d^3}{6EI} = \frac{\alpha}{\omega}; \quad \frac{d^2}{2EI} = \frac{3\alpha}{\omega d}; \quad \frac{d}{EI} = \frac{6\alpha}{\omega d^2}. \quad (10)$$

Обозначим $\frac{\alpha}{\alpha_{кр}} = \gamma$; $\frac{\beta}{\beta_{кр}} = \gamma'$. Используя представленные выше обозначения, подставим φ_{0i} в уравнение (6). Опуская промежуточные выкладки, имеем для y_{0i}

$$y_{0i} = \frac{(B_{n-i} - \beta_{кр} C_{n-i}') (B_n + \gamma C_n'' + \beta_{кр} C_n + \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}} D_n') - (A_{n-i} - \alpha_{кр} D_n) (\gamma D_n'' + \frac{2}{3} \frac{\beta_{кр}^2}{3\alpha_{кр}} \cdot B_n')}{(B_n + \gamma C_n'' - \beta_{кр} C_n - \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}} D_n') (B_n + \gamma C_n'' + \beta_{кр} C_n + \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}} D_n') - (2A_n + \gamma B_n''' - \alpha_{кр} D_n) (\gamma D_n'' + \frac{2}{3} \frac{\beta_{кр}^2}{3\alpha_{кр}} \cdot B_n')} \cdot \frac{1}{\omega_{кр}}. \quad (11)$$

Обозначим

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= B_n + \gamma C_n'' - \beta_{кр} C_n - \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}} \cdot D_n'; & T_3 &= \gamma D_n'' + \frac{2}{3} \frac{\beta_{кр}^2}{3\alpha_{кр}} \cdot B_n'; \\ T_2 &= B_n + \gamma C_n'' + \beta_{кр} C_n + \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}} \cdot D_n'; & T_4 &= 2A_n + \gamma B_n''' - \alpha_{кр} D_n; \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$L = \frac{1}{T_1 \cdot T_2 - T_3 \cdot T_4},$$

здесь

$$D_n'' = D_{n_i}'' - \frac{\beta}{3\alpha} \cdot D_{n_i}''.$$

Выражение (11) принимает вид

$$y_{0i} = [(B_{n-i} - \beta_{кр} C_{n-i}) T_2 - (A_{n-i} - \alpha_{кр} D_{n-i}) T_3] \cdot L \cdot \frac{1}{\omega_{кр}}; \quad (11')$$

$$R_{0i} = y_{0i} \omega_{кр} = [(B_{n-i} - \beta_{кр} C_{n-i}) T_2 - (A_{n-i} - \alpha_{кр} D_{n-i}) T_3] \cdot L. \quad (13)$$

Проведя аналогичные преобразования при определении начального параметра φ_{0i} , имеем

$$\varphi_{0i} = [(A_{n-i} - \alpha_{кр} D_{n-i}) T_1 - (B_{n-i} - \beta_{кр} C_{n-i}) T_4] \cdot L \cdot \frac{1}{\omega_{кр} d}; \quad (14)$$

$$M_{0i}^k = \mu_{кр} \varphi_{0i} = [(A_{n-i} - \alpha_{кр} D_{n-i}) T_1 - (B_{n-i} - \beta_{кр} C_{n-i}) T_4] \cdot L \cdot \frac{\beta_{кр} d}{3\alpha_{кр}}; \quad (15)$$

$$M_{0i}^{k(1)} = M_{0i}^k \cdot \frac{3\alpha_{кр}}{\beta_{кр} d} = [(A_{n-i} - \alpha_{кр} D_{n-i}) T_1 - (B_{n-i} - \beta_{кр} C_{n-i}) T_4] L. \quad (16)$$

Случай II. Решение для нагрузки $M = 1$. Вывод расчетных формул аналогичен случаю I.

$$y_{0i}^m = [(2\beta_{кр} B'_{n-i} - A'_{n-i}) T_2 - (3\alpha_{кр} C_{n-i} + D'_{n-i}) T_3] L \cdot \frac{1}{\omega_{кр} d}; \quad (17)$$

$$R_{0i} = y_{0i}^m \omega_{кр} = [(2\beta_{кр} B'_{n-i} - A'_{n-i}) T_2 - (3\alpha_{кр} C_{n-i} + D'_{n-i}) T_3] \cdot L \cdot \frac{1}{d}; \quad (18)$$

$$R_{0i}^{m(1)} = R_{0i}^m \cdot \frac{\beta_{кр} d}{3\alpha_{кр}} = [(2\beta_{кр} B'_{n-i} - A'_{n-i}) T_2 - (3\alpha_{кр} C_{n-i} + D'_{n-i}) T_3] \cdot L \cdot \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}}; \quad (19)$$

$$\varphi_{0i}^m = [(3\alpha_{кр} C_{n-i} + D'_{n-i}) T_1 - (2\beta_{кр} B'_{n-i} - A'_{n-i}) T_4] \cdot L \cdot \frac{1}{\omega_{кр} d^2}; \quad (20)$$

$$M_{0i}^{m,k} = \varphi_{0i}^m \mu_{кр} = [(3\alpha_{кр} C_{n-i} + D'_{n-i}) T_1 - (2\beta_{кр} B'_{n-i} - A'_{n-i}) T_4] \cdot L \cdot \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}}; \quad (21)$$

$$M_{0i}^{m,k(1)} = M_{0i}^{m,k} \cdot \frac{3\alpha_{кр}}{\beta_{кр} d} = [(3\alpha_{кр} C_{n-i} + D'_{n-i}) T_1 - (2\beta_{кр} B'_{n-i} - A'_{n-i}) T_4] \cdot L \cdot \frac{1}{d}. \quad (22)$$

Случай III. Решение для $\Theta = 1$ (Θ — сосредоточенное изменение угла). Вывод расчетных формул аналогичен случаю I.

$$y_{i0}^\theta = \left[(\gamma D'_{n-i} + \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}} A'_n) T_2 - (\gamma C'_{n-i} + B_{n-i}) T_3 \right] \cdot L d; \quad (23)$$

$$\varphi_{0i}^\theta = \left[(\gamma C'_{n-i} + B_{n-i}) T_1 - (\gamma D'_{n-i} + \frac{\beta_{кр}}{3\alpha_{кр}} A'_n) T_4 \right] \cdot L. \quad (24)$$

2. Линии влияния R и M^k для главных балок и $M^{оп}$ для поперечной конструкции пролетного строения. Ординаты линии влияния реак-

ций опор R согласно формуле (1) и теореме о взаимности перемещений ($y_{ik} = y_{ki}$)

$$R_{ik} = \omega_{кр} y_{ki} = \omega_{кр} (y_{0i} A_k + \varphi_{0i} B_k + \mu_{кр} \varphi_{0i} C_k - \omega_{кр} y_{0i} D_k + D_{k-i}). \quad (25)$$

Проведя замену, аналогичную (8) — (10), имеем в окончательном виде для крайних балок ($i = 0, n$)

$$R_{ik} = R_{0i} (A_k - \alpha_{кр} D_k) + M_{0i}^{к(1)} (B_k + \beta_{кр} C_k) + \alpha_{кр} D_{k-i}. \quad (25')$$

Ординаты линии влияния крутящих моментов M^k , согласно формуле (1) и теореме о взаимности работ ($\varphi_{ik} = y_{ki}^m$)

$$M_{ik}^k = \mu_{кр} y_{ki}^m = \mu_{кр} (y_{0i} A_k + \varphi_{0i} B_k + \mu_{кр} \varphi_{0i} C_k - \omega_{кр} y_{0i} D_k - C_{k-i}). \quad (26)$$

После преобразований, подобных R , получим для крайних балок ($i = 0, n$)

$$M_{ik}^k = [R_{0i}^{м,к(1)} (A_k - \alpha_{кр} D_k) + M_{0i}^m (B_k + \beta_{кр} C_k) - \beta_{кр} C_{k-i}] d. \quad (26')$$

Ординаты линий влияния R и M^k для средних балок ($i \neq 0, n$) получим, умножив выражения (25') и (26') на γ и γ' соответственно.

Ординаты линий влияния опорных моментов $M_{оп}$ главных балок-опор найдем, согласно формуле (1'') и $M_{ik} = y_{ik}^{\theta}$

$$M_{ik}^{оп} = y_{0i} A_k + \varphi_{0i} B_k + \mu_{кр} \varphi_{0i} C_k - \omega_{кр} y_{0i} D_k - B_{k-i}. \quad (27)$$

После преобразований, подобных R и M^k , получим для крайних ($i = 0, n$) и средних ($i \neq 0, n$) балок

$$M_{ik}^{оп} = y_{0i}^{\theta} (A_k - \alpha_{кр} D_k) + \varphi_{0i}^{\theta} d (B_k + \beta_{кр} C_k) - d B_{k-i}. \quad (27')$$

3. Определение ординат линий влияния R и M^k от груза $P = 1$, приложенного на консолях балки. Ординаты линий влияния на консоли при $P = 1$ и $M = 1$ на крайней левой и правой опорах:

$$\left. \begin{aligned} R_{k_0 k_0} &= R_{k0} + t R_{k0}^m; & M_{k_0 k_0} &= M_{k0}^k + t M_{k0}^{м,к}; \\ R_{k_0 k_n} &= R_{kn} + t R_{kn}^m; & M_{k_0 k_n} &= M_{kn}^k + t M_{kn}^{м,к}, \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

где t — расстояние от точки приложения силы $P = 1$ на консоли до опоры 0.

Значения ординат эпюр R^m и $M^{м,к}$ подсчитаем по следующим формулам, согласно (1') и (2'):

$$R_{k0} = \omega_{кр} y_{k0}^m = \omega_{кр} (y_{0i} A_k + \varphi_{0i} B_k + \mu_{кр} \varphi_{0i} C_k - \omega_{кр} y_{0i} D_k - C_{k-i}). \quad (29)$$

После преобразований, подобных (25'), (26'), (27'), получим

$$R_{k0}^m = R_{00}^m (A_k - \alpha_{кр} D_k) + M_{00}^{м,к(1)} (B_k + \beta_{кр} C_k) - \frac{3\alpha_{кр}}{d} C_{k-i}; \quad (29')$$

$$M^{м,к} = \mu_{кр} \varphi^m = M_{00}^{м,к} (A'_k + 2\beta_{кр} B'_k) - R^{м(1)} (D'_k + 3\alpha_{кр} C'_k) - 2\beta_{кр} B'_{k-i}. \quad (30)$$

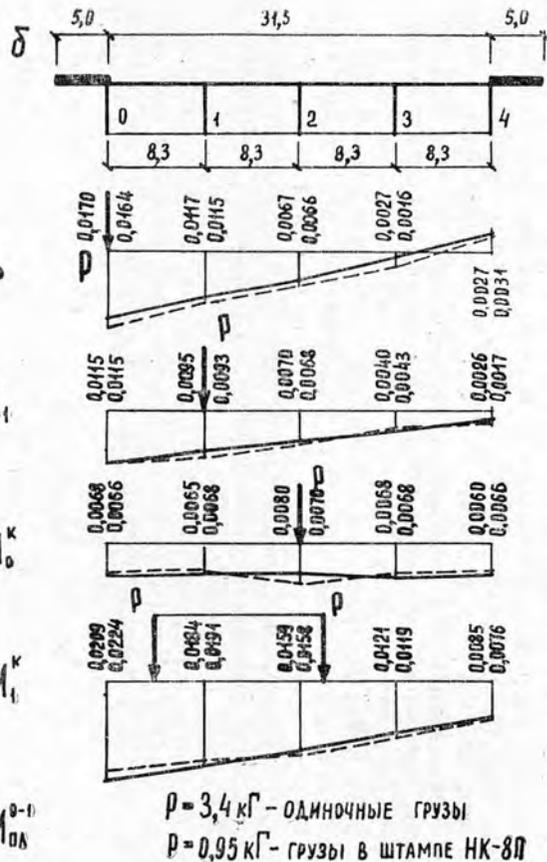
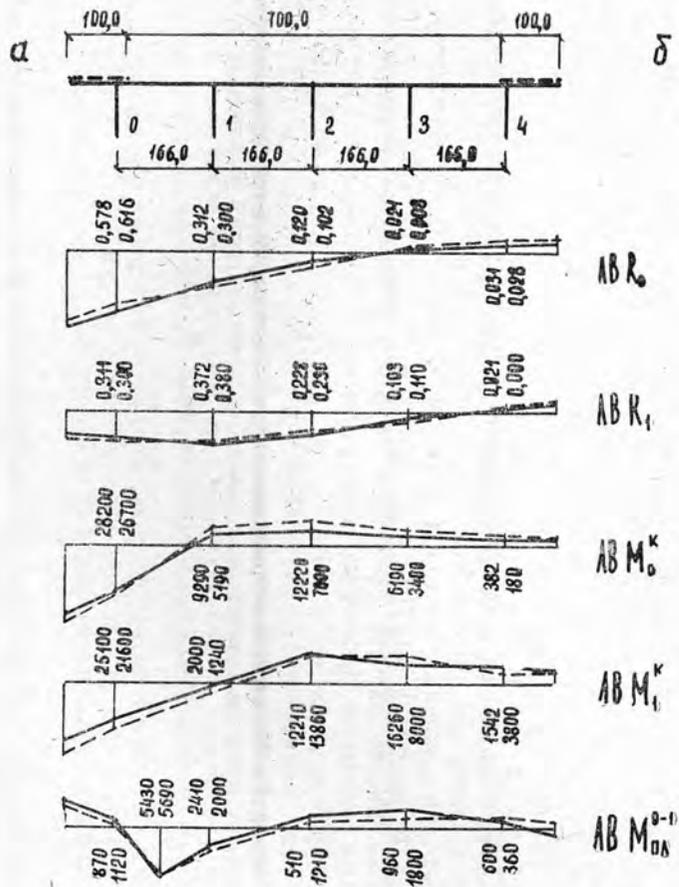


Рис. 2. а — линии влияния R , M и $M^к$ для бездиафрагменного сборного железобетонного пролетного строения $l_p = 1740$ см. Сплошная линия — по методу Б. Е. Улицкого; штриховая — по методу «упруго оседающих и поворачивающихся опор»; б — эюры прогибов модели из органического стекла балочного пролетного строения с диафрагмами. Сплошная линия — теоретические прогибы; штриховая — экспериментальные.

4. Изгибающие моменты в поперечной конструкции (диафрагмах и плите проезжей части) пролетного строения определим сначала как в простой балке на двух опорах (M_x^0), а затем учтем влияние опорных моментов (M_n и M_{n-1})

$$M_x = M_x^0 + M_{n-1} \frac{d-x}{d} + M_n \frac{x}{d}, \quad (31)$$

здесь d — расстояние между главными балками пролетного строения; x — расстояние от балки-опоры до рассматриваемого сечения диафрагмы (плиты).

5. Изменение коэффициентов поперечной установки балок по длине пролетного строения моста. Анализ изменения коэффициентов α и β по длине пролетного строения моста выявил увеличение этих коэффициентов в 2 раза для сечения моста 0,2 l по сравнению с сечением 0,5 l . Поскольку подобное увеличение α и β оказывает противоположное влияние на величину ординат ЛВ R , то и коэффициенты поперечной установки изменяются незначительно. Для сечений 0,5—0,2 l коэффициенты поперечной установки балок пролетного строения можно принимать по сечению 0,5 l .

6. Пример. На рис. 2, а приведены линии влияния R , M^k и M_n для бездиафрагменного сборного железобетона пролетного строения $l_p = 1740$ см (все балки пролетного строения одинаковы), при построении которых использованы методы Б. Е. Улицкого и «упруго оседающих и поворачивающихся опор». Произведено сравнение величин максимальных ординат линий влияния (за исключением ординат на консолях), определенных этими методами, причем за основу принят метод Б. Е. Улицкого. В качественном отношении линии влияния R , M^k и $M_{пл}$ близки друг другу. В количественном отношении расхождение в величинах максимальных ординат равно 2—6% для ЛВ R , 6—17% для ЛВ M^k и 5—8% для ЛВ $M_{пл}$ ($M_{пл}$ — изгибающий момент в плите).

На рис. 2, б приведены теоретические и экспериментальные эпюры прогибов модели из органического стекла балочного пролетного строения с диафрагмами. Крайние балки отличаются от средних (тротуарные элементы включены в работу пролетного строения). Расхождение в результатах теоретического расчета и эксперимента в среднем не превышает 4—6%, что подтверждает достаточную точность метода.

Учет кручения в методе «упруго оседающих и поворачивающихся опор» позволил приблизить результаты теоретического расчета к результатам «точных» методов (например, методу Б. Е. Улицкого), получить величины крутящих моментов в балках пролетного строения. Возможность расчета пролетных строений с разными главными балками позволяет расширить круг рассматриваемых задач.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Стуков. К вопросу расчета автодорожных балочных сборных железобетонных мостов с включением в работу пролетных строений конструкции тротуаров. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., 1971. [2]. А. А. Уманский. Наплавные мосты. М., 1939.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.093.6.05

ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ОБОРОТОВ ТОНКИХ ДИСКОВ

В. К. ПАШКОВ, В. Г. БОДАЛЕВ, Э. М. ТУРИКОВ, А. И. ШЕВЧЕНКО

Уральский лесотехнический институт

Рассмотрены экспериментальные методы определения критических чисел оборотов тонких плоских дисков для случаев последовательного возбуждения их резонансных колебаний с «вперед» и «назад» бегущими цепями волн на произвольном числе оборотов или только с наличием одного из типов волн. Приведены формулы определения частотных характеристик $n_{кр}$ для каждого метода, разработан практический пример применения этих методов.

При механической обработке ряда материалов (древесины, древесных плит и пластиков, пластмасс, драгоценных камней и др.) резанием применяют инструмент, корпус которого представляет собой круглую пластину (диск) толщиной 0,5—5,5 мм. Работа таким инструментом требует его отстройки от критических (резонансных) скоростей вращения.

Критическое число оборотов диска $n_{кр}$ можно определить экспериментально или расчетным путем. Из экспериментальных известны два метода [1], [2], основанные на исследовании возбуждаемых в диске электромагнитом (вращающимся вместе с диском или неподвижным) резонансных колебаний, которые регистрируются двумя датчиками.

В первом методе один из датчиков неподвижен, другой установлен так, что вращается вместе с испытуемым диском. Скорость вращения плавно изменяется. Вращающийся датчик регистрирует на ленте осциллографа динамическую частоту диска f_d , а неподвижный — частоты составляющих ее вперед f_v и назад f_n бегущих цепей волн. Достижение критических чисел оборотов фиксируется по характеру осциллограммы неподвижного датчика ($f_n = 0$), а число узловых диаметров m (форма колебаний) определяется как отношение динамической частоты диска, регистрируемой вращающимся датчиком, к числу оборотов $m = \frac{f_d}{n_{кр}}$.

Коэффициент динамичности B , зависящий от условий закрепления, размеров диска и формы колебаний m , при известном значении собственной частоты диска в статике $f_{ст}$, определяют по формуле

$$B = m^2 - \left(\frac{f_{ст}}{n_{кр}} \right)^2.$$

Описанный метод точен, но при этом требуется сложная экспериментальная установка, он неэффективен при $m > 3$, вследствие появления автоколебаний, и неприемлем для исследования колебаний дисков при резании.

Второй метод более универсален и прост. В этом случае используют два неподвижных датчика, размещенных на одной окруж-

ности с центральным углом Θ между датчиками (например $\Theta = 30^\circ$) Скорость вращения диска n — произвольная постоянная. Датчиками регистрируются частоты вперед f_v и назад f_n бегущих волн, связанные с величинами n и f_d выражениями

$$\left. \begin{aligned} f_v &= f_d + mn; \\ f_n &= f_d - mn; \\ f_d &= \frac{f_v + f_n}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Форму колебаний устанавливают по сдвигу фаз между кривыми, записанными разными датчиками на одной из бегущих (назад или вперед) волн. Если этот сдвиг выразить в долях периода рассматриваемой волны и обозначить через i , то число узловых диаметров при $\Theta \neq 30^\circ$

$$m = \frac{360}{30} i. \quad (2)$$

В этом случае

$$B = \frac{f_d^2 - f_{ст}^2}{n^2}; \quad (3)$$

$$n_{кр} = \frac{f_{ст}}{\sqrt{m^2 - B}}. \quad (5)$$

Используемый в этом методе традиционный способ определения m по сдвигу фаз зачастую дает плохие результаты, что связано с неопределенностью положения точек экстремумов рассматриваемых кривых из-за нестационарности колебательного процесса.

Поэтому целесообразнее определять число m по формуле, полученной при совместном решении любой пары уравнений (1),

$$m = \frac{f_v - f_n}{2n},$$

Применение этой формулы, имеющей строгое математическое обоснование, значительно упрощает обработку осциллограмм и повышает точность расчетов. Кроме того, при таком способе определения величины m упрощается экспериментальная установка, поскольку отпадает необходимость использования второго датчика.

Определение критических чисел оборотов и коэффициентов динамичности связано в рассмотренных методах с нахождением статических частот дисков на специальных стендах, где форму колебаний и момент резонанса устанавливают по песочным фигурам Хладни. Между тем, все интересующие исследователя величины B , $n_{кр}$, $f_{ст}$ можно получить без проведения этого испытания, требующего самостоятельной аппаратуры. Для этого необходимо записать процесс резонансных колебаний с m узловыми диаметрами при двух различных числах оборотов n_1 и n_2 . Тогда коэффициент динамичности B определяют, решая систему двух уравнений

$$\left. \begin{aligned} f_{d1}^2 &= f_{ст}^2 + Bn_1^2; \\ f_{d2}^2 &= f_{ст}^2 + Bn_2^2; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$B = \frac{f_{d2}^2 - f_{d1}^2}{n_2^2 - n_1^2};$$

статическая частота

$$f_{ст} = \sqrt{f_i^2 - Bn_i}. \quad (7)$$

Величины f_d , m и $n_{кр}$ вычисляются соответственно из формул (1), (4) и (5). В частном случае при $n_1 = 0$ формула (6) сводится к выражению (3).

Иногда при исследовании колебаний трудно одновременно возбудить в диске вперед и назад бегущие цепи волн достаточной интенсивности. Нередко на осциллограмме наблюдается значительное преобладание амплитуды одной из бегущих волн. Кроме того, необходимо иметь в виду, что в изотропном диске на некритическом числе оборотов нельзя получить обе цепи волн при возбуждении диска неподвижным магнитом лишь по вперед (или назад) бегущей волне.

В связи с этим иногда необходимо определить величины m , B , $f_{ст}$, $n_{кр}$ по частоте лишь одной из бегущих волн. Для этого достаточно записать процесс колебаний с узловыми диаметрами при трех различных произвольных числах оборотов n_1 , n_2 и n_3 .

Для вперед бегущей волны получим следующую систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} (f_{в1} - mn_1)^2 &= f_{ст}^2 + Bn_1^2; \\ (f_{в2} - mn_2)^2 &= f_{ст}^2 + Bn_2^2; \\ (f_{в3} - mn_3)^2 &= f_{ст}^2 + Bn_3^2; \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Величины B и $f_{ст}$ можно определить, решая совместно любую пару уравнений (8)

$$B = \frac{(f_{в2} - mn_2)^2 - (f_{в1} - mn_1)^2}{n_2^2 - n_1^2}; \quad (9)$$

$$f_{ст} = \sqrt{\frac{(f_{в1} - mn_1)^2 n_2^2 - (f_{в2} - mn_2)^2 n_1^2}{n_2^2 - n_1^2}}, \quad (10)$$

число узловых диаметров находим, подставляя в неиспользованное уравнение (8) выражения для B и $f_{ст}$ из формул (9) и (10)

$$m = 0,5 \cdot \frac{f_{в1}^2 (n_3^2 - n_2^2) - f_{в2}^2 (n_3^2 - n_1^2) + f_{в3}^2 (n_2^2 - n_1^2)}{f_{в1} n_1 (n_3^2 - n_2^2) - f_{в2} n_2 (n_3^2 - n_1^2) + f_{в3} n_3 (n_2^2 - n_1^2)}. \quad (11)$$

Решая для назад бегущей волны систему уравнений, аналогичную системе (8), получим

$$m = 0,5 \cdot \frac{f_{н1}^2 (n_3^2 - n_1^2) - f_{н2}^2 (n_3^2 - n_1^2) + f_{н3}^2 (n_2^2 - n_1^2)}{-f_{н1} n_1 (n_3^2 - n_1^2) + f_{н2} n_2 (n_3^2 - n_1^2) - f_{н3} n_3 (n_2^2 - n_1^2)}. \quad (12)$$

Критическую скорость вращения определяем по формуле (4). В частном случае при $n_1 = 0$ формулы (11) и (12) имеют вид

$$m = \left| 0,5 \cdot \frac{f_2^2 - n_3^2 - f_3^2 n_2^2 - f_{ст}^2 (n_3^2 - n_2^2)}{n_2 n_3 (f_2 n_3 - f_3 n_2)} \right|.$$

Возможное отклонение полученного по формулам (5), (11), (12) значения m от натуральных чисел, вызванное погрешностью измерения $f_{в}$, $f_{н}$ и n можно исправить, округляя величину m до ближайшего целого числа.

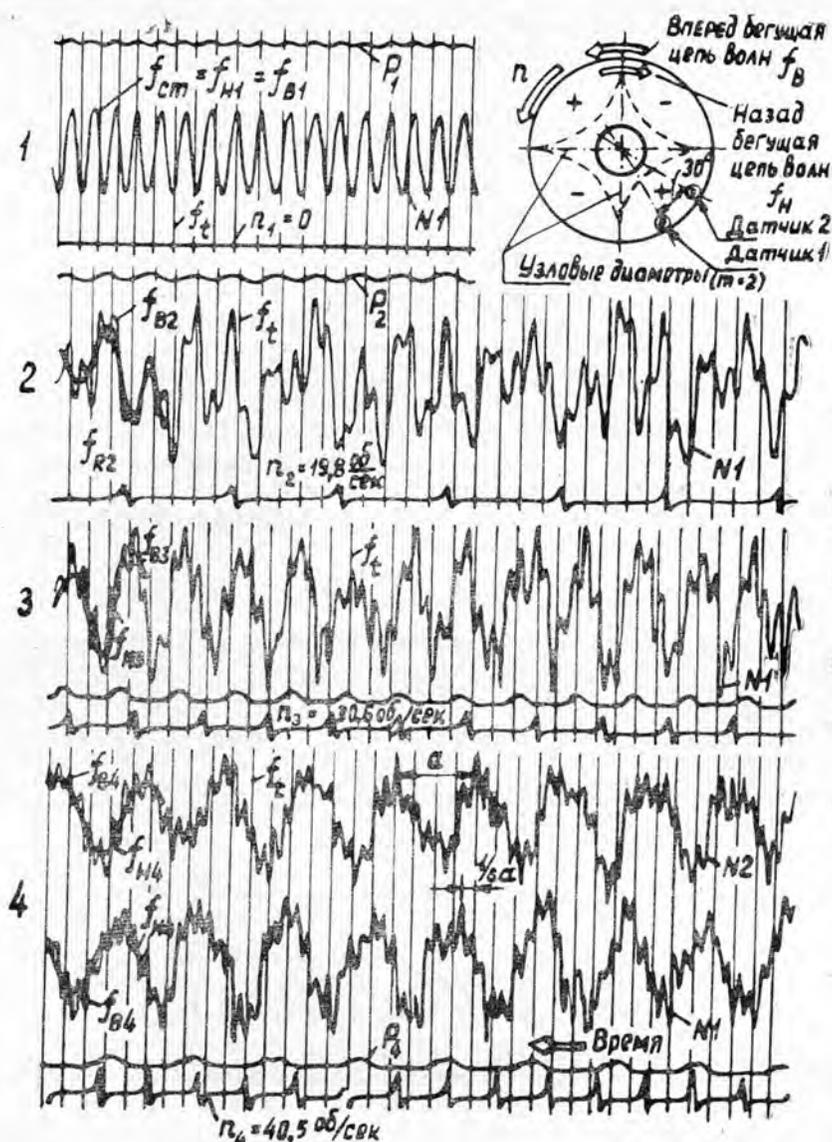


Рис. 1.

1 — $n_1 = 0$; 2 — $n_2 = 19,8$ об/сек; 3 — $n_3 = 30,5$ об/сек; 4 — $n_4 = 40,5$ об/сек.

На рис. 1 приведены осциллограммы процесса веерных колебаний ($m = 2$) диска (диаметром 400 мм и толщиной 1,6 мм с двумя узловыми диаметрами), записанных на четырех произвольно выбранных числах оборотов. Осциллограммы позволяют практически проиллюстрировать использование изложенного выше материала.

Колебания записывали с помощью неподвижных датчиков, причем только для осциллограммы 4 (рис. 1) использовали одновременно два датчика. На ленте осциллографа, помимо колебательного процесса, фиксировали отметки времени f_t оборотов n и частоту возбуждения p . Частоту записанного процесса f ($f_{в}$, $f_{н}$, $f_{ст}$, n) $гц$, определяли из отношения

$$f = f_t \cdot \frac{K}{K_t},$$

где f_t — частота отметчика времени ($f_t = 100$ гц);

K — число отметок времени;

K — число периодов записанного процесса на длине осциллограммы, соответствующей K_t .

Результаты обработки осциллограмм приведены в табл. 1.

Таблица 1

Осциллограммы	n , об/сек	$f_{ст}$, гц	$f_{н}$, гц	$f_{в}$, гц	$f_{д}$, гц
1	0	84,6	84,6	84,6	—
2	19,8	—	50,3	129,5	89,9
3	30,6	—	35,6	158,0	96,8
4	40,5	—	24,0	186,0	105,0

Из осциллограммы 4 (рис. 1) видно что цепь волн с низкой частотой достигает датчика 2 раньше, чем датчика 1, то есть цепь волн перемещается по диску в направлении, обратном его вращению, и является, таким образом, назад бегущей. Сдвиг фаз кривых, полученных при регистрации колебаний двумя датчиками, составляет примерно

$\frac{1}{6}$ периода колебаний. Подставляя это значение в формулу (2), получим $m = \frac{360}{30} \cdot \frac{1}{6} = 2$.

Аналогичный результат получим и при использовании предлагаемых формул (5), (11), (12) для определения формы колебаний во всех 14 возможных сочетаниях полученных данных (табл. 1)

Действительно, для процесса, записанного на осциллограмме 4 (рис. 1), по формуле (5) имеем

$$m = \frac{186 - 24}{2 \cdot 40,5} = 2;$$

на осциллограмме 2 (рис. 1)

$$m = \frac{129,5 - 50,3}{2 \cdot 19,8} = 2.$$

При расчете m по частоте назад бегущих волн, зафиксированных на осциллограммах 2—4, из формулы (11) получим

$$m = 0,5 \frac{129,5^2 (40,5^2 - 30,6^2) - 158^2 (40,5^2 - 19,8^2) + 186^2 (30,6^2 - 19,8^2)}{129,5 \cdot 19,8 (40,5^2 - 30,6^2) - 158 \cdot 30,6 (40,5^2 - 19,8^2) + 186 \cdot 40,5 (30,6^2 - 19,8^2)} \approx 2.$$

При расчете m по частоте назад бегущих волн, зафиксированных на осциллограммах 2—4, из формулы (12) найдем

$$m = 0,5 \frac{50,3^2 (40,5^2 - 30,6^2) - 35,6^2 (40,5^2 - 19,8^2) + 24^2 (30,6^2 - 19,8^2)}{-50,3 \cdot 19,8 (40,5^2 - 30,6^2) + 35,6 \cdot 30,6 (40,5^2 - 19,8^2) - 24 \cdot 40,5 (30,6^2 - 19,8^2)} \approx 2.$$

По формуле (6) для шести возможных сочетаний полученных данных (табл.1) рассчитываем значения коэффициента B . Для осциллограмм 1—2 $B = 2,36$; для 1—3—2,36; для 1—4—2,36; для 2—3—2,37; 3—4—2,35; для 2—4—2,36. Полученные значения различаются лишь в третьей значащей цифре, что свидетельствует о достаточной точности предложенных способов определения B . Используя среднее из трех последних значений $B_D = 2,36$, по формуле (7) определим статическую частоту последовательно для трех чисел оборотов. Найденные значения $f_{ст}$ равны между собой и совпадают со значением частоты $f_{ст} = 84,6$ гц, полученной непосредственно в статике (рис. 1, осциллограмма 1). Критическое число оборотов диска для второй верной формы получим из формулы (4)

$$n_{кр} = \frac{84,6}{\sqrt{2^2 - 2,36}} = 66 \text{ об/сек.}$$

Следовательно, предложенные методы позволяют с достаточной степенью точности определять критические числа оборотов на простых

установках с одним неподвижным датчиком без проведения статических испытаний, требующих дополнительного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Кэмпбелл. Аксиальная вибрация дисков паровых турбин и меры защиты от нее. Энергоиздат, 1937. [2]. А. В. Левин. Рабочие лопатки и диски паровых турбин. Госэнергоиздат, 1953.

Поступила 23 октября 1972 г.

УДК 634.0.812

К РАСЧЕТУ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВЕСИНЫ

Г. С. ШУБИН

Московский лесотехнический институт

Приведены расчетные уравнения по определению удельной изотермической влагоемкости древесины и термоградиентного коэффициента древесины. Расчеты, выполненные по этим уравнениям, представлены в виде графиков.

Влажные материалы как объекты сушки характеризуются термодинамическими параметрами. Рассмотрим эти параметры применительно к древесине.

Потенциал переноса связанной влаги. Известно, что потенциалом переноса тепла является температура. В соответствии с этим тепловой поток перемещается в сторону снижения температуры, а в состоянии теплового равновесия два соприкасающихся тела имеют одинаковые температуры, хотя теплосодержание этих тел в общем случае может быть различным вследствие разной теплоемкости.

Аналогичная картина наблюдается и при переносе массы (влаги). Приведены факты, когда при контакте двух тел в состоянии равновесия (то есть когда потенциалы переноса одинаковы), влагосодержание, будучи равномерно распределенным внутри каждого из тел, имеет резкий скачок на границе. Следовательно, градиент влагосодержания не является здесь движущей силой переноса влаги.

Такая постановка вопроса привела к необходимости [3] ввести понятие об удельной влагоемкости (массоёмкости) тела c' (по аналогии с удельной теплоемкостью c), характеризующей количество влаги, которое необходимо сообщить единице массы тела, чтобы увеличить потенциал переноса влаги Θ на одну единицу.

Интенсивность потока тепла q (например, $вт/м^2$), не осложненно переносом массы, определяют по формуле

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

где λ — коэффициент теплопроводности (например, $вт/м \cdot град$);
 t — температура;
 x — координата;

$$\lambda = a \cdot k \cdot \rho, \quad (2)$$

здесь a — коэффициент температуропроводности, $м^2/сек$;
 c — удельная теплоемкость, $дж/кг \cdot град$;
 ρ — плотность тела, $кг/м^3$.

Подставив выражение λ из уравнения (2) в равенство (1), получим

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} = -a c_p \frac{dt}{dx} = -a p \frac{dJ}{dx}, \quad (3)$$

где J — теплосодержание тела, $дж/кг$.

Аналогично этому перенос массы в изотермических условиях можно записать в следующем виде:

$$q' = -\lambda'_\theta \frac{d\theta}{dx} = -a' c'_\theta \rho_0 \frac{d\theta}{dx} = -a' \rho_0 \frac{dU}{dx}, \quad (4)$$

здесь λ'_θ — коэффициент влагопроводности, $кг/м \cdot сек \cdot$ единица потенциала (аналог коэффициента теплопроводности);

a' — коэффициент потенциалопроводности*, $м^2/сек$ (аналог коэффициента температуропроводности);

U — влагосодержание, $кг/кг$;

ρ_0 — плотность сухого тела, $кг/м^3$.

В соответствии с выражением (4) удельная влагоемкость, $кг$ влаги/ $кг$ сухого вещества,

$$C'_\theta = \left(\frac{dU}{d\theta} \right)_t. \quad (5)$$

Сопоставление уравнений (3) и (4) показывает, что влагосодержание является аналогом теплосодержания тела; аналог температуры — потенциал переноса влаги. Такой вывод впервые был сделан А. В. Лыковым [3] и нашел отражение в литературе по гидротермической обработке древесины [8].

В настоящее время существуют два вида потенциалов переноса влаги: химический [4], [6] и экспериментальный [3], [4]. Под химическим потенциалом понимают работу, которую необходимо затратить на то, чтобы число молекул в системе увеличилось на единицу при постоянстве всех остальных переменных [1]. Экспериментальный потенциал — сравнительная величина; определяют его с помощью эталонного тела (фильтровальная бумага).

Рассмотрим термодинамические характеристики древесины на базе химического потенциала. Известно, что химический потенциал паробразной влаги — функция температуры и парциального давления пара [1]. Перенос жидкой влаги в области гигроскопического состояния (с учетом адсорбционной и капиллярной связи) можно в первом приближении также считать функционально связанным с перечисленными параметрами [6]. Отсюда, принимая во внимание зависимость парциального давления пара от влагосодержания в гигроскопической области, химический потенциал можно рассматривать как фактор переноса, зависящий от температуры и влагосодержания.

При влагосодержании выше предела гигроскопичности, как известно, парциальное давление пара не зависит от влагосодержания, и химический потенциал для этой области неприменим. Л. М. Никитина показала [6], что с точностью до 19% (в пределах температуры 0—100°C) химический потенциал

$$\mu = RT \ln \varphi, \quad (6)$$

где R — газовая постоянная;

φ — относительная влажность воздуха.

* В практике сушки древесины коэффициент потенциалопроводности называют коэффициентом влагопроводности.

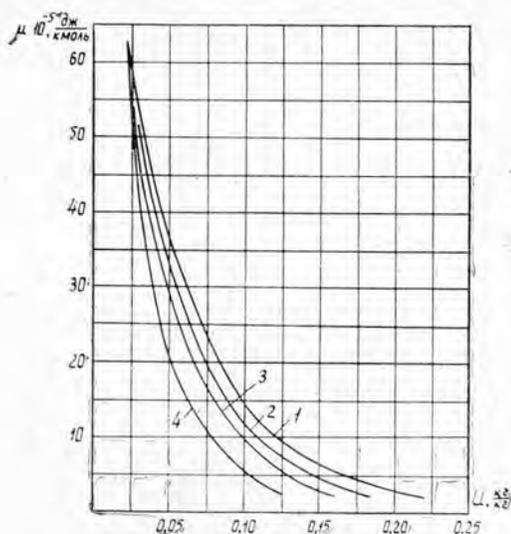


Рис. 1. Зависимость химического потенциала переноса влаги от влагосодержания древесины при различной температуре.

1 — при $t = 20^\circ\text{C}$; 2 — 60°C ;
3 — 80°C ; 4 — 100°C .

Связь между химическим потенциалом и свойствами конкретного материала можно обнаружить, подставляя вместо величины φ значения влагосодержания U и температуры тела T из изотерм сорбции.

На рис. 1 представлены графики зависимости $\mu = f(U)$ древесины при разной температуре, построенные нами на основании уравнения (6) и известных изотерм сорбции [9]. Из рис. 1 видно, что химический потенциал возрастает по мере снижения влагосодержания и температуры.

По абсолютной величине химический потенциал равен энергии связи A влаги с материалом. Под этой энергией П. А. Ребиндер [7] рекомендует понимать величину свободной энергии изотермического обезвоживания

$$A = -RT \ln \varphi. \quad (7)$$

Следовательно, данные рис. 1 могут одновременно характеризовать и энергию связи влаги с древесиной. С увеличением U энергия связи резко падает. При этом температура лишь при сравнительно больших значениях влагосодержания влияет на величину A , что согласуется с представлениями теории адсорбции.

Удельная изотермическая влагоемкость древесины представляет собой отношение приращения влагосодержания к приращению химического потенциала

$$c'_\mu = \left(\frac{\partial U}{\partial \mu} \right)_t. \quad (8)$$

Величину c'_μ можно определить путем графического дифференцирования зависимости $U = f(\mu)$, построенной по данным рис. 1. Однако этот метод недостаточно точен, поэтому целесообразно воспользоваться исходными формулами.

В выражении (8) буквой U фактически обозначено равновесное влагосодержание (U_p). Для определения этой величины имеется ряд формул: А. В. Лыкова [3] и Б. А. Поснова (см. [3]), а специально для

древесины — И. В. Кречетова [2] и Н. Н. Чулицкого [9]*. Воспользуемся формулами И. В. Кречетова, которые учитывают сложный характер изотерм и поэтому рекомендуются в различном виде для двух интервалов изменения величины φ

$$\text{при } \varphi = 0 \div 0,5 \quad U_{p_1} = U_0 + a\varphi_1 \left[b - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]; \quad (9)$$

$$\text{при } \varphi = 0,5 \div 1 \quad U_{p_2} = \frac{m}{n - 100\varphi_2} \left[c - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]. \quad (10)$$

В уравнении десорбции (9) величина U соответствует равновесному влагосодержанию при $\varphi = 0$

$$U_0 = -e \left[f - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]. \quad (11)$$

Если в уравнения (9) — (11) подставить величины U и φ в безразмерном виде, а T в $^{\circ}\text{K}$, то получим [2]

$$a = 0,0072; \quad b = 29,5; \quad c = 21,7; \quad m = 0,512; \quad n = 121; \\ e = 0,0036; \quad f = 13,9,$$

где a, b, c, m, n, e, f — постоянные коэффициенты.

Равенства (9) и (10) использованы нами для расчетов изотермической влагоемкости древесины c'_μ и термодиффузионного коэффициента δ_p . Записывая эти уравнения относительно φ , можно, в соответствии с выражением (6), получить следующие формулы для химического потенциала:

$$\text{при } \varphi = 0 \div 0,5 \quad \mu_1 = RT \ln \frac{\left\{ U_{p_1} - e \left[f - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right] \right\}}{a \left[b - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]}; \quad (12)$$

$$\text{при } \varphi = 0,5 \div 1 \quad \mu_2 = RT \ln \left\{ \frac{n}{100} - \frac{m}{100U_{p_2}} \left[c - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right] \right\}. \quad (13)$$

Для удельной изотермической влагоемкости древесины соответственно имеем

$$c'_{\mu_1} = \left(\frac{\partial U_1}{\partial \mu_1} \right)_t = \frac{U_{p_1} - e \left[f - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]}{RT} = \frac{U_{p_1} = 0,036 \left[13,9 - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]}{RT}; \quad (14)$$

$$c'_{\mu_2} = \left(\frac{\partial U_2}{\partial \mu_2} \right)_t = \frac{U_{p_2}}{RT} \left\{ \frac{U_{p_2} \cdot n}{m \left[c - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]} - 1 \right\} = \\ = \frac{U_{p_2}}{RT} \left\{ \frac{236U_{p_2}}{\left[21,7 - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]} - 1 \right\}. \quad (15)$$

Расчеты, выполненные по уравнениям (14) и (15), представлены в виде функции $c'_\mu = f(U_p)$ при разной температуре (рис. 2). Эти данные более точны, чем полученные в одной из работ [6] для некоторых частных случаев методом графического дифференцирования.

* В последнее время формула для равновесного влагосодержания древесины получена также В. Я. Капраном (ИТМО АН БССР).

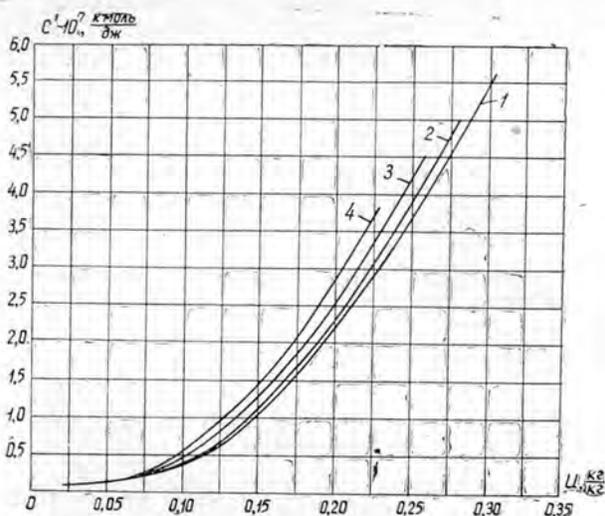


Рис. 2. Зависимость изотермической влагоемкости древесины от влагосодержания при различной температуре.

1 — при $t=20^{\circ}\text{C}$; 2 — 40°C ; 3 — 60°C ; 4 — 80°C .

При $\varphi = 0,5$ получается небольшой разрыв, не превышающий 5% от абсолютных значений (на рисунке представлены средние значения c'_{μ}).

Из рис. 2 видно, что влияние температуры на изотермическую влагоемкость усиливается по мере возрастания температуры. Основное влияние на величину c'_{μ} древесины, как и других капиллярно-пористых тел, оказывает влагосодержание. Это вполне логично, ибо аккумулирующая способность материала по мере увеличения U снижается и, чтобы поднять потенциал на одну единицу по мере ослабления связи влаги с материалом, требуется больше влаги.

Термоградиентный коэффициент древесины представляет собой отношение перепада влагосодержания к перепаду температуры в стационарном состоянии без влагопереноса ($q' = 0$).

Поток тепла внутри тела в неизотермических условиях

$$q' = -\lambda'_{\mu} \frac{\partial \mu}{\partial x} - \lambda'' \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (16)$$

где λ'' — коэффициент термовлагопроводности (в соответствии с терминологией А. В. Лыкова [4]); $\text{кг}/\text{м}\cdot\text{сек}\cdot\text{град}$.

Так как химический потенциал — функция U и T , то выражение (16) примет вид

$$q' = -\lambda'_{\mu} \left(\frac{\partial \mu}{\partial U} \right)_T \frac{\partial U}{\partial x} - \lambda'_{\mu} \left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U \frac{\partial T}{\partial x} - \lambda'' \frac{\partial T}{\partial x}; \quad (17)$$

учитывая, что $\lambda'_{\mu} = a' c'_{\mu} \rho$ и $c'_{\mu} = \left(\frac{\partial U}{\partial \mu} \right)_T$, получим

$$q' = -\frac{\lambda'_{\mu}}{c'_{\mu}} \cdot \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\lambda'_{\mu}}{c'_{\mu}} c'_{\mu} \left[\left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U + \frac{\lambda''}{\lambda'_{\mu}} \right] \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (18)$$

Выражение (18) можно представить в виде известного закона переноса влаги

$$q' = -a' \rho_0 \frac{dU}{dx} - a' \rho_0 \delta \frac{dt}{dx}, \quad (19)$$

в котором относительный коэффициент термодиффузии

$$\delta = c'_\mu \left[\left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U + \frac{\lambda''}{\lambda'_\mu} \right]. \quad (20)$$

Уравнение (20) можно рассматривать как аналогичное выражению А. В. Лыкова [4] для относительного коэффициента термодиффузии

$$\delta = \frac{q'}{a' \rho_0 \Delta t} - \frac{\Delta U}{\Delta t}. \quad (21)$$

Без переноса влаги коэффициенты δ в выражениях (20), (21) превращаются в термоградиентные коэффициенты $\delta_p \left(\frac{1}{2\rho a \delta} \right)$.

В уравнении (20) член $\left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U$ — температурный коэффициент химического потенциала, характеризующий влияние на этот потенциал изменения температуры.

Член $\frac{\lambda''}{\lambda'}$ — аналог коэффициента Сорэ (отношение коэффициента термодиффузии к коэффициенту диффузии). При $\frac{\lambda''}{\lambda'} \ll \left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U$ термоградиентный коэффициент

$$\delta_p = c'_\mu \left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U. \quad (22)$$

Выражение (22) можно представить в виде

$$\delta_p = \left(\frac{\partial U}{\partial \mu} \right)_T \left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U. \quad (23)$$

Из уравнения (23) видно, что термоградиентный коэффициент — термодинамический параметр, которым характеризуется перепад влагосодержания, вызываемый изменением перепада температуры в один градус без влагопереноса.

Значения термоградиентных коэффициентов древесины для области связанной влаги определяли из выражения (22), подставляя величины c'_μ из уравнений (14) и (15) (рис. 2); при этом выражения для температурного коэффициента химического потенциала $\left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_U$ получили путем дифференцирования уравнений (12) и (13). Опуская громоздкие выкладки, запишем:

в диапазоне $\varphi = 0 \div 0,5$

$$\delta_{p_1} = c'_\mu \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial T} \right)_U = \frac{U_{p_1} - e \left[f - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]}{T} \times \\ \times \ln \frac{\left\{ U_{p_1} - e \left[f - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right] \right\}}{a \left[b - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]} + \frac{2T(U_{p_1} - e f + e b)}{100^2 \left[b - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]}; \quad (24)$$

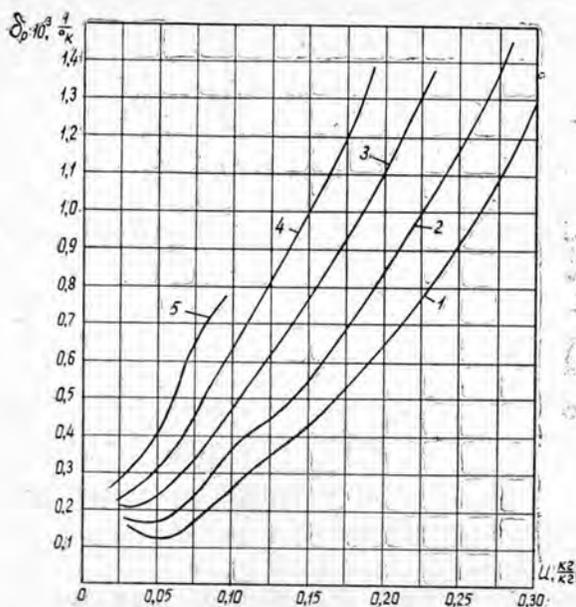


Рис. 3. Зависимость термо-градиентного коэффициента древесины от влагосодержания при различной температуре.

1 — при $t = 20^\circ\text{C}$; 2 — 40°C ;
3 — 60°C ; 4 — 80°C ; 5 — 100°C .

в диапазоне $\varphi = 0,5 \div 1,0$

$$\delta_{p_2} = c'_{\mu_2} \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial T} \right)_U = \frac{U_{p_2}}{T} \left\{ \frac{U_{p_2} n}{m \left[c - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]} = 1 \right\} \cdot \left(\ln \left\{ \frac{n}{100} - \frac{m}{100 U_{p_2}} \left[c - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right] \right\} + \frac{2 \left(\frac{T}{100} \right)^2 \cdot m}{U_{p_2} \left\{ n - \frac{m}{U_{p_2}} \left[c - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right] \right\}} \right). \quad (25)$$

По уравнениям (24) и (25) были рассчитаны величины термоградиентного коэффициента древесины δ_p во всем диапазоне гигроскопической влаги при различных температурах. Результаты расчетов приведены на рис. 3, из которого видно, что величина δ_p возрастает по мере повышения влагосодержания и температуры материала. На кривых $\delta_p = f(U)$ не обнаружено точек перегиба, хотя иногда их отмечают [6]. Полученные нами расчетные графики по своему характеру совпадают с экспериментальными в области гигроскопической влаги [5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. И. Корякин и др. Краткий справочник по физике. Изд-во «Высшая школа», 1962. [2]. И. В. Кречетов. Исследование гигроскопической характеристики древесины. Труды ЦНИИМОДА, вып. 9, 1958. [3]. А. В. Лыков. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. ГИТТЛ, М., 1954. [4]. А. В. Лыков. Теория сушки. Изд-во «Энергия», М., 1968. [5]. В. П. Мионов. Исследование термовлагопроводности древесины. Сборник трудов ВНТК по сушке. Лесотехническая секция, Профиздат, 1958. [6]. Л. М. Никитина. Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. Изд-во «Энергия», М., 1968. [7]. П. А. Ребиндер. О формах связи и влаги с материалами в процессе сушки. Сборник трудов ВНТК по сушке, Профиздат, 1958. [8]. П. С. Серговский. Гидротермическая обработка древесины. ГЛБИ, М. [9]. Н. Н. Чулицкий. Исследование факторов и характеристик режимов сушки древесины. Гослестехиздат, 1934.

Поступила 4 июня 1973 г.

УДК 674.047

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕПАДА ВЛАЖНОСТИ ПО ТОЛЩИНЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ КАМЕРНОЙ СУШКИ*

Ю. Н. КОНДРАТЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению в промышленных условиях перепада влажности по толщине высушенных пиломатериалов в зависимости от их средней конечной влажности.

Многочисленные опыты показывают, что кривые распределения влажности по толщине материала имеют вид параболы, причем на последней ступени сушки влажность поверхности материала приблизительно равна равновесной влажности. Исходя из этого и допуская полное совпадение кривой градиента влажности с параболой, проф. Н. С. Селюгин [2] дает конечные формулы максимальной влажности в центре материала и максимального перепада влажности по толщине

$$W_{\text{вн}} = \frac{3}{2} (W_{\text{ср}} - W_p) + W_p;$$

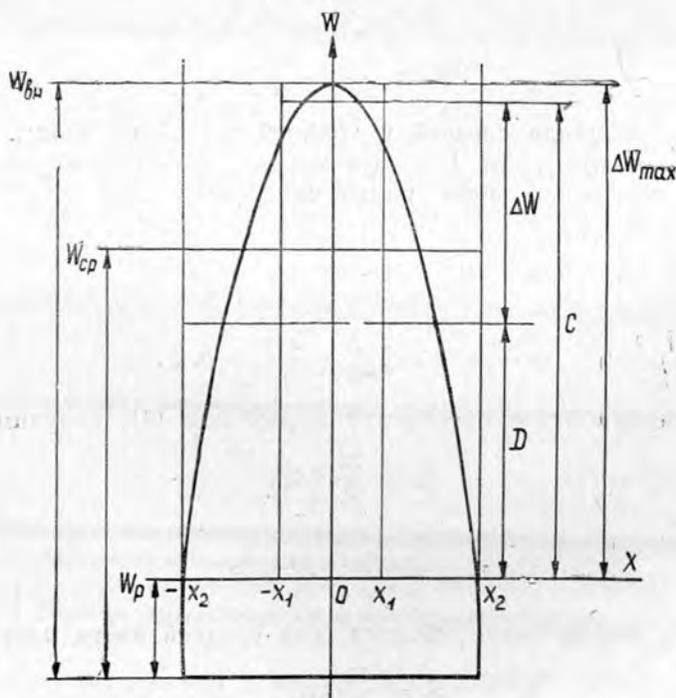


Рис. 1.

* Работа выполнена под руководством проф. А. Н. Песоцкого.

$$\Delta W_{max} = \frac{3}{2} (W_{cp} - W_p), \quad (1)$$

где $W_{вн}$ — влажность центра материала;
 W_{cp} — средняя влажность материала;
 W_p — равновесная влажность материала;
 ΔW_{max} — максимальный перепад влажности по толщине материала.

Однако в промышленных условиях определение максимального перепада влажности, особенно при конечных специальных обработках, трудоемко, поэтому руководящие материалы [1] рекомендуют находить не максимальный, а послойный перепад. Этот перепад — один из показателей качества высушенных пиломатериалов.

В лаборатории сушки ЛТА нами были проведены теоретические и экспериментальные исследования с целью определения послойного перепада влажности в зависимости от его средней конечной влажности в высушенных пиломатериалах.

Для теоретического решения данного вопроса строим параболу типа

$$f(x) = -ax^2 + b \quad (2)$$

и разбиваем ее по оси x на три равные части (рис. 1). Для определения перепада влажности ΔW_3 (индекс 3 показывает число разбиений параболы по оси x) требуется найти разность между средними площадями средней и крайней частей по оси W , то есть

$$\Delta W_3 = C - D \quad (3)$$

или

$$\Delta W_3 = \frac{S_c}{2x} - \frac{S_k}{2x},$$

где S_c и S_k — площади средней и крайней частей параболы.

Для получения S_c и S_k необходимо проинтегрировать функцию (2) отдельно для обеих частей параболы

$$\begin{aligned} S_p &= \int_{-x_2}^{-x_1} (-ax^2 + b) dx = -\frac{ax^3}{3} + bx \Big|_{-x_2}^{-x_1} \\ &= \frac{ax_1^3}{3} - ax_2^2 x_1 - \frac{ax_2^3}{3} + ax_2^3. \end{aligned} \quad (4)$$

Заменяя $x_2 = 3x_1$ и преобразуя выражение (4), получим

$$S_k = \frac{28}{3} ax_1^3,$$

откуда

$$D = \frac{28ax_1^3}{3 \cdot 2x_1} = \frac{14}{3} ax_1^2. \quad (5)$$

Проведя аналогичные действия, для средней части получим

$$S_c = \frac{52}{3} ax_1^3,$$

откуда

$$C = \frac{52ax_1^3}{3 \cdot 2x_1} = \frac{26}{3} ax_1^2. \quad (6)$$

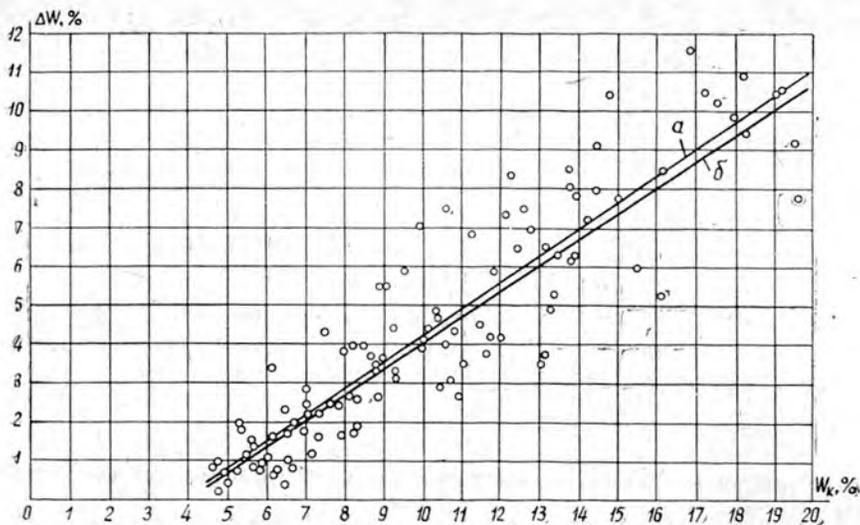


Рис. 2. Зависимость между средней конечной влажностью W_k и перепадом влажности ΔW по толщине сосновых пиломатериалов.

a — экспериментальная кривая; $б$ — теоретическая.

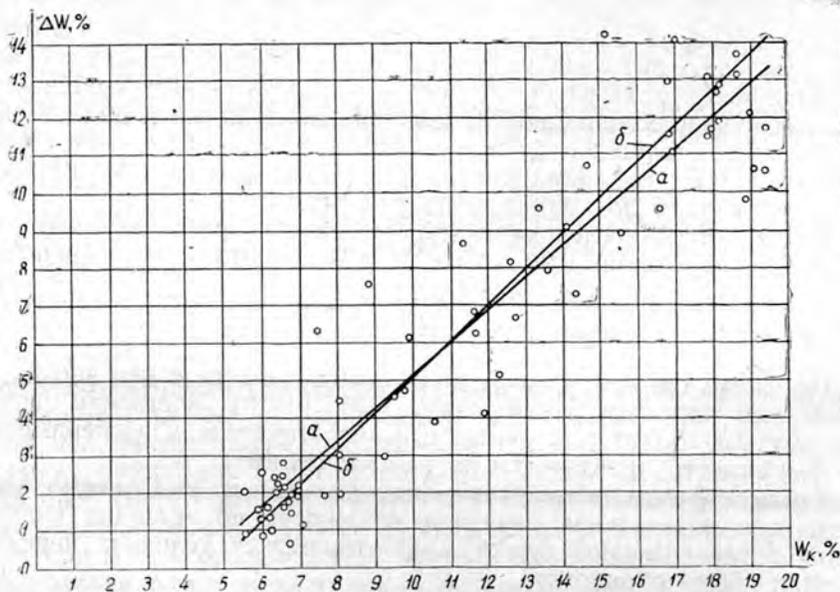


Рис. 3. Зависимость между средней конечной влажностью W_k и перепадом влажности ΔW по толщине березовых пиломатериалов.

a — экспериментальная кривая; $б$ — теоретическая.

Подставив выражения для D и C из равенств (5) и (6) в уравнение (3), найдем

$$\Delta W_3 = \frac{26}{3} ax_1^2 - \frac{14}{3} ax_1^2 = 4ax_1^2. \quad (7)$$

Заменяв $x_1 = \frac{x_2}{3}$ и подставив в уравнение (7), имеем

$$\Delta W_3 = \frac{4}{9} ax_2^2.$$

но при $\pm x_2 = 0$

$$b = ax_2^2.$$

Следовательно

$$\Delta W_3 = \frac{4}{9} b. \quad (8)$$

Так как $\Delta W_{max} = b$, то подставив выражение для ΔW_{max} из равенства (1) в уравнение (8), получим выражение для послойного перепада влажности пиломатериалов толщиной до 50 мм

$$\Delta W_3 = \frac{2}{3} (W_{cp} - W_p). \quad (9)$$

При решении задачи с числом разбиений параболы на 5 частей имеем

$$\Delta W_5 = 0,64b. \quad (10)$$

Проведя соответствующие действия, получив выражение для послойного перепада влажности пиломатериалов толщиной 50 мм и выше

$$\Delta W_5 = 0,96 (W_{cp} - W_p). \quad (11)$$

Для проверки данного решения нами был проведен эксперимент по определению перепада влажности в зависимости от средней конечной влажности в высушенных пиломатериалах. Опыт выполняли на сосновых образцах толщиной 32 мм, шириной 150 мм и длиной 450 мм и березовых — толщиной 50 мм, шириной 180 мм и длиной 1000 мм. Торцы образцов во время сушки были замазаны смолой ВИАМ-БЗ. Сушку проводили по нормальному режиму.

В результате исследований для сосны и березы получены коэффициенты корреляции $0,90 \pm 0,018$ и $0,946 \pm 0,013$ и уравнения связи

$$\Delta W = 0,64 W_{cp} - 2,28 \pm 1,3. \quad (12)$$

$$\Delta W = 0,86 W_{cp} - 3,50 \pm 1,46. \quad (13)$$

По формулам (9) и (11), полученным теоретическим путем, и по уравнениям корреляционной связи (12) и (13) построены графики (рис. 2 и 3), из которых видно, что теоретические и экспериментальные зависимости практически не различаются.

Таким образом, выведенные формулы (9) и (11) можно использовать для определения перепада влажности по толщине пиломатериалов после камерной сушки в промышленных условиях перед кондиционирующей обработкой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Руководящие материалы по камерной сушке пиломатериалов. ЦНИИМОД, Архангельск, 1971. [2]. Н. С. Селюгин. Сушка древесины. Гослестехиздат, 1936.

Поступила 6 апреля 1973 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

УДАРНАЯ ПРОЧНОСТЬ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗУБЬЕВ РАМНЫХ ПИЛ, ОБРАБОТАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

К. И. ДЕМЬЯНОВСКИЙ, Н. В. ШАШКОВА

Архангельский лесотехнический институт

Проведены сравнительные испытания на ударную прочность рабочей части резцов, изготовленных из полотна стандартной рамной пилы, плющенных зубьев, плющенных зубьев после высокочастотной закалки по разным режимам и зубьев, наплавленных стеллитом. Приведена микроструктура металла в зоне разрушения. Исследовано также влияние чистоты обработки на ударную прочность зубьев рамной пилы.

Для высококачественного плющения зубьев рамные пилы, как известно, изготавливаются заведомо пониженной твердости, не превышающей 42—45 HRC вместо 58—62 HRC для других дереворежущих инструментов. Таким образом, уже в процессе изготовления пилам дается такая термическая обработка, которая не позволяет использовать в полной мере свойства стали, определяющие лучшие ее качества. Твердость, а значит и износостойкость пил можно повысить местной обработкой зубьев. Известны, например, способы наплавки зубьев, высокочастотная или электроконтактная закалка зубьев и др. Важно, чтобы при достижении высокой твердости обеспечивалась необходимая прочность зубьев. Применительно к рамным пилам этот показатель часто решающий.

Между тем, почти во всех случаях стойкость зубьев против выкрашивания оценивают, проводя обычные стойкостные испытания пил при распиловке древесины. Эти трудоемкие испытания не позволяют получить объективные показатели прочности режущей части зубьев. Нет, например, данных об ударной прочности зубьев обычных стандартных пил, зубьев после плющения, а также зубьев, обработанных различными способами. Поэтому пока еще трудно объективно оценить тот или иной способ упрочнения зубьев с точки зрения стойкости против выкрашивания или другого формоизменения режущей кромки.

Критерием для сравнительной оценки устойчивости режущих элементов зубьев пил к механическим повреждениям является, как мы полагаем, ударная прочность.

В данной статье приведены результаты сравнительных испытаний на ударную прочность режущей части зубьев рамных пил, обработанных различными способами.

Исследовано влияние чистоты обработки передней грани на прочность зубьев стандартных пил. Класс чистоты по ГОСТу 2789—59 определяли с помощью микроскопа МИС-11.

Характеристика принятого способа обработки рабочего участка опытных резцов (зубьев) и данные о шероховатости рабочих поверхностей приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Маркировка резцов	Принятые в опыте резцы (рабочая часть которых исследовалась)	Твердость резцов в исследуемой зоне	
		HRA	HRC
6(1, 2, 3, 4); 7(1, 2, 3, 4)	Из полотна стандартной рамной пилы	—	43—44
8(1, 2, 3, 4); 0(1, 2, 3, 4)	Из плющенных зубьев стандартной рамной пилы	—	41—43
9(1, 2, 3, 4);	Из плющенных зубьев, закаленных в поле токов высокой частоты; протяженность закалочной зоны 4,5 мм	85; 84,5; 86	66; 66; 66
11(1, 2, 3, 4)	Из плющенных зубьев, закаленных в поле токов высокой частоты; протяженность закалочной зоны 5 мм	84; 85; 84,5	65; 65; 66
12(1, 2, 3, 4)	Из закаленных в ТВЧ зубьев пил, но при другом, чем зубья 10 и 11, режиме закалки	85—87	67—68
14(1, 2, 3, 4)	Из закаленных в ТВЧ зубьев пил; протяженность закалочной зоны 3 мм	—	66—67
15(1, 2, 3, 4)	Из зубьев пил, наплавленных стеллитом ВКЗ	—	47

Примечание. Высокочастотную закалку зубьев пил проводили при частоте тока 2500 гц при сквозном нагреве вершин зубьев. Режимы закалки (положение зуба в индукторе, скорость и температура нагрева) различные для каждой группы закаленных зубьев. Наплавка зубьев стеллитом ВКЗ выполнена в СибНИИЛП. При окончательной обработке опытных резцов уширение (наплыв) от плющения, сошлифовывали.

Испытание на ударную прочность проведено на специальном копре* (рис. 1). Расстояние a от режущей кромки испытуемого резца до рабочей кромки ударяющего ножа маятника принято равным 0,22 мм. В соответствии со схемой испытания заднюю грань опытных резцов условно считали передней гранью.

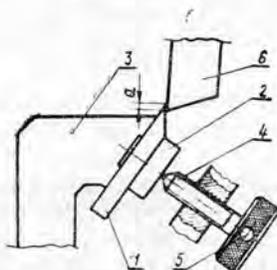


Рис. 1. Схема испытания резцов на ударную прочность.

1 — испытуемый резец; 2 — нажимная планка; 3 — упор зажима; 4 — нажимной винт; 5 — отверстия для установки динамометрического ключа.

Опытные резцы изготовляли из стандартных рамных пил, зубья которых, как указывалось, обработаны разными способами. На рис. 2 показана схема вырезки резцов, размеры и характер обработки готового образца. Обработку резцов под окончательные размеры и заточку под угол $\beta = 36^\circ$ проводили по единой технологии, которая полностью исключала нагрев рабочей части, а следовательно, и заметные структурные превращения закаленной зоны. Острота лезвия перед проведением испытания, определяемая шириной теневой полоски, составляла 6—8 мк. Боковую поверхность некоторых резцов в каждой

* К. И. Демьяновский, З. К. Васильева. Копер для определения ударной прочности режущей части резцов клиновидной формы. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1972.

Таблица 2

Маркировка резов	Шероховатость рабочих поверхностей (ГОСТ 2789-59)		Размер расчетного сечения, мм		Статистические показатели	Работа разрушения, кг·мм	Ударная вязкость, кг·мм/мм ²
	передней грани	задней грани	ширина	высота			
6 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,15	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	5,17 0,21 0,04 1,12	14,5
6 (1, 2, 3, 4)	▽ 8 — ▽ 9	▽9—▽10	2,15	0,165	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	4,37 0,34 0,13 3,12	12,3
6 (1, 2, 3, 4)	▽ 8	▽9—▽10	2,15	0,165	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	3,55 0,072 0,036 1,02	10,1
6 (1, 2, 3, 4)	▽ 7	▽9—▽10	2,15	0,165	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	2,98 0,40 0,13 4,5	8,5
6 (1, 2, 3, 4)	▽ 5 — ▽ 6	▽9—▽10	2,15	0,196	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	2,50 0,38 0,12 4,84	7,0
7 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,15	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	5,02 0,258 0,061 1,23	14,0
8 (1, 2, 3, 4) 10 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,25	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	4,80 0,335 0,126 3,12	13,7
9 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,42	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	3,47 0,59 0,178 5,1	9,3
11 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,22	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	4,2 0,914 0,285 6,78	11,8
12 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,25	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	2,51 0,254 0,103 4,1	7,0
14 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,46	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	9,3 1,49 0,52 5,59	22,6
15 (1, 2, 3, 4)	▽10 — ▽11	▽9—▽10	2,40	0,166	<i>M</i> ±σ ± <i>m</i> <i>p</i> , %	2,76 0,164 0,051 2,2	6,9

Примечание. Шлифовочные риски во всех случаях параллельны режущей кромке. Угол заточки резов $\beta = 36^\circ$, расстояние от режущей кромки до места приложения нагрузки $h = 0,22$ мм.

партии обрабатывали под металлографический шлиф обычным способом, принятым в металлографии.

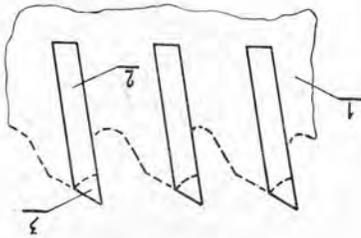
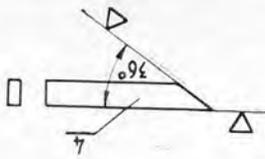


Рис. 2.

1 — разметка для вырезания образцов;
2 — заготовка от пилы; 3 — закалочная зона; 4 — готовый резец для испытания.

а

б

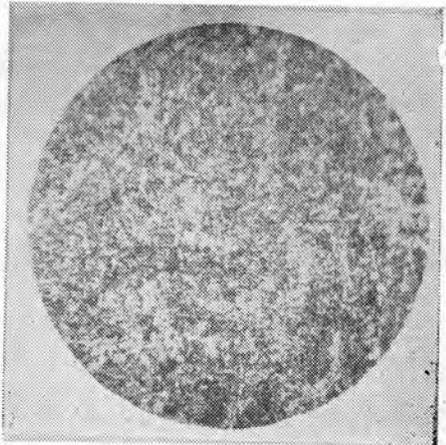
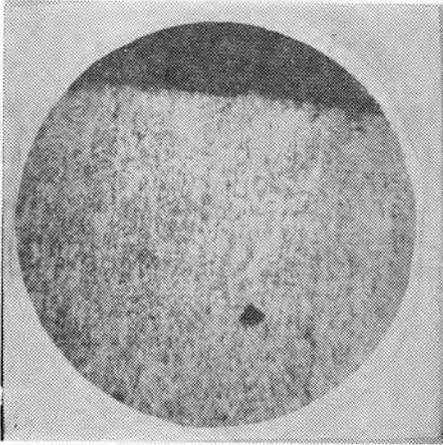


Рис. 3.

а — $A = 1,4 \div 1,7$ (увелич. в 290 раз); б — $A = 7 \div 9$ (увелич. в 190 раз).

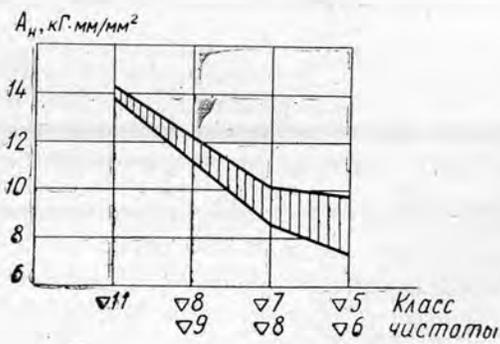


Рис. 4.

Структуру металла фотографировали после испытания резцов непосредственно в зоне разрушения. Микроструктура закаленных зубьев у границ излома резцов после испытания показана на рис. 3. По каждой группе резцов проведено 8—12 испытаний; после каждого испытания резцы вновь затачивали по принятой методике. Результаты испытаний, обработанные методом математической статистики, приведены в табл. 2.

На рис. 4 показана зависимость ударной прочности рабочей части резцов (изготовленных из полотна пилы) от чистоты обработки.

Выводы

1. Ударная прочность резцов, изготовленных из плющенных зубьев пилы, составляет 75—100% от прочности резцов без плющения. Прочность резцов, изготовленных из плющенных зубьев и закаленных в поле токов высокой частоты, при различных режимах составляет от 64 до 156% от прочности резцов первой группы; резцы, наплавленные стеллитом ВКЗ, в условиях опыта имели около 50% прочности резцов из стандартной пилы.

2. Исследования микроструктуры в зоне разрушения рабочей части резцов, закаленных в ТВЧ, показали, что ударная прочность существенно зависит от количественного соотношения оставшегося троостита и мартенсита и его качества.

3. Значительное снижение ударной прочности наблюдается при уменьшении чистоты обработки передней грани резцов при твердости 43—44 HRC.

Поступила 15 марта 1973 г.

УДК 667.613.7

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБРАЗОВАНИЮ ПУЗЫРЕЙ В ЛАКОВОМ ПОКРЫТИИ

Г. Т. ЛУТОШКИНА

Уральский лесотехнический институт

В результате исследований поверхностных явлений на границе лак — древесная подложка установлен ряд закономерностей, касающихся места образования газовых зародышей, их величины, скорости подъема в лаке и времени выхода из покрытия.

Способ нанесения лакокрасочных материалов лаконоливом занимает доминирующее положение в отделке. Недостаток этого метода — образование воздушных пузырей в создаваемых покрытиях. Некоторые авторы [5]—[9] видят причины пузыреобразования в плохой подготовке поверхности подложки, в некоторых конструктивных недостатках оборудования и в неправильной подборке рабочих режимных параметров. До настоящего времени не учитывались поверхностные явления ни при выборе режимных параметров лаконолива, ни при выявлении причин пузыреобразования. Пузыри в лаковом покрытии появляются и при нанесении лаков другими способами. В. М. Проданенко [6] указывает, что пузыри образуются в результате того, что частицы лака увлекают за собой частицы воздуха. Б. В. Прокопович [8] пришел к заключению, что основная масса воздушных пузырей при наливе образуется не за счет соприкосновения лака с воздухом и

Вязкость лака по ВЗ-4, сек	Коэффициент поверхностного натяжения, дин/см	Удельный вес лака при рабочей вязкости, г/см^3	Отрывной диаметр						
			ЛУДПфан				ЛУДП		
			при краевом угле						
			45	42	39	33	32	52	50
120	40	1,055	$\frac{1,50}{1,62}$	—	—	—	—	$\frac{1,80}{1,87}$	—
90	39	1,03	—	$\frac{1,35}{1,48}$	—	—	—	—	$\frac{1,70}{1,76}$
80	38	1,028	—	—	$\frac{1,30}{1,35}$	—	—	—	—
60	36	1,02	—	—	—	$\frac{1,01}{1,12}$	—	—	—
40	34	0,999	—	—	—	—	$\frac{0,95}{1,07}$	—	—

Примечание. В числителе данные для фактического (замеренного) диаметра захвата лаком последнего, а вследствие наличия воздуха в порах древесины.

С нашей точки зрения, адсорбированный воздух всегда имеется на любой подложке. От сил взаимодействия между подложкой и лаком, которые определяются на первом этапе статическими краевыми углами смачивания, зависит скорость вытеснения воздуха с подложки и, следовательно, возможность выхода этого воздуха через слой лака или перед слоем наливаемого лака.

По данным ряда работ [1], [3], на образование газовых пузырьков влияют межфазные границы. В нашей системе имеется несколько таких границ: между лаком и подложкой; между лаком и посторонними включениями; между твердым и жидким лаками (второй слой лака наливают на первый слой); между двумя жидкими лаками («мокрый по мокрому»).

Определение места, где условия для зарождения газовых пузырьков наиболее благоприятны, позволит выявить причину образования их в покрытии и предупредить их появление. Процесс появления пузырьков был рассмотрен нами на следующей модели: брали объем лака, в который вводили подложку, подготовленную соответствующим образом: 1) не покрытую лаком; 2) покрытую лаком и высушенную; 3) покрытую лаком и неподсушенную. Наибольшее количество пузырей возникало на подложке, не покрытой лаком, что соответствует литературным данным. Значит, наиболее вероятное место зарождения газовых пузырей — граница между подложкой и лаком.

Степень пузырения при лаконоливе мы, как и другие авторы [6]—[9], характеризовали количеством пузырей на участке образца площадью 15 см^2 сразу же после нанесения лакокрасочного состава. Количество пузырей и их диаметры определяли с помощью лупы десятикратного увеличения со шкалой размерности (ГОСТ 8309—57). Для контроля и обеспечения достаточной точности образцы фотографировали фотоаппаратом «Зенит».

При проведении исследований как по пузырению, так и по краевому углу смачивания использовали лигноуглеводные древесные пластики из дробленых еловых лесосечных отходов, фанерованные лущеным листовичным шпоном в процессе изготовления (ЛУДПфан) и нефанерованные (ЛУДП). Для сравнения использовали трехслойные древесностружечные (ДСтП) и твердые древесноволокнистые (ДВП)

Таблица 1

пузыря, мм. для подложек												
нефан						ДВП			ДСП			
смачивания, град												
48	42	39	57	56	54	52	50	70	66	60	53	52
—	—	—	$\frac{1,95}{2,05}$	—	—	—	—	$\frac{2,50}{2,61}$	—	—	—	—
—	—	—	—	$\frac{1,92}{1,97}$	—	—	—	—	$\frac{2,30}{2,33}$	—	—	—
$\frac{1,60}{1,67}$	—	—	—	—	$\frac{1,81}{1,87}$	—	—	—	—	$\frac{2,00}{2,08}$	—	—
—	$\frac{1,40}{1,43}$	—	—	—	—	$\frac{1,72}{1,77}$	—	—	—	—	$\frac{1,75}{1,80}$	—
—	—	$\frac{1,20}{1,30}$	—	—	—	—	$\frac{1,61}{1,67}$	—	—	—	—	$\frac{1,70}{1,74}$

пузыря; в знаменателе — для вычисленного по формуле.

плиты. Было взято два вида лака: мочевино-формальдегидный Мч-52 и полиэфиромалеинатный ПЭ-232.

Показатели зависимости отрывного диаметра пузыря от краевого угла смачивания и вязкости лака ПЭ-232 для разных видов подложек приведены в табл. 1. Чтобы рассчитать размеры образующихся пузырей, мы воспользовались данными С. С. Кутателадзе и М. А. Стыриковича [4], которые указывают, что размеры и форма пузыря, образующегося на твердой подложке для газо-жидкостных систем, зависят от степени смачивания поверхности данной жидкостью

$$D_{отр} = 0,018\theta \sqrt{\frac{\sigma}{\gamma' - \gamma''}}, \quad (1)$$

где $D_{отр}$ — отрывной диаметр пузыря;

θ — краевой угол смачивания;

σ — поверхностное натяжение лака;

γ' — объемный вес лака;

γ'' — объемный вес воздуха.

Чем лучше смачивание, тем меньше краевой угол и тем меньше диаметр пузыря, при котором он может оторваться от поверхности подложки, то есть тем вероятнее его вход из налитого лакового слоя.

По данным работы [4], на пузырь газа или пара, всплывающий в жидкости, действуют подъемная сила, вызываемая градиентом давления в направлении движения пузыря, сила сопротивления окружающих слоев жидкости и сила поверхностного натяжения; последняя стремится придать пузырю шарообразную форму. Однако вследствие неравномерности давлений по окружности пузыря последний деформируется. При этом чем больше объем пузыря, тем больше форма его отличается от шара. Чем меньше пузырь, тем больше сила поверхностного натяжения, тем устойчивее форма пузыря. Так как точные теоретические решения имеются только для небольших пузырей, необходимо было проверить, можно ли отнести приведенные положения к нашим данным (табл. 1). Зная, что объем пузыря

$$V = \frac{\pi D^3}{6} = 0,5236D^3,$$

и подставляя в это выражение наибольший из расчетных диаметров пузырей (0,261), получим

$$V = 0,5236 \cdot 0,261^3 = 0,00932 \text{ см}^3.$$

В исследованном нами интервале поверхностного натяжения и краевого угла смачивания пузырь, всплывающий в лаке, должен иметь форму шара и подчиняться закону движения небольшого пузыря в жидкости [4]; скорость подъема пузыря

$$W = \frac{(\gamma' - \gamma'') \cdot R^2}{3\mu}, \quad (2)$$

где R — радиус всплывающего пузыря;
 μ — динамическая вязкость.

$$\mu = \rho \cdot \nu, \quad (3)$$

здесь ν — кинематическая вязкость.

По данным Б. В. Прокоповича [9],

$$\nu = 0,054\eta - 0,35, \quad (4)$$

где η — условная вязкость.

Подставляя эти данные в формулу (2), получим

$$\begin{aligned} W &= \frac{(\gamma' - \gamma'') R^2}{3\mu} = \frac{(\gamma' - \gamma'') \cdot 0,018^2 \theta^2 \sigma}{3\mu (\gamma' - \gamma'')} = 10^{-4} \frac{\theta^2 \sigma}{\mu} = 10^{-4} \frac{\theta^2 \sigma}{\rho \cdot \nu} = \\ &= 10^{-4} \frac{\theta^2 \sigma}{\rho (0,054\eta - 0,35)}. \end{aligned}$$

Скорость поднятия пузыря зависит от вязкости, поверхностного натяжения лакокрасочной системы и характера взаимодействия между данным видом подложки и данным типом лака, выраженного крайвым углом смачивания. Путь, пройденный пузырем (то есть толщину слоя лака), можно определить по формуле

$$h' = W \cdot t,$$

где W — скорость подъема пузыря;

t — время поднятия пузыря.

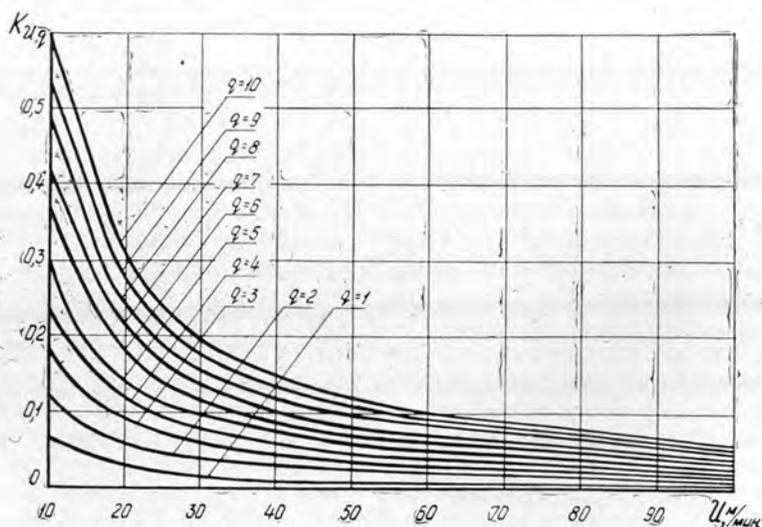


Рис. 1.

По данным Б. М. Буглая [2], толщина наносимого слоя лака

$$h = 0,6 \frac{q}{U\rho},$$

здесь q — удельный расход лака на 1 см длины щели, г/см·сек;
 U — скорость подачи подложки;
 ρ — плотность лака.

Время подъема пузыря

$$t = \frac{h}{W} = \left(0,6 \frac{q}{U\rho}\right) \cdot 10^4 \frac{\mu}{\Theta^2\sigma};$$

$$t = 10^4 \left(0,6 \cdot \frac{q}{U\rho}\right) \cdot \left(\frac{\nu \cdot \rho}{\Theta^2\sigma}\right) = 10^4 \cdot \left(0,6 \cdot \frac{q}{U}\right) \cdot \left(\frac{\nu}{\Theta^2\sigma}\right) =$$

$$= 10^4 \cdot 0,6 \frac{q}{U} \cdot \frac{0,054\eta - 0,35}{\Theta^2\sigma}.$$

Выражение $\left(0,6 \frac{q}{U}\right) = K_{Uq}$ назовем коэффициентом скорости и расхода. Для определения этого коэффициента составлены графики (рис. 1), по которым при определенных значениях скорости движения подложки и расхода лака на 1 см длины щели находят коэффициент K_{Uq} .

Выражение $\left(\frac{0,54\eta - 0,35}{\Theta^2\sigma}\right) = K_{\eta, \sigma, \Theta}$ назовем коэффициентом вязкости, поверхностного натяжения и краевого угла смачивания. Этот коэффициент зависит не только от свойств лака (η, σ, Θ), но и от свойств подложки, так как краевым углом смачивания характеризуется взаимосвязь свойств подложки и лака. Нами произведен расчет $K_{\eta, \sigma, \Theta}$ при возможных вариантах соотношений вязкости и поверхностного натяжения.

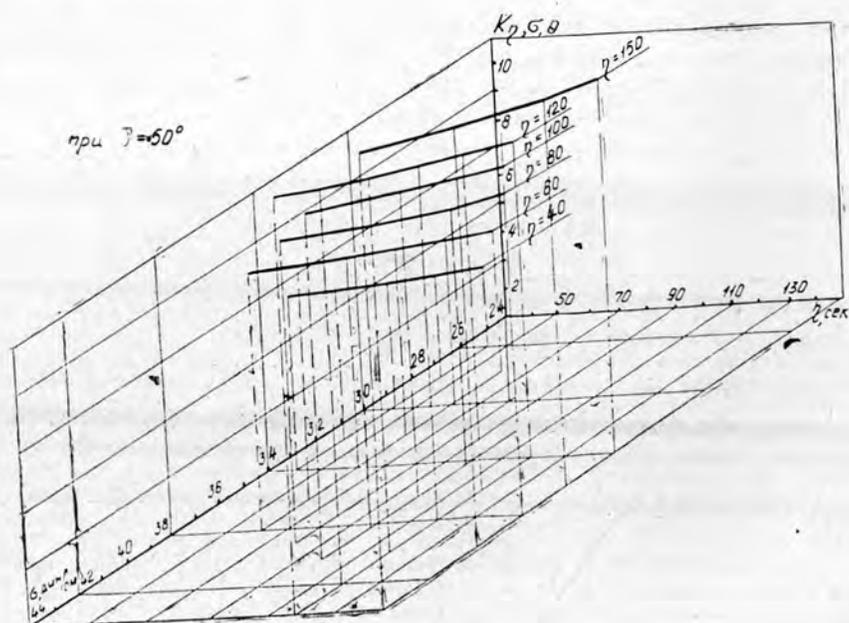


Рис. 2.

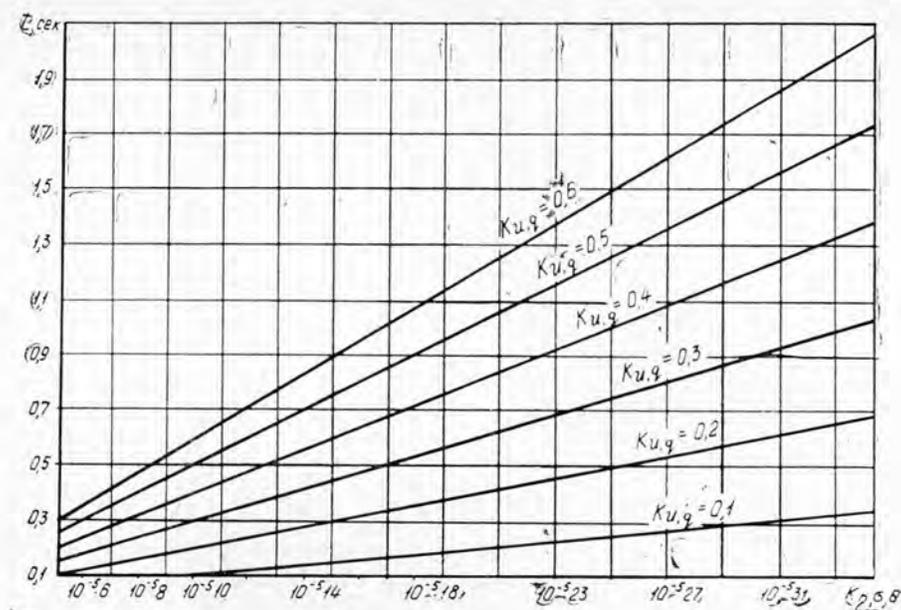


Рис. 3.

Для определения коэффициента $K_{\tau, \sigma, \theta}$ построена зависимость $K_{\tau, \sigma, \theta}$ от вязкости лака и поверхностного натяжения при краевом угле смазывания 50° (рис. 2).

Время, необходимое для поднятия пузыря,

$$t = 10^4 \cdot K_{Uq} \cdot K_{\tau, \sigma, \theta}$$

Графики для определения времени поднятия газового пузыря в зависимости от коэффициентов K_{Uq} и $K_{\tau, \sigma, \theta}$ представлены на рис. 3. При увеличении коэффициента расхода, то есть толщины покрытия, время выхода пузырей возрастает. При увеличении коэффициента $K_{\tau, \sigma, \theta}$ время выхода пузырей тоже повышается. Расчетное определение времени выхода пузырей имеет как практическое, так и теоретическое значение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. А. Асиновская и др. Причины образования пор при газовой заварке чугуна. Журн. «Сварочное производство» № 12, 1967. [2]. Б. М. Буглай. Технология отделки древесины. Гослесбумиздат, М., 1962. [3]. Г. Ф. Деев. Исследование поверхностных явлений применительно к сварочным процессам. Автореферат, Челябинск, 1971. [4]. С. С. Кутателадзе, М. А. Стырикович. Гидравлика газожидкостных систем, М.—Л., 1958. [5]. В. П. Огурцов. Меры предупреждения пузырчатости лаковой пленки. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 12, 1965. [6]. В. М. Проданенко. Исследование процесса нанесения лаков на древесину методом распыления под высоким давлением. Автореферат, Л., 1967. [7]. Б. В. Прокопович. Исследование процесса пузырения лаковых покрытий при наливе. «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность», вып. 3, 1966. [8]. Б. В. Прокопович. Причины образования пузырей в покрытии при нанесении лака методом налива. Сб. «Мебель» № 9, ЦНИИТЭИЛеспром, 1967. [9]. Б. В. Прокопович. Исследование процессов лаконалива при отделке древесины. Автореферат, М., 1968.

УДК 621.833.1

ТОКАРНАЯ ГОЛОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЧЕТЫРЕХГРАННЫХ НОЖЕК ФАСОННОГО СЕЧЕНИЯ

В. В. РУКИН

Львовский лесотехнический институт

Предложен сравнительно простой метод расчета параметров перемещенного механизма в зависимости от параметров сечения детали. Преобразование перемещенного механизма позволяет дать конструктивное решение шпиндельной головки для изготовления подобных деталей точением.

Внешний вид и эстетическое восприятие мебели во многом определяются формой опорных деталей, которые могут иметь прямоугольное или цилиндрическое сечение. Расширение ассортимента сечений на основе принятого технологического процесса связано с большими трудозатратами.

В данной статье предложена конструкция токарной головки, позволяющая изготавливать ножки сложного сечения.

В соответствии с результатами одной из наших работ [2], трехзвенным механизмом с низшими парами можно описать циклоидальные кривые. В таком механизме (рис. 1, а) a_0 — неподвижное звено или стойка; a_1 — звено, выполняющее функцию водила; a_2 — звено, выполняющее функцию сателлита. Для воспроизведения обыкновенной четырехветвистой гипоциклоиды необходимо, чтобы $K_a = K_{\omega} = 3$.

Для подобного механизма уравнения кривой, описываемой любой точкой звена a_2 , имеют вид

$$\begin{aligned} X &= a_1 \cos \omega_1 t + K_2 a_2 \cos K_{\omega} \omega_1 t; \\ Y &= a_1 \sin \omega_1 t - K_2 a_2 \sin K_{\omega} \omega_1 t. \end{aligned} \quad (1)$$

Примем коэффициент $K_2 = 1$, $a_2 = r_2$, введем коэффициент K_1 искажения гипоциклической кривой по первому звену

$$K_1 = \frac{b_1}{r_1 - r_2} \quad (2)$$

и поменяем местами слагаемые аргумента. Тогда выражение (1) можно написать так:

$$\begin{aligned} X &= a_2 \cos K_{\omega} \omega_1 t + K_1 a_1 \cos \omega_1 t; \\ Y &= -a_2 \sin K_{\omega} \omega_1 t + K_1 a_1 \sin \omega_1 t. \end{aligned} \quad (3)$$

При $K_1 = 1$, $a_1 = r_1 - r_2$ получим уравнения обыкновенной гипоциклоиды; при $K_1 < 1$ — уравнения перемещенной удлиненной гипоциклоиды, при $K_1 > 1$ — уравнения перемещенной укороченной гипоциклоиды. При этом под удлиненными перемещенными подразумевают гипоциклоиды, расположенные внутри обыкновенной гипоциклоиды, а под перемещенными укороченными — находящиеся вне обыкновенной гипоциклоиды.

Перемещенный трехзвенный механизм (рис. 1, б) — механическая модель механизма, воспроизводящего кривые, соответствующие выражению (3). При $K_a = K_\omega = 3$ подобным механизмом также описываются обыкновенные четырехветвистые гипоциклоиды и укороченные перемещенные (при увеличении звена a_1).

В станках токарной группы главное движение совершает заготовка, поэтому изготовление фасонных деталей точением возможно при соответствующем преобразовании движений. Для решения задачи преобразования определим проекции точки M в системе координат XO_1Y ; точка M вращается вокруг точки O_1 с угловой скоростью ω_1 (рис. 1, в) [3]. Найденные по проекциям точки M радиусы-векторы ρ и ρ_1 кривой связаны выражением

$$\rho^2 = \rho_1^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos(\omega_2 + \omega_1)t, \quad (4)$$

Из уравнения (4) можно заключить, что на плоскости XO_1Y можно описать такую же кривую при остановленном звене a_1 . Для этого плоскости XO_1Y следует сообщить скорость, обратную угловой скорости звена a_1 , а звену a_2 — скорость, равную сумме угловых скоростей второго и первого звеньев.

Для реализации изложенной теории при изготовлении фасонных деталей точением всем звеньям в системе перемещенного механизма сообщим вращение с угловой скоростью ω_1 (рис. 1, г). Тогда звено a_1 (резец) остановится, угловая скорость звена a_2 равна сумме $\omega_2 + \omega_1$; заготовка (звено a_0) вращается с угловой скоростью ω_1 относительно оси O_1 , а звено a_2 , несущее эту ось, — относительно оси O_2 . Расчеты показывают, что при воспроизведении гипоциклических кривых направления вращения заготовки и звена a_2 совпадают. Причем для описания четырехветвистой гипоциклоиды перемещенным механизмом передаточное отношение между заготовкой a_0 и звеном a_2 равно $\frac{1}{4}$.

Изложенную теорию можно реализовать в конструкциях специальных головок к токарным станкам (рис. 2). Принцип работы таких головок основан на перициклической передаче, которая позволяет сообщить заготовке требуемые движения [4].

Основной несущий элемент головки — вал 4, установленный в двух корпусах 1 подшипников и приводимый в движение от шкива 3 клиноременной передачи. Функцию водила и звена a_2 в головке выполняет втулка H , в отверстие которой с натягом вставлен и заштифтован правый консольный конец вала. Угловая скорость втулки (планетарное вращение заготовки относительно оси O_1 вала) равна угловой скорости вала, а величина a_2 определяется эксцентриситетом отверстия. Необходимая угловая скорость вращения заготовки относительно оси O_2 обеспечивается за счет колес z_1 и z_2 внутреннего зацепления, взаимодействующих через втулку H , которая служит водилом перициклической передачи. В результате планетарного вращения оси O_2 колесо z_2 обегает по неподвижной центральной шестерне z_1 и вращается относительно собственной оси O_2 (вращение заготовки относительно оси O_2 сателлита). Передаточное отношение i_{2H} между сателлитом (колесом z_2) и водилом (втулкой H) зависит от отношения чисел зубьев колес и определяется по формуле

$$i_{2H} = 1 - i_{21}^H, \quad (5)$$

$$\text{где } i_{21}^H = \frac{z_1}{z_2}. \quad (5a)$$

При $i_{21}^H = \frac{3}{4}$ искомое передаточное отношение $i_{2H} = \frac{1}{4}$ и направления вращения колеса z_2 и втулки H совпадают [1].

Обойма 11 может вращаться относительно втулки H на подшипниках 19 и является связующей между колесом z_2 и крышкой 15, которые объединяются винтами 10 и 14 в один узел с обоймой и одновременно используются для фиксации наружных колец подшипников. Съемный центр 17, жестко связанный с крышкой шпилькой 18 и гайкой 16, при вращении вала вращается вместе с крышкой относительно собственной оси O_2 и вместе с нею относительно оси O_1 .

Крышка 6 правого корпуса 1 фиксируется винтом 7 и препятствует осевому смещению подшипника 5. Эта крышка — основание для установки и заштифтовки неподвижной шестерни z_1 . Ответственные элементы конструкции закрыты кожухом 22, жестко скрепленным через сектор 9 со втулкой H . Винтами 8 и 12 с помощью сектора 9 и шайбы 13 фиксируются внутренние кольца подшипников 19. Для уравновешивания головки используется противовес 20, крепящийся изнутри винтами 21 к кожуху.

Корпуса подшипников соединены болтами с основанием 2, которое устанавливается на станине токарного станка. Цилиндрическая заготовка ножки зажимается между граненым центром 17 головки и центром задней бабки (на чертеже не показан). Длина звена a_1 определяется расстоянием от реза до оси O_1 (рис. 3).

В зависимости от величины звена a_1 можно нарезать ножки различного фасонного сечения. Причем при продольной подаче реза, параллельной оси заготовки ($a_1 = \text{const}$), получаем ножки постоянного фасонного сечения, при подаче под углом ($a_1 \neq \text{const}$) — конические ножки с изменяющимся сечением (рис. 3, а).

При $t_{21}^H = \frac{3}{4}$ вариации фасонных сечений ограничиваются гипоциклическими четырехугольниками. В случае необходимости изготовления ножек других сечений следует создавать головки с иным отношением чисел зубьев колес z_1 и z_2 .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Карелин. Бескопирная обработка цилиндрических деталей. Изд-во «Машиностроение», М., 1966. [2]. В. В. Рукин, И. В. Батин. Станок для бесшаблонного изготовления деталей треугольного профиля с радиально закругленными вершинами. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность», № 1, 1971. [3]. В. В. Рукин. Сб. «Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность», вып. 9, Киев, 1972. [4]. Vestal O., Sanders, Leonard C., Jenkins. Turning and boring head. Патент США, кл. 142—16 (B27 с 5/00), № 3494388, заявлено 8.06.67, опубликовано 10.02.70.

Поступила 12 мая 1972 г.

УДК 674.04

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ АНАТОМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ УВЛАЖНЕНИИ

С. И. КАРПОВИЧ, Ю. В. ВИХРОВ, Н. П. СИНЮКОВ

Белорусский технологический институт

Освещается характер изменения периметров и площадей поперечных сечений полостей клеток древесины березы при увлажнении. Рассматривается влияние влажности древесины в пределах гигроскопичности на изменение поглощающей способности полостей ее клеток.

Поглощая воду и другие достаточно полярные жидкости, древесина значительно увеличивает свой объем. Известно, что изменение объема вызывается не всей поглощенной жидкостью, а только той ее частью, которая проникла в клеточные стенки.

Установлено, что при взаимодействии древесины с водой предел гигроскопичности равен в среднем 30%. На практике обычно применяют древесину не в абсолютно сухом состоянии, а при какой-то влажности. У влажной древесины частично или полностью могут быть заполнены только клеточные стенки или же клеточные стенки и полости клеток. Увеличение объема древесины в процессе разбухания может повлечь за собой изменение формы и размеров полостей клеток, в результате чего будет меняться их поглощающая способность.

Представляет интерес определить характер изменения объема полостей клеток в зависимости от влажности древесины. Этот вопрос особенно актуален при пропитке древесины синтетическими смолами, антисептиками, антипиренами и т. д.

При повышении влажности до предела гигроскопичности объем древесины может увеличиться вследствие увеличения объема клеточных стенок и изменения объема полостей клеток. Так как древесина вдоль волокон практически не разбухает, то изменение объема полостей клеток следует отнести только за счет изменения площадей их поперечных сечений. Характер изменения сечений полостей клеток при увлажнении древесины до сих пор точно не установлен.

Нами проведены исследования на древесине березы. Торцовые микросрезы древесины в абс. сухом состоянии фотографировали, а затем смачивали водой и после 2-часовой выдержки фотографировали повторно. Измеряли геометрические параметры одних и тех же анатомических элементов до и после пропитки водой, что увеличило достоверность результатов.

Установлено, что клеточные стенки древесины при разбухании как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях практически разбухают одинаково, соответственно на 15,42 и 15,64%. Разбухание клеточных стенок может повлечь за собой изменение формы и размеров полостей клеток. При этом следует учитывать, что поглощающая способность полостей клеток может изменяться за счет изменения их периметров формы поперечного сечения при постоянном периметре.

Периметры полостей клеток измеряли методом обкатывания по границам полостей специально сконструированным прибором (с точ-

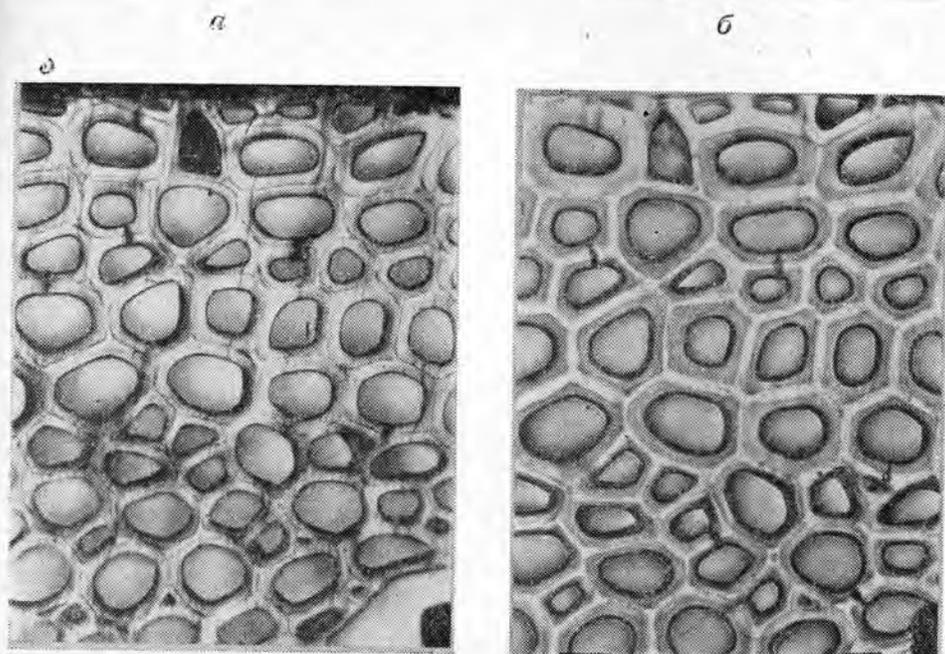


Рис. 1.

а — микросрез полости клетки в абс. сухом состоянии (увелич. в 530 раз);
б — тот же микросрез, пропитанный водой (увелич. в 530 раз).

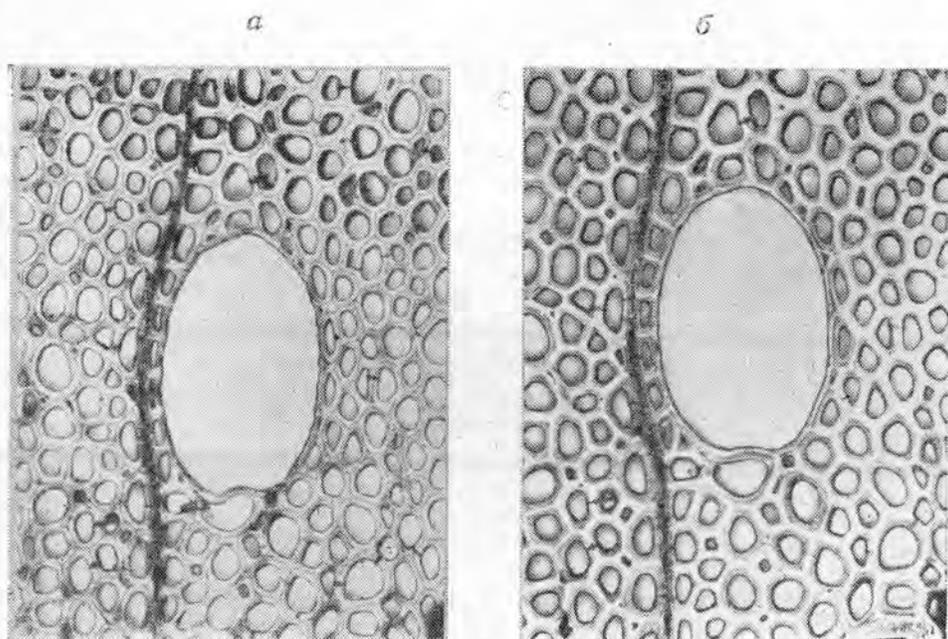


Рис. 2.

а — форма сечения сосуда в абс. сухом состоянии (увелич. в 270 раз);
б — форма сечения сосуда, пропитанного водой (увелич. в 270 раз).

ностью отсчета 20 мкм) на одном и том же микросрезе до и после увлажнения. При этом отдельно исследовали полости клеток волокон (рис. 1, а, б) и полости сосудов (рис. 2, а, б).

Установлено, что периметры полостей волокон до и после пропитки водой практически не изменяются, а периметры полостей сосудов после увлажнения увеличались в среднем на 5%.

Площади поперечных сечений клеток измеряли весовым методом. Контуры фотографий полостей клеток переснимали на кальку, вырезали и взвешивали. Путем обработки большого количества микросрезов установлено, что площади поперечных сечений полостей клеток волокон не изменяются с увеличением влажности древесины, а площади полостей сосудов возрастают в среднем на 10%.

Изучение размеров полостей клеток волокон и сосудов на микросрезе дает основание считать, что увеличение влажности древесины до предела гигроскопичности не уменьшает площади их поперечных сечений, а, следовательно, не снижает их поглощающую способность. В отдельных случаях могут наблюдаться некоторые отклонения: полости отдельных клеток изменяют свои начальные размеры и форму, приобретая более округлые сечения, или, наоборот, вытягиваются. Но такие отклонения, по нашим наблюдениям, незначительны и не могут изменить общий характер закономерности.

Этот вывод сделан на основании изучения размеров и формы анатомических элементов древесины при увлажнении микросрезов. В цельной древесине характер изменения этих размеров может быть другим в связи с возникновением внутренних напряжений при увлажнении. На микросрезе механическая связь между отдельными элементами, возможно, нарушена, и они не оказывают друг на друга сдерживающего влияния.

Для определения характера изменения поглощающей способности цельной древесины в зависимости от влажности были изготовлены две партии парных образцов (размером 30×30×30 мм) из древесины березы. Образцы первой партии находились в абс. сухом состоянии, а влажность образцов второй партии была доведена до 20%.

Обе партии образцов пропитывали жидкостью, не вызывающей изменения объема древесины. В качестве такой жидкости применяли дизельное топливо. Пропитку образцов осуществляли при одинаковом режиме: предварительный глубокий вакуум с последующим давлением 25 атм в течение суток.

Таблица 1

Количество образцов	Влажность образцов W , %	Поглощающая способность Π при $W=0$, %	V_0 при $W=0$, см ³	Объем образцов		Изменение объема образцов, %	Объем поглощенного дизельного топлива, см ³	$\frac{V_{\text{диз. топ.}}}{V} \times 100\%$	$\frac{V_{\text{диз. топ.}}}{V} \times 100\%$
				перед пропиткой V_1 , см ³	после пропитки V_2 , см ³				
10	0	62,4	25,71	25,73	25,78	+0,19	15,05	58,4	58,50
10	20	62,4	25,66	29,48	29,40	-0,27	15,70	53,4	61,20

В табл. 1 приведены данные о поглощающей способности Π древесины березы при различной влажности. Влажные образцы поглощали в среднем несколько больший объем дизельного топлива по сравнению с образцами в абс. сухом состоянии. Если объем поглощенного дизельного топлива отнести к объему образцов в абс. сухом состоянии, то различие становится большим.

Определим это отношение с учетом объема образцов после пропитки. Для этого объем поглощенного образцами дизельного топлива отнесем к их объему после пропитки. Образцы в абс. сухом состоянии на единицу объема поглотили дизельного топлива на 5% больше, чем образцы с влажностью 20%. Различие объясняется большим объемом образцов при $W = 20\%$, и если даже они поглотили такой же объем дизельного топлива, как и образцы с $W = 0$, то для влажных образцов этот показатель будет меньшим. Поэтому он не может характеризовать изменение поглощающей способности древесины в зависимости от влажности.

По-видимому, для оценки поглощающей способности влажной древесины целесообразно ввести два показателя, характеризующих относительную и абсолютную поглощающую способность влажной древесины.

Относительной поглощающей способностью назовем отношение объема поглощенной жидкости к объему образца после пропитки (графа 10, табл. 1). Абсолютная поглощающая способность характеризуется отношением объема поглощенной жидкости к объему образца в абс. сухом состоянии (графа 9, табл. 1).

Результаты опытов показали, что древесина с влажностью до предела гигроскопичности обладает способностью поглотить больший объем инертной (не вызывающей набухания) жидкости по сравнению с древесиной в абс. сухом состоянии, или иначе, абсолютная поглощающая способность древесины несколько возрастает с увеличением влажности до предела гигроскопичности. Образцы в абс. сухом состоянии после пропитки дизельным топливом незначительно увеличили свой объем, а влажные — несколько уменьшили.

Определим изменение поглощающей способности древесины в зависимости от ее влажности, воспользовавшись данными табл. 1. Согласно этим данным, каждый кубический сантиметр древесины в абс. сухом состоянии поглотил 0,585 см³ инертной жидкости. Образцы с $W = 20\%$ поглотили 0,612 см³ этой жидкости на единицу их объема в абс. сухом состоянии.

Рассчитаем, как повышается поглощающая способность древесины при увлажнении на 1%, и этот показатель K_B назовем коэффициентом увеличения поглощающей способности влажной древесины.

$$K_B = \frac{0,612 - 0,585}{20} = 0,00135 \approx 1,4 \cdot 10^{-3}.$$

Коэффициент K_B мы определяли на партиях образцов из древесины березы, возможно, для древесины другой породы и плотности он будет иным.

Объем инертной жидкости, поглощенной древесиной с влажностью до предела гигроскопичности,

$$V_B = V_0 (1 + K_B \cdot W) \text{ см}^3, \quad (2)$$

где V_0 — поглощающая способность образца в абс. сухом состоянии, см³;

K_B — коэффициент увлажнения поглощающей способности влажной древесины;

W — влажность образца до предела гигроскопичности, %.

Поступила 8 января 1973 г.

Усилия пиления регистрировали методом осциллографирования. На рис. 1 приведена осциллограмма усилий рамного пиления за оборот коренного вала. Измеряли следующие усилия, действующие на полотно рамной пилы:

$P_{max\ p.x}$ — наибольшая касательная сила в начале рабочего хода*, кгГ;

$P_{max\ p.x}^k$ — наибольшая касательная сила в конце рабочего хода, кгГ;

$P_{min\ p.x}^k$ — наименьшая касательная сила при рабочем ходе, кгГ;

$P_{ср.\ p.x}$ — средняя касательная сила за рабочий ход, кгГ;

$P_{max\ x.x}$ — наибольшая касательная сила при холостом ходе, кгГ;

$P_{ср.\ x.x}$ — средняя касательная сила за холостой ход, кгГ;

$P_{ср}$ — средняя касательная сила за оборот коренного вала, кгГ;

$Q_{ср.\ p.x}$ — средняя нормальная сила за рабочий ход, кгГ;

$Q_{max\ x.x}$ — наибольшая нормальная сила при холостом ходе, кгГ;

$Q_{ср.\ x.x}$ — средняя нормальная сила за холостой ход, кгГ;

$Q_{ср}$ — средняя нормальная сила за оборот коренного вала, кгГ.

Усилия, отнесенные к одному зубу рамной пилы, рассчитывали по формулам

$$P_3 = P \cdot \frac{t}{H}; \quad Q_3 = Q \cdot \frac{t}{H},$$

где H — высота пропила, мм;

t — шаг зубьев, мм.

Анализ полученных экспериментальных данных был проведен по усилиям, действующим на зуб рамной пилы. В частности, на рис. 2 приведены кривые изменения усилий пиления в зависимости от уклона пилы.

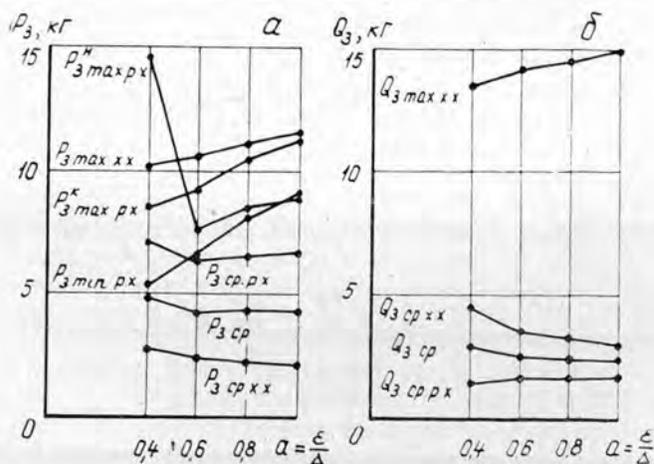


Рис. 2.

а — для касательных сил; б — для нормальных сил.

Точность распиловки удобно оценивать высотой наибольших неровностей h_{max} продольного макропрофиля поверхности обработки в средней высоте подопытных образцов (рис. 3). Результаты представлены на рис. 4.

* Пренебрегаем потерей хода при установке пил с повышенным уклоном.

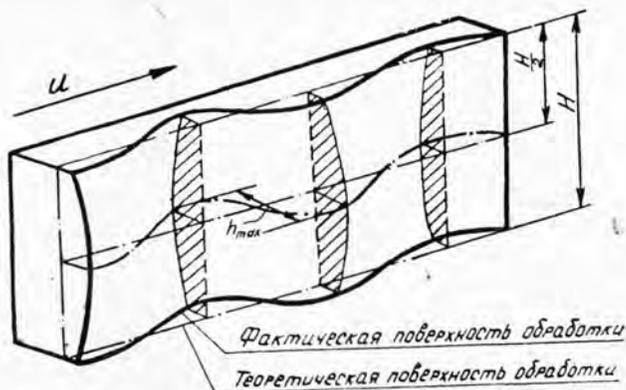


Рис. 3. Продольный макропрофиль поверхности обработки.

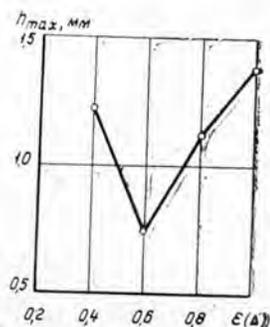


Рис. 4. Влияние уклона рамной пилы на точность распиловки.

Анализ и изложение экспериментального материала даны нами в сопоставлении с теоретическими положениями [2]. Результаты опытов позволили выявить следующее.

Наибольшие силы резания в конце $P_{max \text{ р.х}}$ рабочего хода и наименьшие $P_{min \text{ р.х}}$ имеют такую же тенденцию роста с уклоном, как и величины подачи на зуб U_{zmax} и U_{zmin} (обуславливающие значение этих сил, то есть силы растут практически линейно с увеличением уклона).

Наибольшая сила резания в начале* рабочего хода $P_{max \text{ р.х}}^n$ растет с увеличением уклона от $0,6 \Delta$ до $1,0 \Delta$, что согласуется с ростом наибольшей подачи на зуб в конце участка врезания. Подача на зуб изменяется с ростом уклона так же, как и U_{zmin} и U_{zmax} . При уклоне, меньшем $0,5 \Delta$, как было показано теоретически [2], резко возрастает подача на зуб на участке врезания; это сопровождается ростом сил в начале рабочего хода. При уклоне, равном $0,4 \Delta$, осциллограмма силы резания занимает весь рабочий ход по протяженности и имеет два «горба» — в начале и конце рабочего хода, причем первый всплеск этой силы больше, чем второй. Экспериментальные исследования, касающиеся рабочего хода**, показали, что наиболее рационален такой уклон, когда эпюра касательной силы при рабочем ходе симметрична, то есть когда усилия в конце и начале рабочего хода равны. Если обратиться к рис. 2, то такой величиной уклона, видимо, будет значение $\approx 0,55 \Delta$ (точка пересечения линий $P_{z,max \text{ р.х}}^n$ и $P_{z,max \text{ р.х}}^k$). Такой подход к данному вопросу вполне правомерен, ибо чем больше усилия, действующие на инструмент, тем меньше точность распиловки.

Средняя касательная сила за рабочий ход падает с ростом уклона до $0,6 \Delta$, а затем возрастает с изменением последнего до $1,0 \Delta$. Это вытекает из двух предыдущих выводов, так как характер изменения трех

* Потерю хода не учитываем.

** Рабочий ход главенствует в процессе пиления, так как именно при рабочем ходе формируется пропилен с его критериями — шероховатостью и прямолинейностью поверхностей. Бесспорно, явления при холостом ходе надо учитывать, однако они в большей мере предопределяют работу лесорамы и инструмента и в весьма малой мере — качество пилопродукции.

усилий $P_{з. max}^{н. р. х.}$, $P_{з. max}^{к. р. х.}$ и $P_{з. min}^{р. х.}$ в сумме определяет характер изменения результирующей средней силы.

С точки зрения теории элементарного резания древесины удельная работа резания с ростом величины подачи на зуб (то есть с ростом уклона пил) падает, а потому правомерно было бы ожидать уменьшения средней касательной силы за рабочий ход с увеличением уклона. В действительности же спад средней касательной силы происходит лишь в диапазоне изменения уклона от $0,4\Delta$ до $0,6\Delta$, а затем опять начинается ее рост. Причина этого — большая напряженность впадины; напряженность, как известно, определяется объемом древесины, срезаемой каждым зубом, а объем растет с увеличением уклона. Средняя нормальная сила при рабочем ходе практически не изменяется с ростом уклона. Это объясняется тем, что растут силы по боковым лезвиям зубьев, трения и инерции стружки (поскольку растет U_{zcp}), причем более значительно, чем сила затягивания, действующая со стороны стружки на зуб рамной пилы.

Наибольшие силы скобления $P_{max х. х.}$ и отжима $Q_{max х. х.}$ при холостом ходе растут с увеличением уклона (рис. 2), что согласуется с теорией [2]. Дело в том, что наибольшая глубина сминаемого зубом слоя древесины $h_{стр}$ при холостом ходе определяется суммой слагаемых*

$$h_{стр} = U_{z max} + \delta_{ск},$$

где $U_{z max}$ — наибольшая подача на зуб в нижней мертвой точке, определяющая величину кинематической ступеньки, мм;
 $\delta_{ск}$ — глубина внедрения зубьев в дно пропила в направлении подачи при подъеме пильной рамки на высоту шага зубьев ($t \cos \varphi$).

В табл. 1 приведены расчетные значения указанных выше величин для случая пиления на тарной лесораме РТ-2 при следующем режиме:

$$\Delta = 12,3 \text{ мм}; \quad \lambda = \frac{10}{118}; \quad t = 15 \text{ мм}.$$

Таблица 1

Уклон пил, доли Δ	$U_{z max}$, мм	$\delta_{ск}$, мм	$h_{стр}$, мм
0,4	1,56	0,78	2,34
0,6	1,75	0,59	2,34
0,8	1,93	0,39	2,32
1,0	2,11	0,18	2,29

Из табл. 1 видно, что суммарная глубина сминаемого слоя древесины при холостом ходе незначительно падает с увеличением уклона и, следовательно, должны были бы снижаться усилия резания. В действительности, мы наблюдаем обратное: с ростом уклона (соответственно с возрастанием U_{zcp}) увеличивается заполнение впадин стружкой и возрастают силы трения и инерции стружки, причем в большей мере, чем падают усилия на лезвиях и гранях зуба. В результате суммарная сила на пиле даже возрастает с уменьшением уклона.

* Формулы для их вычисления даны в нашей работе [2].

Средние силы за холостой ход (касательная и нормальная) падают с ростом уклона. Во-первых, потому что они адекватны*, во-вторых, сужается зона действия сил скобления при холостом ходе с ростом уклона, значительно падает величина усилий в зоне верхней мертвой точки (ибо с ростом уклона увеличивается отход зубьев от дна пропила). Поэтому хотя наибольшие усилия в начале холостого хода и растут с возрастанием величины уклона, однако темп роста их не может компенсировать спада давлений за счет уменьшения величины тех же сил в конце холостого хода и сужения элюры сил; это снижение связано с уменьшением времени действия этих сил на инструмент.

С ростом уклона до $0,6\Delta$ средняя касательная сила за оборот коренного вала падает, а затем с изменением уклона от $0,6\Delta$ до $1,0\Delta$ эта же сила остается постоянной. Средняя нормальная сила заметно снижается при повышении уклона до $0,6\Delta$, а затем незначительно уменьшается с ростом уклона. Эти зависимости объясняются закономерностями, изложенными в предыдущих выводах.

Из рис. 4 видно, что наименьший увод пилы от прямолинейности происходит при уклоне, равном $0,6\Delta$, что соответствует получению пиломатериалов более высокой точности; уменьшение или увеличение уклона свыше оптимальной величины ($0,6\Delta$)** отрицательно сказывается на точности пиломатериалов, причем понижение точности весьма существенно. Объяснить эти явления можно, рассматривая динамику процесса рамного пиления, а точнее, его рабочего хода, когда формируется пропил с его критерием — шероховатостью и прямолинейностью поверхности. Логично полагать, что чем меньше усилия, действующие на инструмент, тем большую точность распиловки он обеспечит. Результаты экспериментальных исследований показали, что оптимальный уклон равен $0,6\Delta$, когда элюра касательной силы не имеет сильно развитых горбов в начале или конце рабочего хода и все значения этой силы меньше, чем при других уклонах.

Таким образом, экспериментально подтверждено сложившееся в практике лесопиления правило о необходимости согласования уклона пил с посылкой в лесорамах с непрерывной подачей. Оптимальное значение уклона $0,6\Delta$. Эти исследования, являясь логическим продолжением ранее проведенных [3]—[6], в известной мере развивают наши представления о процессе рамной распиловки и хорошо согласуются с теоретическим анализом динамики и кинематики этого процесса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Коргушов. Экспериментальная установка для исследования процесса рамного пиления. Рефераты докладов на научно-технической конференции, МЛТИ, М., 1969. [2]. А. С. Коргушов. Кинематические соотношения при пилении на лесорамах с аксиальным механизмом резания и непрерывной системой подачи с учетом конечной длины шатуна и профиля дна пропила. Сборник научных трудов ЦНИИМОДа, вып. 24, т. 1, Архангельск, 1969. [3]. А. В. Моисеев. Экспериментальные исследования сил, действующих на полотно рамной пилы и его жесткости в зависимости от технологических факторов процесса. Автореферат кандидатской диссертации, М., 1961. [4]. В. Ф. Фонкин. Изыскание путей совершенствования конструкции лесопильных рам. Сборник научных трудов ВНИИДМаша, вып. 2, М., 1964. [5]. С. М. Хасдан и др. Экспериментальное исследование сил резания в двухэтажных лесопильных рамах серийных конструкций. Сборник научных трудов ЦНИИМОДа, вып. 18, Архангельск, 1965. [6]. Хоанг-Зыу-Нгуен. Исследование процесса рамного пиления древесины пород Демократической Республики Вьетнам. Автореферат кандидатской диссертации, М., 1968.

* Имеется в виду, что с ростом одной из величин растет и другая, с падением одной из них уменьшается и другая.

** Из тех значений уклона, которые использовали в опытах.

УДК 674.023

ВЛИЯНИЕ ПОРОДЫ ДРЕВЕСИНЫ НА СИЛЫ РЕЗАНИЯ И ОТЖИМА ПРИ РАМНОМ ПИЛЕНИИ

Е. М. БОРОВИКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены результаты экспериментального определения сил резания и отжима, возникающих при распиливании сосны, ели, березы, дуба и бука рамной пилой с шагом плющенных зубьев 26 мм.

Отдельные породы древесины различаются между собой механическими свойствами, что приводит к различию в силах резания и отжима при распиливании древесины. Интересно было экспериментально исследовать эти силы. Силы резания мы определяли на установке [1] при распиливании сосновых, еловых, березовых, дубовых и буковых образцов рамной пилой с шагом плющенных зубьев $t = 26$ мм, при высоте пропила $h = 200$ мм, средней ширине пропила $b = 4,1$ мм и подачах на зуб $U_z = 0,52; 1,04; 1,56$ мм. Угловые элементы зубьев пилы соответствовали ГОСТу 5524—62. Рамную пилу готовили к работе по принятой на лесозаводах технологии, зубья пилы после заточки подшлифовывали. Возникающие при распиливании образцов силы регистрировали при помощи осциллографа.

На рис. 1 показаны осциллограммы изменения сил резания (а) и отжима (б) в течение одного оборота коленчатого вала при распиливании рамной пилой образцов разных пород для $U_z = 1,56$ мм и $h = 200$ мм. Как видно из рис. 1, порода распиливаемой древесины практически не влияет на общий характер изменения сил в течение одного двойного хода пилы, однако существенным образом изменяет величину этих сил. Для всех пород силы резания и отжима изменяются по известной закономерности [3], [5], имея резко выраженные максимумы в период холостого хода при повороте кривошипа от нижней мертвой точки на угол $15-20^\circ$.

На рис. 2 показана зависимость сил резания и отжима от подачи на зуб при распиливании древесины разных пород. Экспериментальные точки достаточно хорошо ложатся на прямые линии и подтверждают линейную зависимость, установленную нами ранее при распиливании сосны [3]. С достаточной точностью можно принять, что прямые проходят через начало координат, так как сила сопротивления резанию при пилении остро заточенной пилой с $U_z = 0$ составляет, по данным М. Сивака [6], незначительную величину, равную приблизительно 3 кгс.

На графике $P_{p. ср} - U_z$ из общего правила выпадает точка, соответствующая пиленню бука с подачей на зуб 1,56 мм. Увеличение значения $P_{p. ср}$ в этом случае можно объяснить тем, что при данных условиях распиловки впадины зубьев могут переполняться опилками.

Соотношения между показателями сил резания и отжима, возникающих при распиливании рамной пилой образцов различных пород при разных подачах на зуб, приведены в табл. 1. Для каждой в отдельности породы древесины эти соотношения не зависят от пода-

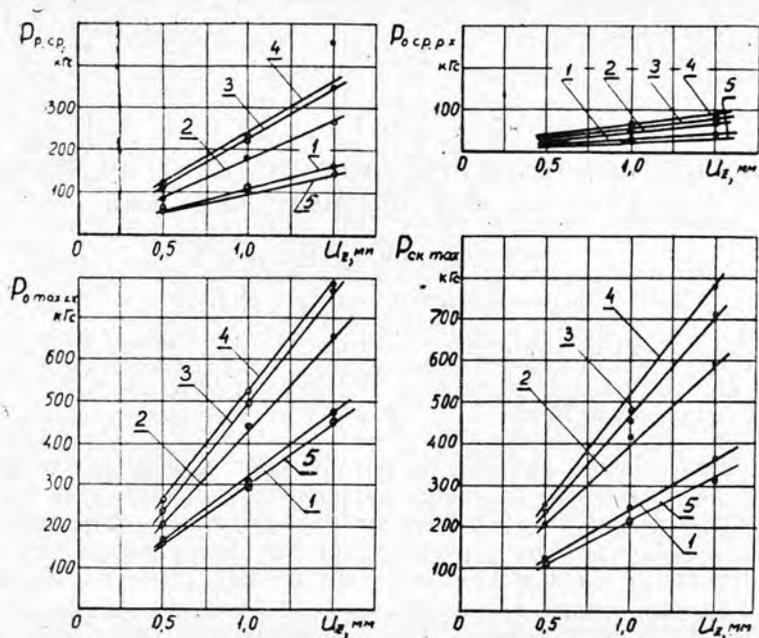


Рис. 2.

1 — ель; 2 — береза; 3 — дуб; 4 — бук; 5 — сосна.

Таблица 1

Порода	Подача на зуб, мм	$\frac{P_{p,ср}}{P_{o,ср}}$	$\frac{P_{o,мах,х.х}}{P_{ск,мах}}$	$\frac{P_{ск,мах}}{P_{p,ср}}$	$\frac{P_{o,мах,х.х}}{P_{o,ср,р.х.}}$
Сосна	0,52	3,44	1,45	1,99	9,9
	1,04	3,7	1,35	2,12	10,6
	1,56	3,62	1,44	2,17	11,3
	Среднее	3,59	1,41	2,09	10,6
Ель	0,52	3,49	1,33	2,27	10,5
	1,04	3,5	1,3	2,24	10,0
	1,56	3,51	1,32	2,21	10,3
	Среднее	3,5	1,32	2,24	10,3
Береза	0,52	4,24	0,99	2,32	9,8
	1,04	3,56	1,1	2,44	9,6
	1,56	3,71	1,13	2,15	9,45
	Среднее	3,83	1,07	2,3	9,62
Дуб	0,52	4,4	0,99	2,09	9,1
	1,04	4,4	1,08	2,04	9,7
	1,56	4,42	1,07	2,02	9,55
	Среднее	4,41	1,05	2,05	9,45
Бук	0,52	4,7	1,07	2,06	10,3
	1,04	4,12	1,1	1,98	8,95
	Среднее	4,41	1,1	2,07	9,44

чи на зуб и при разных значениях U_z остаются примерно одинаковыми. Но если сравнить средние значения отношений показателей сил резания и отжима для разных пород, то наблюдается некоторая зависимость их от механических свойств древесины. Например, с повышением механических свойств от сосны к буку отношения $\frac{P_{p,ср}}{P_{o,ср,р.х}}$

возрастает от 3,59 до 4,41, отношения $\frac{P_{o. max x.x}}{P_{ск max}}$, наоборот, уменьшается от 1,41 до 1,1, а $\frac{P_{o. max x.x}}{P_{o. ср. p.x}}$ уменьшается от 10,6 до 9,44.

При сохранении общей закономерности изменения силы резания и отжима при распиливании древесины разных пород отношения между отдельными показателями сил не сохраняются.

Представляло интерес исследовать корреляционную зависимость между силами резания и отжима и механическими свойствами распиливаемой древесины. Вычисление корреляционного отношения и ошибки достоверности показало тесную, почти функциональную связь между силами резания и отжима и торцовой твердостью древесины. Поэтому можно было установить вид уравнения связи между этими величинами. Для выбора уравнения связи выравняли кривую путем нанесения экспериментальных точек на координатные сетки с различными функциональными шкалами. Достаточно хорошее совпадение экспериментальных данных с прямой было получено на логарифмической сетке. Найденная зависимость выражается функцией вида

$$y = ax^b.$$

Полагая, что $\lg x = x$; $\lg y = y$; $\lg a = A$, получим уравнение

$$y = A + bx.$$

Коэффициенты A и b находили по способу средних [4]. После соответствующих вычислений получили (с учетом линейного изменения сил резания и отжима от подачи на зуб) следующие уравнения связи:

$$P_{p. ср} = 5,72H_T^{0,545} \cdot U_z \text{ кгс}; \quad (1)$$

$$P_{ск max} = 15,9H_T^{0,498} \cdot U_z \text{ кгс}; \quad (2)$$

$$P_{o. ср. p. x} = 3,29H_T^{0,41} \cdot U_z \text{ кгс}; \quad (3)$$

$$P_{o. max x.x} = 55,7H_T^{0,32} \cdot U_z \text{ кгс}, \quad (4)$$

где H_T — торцовая твердость.

В формулы (1) — (4) значение U_z подставляем в миллиметрах. Отклонение экспериментальных значений сил резания и отжима от вычисленных не превышало 8%.

Чтобы проследить за изменением сил резания и отжима при изменении высоты пропила, мы распиливали клиновые березовые, дубовые и буковые образцы при $U_z = 0,31; 0,52; 1,04$ и $1,56$ мм и высоте пропила $h = 0 \div 520$ мм. Зависимость сил резания и отжима от высоты пропила при распиливании березы приведена на рис. 3, при распиливании дуба — на рис. 4, при распиливании бука — на рис. 5.

Как видно из графиков, общий характер зависимости сил с увеличением высоты пропила при распиливании березовых, дубовых и буковых клиновых образцов такой же, что и для сосновых клиновых образцов*. С достаточной уверенностью можно заключить, что ве-

* Е. М. Боровиков. Определение нормативных величин посылок по работоспособности впадин зубьев. Разработка рекомендаций по выбору шагов зубьев в зависимости от высоты пропила и вида распиловки. Научный отчет ЦНИИМОДа, 1969.

личины $P_{ск. max}$ и $P_{о, max х.х}$ линейно изменяются с увеличением высоты пропила. Другие показатели сил резания и отжима в зависимости от высоты пропила изменяются по некоторой вогнутой кривой. Средняя сила отжима за рабочий ход пилы изменяется сначала линейно, а затем, при определенных значениях высоты пропила, начинает интенсивно возрастать. Очевидно, этот момент соответствует началу переполнения впадин зубьев опилками. Из рис. 3, 4 и 5 видно, что переполнение впадин опилками при распиливании с $U_z = 1,56$ мм для образцов березы наступает примерно при высоте пропила $h = 230$ мм, для дуба — при $h = 180$ мм, для бука — при $h = 160$ мм. Указанные высоты пропила предельны ($h_{доп}$), так как с их повышением при $U_z = 1,56$ мм затруднено размещение опилок во впадине зубьев. Данные по допустимым высотам пропила показывают, что чем выше механические свойства древесины, тем меньше опилок помещается во впадине.

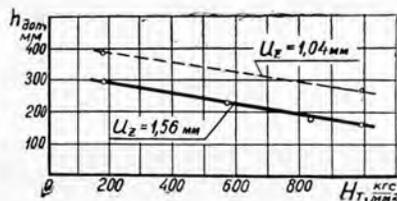


Рис. 6.

Зависимость допустимой высоты пропила от торцевой твердости распиливаемой древесины исследуемых пород показана на рис. 6. При $U_z = 1,56$ мм величина $h_{доп}$ линейно уменьшается с увеличением торцевой твердости H_T . Целесообразно выразить эту зависимость в математической форме. Заменяя $h_{доп}$ на y , а H_T на x , методом выбранных точек задаем координаты первой точки ($x = 182$, $y_1 = 300$) и второй ($x_2 = 991$, $y_2 = 160$). Решая уравнение прямой, проходящей через две точки, и переходя к текущим координатам, получим

$$h_{доп} = 332 - 0,173H_T \text{ мм.} \quad (5)$$

На графике (рис. 6) нанесены также значения $h_{доп} = 390,1$ мм для сосны (данные взяты из нашей работы [2]) и $h_{доп} = 270$ мм для бука при $U_z = 1,04$ мм. Пунктирная линия, проведенная через эти точки, проходит почти параллельно линии для $U_z = 1,56$ мм. Поэтому можно предположить, что линейная зависимость $h_{доп}$ от H_T сохраняется и для остальных исследуемых пород древесины.

Принимая во внимание высказанное положение и то, что с изменением U_z на $0,52$ мм величина $h_{доп}$ изменяется примерно на 95 мм [2], можно написать уравнение для величины $\Delta h_{доп}$, на которую изменяется при других значениях U_z допустимая величина пропила $h_{доп}$, определенная по формуле (5),

$$\Delta h_{доп} = 285 - 183U_z \text{ мм.} \quad (6)$$

При любом значении U_z

$$h_{доп} = (332 - 0,173H_T) + \Delta h_{доп} = (332 - 0,173H_T) + (285 - 183U_z)$$

или

$$h_{\text{доп}} = 607 - 0,173H_T - 183U_z \text{ мм.} \quad (7)$$

В выражение (7) значения H_T подставляем в $\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$, а U_z — в миллиметрах.

По формуле (7) из условия заполнения впадин опилками можно рассчитать допустимые режимы пиления древесины разных пород рамной пилой с шагом зубьев $t = 26 \text{ мм}$ и шириной пропила $b = 4,1 \text{ мм}$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Боровиков. Опытная установка для исследования процесса рамного пиления. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963. [2]. Е. М. Боровиков. Определение допустимых величин посылок по работоспособности впадин зубьев рамных пил. Тезисы докладов. АЛТИ, 1969. [3]. Е. М. Боровиков. Влияние величины подачи на силы резания при распиливании древесины на лесопильных рамах. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [4]. Р. С. Гутнер, Б. В. Овчинский. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. Изд-во «Наука», 1970. [5]. E. Kivimaa. Gutting Force in Frame Sawing. «Päperi ja Puh», I, 1959. [6]. M. Sivak. Rezny a zadieraci odpor dreva ako kritérium pre optimalizáciu ozubenfa pilových ramových pil, VSLD, Zvolen, 1970.

Поступила 13 января 1972 г.

УДК 674.047

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ОСЦИЛЛИРУЮЩИХ РЕЖИМОВ СУШКИ*

М. Г. МИНГАЗОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Изложены результаты реализации в лабораторных условиях экстремального эксперимента с целью выявления оптимального принципа построения рациональных осциллирующих режимов сушки древесины.

В настоящей работе с помощью метода крутого восхождения планируется экстремальный эксперимент в лабораторной установке для изучения оптимального принципа построения осциллирующего режима с целью сокращения продолжительности процесса сушки древесины.

На продолжительность процесса сушки влияют следующие факторы: порода древесины, начальная и конечная влажность, толщина материала, категория режима и качество сушки. При осциллирующих режимах, как показали поисковые эксперименты, существенное влияние оказывает и такой фактор, как принцип построения осциллирующего режима (ОР).

После проведения поисковых экспериментов и предварительного обсуждения для дальнейших исследований была взята одна порода — сосна, для которой изучали значения термоградиентного коэффициента, характеризующего явление термовлагопроводности; толщина образцов 25 мм.

Результаты экстремального эксперимента используют для получения математической модели объекта, которая представляет собой уравнение, связывающее параметр оптимизации и факторы. На пер-

* Работа выполнена под руководством проф. А. Н. Песоцкого и доц. Н. В. Качалина.

вом этапе планирования эксперимента математическая модель нужна для предсказания такого направления градиента, в котором величина параметра оптимизации улучшается быстрее, чем в любом другом направлении. В качестве модели нами выбран алгебраический полином первой степени (линейная модель).

Поиск оптимума ведется на основе шагового принципа при допуске аналитичности функции отклика и единственности оптимума. Требование воспроизводимости результатов исследования выполняется назначением определенного количества высушиваемых образцов, обеспечивающего необходимую точность эксперимента, и путем полной рандомизации порядка включения образцов в каждую опытную сушку.

Поисковые эксперименты показали, что на продолжительность процесса сушки по ОР, при прочих равных условиях, оказывают влияние следующие факторы: 1) амплитуда осциллирования температуры материала за цикл процесса; 2) амплитуда осциллирования параметров агента сушки за цикл процесса; 3) проведение процесса сушки в периоде нагрева при граничных условиях 1-го и 3-го рода; 4) величина равновесной влажности среды на разных ступенях режима сушки.

Границы областей определения факторов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Факторы	Область определения	
	нижний предел	верхний предел
X_1 — амплитуда осциллирования температуры древесины, °С	4	20
X_2 — амплитуда осциллирования температуры среды (агента сушки), °С	4	34
X_3 — граничные условия в период нагрева, %	65	100
X_4 — равновесная влажность среды в период охлаждения, %	5	28

Итак, в данном эксперименте варьируются четыре фактора на двух уровнях, то есть имеем полный факторный эксперимент типа 2^4 .

После оценки границы областей определения всех факторов найдена локальная подобласть планирования эксперимента. Основные уровни и интервалы варьирования факторов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Факторы	Уровни факторов			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
X_1 , °С	5,0	7,5	10,0	2,5
X_2 , °С	$t_{ц} \pm 2,5$		$t_{ц} \pm 5$	1,5
X_3 , %	70,0	80,0	90,0	10,0
X_4 , %	7,0	9,5	12,0	2,5

Количество опытов в данном полном факторном эксперименте значительно превосходит число определяемых коэффициентов линейной модели. С целью минимизации числа опытов построена полуреплика 2^{4-1} , представляющая матрицу из восьми опытов для четырехфакторного планирования. При применении дробных реплик линейные эффекты смешивают с эффектами взаимодействий. В данной реплике,

имеющей обозначение 2^{4-1} , нет ни одного эффекта, смешанного с другими главным эффектом или парным взаимодействием, а все парные взаимодействия смешаны друг с другом. Матрица планирования полуреплики 2^{4-1} , и результаты опытов приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	$X_1X_2 = X_1X_4$	$X_1X_3 = -X_1X_4$	$X_2X_3 = -X_2X_4$	y
1	+	+	+	-	-	+	+	-	34,0
2	+	-	-	-	-	+	+	+	40,0
3	+	+	-	-	+	-	-	+	49,0
4	+	-	+	-	+	-	+	-	59,0
5	+	+	+	+	+	+	+	+	112,0
6	+	-	-	+	+	+	-	-	83,0
7	+	+	-	+	-	-	+	-	62,0
8	+	-	+	+	-	-	-	+	89,0
b_i	66,0	-1,75	+7,5	+20,5	+9,75	+1,25	+2,25	+6,5	

После реализации всех опытов результаты эксперимента аппроксимированы алгебраическим полиномом первой степени

$$y = 66,00 - 1,75X_1 + 7,50X_2 + 20,50X_3 + 9,75X_4 + 1,25X_1X_2 + 2,25X_1X_3 + 6,50X_2X_3.$$

Анализ полученного уравнения регрессии показывает, что для отыскания минимума функции отклика благоприятно увеличение значения фактора X_1 и уменьшение значений факторов X_2 , X_3 и X_4 .

Таким образом, после реализации матрицы планирования и регрессионного анализа экстремального эксперимента имеется следующая ситуация: исходный план $1/4$ — реплика, линейная модель неадекватна, все эффекты взаимодействия оказались незначимыми. В то же время линейные эффекты не смешаны с эффектами взаимодействий, и их вклад в уравнение регрессии значительно превышает вклад взаимодействия. И так как при реализации всех опытов удалось получить достаточно низкие и вполне приемлемые значения параметра оптимизации, то принимается решение об окончании исследования. Исходный план эксперимента, благодаря рациональному использованию данных поисковых опытов в лабораторных и производственных условиях, оказался в области оптимума, которая характеризуется следующими тенденциями: увеличением амплитуды осциллирования температуры материала; уменьшением амплитуды осциллирования параметров агента сушики; уменьшением равновесной влажности среды в период охлаждения; проведением периода нагрева при граничных условиях третьего рода.

Поступила 2 декабря 1972 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.92

ПОЛУЧЕНИЕ ОЧИЩЕННОГО ФИТОСТЕРИНА

*С. И. ШАЙДУРОВА, В. Б. НЕКРАСОВА, Л. А. АЛЕКСАНДРОВ,
А. Л. АГРАНАТ*

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты исследований по моделированию процесса очистки фитостерина-сырца с целью установления технологических параметров и режимов, представлены значения растворимости фитостерина сульфатного мыла в различных органических растворителях в зависимости от температуры, описаны различные приемы очистки фитостерина-сырца, доказана возможность проведения всего технологического процесса очистки в одном аппарате.

Сотрудниками Проблемной лаборатории по использованию живых элементов дерева в течение последних десяти лет разработаны способы получения стериносодержащих продуктов: фитостерина-сырца, очищенного и осветленного фитостерина и др. Найдены пути использования этих продуктов.

В настоящем сообщении приведены результаты исследований по моделированию процесса очистки фитостерина-сырца с целью установления технологических параметров и режимов. Фитостерин-сырец, получаемый из сульфатного мыла по способу ЛТА, содержит, кроме стеринов, алифатические спирты до 20% и твердые натровые соли высших жирных и смоляных кислот от 20 до 40%. Для дальнейшего использования фитостерин-сырец освобождают от твердых мыл и темноокрашенных примесей, то есть получают очищенный фитостерин, широко применяемый в медицине как сырье для синтеза гормонов и получения препарата бета-ситостерина и осветленного фитостерина.

Важный фактор для выделения фитостерина из фитостерина-сырца — растворимость его в различных органических растворителях (табл. 1). При температуре 12—14°C фитостерин плохо растворяется в большинстве органических растворителей. Для очистки благоприятна большая разница в растворимости при изменении температуры. Это свойство фитостерина и было взято за основу при разработке способов его очистки.

Для очистки фитостерина-сырца можно применять дихлорэтан, ацетон, диэтиловый эфир и другие растворители, но, учитывая особенности технологии, экономические соображения и требования техники безопасности, особое внимание следует уделить бензину. Поэтому на очистке фитостерина-сырца бензином мы остановимся более подробно.

Один из разработанных методов очистки фитостерина-сырца состоит в том, что при обработке сырца бензином мыла остаются нерастворимыми в виде легковозмучивающейся неплотной массы. Для удаления темноокрашенных примесей бензиновые растворы необходимо промыть оводненным спиртом. При этом было замечено следующее: чем выше крепость спирта, тем быстрее отстаивается и полнее обесцвечивается исходный раствор. Начиная с концентрации спирта 40—50% эмульсии при промывке не образуются. Данные по очистке фитостерина-сырца показаны в табл. 2.

Растворитель	Растворимость фитостерина, %, при температуре, °C											
	12-14	20	30	40	50	60	65	70	78	80	90	100
Гидролизный спирт (93,5%-ный)	—	0,72	1,15	1,30	2,28	2,63	—	3,90	6,4	—	—	—
Этиловый спирт (99%-ный абс.)	—	1,12	1,72	2,40	2,50	3,48	—	3,57	10,5	—	—	—
Этиловый спирт (95%-ный)	—	0,77	1,26	2,16	2,31	3,05	—	3,80	5,89	—	—	—
Этиловый спирт (75%-ный)	—	0,07	0,11	0,16	0,31	0,62	—	0,84	—	0,97	—	—
Этиловый спирт (50%-ный)	—	—	0,04	0,07	0,08	0,13	—	0,28	—	0,30	0,44	—
Метиловый спирт (99%-ный неперегнан-ный)	—	0,46	0,54	0,86	1,23	1,86	2,09	—	—	—	—	—
Метиловый спирт (99%-ный перегнан-ный)	—	0,37	0,52	0,90	1,15	1,98	—	—	—	—	—	—
Ксилол (неперегнанный)	6,79	6,87	9,60	16,72	17,12	12,22	—	23,06	—	28,40	39,50	51,84
Толуол	3,61	4,51	9,22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Метанольная фракция	—	0,1	0,51	0,82	0,56	3,02	—	—	—	—	—	—
Эфир серный	2,95	4,03	5,69	7,92*	—	—	—	—	—	—	—	—
Бензин (фракция до 80°C)	0,74	1,70	2,66	4,82	—	—	—	—	—	—	—	—
Бензин (фракция 80--110°C)	0,81	2,14	2,47	4,08	6,75	8,51	11,27	11,38	11,42	11,50	—	—
Дихлорэтан	0,98	1,98	2,85	4,71	5,97	6,11	7,41	—	—	—	—	—
Бензол	2,50	4,30	7,10	9,90	13,50	—	—	—	—	—	—	—
Скипидар	—	8,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ацетон	1,14**	1,93	3,17	5,35	6,85	10,4	—	—	—	—	—	—
Хлороформ	4,50**	6,60	9,88	12,20	16,00	20,10	—	—	—	—	—	—
Изопропиловый спирт (100%-ный)	2,20	2,50	—	4,80	8,40	—	—	—	—	—	—	—
Изопропиловый спирт (75%-ный)	0,18	0,30	0,1	0,60	0,82	—	—	—	—	—	—	—
Изопропиловый спирт (70%-ный)	0,15	0,24	—	—	—	0,98	—	—	—	—	—	—
Изопропиловый спирт (65%-ный)	0,09	—	0,15	0,20	0,29	0,40	—	—	—	—	—	—

* при температуре 35°C; ** при температуре 9°C.

Таблица 2

Концентрация горячего этилового спирта, взятого на промывку, %	Выход очищенного фитостерина, %	Содержание бета-ситостерина в очищенном фитостерине, %
10	75,0	97,1
20	70,0	95,2
30	72,5	97,5
40	72,5	96,0
50	75,0	96,8

Учитывая высокий процент растворимости фитостерина в бензине, низкую его растворимость в оводненном спирте и легкость отмывки примесей спиртом 40%-ной крепости, мы приняли принципиальную схему очистки фитостерина-сырца, представленную на рис. 1.

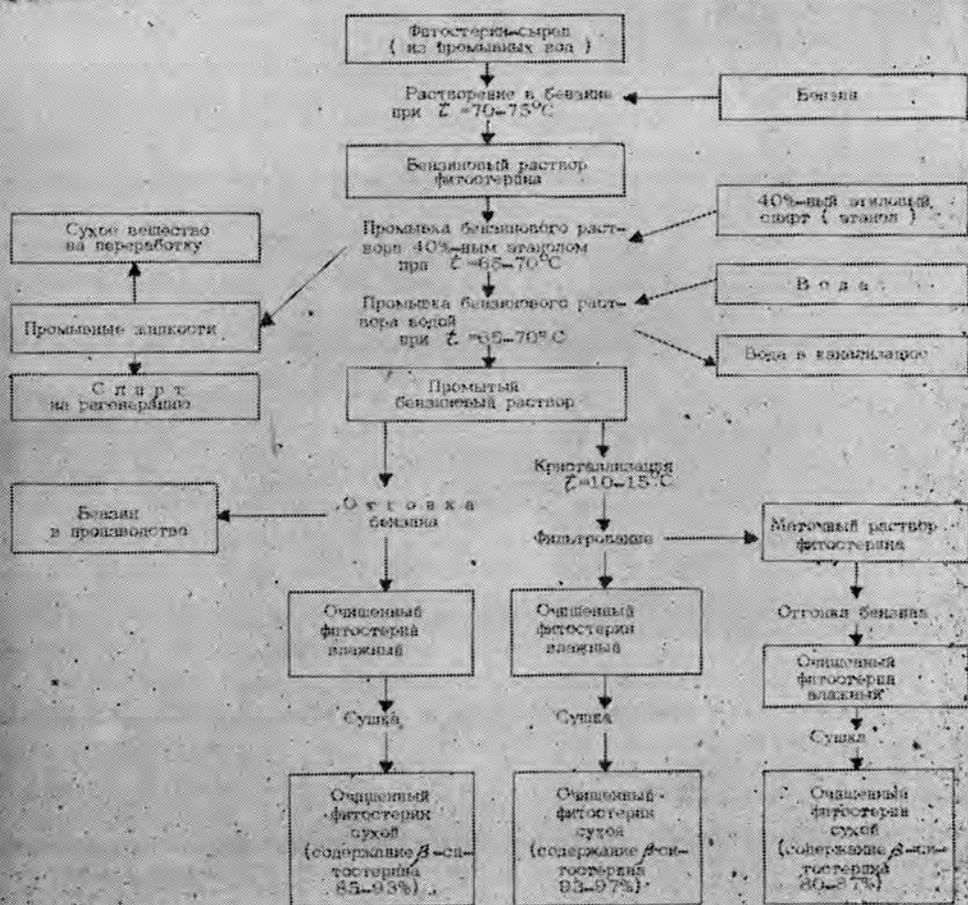


Рис. 1.

Для отработки отдельных технологических операций получения очищенного фитостерина и для установления оптимальных режимов нами была сконструирована и изготовлена опытная модельная установка (рис. 2), состоящая из стеклянного аппарата, снабженного шту-

цером 1 для спуска промывных жидкостей, капроновой сетки 2 для удержания очищенного фитостерина, змеевиком глухого пара 3, капилляром для подачи инертного газа 4 и пара 5, термометром 6, крышкой 7 и штуцером для соединения с прямым и обратным холодильником 8.

Методика проведения опытов на указанной модельной установке следующая. В аппарат загружали 30 г проанализированного фитостерина-сырца и заливали необходимое количество бензина марки БР-1 (соотношение фитостерин-сырец — бензин как 1 : 20). Растворение фитостерина в бензине происходило при температуре 70—75°C в течение 1,5—2,0 час. Раствор перемешивали барботажом инертного газа, подававшегося через капилляр. Для подогрева раствора до нужной температуры использовали змеевик, по которому циркулировала вода или подавался пар. После полного растворения фитостерина в бензине бензиновый раствор промывали 40%-ным этиловым спиртом 3 раза и водой 2 раза. Соотношение бензиновый раствор — промывные жидкости как 8 : 1. Температура раствора во время промывок 65—70°C, продолжительность каждой промывки 10 мин (5 мин — перемешивание, 5 мин — отстаивание).

Промывной спирт и воду спускали через нижний штуцер. Затем через штуцер подавали горячую воду, раствор поднимался над сеткой и охлаждался.

Кристаллизация фитостерина продолжалась 24 часа при температуре 13—15°C. Маточный бензиновый раствор сливали через штуцер, причем маточник стекал в течение 2—4 час, а кристаллы очищенного фитостерина оставались на сетке. Через нижний штуцер снова подавали горячую воду в таком количестве, чтобы очищенный фитостерин был над сеткой. Остатки бензина отгоняли подачей острого пара в течение 2—3 час. Раствор охлаждали, воду спускали, а оставшийся очищенный фитостерин сушили на сетке горячим воздухом. Температура сушки 50—55°C. Продолжительность сушки 12—14 час. Содержание бета-ситостерина в очищенном фитостерине определяли бромид-броматным методом.

Характеристика исходного продукта: летучие 1,35%; твердые мыла 35,8%; фитостерин (по разности) 64,2%; бета-ситостерин 59,9%. Характеристика полученного продукта показана в табл. 3.

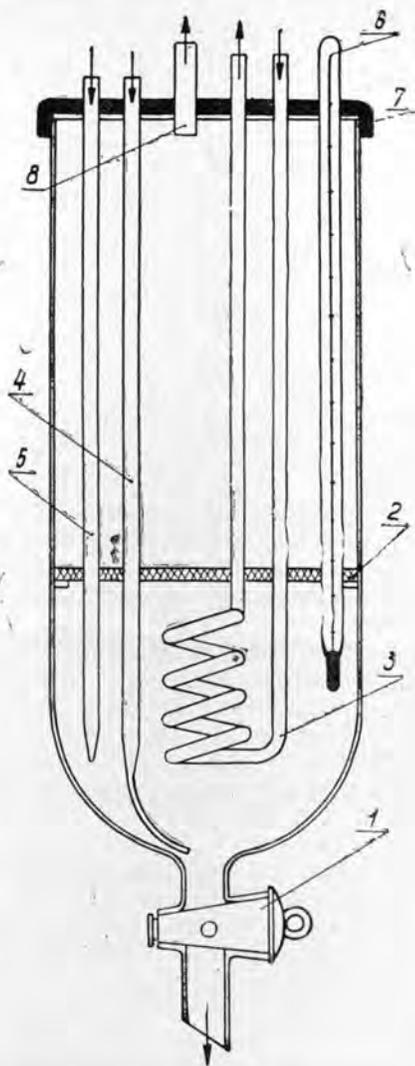


Рис. 2.

Таблица 3

Количество очищенного фитостерина, % от исходного	Летучие, %	Содержание бета-ситостерина		Потери, %
		в фитостерине, %	% от исходного количества	
65,5	3,10	92,1	65,0	—
21,6	—	80,4	19,5	Не опр.
63,1	2,5	91,3	59,1	—
25,4	—	75,6	20,2	8,3
54,3	4,5	89,9	51,9	—
29,0	—	82,1	27,4	5,9
68,9	1,20	90,4	69,5	—
10,5	—	78,3	11,8	6,25

Примечание. В числителе данные для очищенного фитостерина, полученного кристаллизацией; в знаменателе — полученного из маточного бензинового раствора.

Проведенные исследования показали возможность ликвидации трудоемкой операции фильтрования бензинового раствора, возможность сушки очищенного фитостерина горячим воздухом и проведения технологического процесса очистки фитостерина-сырца в одном аппарате.

При производственной очистке фитостерина-сырца по способу ЛТА выход очищенного фитостерина составляет 25—30% от исходного сырца, или 50—55% от его стериновой фракции.

В сухом веществе промывных жидкостей, полученных в производственных условиях на опытной базе Проблемной лаборатории по использованию живых элементов дерева в Лисино, содержится более 50% стеринов (табл. 4).

Таблица 4

№ пробы	Летучие, %	Сухое вещество	
		твердые мыла, %	фитостерин (по разности), %
1	99,7	49,4	50,6
3	96,8	84,5	15,5
4	75,8	38,4	61,6
5	88,0	48,4	51,6
6	74,3	43,9	56,1
7	45,1	43,4	56,6

Работы по использованию промывных жидкостей как сырья, богатого стеринами, проводили по двум направлениям: 1) получение из них осветленного фитостерина; 2) дополнительное извлечение стеринов с целью получения очищенного фитостерина.

При получении очищенного фитостерина из промывных жидкостей было проведено три серии опытов: 1) выделение стеринов из промывных жидкостей в условиях, близких к производственным; 2) выяснение влияния количества бензина, взятого на экстракцию, на выход очищенного фитостерина; 3) многоступенчатое экстрагирование.

Во всех опытах исходный раствор — промывная жидкость, полученная при производственной очистке фитостерина сырца Кехрасского ЦБК на Лисинской опытно-производственной базе Проблемной лаборатории по использованию живых элементов дерева. Раствор содержал 15% сухого вещества, в том числе 7,8% стеринов и 7,2% твердых

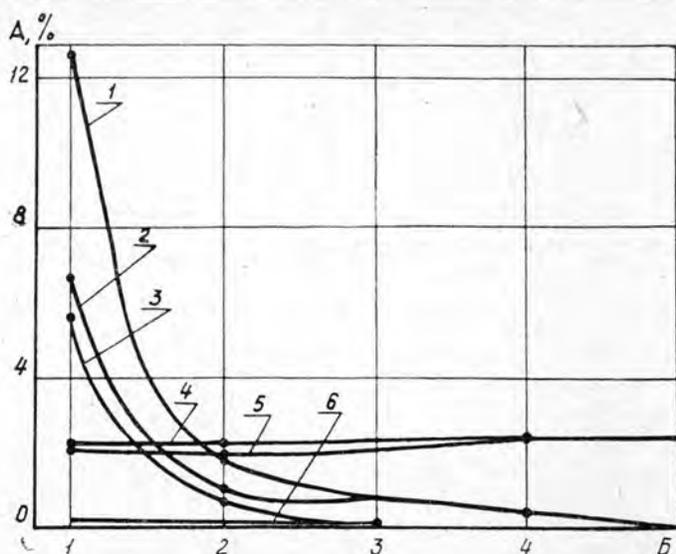


Рис. 3.

А — содержание сухого вещества, %; Б — последовательность промывок; 1 — сухое вещество в промывных жидкостях; 2 — стерины в промывных жидкостях; 3 — твердые мыла в промывных жидкостях; 4 — стерины в бензиновом растворе; 5 — твердые мыла в бензиновом растворе; 6 — твердые мыла в бензиновом растворе.

мыл. Методика проведения опытов аналогична описанной выше. Опыты показали, что из промывных жидкостей удается получить дополнительно 15% очищенного фитостерина от его содержания в промывной жидкости, считая на сухой вес.

На рис. 3 показан качественный и количественный состав сухого вещества промывных жидкостей и бензинового раствора в течение одного опыта в зависимости от количества промывок. За первую и вторую промывки твердые мыла отмываются от бензинового раствора почти полностью. Последующие промывки окончательно удаляют твердые мыла и остатки спирта из бензинового раствора фитостерина.

При выяснении влияния количества бензина на выход очищенного фитостерина установлено, что максимальный выход фитостерина получается при соотношении исходный промывной раствор — бензин как 1 : 1,6.

Опыты с применением многоступенчатого экстрагирования показали, что только 5-я ступенчатая экстракция позволяет извлечь 37—48% очищенного фитостерина от его исходного содержания в промывном растворе.

Как показали исследования, ни один из опробованных методов не дает значительных выходов очищенного фитостерина из промывных жидкостей, поэтому наиболее целесообразный способ их использования — получение из них осветленного фитостерина.

Поступила 14 мая 1973 г.

УДК 547.992.3

ИЗВЛЕЧЕНИЕ НЕОТМЫТЫХ САХАРОВ ИЗ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА ПУТЕМ ПРЕССОВАНИЯ

А. К. АНПИЛОГОВ, Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Архангельский лесотехнический институт

Приведены данные о влиянии различных факторов на эффективность извлечения сахаров при отжиме лигнина.

Гидролизный лигнин — многотоннажный отход гидролизной промышленности (свыше 1 млн. т в год на абс. сухое вещество) — содержит в среднем около 6% неотмытых в процессе варки сахаров [5]. Следовательно, промышленность ежегодно теряет с гидролизным лигнином десятки тысяч тонн сахаров, и вопрос об извлечении их из лигнина заслуживает внимания.

Ранее [2] было предложено извлекать сахара из лигнина путем промывки. Позднее мы установили, что отжим лигнина под прессом — более эффективный способ извлечения сахаров из лигнина. (Прессование лигнина интересно не только с точки зрения извлечения сахаров, но и с точки зрения его обезвоживания для последующего сжигания [1], [3], [4]). Ниже представлены основные результаты изучения процесса прессования.

В опытах на лабораторном прессе с прессформой, имеющей объем загрузки около 150 г лигнина, изучали влияние давления прессования, начальной влажности, содержания сахара и температуры лигнина на степень извлечения сахара. Кроме того, были поставлены опыты по 2—4-кратному прессованию с промежуточным увлажнением лигнина.

Для изучения влияния давления на степень извлечения сахара было взято два образца лигнина: а) влажностью 73,5% и с содержанием неотмытых сахаров 8,45%; б) влажностью 67,4% и с содержанием неотмытых сахаров 12,1%. Каждый из образцов отжимали при пяти различных давлениях: 7,7 атм; 15,4; 30,8; 61,6 и 92,2 атм и в каждом из прессований замеряли объем отжатого раствора, а также концентрацию сахара в нем. Во всех опытах продолжительность прессования составляла 1 мин.

Зависимость степени извлечения сахаров (B , %) из лигнина от давления прессования (A , атм) представлена на рис. 1, из которого видно, что наилучшая степень извлечения достигается при наибольшем давлении и составляет 56 или 62% в зависимости от начальной влажности лигнина. Степень извлечения сахаров наиболее резко возрастает при подъеме давления от 0 до 10—20 атм, так что практически достаточно прессовать лигнин при 25 атм.

Поскольку влажность лигнина оказывает положительное влияние на степень извлечения сахаров, нами были проведены опыты по прессованию увлажненных образцов лигнина. В I серии опытов исходный образец имел влажность 67% , содержание неотмытых сахаров 10,3%. Из этого образца приготовили образцы влажностью 73,0; 77,7; 80,6 и 82,2%. Каждый из образцов прессовали в шести повторностях и вы-

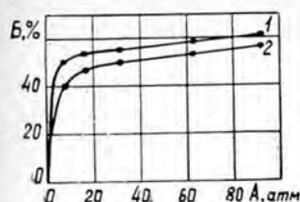


Рис. 1.

1 — влажность лигнина 73,5%; 2 — 67,4%.

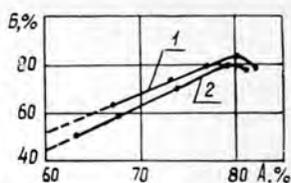


Рис. 2. Зависимость степени извлечения сахаров от влажности лигнина.

1 — I серия опытов;
2 — II серия.

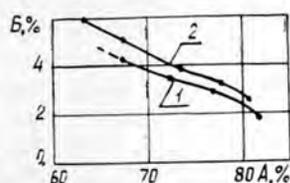


Рис. 3.

1 — I серия опытов;
2 — II серия.

числяли степень извлечения сахара. Во II серии исходный образец имел влажность 63,4%, содержание неотмытых сахаров 11,4%; из этого образца приготовили образцы влажностью 67,9%; 74; 78,9 и 80,8% и каждый из них прессовали в трех повторностях.

Результаты опытов представлены на рис. 2, из которого видно, что наибольшая степень извлечения сахаров составляет 80—84% и достигается при влажности лигнина около 80%; дальнейшее увлажнение нецелесообразно.

Изменение концентрации сахара в отжатом растворе (Б, %), в зависимости от влажности лигнина (А, %) показано на рис. 3, из которого видно, что в данном случае концентрация сахара довольно высока и только при влажности лигнина более 77% концентрация несколько ниже, чем для сахаров в гидролизате, получаемом при перколяционном гидролизе.

Опыты по прессованию образцов, имевших различное содержание неотмытых сахаров, но одинаковую влажность, показали, что степень извлечения сахаров в обоих случаях практически одинакова. Даже при содержании неотмытых сахаров в лигнине около 3% концентрация сахаров в отжатых растворах вполне приемлема для биохимической переработки (при влажности лигнина 65% концентрация составляет около 1,5%, а при влажности 80% — около 0,75%).

Таблица I

№ опыта	Объем отжатого раствора, мл	Концентрация сахаров, %	Степень извлечения сахаров, %	Влажность отжатого лигнина, %
1	54,5	3,26	76,5	31,9
	50,0	3,28	70,6	38,0
2	52,5	3,30	74,5	34,8
	50,5	3,30	71,6	37,4
3	53,5	3,50	80,6	33,4
	49,5	3,16	67,5	38,6
4	53,5	3,45	79,4	33,4
	49,0	3,30	69,7	39,2
5	53,0	3,34	76,1	34,0
	50,5	3,25	70,8	37,4
6	52,0	3,50	78,6	35,4
	50,0	3,25	70,0	38,0

Примечание. В числителе данные для горячего лигнина; в знаменателе — для холодного лигнина.

Для выяснения влияния температуры лигнина на степень извлечения сахаров было проведено сравнительное прессование одного и того же образца лигнина сразу же после отбора из сцези (температура в момент прессования около 50°) и по истечении 1 часа. Влажность образца 69%, содержание сахаров 7,5%; навеска во всех опытах 100 г, давление прессования 68 атм. Результаты опытов (табл. 1) показали, что при обработке горячего лигнина степень извлечения на 10% отн. выше, чем при обработке холодного лигнина.

С целью наибольшего извлечения сахаров из лигнина были проведены опыты по 2—4-кратному прессованию его с промежуточным увлажнением. В табл. 2 приведены результаты опыта 4-кратного прессования образца влажностью 68,5%, содержащего 5,75% неотмытых сахаров (удельное давление прессования 67 атм). В варианте А увлажнение проводили до 68,5%, в варианте Б — до 75% на всех ступенях.

Таблица 2

Степень прессования	Степень извлечения сахаров, %, в варианте	
	А	Б
I	52,1	61,5
	$\frac{52,1}{77,1}$	$\frac{61,5}{88,5}$
II	25	27,5
	$\frac{25}{89,8}$	$\frac{27,5}{96,6}$
III	12,8	8,1
	$\frac{12,8}{96,1}$	$\frac{8,1}{99,6}$
IV	6,3	3,0
	$\frac{6,3}{96,1}$	$\frac{3,0}{99,6}$

Примечание. В числителе степень извлечения на данной ступени; в знаменателе — суммарная.

Из данных табл. 2 следует, что при многократном прессовании из лигнина можно извлечь практически все сахара, причем, чем выше влажность, тем меньшее число ступеней требуется для полного извлечения сахаров; вероятно, достаточно 2-кратного прессования при увлажнении до 80%.

Выводы

1. При однократном прессовании из лигнина можно извлечь до 80—85% всех сахаров.

2. Концентрация сахаров в отжатых растворах может колебаться в зависимости от условий в пределах 0,75—7%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Вайнер. Научно-технический сборник «Химическая переработка древесины» № 6, ЦБТИ, Минбумдревпром, М., 1961. [2]. Е. Д. Гельфанд. Реферативный информационный сборник «Гидролизное производство» № 10, ОНТИ ТЭИ Микробиопром, М., 1971. [3]. М. Я. Зарубин, Д. В. Тищенко, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1961. [4]. А. Н. Минин. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 7, 1958. [5]. С. И. Сухановский, Е. И. Ахмина, Н. Р. Вайнштейн. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 5, 1971.

УДК 634.0.813.13

ВЛИЯНИЕ ВИДА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ЕЕ СОРБЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ

А. Л. ТРУХТЕНКОВА, Г. М. СКУРИХИНА, В. И. ЮРЬЕВ, Г. Л. БУРКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Сопоставлена сорбционная активность 14 различных видов древесной и хлопковой целлюлозы с их физико-химическими характеристиками. Установлено, что чем меньше инкрустирующих веществ содержит целлюлоза и чем больше степень ее упорядоченности в структуре, тем меньше ее сорбционная способность.

В настоящей статье сопоставлена сорбционная активность 14 различных видов древесной и хлопковой целлюлозы с их физико-химическими характеристиками. Для исследования брали беленые и небеленые сульфитные и сульфатные целлюлозы, полученные из древесины ели, сосны, лиственницы, березы и осины.

Сорбционную активность целлюлозы определяли по отношению к 0,001 н. раствору хлорида железа (III) в зависимости от pH равновесного раствора. Кислотность среды изменяли путем добавления соляной кислоты или едкого натра к раствору хлорида железа. Сорбированное целлюлозой железо определяли в золе (после сжигания) колориметрическим методом с роданистым аммонием. Количество сорбированного железа, независимо от формы, в которой оно находилось на поверхности целлюлозных волокон, выражали в миллиэквивалентах трехвалентного железа и рассчитывали на 100 г абс. сухой целлюлозы.

Ионообменную способность целлюлозы характеризовали адсорбцией иона кальция из 0,1 н. раствора при pH = 5 и также выражали в миллиэквивалентах на 100 г целлюлозы. Содержание кислых групп в целлюлозах определяли потенциометрическим титрованием целлюлозы в растворе 0,5 н. Са (СН₃СОО)₂ методом отдельных навесок [1]. Удельную поверхность вычисляли ионообменным методом по величине углового коэффициента прямой в координатах обменная способность — величина pH [3]. Данные по ζ-потенциалу целлюлозных волокон относятся к дистиллированной воде и измерены методом потенциала протекания с учетом поверхностной проводимости [4]. Степень набухания целлюлозы определяли в 17,5%-ном растворе NaOH весовым методом согласно ГОСТу 7516—55 [2]. Содержание пентозанов в целлюлозах также определяли стандартным методом согласно ГОСТу 10820—64 [2].

Надмолекулярную структуру образцов целлюлозы характеризовали при помощи рентгеноструктурного анализа и инфракрасных спектров. Рентгенографические измерения проводили на аппарате ДРОН-1. Рентгенограммы рассчитывали методами Ант-Вуоринена [5] и Сегала [7]. По предложению Ант-Вуоринена, для характеристики надмолекулярной структуры образца целлюлозы используют показатель упорядоченности, рассчитываемый по формуле

$$JO = 1 - \frac{Jh}{Tn - Jh},$$

где Jh — «неупорядоченная высота», или «высота беспорядка»;
 Th — «суммарная высота».

Величины Jh и Th измеряют непосредственно на дифрактограмме. Показатель упорядоченности JO , согласно Ант-Вуоринену, является мерой не процентного содержания кристаллического материала в данном образце целлюлозы, а общего состояния упорядоченности.

Сегал предложил определять степень упорядоченности целлюлозы по формуле:

$$C_y = \frac{J_{002} - J_{\text{аморф}}}{J_{002}} \cdot 100,$$

здесь J_{002} — интенсивность рассеянных рентгеновских лучей от плоскости 002 при $2\theta = 21,5^\circ \div 22,5^\circ$;

$J_{\text{аморф}}$ — интенсивность рассеяния рентгеновских лучей от менее упорядоченных областей при $2\theta = 17^\circ \div 18^\circ$.

Инфракрасные спектры целлюлозы снимали на аппарате ИКС-14; при этом образцы целлюлозы были приготовлены в виде пленок. Целлюлозную пленку протирали через сито, на полированной металлической поверхности получали равномерный волокнистый слой, который затем прессовали. Для характеристики надмолекулярной структуры целлюлозы были использованы полосы 1429; 897; 1372 и 2900 см^{-1} .

Для выражения степени упорядоченности целлюлозы О'Коннор [6] предложил два индекса CrJ и k_n , которые вычисляют по следующим формулам:

$$CrJ = \frac{a_{1429}}{a_{897}}; \quad k_n = \frac{a_{1372}}{a_{2900}},$$

где a_{1429} , a_{897} , a_{1372} и a_{2900} — интенсивности полос.

Целлюлоза	Пентозаны, %	Содержание кислых групп $\frac{\text{мг-экв}}{100 \text{ г}}$ при рН, равном		Значение рН, при котором сорбция железа максимальна	Максимальная сорбция железа, $\frac{\text{мг-экв}}{100 \text{ г}}$
		3,2	5		
Сульфит					
Беленая из лиственницы	2,51	3,33	4,39	3,0	2,3
Облагороженная из березы	2,00	—	4,87	3,1	2,4
Вискозная из ели	2,10	—	5,41	3,1	2,5
Беленая " "	4,10	—	6,28	3,1	4,8
Небеленая мягкая из ели	4,36	6,26	10,20	3,0	5,7
Небеленая жесткая из ели	4,62	9,06	15,02	3,0	9,2
Небеленая из лиственницы	3,42	3,42	4,39	3,1	11,0
Сульфат					
Беленая из сосны	2,39	—	3,23	3,3	2,9
" из березы	—	10,15	14,47	3,1	4,0
" из осины	—	6,42	8,98	2,9	4,5
Небеленая из осины	—	7,66	12,55	3,1	6,8
Небеленая из лиственницы	—	—	—	3,1	7,2
Небеленая из березы	—	11,52	20,18	2,9	8,8
Хлопковая	0,45	1,95	2,84	3,0	2,2*

* Эта цифра не является максимальной для хлопковой целлюлозы, а приведена

Основанием для введения индекса CrJ послужил тот факт, что интенсивность полосы 1429 см^{-1} уменьшается при размоле целлюлозы, а интенсивность полосы 897 см^{-1} увеличивается. В дальнейшем оказалось, что этот индекс применим только для спектров целлюлозы I, поэтому для расчета степени упорядоченности различных модификаций целлюлозы О'Коннор предложил показатель k_n , который определяется отношением интенсивностей полос 1372 см^{-1} и 2900 см^{-1} . Интенсивность полосы 1372 см^{-1} уменьшается при размоле; полоса 2900 см^{-1} была выбрана как наименее изменяющаяся по сравнению с другими. Для расчета упорядоченности структуры различных образцов целлюлозы мы использовали оба индекса О'Коннора.

В табл. 1 представлены сводные данные по сорбционной способности и физико-химической характеристике различных видов целлюлозы. Так как способ варки обуславливает различие в свойствах целлюлозы, то сравниваются сульфитные и сульфатные целлюлозы отдельно.

Сорбционная способность целлюлозы характеризуется максимальной величиной сорбции железа при $\text{pH} \approx 3$. Рассматривая приведенные данные, можно сделать заключение, что белевые целлюлозы, как сульфитные, так и сульфатные, обладают меньшей сорбционной способностью, чем небеленые целлюлозы. По-видимому, имеется также определенная корреляция между сорбционной активностью и надмолекулярной структурой данного вида целлюлозы. С ростом показателя упорядоченности структуры целлюлозы, как правило, уменьшается ее сорбционная способность, причем более определенную зависимость показывают рентгенографические индексы упорядоченности по Ант-Вуоринену и Сегалу. Между сорбционной активностью целлюлозы и индексами упорядоченности, определяемыми по инфракрасным спектрам способом О'Коннора, корреляция значительно хуже. В этом случае больше подходит индекс CrJ , чем k_n . Беленые виды сульфитной

Таблица 1

Адсорбция кальция при $\text{pH}=5$, мг-экв 100 г	Удельная поверхность $S, \text{м}^2/\text{г}$	Набуха- ние, %	Рентген		Инфракрасный спектр		ζ потен- циал, мВ
			JO	C_y	CrJ	k_n	
ная							
—	—	—	—	—	—	—	—
1,38	48,2	495	0,499	66,3	8,5	0,214	-12,8
2,40	129	525	0,584	66,0	6,2	0,433	-11,9
3,80	151	701	0,421	62,0	6,0	0,420	-10,2
5,20	176	720	0,480	65,8	4,5	0,169	-6,6
10,3	173	661	0,307	59,1	4,6	0,157	-4,2
—	—	—	—	—	—	—	—
ная							
—	162	477	0,627	72,2	6,0	0,162	—
6,6	101,7	903	0,507	67,0	3,8	0,337	—
6,4	113,4	712	0,493	66,3	3,5	0,217	—
—	—	890	0,462	65,1	1,5	0,141	—
4,6	121,5	496	0,464	65,1	3,7	0,210	—
—	—	903	0,433	33,9	3,8	0,109	—
1,4	16,7	—	0,761	80,8	13,0	—	-21,4

для сравнения при $\text{pH}=3,0$.

целлюлозы имеют более высокие отрицательные значение ζ -потенциала, чем небеленые.

Между видом древесины, из которой получена целлюлоза, и ее сорбционной способностью нет определенной зависимости, так как условия варки, а главное степень очистки целлюлозы и, в первую очередь, ее отбелка и облагораживание оказывают решающее влияние на величину сорбционной активности данного вида целлюлозы. Между удельной поверхностью, характеризующей суммарную поверхность — внутреннюю и внешнюю, и сорбционной активностью также нет ясной зависимости, так как ионообменная адсорбция определяется количеством кислых групп и их степенью диссоциации при данных условиях, а сорбционная способность по отношению к коллоидным частицам или к сложным полиядерным гидрокомплексам металлов зависит от поверхности целлюлозных волокон или, вернее, от доступности к поверхности целлюлозы адсорбируемых частиц.

Степень набухания сульфитных целлюлоз в 17,5%-ном растворе NaOH, по-видимому, уменьшается с чистой образца и с увеличением упорядоченности в структуре целлюлозы. Для сульфатных целлюлоз такой зависимости не наблюдается; так, например, беленая и небеленая целлюлозы, полученные из древесины березы, набухают одинаково. По-видимому, для степени набухания сульфатных целлюлоз большее значение имеет порода древесины, из которой получена данная целлюлоза. Так, целлюлоза из лиственных пород набухает больше, чем из хвойных. Хлопковая целлюлоза как наиболее чистый вид целлюлозы обладает наименьшей сорбционной способностью, наибольшей упорядоченностью в структуре (высокие индексы) и наибольшей отрицательной величиной ζ -потенциала.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что, чем чище целлюлоза (то есть чем меньше содержит инкрустирующих веществ и продуктов деструктивного распада) и больше степень ее упорядоченности в структуре, тем меньше ее сорбционная способность.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. П. Никольский. Современные методы исследования физико-химических свойств почв. Вып. 3, изд. АН СССР, М.—Л., 1948, 154. [2]. Целлюлоза и другие полуфабрикаты бумажного производства. Госстандарты. Изд. Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при СМ СССР, М., 1969. [3]. В. И. Юрьев, С. С. Позин, Г. М. Скурихина. Обменная адсорбция на целлюлозных материалах. Влияние рН среды на обменную адсорбцию. Материалы ЦНИИБа, вып. 37, 1948, 83. [4]. В. И. Юрьев, С. С. Позин. Обменная адсорбция на целлюлозных материалах. Влияние сорта целлюлозы на величину обменной адсорбции. Материалы ЦНИИБа, вып. 38, 1950, 58. [5]. O. Ant-Wuorinen, A. Vasaraa. Determination of the state of order in cellulose by an improved X-ray diffractometric procedure. «Paperi ja Puu», 47, 5, 1965, 311. [6]. M. Z. Nelson, R. T. O'Connor. Relation of certain infrared bands to cellulose crystallinity and crystal lattice type. «Journal of Applied Polymer Science», 8, 1964, 311.

Поступила 16 апреля 1973 г.

УДК 632.953.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ АНТИСЕПТИКОВ РЯДА ФЕНОЛА И НАФТОЛОВ

Л. З. ОБЛАСОВА, Г. Д. ХАРЛАМПОВИЧ

Уральский политехнический институт

Исследована токсичность антисептиков ряда фенола и нафтолов весовым методом и по вероятности защиты древесины. Найдены дозы рассматриваемых антисептиков, обеспечивающие 95%-ный уровень защиты древесины от разрушения пленчатым домовым грибом. Рассмотрена связь между структурой исследуемых антисептиков и их токсичностью.

Наиболее важное свойство антисептиков — их токсичность для дереворазрушающих грибов. Нами исследовалась токсичность следующих антисептиков: фенола; м-крезола; 2,5-ксиленола; 3,5-ксиленола; 1,4-метилнафтола; 1,2-метилнафтола; 2,6-метилнафтола; α , β -нафтолов; α , β -изопропилнафтолов и α , β -изобутилнафтолов. (Последние получены каталитическим алкилированием α , β -нафтолов алифатическими спиртами.) Токсичность определяли весовым методом и по вероятности защиты древесины [1], [2].

Образцы древесины размером $20 \times 20 \times 10$ мм для весового анализа пропитывали бензольным раствором антисептика, затем постепенно подсушивали до комнатно сухого состояния и стерилизовали в свете кварцевой лампы в течение одной минуты. Содержание антисептика в древесине определяли путем взвешивания подсушенного до постоянного веса при $+105^\circ\text{C}$ пропитанного образца и вычитания из веса пропитанного образца его абс. сухого веса до пропитки. Испытания проводили с пятью параллельными пробами.

Образцы выдерживали в течение 60 дней в колбах с культурой пленчатого домового гриба *Coniophora cerebella* Sch., затем извлекали

Таблица 1

Антисептик	Концентрация антисептика, %	Продолжительность обрастания образца мицелием гриба, дней, при степени обрастания				Потеря в весе, %
		+	++	+++	++++	
β -изопропилнафтол	0,025	24	28	32	Полного обрастания нет	5,74
	0,069	32	40	Полного обрастания нет и после 60 дней		4,46
	0,079	36	42	Полного обрастания нет		4,24
Контрольный образец (без антисептика)	—	4	8	12	16	—

Примечание. Знак «+» показывает появление мицелия на образце; «++» — мицелием покрывается 20—30% поверхности образца; «+++» — мицелием покрывается более 50% поверхности; «++++» — полное обрастание образца.

из колбы, очищали от мицелия и опилок, подсушивали при $+105^{\circ}\text{C}$ до постоянного веса и взвешивали. Контроль за обрастанием образцов мицелием гриба проводили через четыре дня. В конце опытов определяли потерю в весе образцов.

В табл. 1 представлены результаты опытов по определению токсичности β -изопропилнафтола весовым методом. Этот метод учитывает только количественную сторону действия гриба на древесину, содержащую яд. Увеличение концентрации антисептика в древесине обеспечивает большую устойчивость ее к разрушению.

Из данных табл. 1 видно, что изменение концентрации антисептика от 0,02 до 0,08% вызывает потерю в весе образцов от 4,2 до 5,7%, но полного обрастания их мицелием не наблюдается и после 60-дневного выдерживания.

Основа метода оценки токсичности антисептика для дереворазрушающих грибов по вероятности защиты — предположение о том, что любой дозе введенного в древесину яда соответствует определенная вероятность защиты ее от поражения дереворазрушающим грибом данного вида. Токсичность различных антисептиков оценивали путем сравнения тех их количеств, которые обеспечивают защиту древесины от поражения испытываемым грибом.

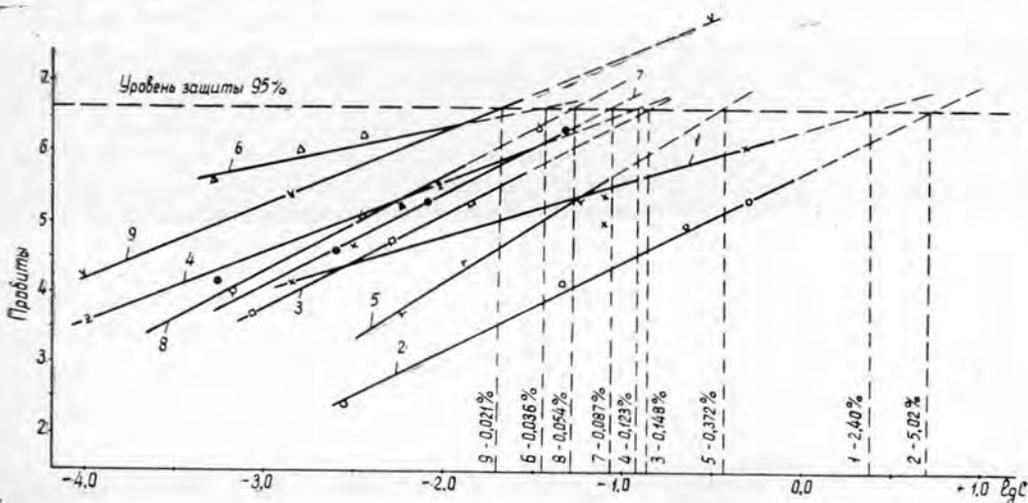


Рис. 1.

1 — α -нафтол; 2 — β -нафтол; 3 — 1,4-метилнафтол; 4 — 1,2-метилнафтол; 5 — 2,6-метилнафтол; 6 — β -изопропилнафтол; 7 — α -изопропилнафтол; 8 — α -изобутилнафтол; 9 — β -изобутилнафтол.

После пропитки образцы размером $5 \times 5 \times 5$ мм обсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали и вычисляли содержание сухого антисептика (в процентах к весу абс. сухой древесины). Количество поглощенного раствора и содержание антисептика в древесине определяли для всей партии образцов одновременно. После 30 дней образцы разделяли на пораженные и непораженные. Относительное количество не пораженных грибом образцов принимали за вероятность защиты древесины испытываемым количеством антисептика. Вероятность защиты переводили в пробиты [1]. По количеству антисептика и соответствующему пробиту строили пробитированную кривую эффекта действия антисептика на пленчатый домовый гриб (рис. 1), по которой определяли дозы антисептиков ряда нафтолов, обеспечиваю-

Таблица 2

Антисептик	Содержание сухого антисептика, % к весу абс. сухой древесины
α -нафтол	2,40
β -нафтол	5,02
1,4-метилнафтол	0,148
1,2-метилнафтол	0,123
2,6-метилнафтол	0,372
α -изобутилнафтол	0,054
α -изопропилнафтол	0,087
β -изобутилнафтол	0,021
β -изопропилнафтол	0,036

щие защиту древесины заболони сосны от разрушения пленчатым дождевым грибом с вероятностью 95% (табл. 2).

В табл. 3 представлены результаты испытаний токсичности антисептиков ряда фенола.

Таблица 3

Антисептик	Содержание сухого антисептика, % к весу абс. сухой древесины	Вероятность защиты, %	Пробиты
Фенол	0,0128	0	0
	0,0069	0	0
	0,00006	0	0
М-крезол	0,025	40	4,7227
	0,000056	20	4,164
2,5-ксиленол	0,0211	30	4,4749
	0,0054	0	0
	0,00086	0	0
3,5-ксиленол	0,02655	50	5,0
	0,007	40	4,7227
	0,00035	20	4,1571

В проведенных испытаниях токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины использовали контрольные образцы, пропитанные только бензольным раствором. Через 30 дней контрольные образцы были полностью разрушены, то есть вероятность защиты бензолом равна нулю.

Определение токсичности соединений ряда фенолов показало, что сам фенол в концентрациях до 0,01% не оказывает защитного действия на древесину. Введение метильных групп в молекулу фенола (крезолы, ксиленолы) несколько увеличивает вероятность защиты древесины от разрушения, но дозы ксиленолов и крезолов, обеспечивающие 95%-ный уровень защиты древесины от разрушения пленчатым дождевым грибом, очень велики.

При переходе от фенола к нафтолам картина заметно меняется. Из данных табл. 2 видно, что при сравнении доз антисептиков, обеспечивающих 95%-ный уровень защиты древесины, α -нафтол более активен, чем β -нафтол. Алкильные заместители в нафтольном кольце (метил, изопропил, изобутил) усиливают токсичность нафтолов; играет роль и их местоположение в ядре. Самые активные антисептики — α , β -изопропил- и изобутилнафтолы. Это можно объяснить так. Токсичность ядов обусловлена коагуляцией или разрушением ими белков плазмы, нарушением окислительной и восстановительной системы,

связыванием ферментов белков, в результате чего нарушается обмен веществ возбудителя болезни [2]. Токсичность ядов зависит от величины и формы их частиц. С увеличением размера частиц ускоряется действие яда вследствие большей площади соприкосновения его частиц с цитоплазмой гиф и спор грибов. По строению молекул изопропил- и изобутилнафтолы более разветвлены, чем метилнафтолы, поэтому их токсичность по отношению к дереворазрушающим грибам выше, но, возможно, эти соединения имеют большую растворимость в тканях именно из-за изобутильной и изопропиальной групп.

Таким образом, алкилнафтолы обладают высокой токсичностью по отношению к дереворазрушающим грибам, не растворяются в воде в отличие от водорастворимых антисептиков NaF и Na_2SiF_6 и по их предельно допустимым концентрациям относятся к малотоксичным веществам для людей и животных [3]. Вводить эти антисептики в древесину можно не только путем пропитки, но, по-видимому, и путем обмазки.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Д. А. Беленков. Особенности действия пленчатого домового гриба на заболонную древесину сосны, содержащую небольшие количества антисептиков. Сборник аннотаций докладов УЛТИ, Свердловск, 1966. [2]. Н. Ф. Берим. Химическая защита растений. Л., 1966. [3]. Токсикология новых промышленных химических веществ. Сборник статей. Под ред. А. А. Летавета, вып. 9, «Медицина», Л., 1967.

Поступила 26 июня 1973 г.

УДК 634.0.813.13

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА НА ПОЛНОТУ ВЫДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА

Н. Ф. КОМШИЛОВ, М. Н. ЛЕТОНМЯКИ, З. И. ШОРОП, Л. И. СПИРКОВА

Институт леса Карельского филиала АН СССР

Показано, что минимальная остаточная смолистость приходится на черные щелока плотностью 1,16—1,17 г/см^3 и выше. Найдено, что при употреблении на варку целлюлозы сосновой древесины после тщательного снятия со щелока сульфатного мыла остаточные смолистые вещества содержат около 50—60% окисленных продуктов. Определено, что, по сравнению с талловым маслом, в неокисленных остаточных смолистых продуктах находится повышенное содержание омыляемых веществ, а в окисленных — повышенное содержание смоляных кислот.

При сульфатной варке целлюлозы сульфатное мыло необходимо тщательно собирать не только для того, чтобы получить ценный лесохимический продукт, но и чтобы обеспечить нормальную работу выпарных станций.

В ряде статей [2], [4], [7] показано, что для создания условий максимального съема мыла черный щелок, поступающий на отстой, должен иметь плотность не ниже 1,16—1,18 г/см^3 (15°C). По данным некоторых авторов, плотность щелоков должна быть 1,17—1,175 г/см^3 [10] или не ниже 1,14—1,18 г/см^3 [8]. Степень извлечения смолистых веществ зависит не только от подбора условий извлечения, но и от количества смолистых в древесине [1], состава смолистых веществ [9], условий варки древесины, условий хранения сырья [11] и от породного состава сырья.

Нами исследовалась остаточная смолисть черных щелоков Сегежского ЦБК, потребляющего сосновую древесину, щелоков Котласского ЦБК, сырье которого на период взятия пробы состояло из еловой древесины (68,5%), сосновой древесины (20,4%) и осины (11,1%), а также щелоков Херсонского завода, полученных при варке осинового щелока.

Путем разбавления плотных щелоков приготавливали щелока (при температуре 15°C) следующей плотности: 1,105 г/см³; 1,137; 1,166; 1,180; 1,200; 1,220; 1,260 г/см³. Эти щелока, имевшие небольшой избыток сульфатного мыла, отстаивали в течение 1 месяца при комнатной температуре. За это время все мыло, способное выделиться из щелока, успевало всплыть на поверхность. В отстаившихся щелоках определяли общую смолисть, по ранее разработанной нами методике [3].

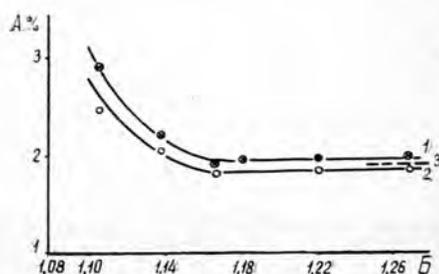


Рис. 1. Зависимость остаточной смолиости черного щелока (А, %) от его плотности (В, г/см³) при 15°C.

1 — сосновая древесина; 2 — еловая древесина; 3 — 68,5% ели, 20,4% сосны, 11,1% осины.

Как показали данные (рис. 1), для каждого из исследованных щелоков имелась специфическая зависимость остаточной смолиости. Из характера кривых видно, что минимальное количество остаточной смолиости (1,8—1,9% на сухое вещество щелока) приходится на черные щелока плотностью 1,16—1,17 г/см³ (при 15°C) и выше. С понижением плотности щелока остаточная смолиость довольно резко повышается.

Анализируя данные рис. 1, можно прийти к заключению, что смолистые осины извлекаются из черного щелока полнее, чем смолистые сосны. Это объясняется тем, что сульфатное мыло лиственных пород имеет в своем составе соли жирных кислот, которые почти не способны давать истинных растворов [6], в то время как сульфатное мыло хвойных пород, кроме солей жирных кислот, содержит соли смоляных кислот, которые способны давать истинные растворы в довольно заметных количествах.

Таблица 1

Плотность, щелока, г/см ³	Количество в щелоке абс. сухого вещества, %	Содержание остаточных смолистых веществ				Количество окисленных, % от суммы остаточных смолистых
		г на 1 л раствора	% на сухое вещество щелока			
			общая сумма	неокисленные	окисленные	
1,105	17,87	6,07	2,97	1,42	1,55	52,2
1,137	23,75	6,17	2,28	0,90	1,38	60,5
1,166	29,57	6,44	1,85	—	—	—
1,180	30,00	6,58	1,89	—	—	—
1,220	37,67	8,98	1,97	0,84	1,13	57,3
1,268	44,59	11,27	1,94	0,92	1,02	52,6

Примечание. Каждая цифра — среднее двух определений.

Нами был определен групповой состав смолистых веществ черного щелока, полученного при варке сосновой древесины. Анализ проводили сначала на содержание неокисленных и окисленных смолистых веществ, затем на содержание в них жирных и смоляных кислот, а также нейтральных веществ.

Данные табл. 1 показывают, что в общем количестве остаточных смолистых веществ черного щелока на долю окисленных продуктов приходится около 50—60%. То, что соли окисленных смол остались в растворе черного щелока, не образовали мицелл и не перешли в сульфатное мыло, можно объяснить большей гидроксильностью этих солей и большим сродством к водным растворам.

Таблица 2

Анализируемые вещества	Количество в анализируемых веществах, % на общий вес смолистых веществ,				
	неомыляемых веществ	кислот		лигниноподобных веществ	потерь
		жирных	смоляных		
Неокисленные остаточные смолистые черного щелока	21,57	33,98	44,03	—	0,37
Окисленные остаточные смолистые черного щелока	8,05	19,47	66,89	3,97	1,62
Талловое масло (для сравнения) . .	10,93	36,22	50,91	—	1,94

Примечание. Каждая цифра — среднее двух определений.

Из данных табл. 2 видно, что состав остаточных смолистых веществ черного щелока, полученного после варки сосновой древесины, несколько отличается от состава сырого таллового масла. В неокисленных остаточных смолистых черного щелока по сравнению с талловым маслом найдено в два раза больше неомыляемых веществ, а в окисленных — повышенное содержание смоляных кислот. Что касается повышенного содержания нейтральных веществ в остаточных смолистых веществах черного щелока, то механизм этого явления заключается в способности нейтральных веществ солицилизироваться мицеллами мыла [5]; при этом создаются мелкие мицеллы, которые при сравнительно большой плотности солицилизированного вещества не способны всплывать над черным щелоком.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. В. Гребенев, В. Я. Фомин. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 5, 1967, 18. [2]. Н. Ф. Комшилов, М. Н. Летонмяки, З. И. Шороп, М. П. Филимонова. Журн. «Бумажная промышленность» № 3, 1968, 11. [3]. Н. Ф. Комшилов, М. Н. Летонмяки, Л. Г. Пилюгина и др. Сульфатный черный щелок и его использование. Изд-во «Лесная промышленность» М., 1969. [4]. Л. В. Кялина, Н. Ф. Комшилов, Н. С. Полежаева, М. П. Филимонова. Журн. «Бумажная промышленность» № 9, 1970, 8. [5]. Л. В. Кялина, З. И. Шороп, Н. Ф. Комшилов. Журн. «Бумажная промышленность» № 5, 1971, 14. [6]. Н. А. Понькина, Н. С. Полежаева, Н. Ф. Комшилов. Журн. «Бумажная промышленность» № 6, 1969, 5. [7]. Н. А. Понькина, М. П. Филимонова, Н. Ф. Комшилов. Журн. «Бумажная промышленность» № 1, 1970, 11. [8]. Г. А. Узлов. Получение лесохимических продуктов сульфатно-целлюлозного производства в СССР и за рубежом. М., 1970. [9]. Б. С. Филиппов, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1964, 154. [10]. Б. С. Филиппов, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1971, 107. [11]. В. Nordin, L. Selleby. Svensk papperstidning. № 1. 1965, 68.

Поступила 8 июня 1973 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56 : 634.0.848

ИССЛЕДОВАНИЯ
ВХОДЯЩИХ ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ АВТОМОБИЛЕЙ
НА НИЖНИЕ СКЛАДЫ ЛЕСПРОМХОЗОВ

Ю. В. ЛЕБЕДЕВ

Свердловский НИИ лесной промышленности

Рассмотрен вопрос анализа структуры потоков автомобилей, выполненного на основе теории вероятностей и математической статистики. Предложены различные математические модели транспортных потоков.

Важный шаг в исследовании производственных процессов на нижних складах леспромхозов — анализ входящих потоков транспортных единиц с древесиной. С этой целью изучали структуру и характер потока автомобилей из лесосеки на нижний склад в нескольких предприятиях Свердловской и Тюменской областей. Такие потоки обладают случайным характером как по времени, так и по величине [4], [7], [8], поэтому их исследовали на основе теории вероятностей и методов статистического анализа последовательностей случайных событий.

В анализ входило выявление распределений случайных величин, моделирующих качественные и количественные стороны потоков автомобилей. За нулевую статистическую гипотезу принимали предположение о том, что данные потоки пуассоновские, то есть события, заключающиеся в поступлении автомобилей на склад, происходят случайно во времени, а интервалы времени ξ между их последовательными поступлениями распределяются по экспоненциальному закону. Признание того, что поток автомобилей подчиняется закону Пуассона, дает исследователю возможность применять хорошо разработанный аппарат аналитического анализа [1], [3], [8], [9].

Однако поток Пуассона — понятие чисто математическое и вряд ли можно надеяться, что существуют реальные явления, в точности с ним согласующиеся [2], [5], [10]. Пуассоновский поток обладает свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствия.

Под условием стационарности подразумевают неизменяемость вероятностного режима потока с течением времени. Стационарность оценивали методом регрессивного анализа интервалов времени. Суть этого метода заключалась в построении некоторой связанной с изменением интенсивности λ (количеством прибывших автомобилей в единицу времени) переменной, значения которой независимо распределены по нормальному закону с постоянной дисперсией, и оценке ее с помощью метода наименьших квадратов. Использование критериев согласия (Пирсона χ^2 или Колмогорова) для сравнения распределения интервалов ξ с экспоненциальным распределением и распределения числа автомобилей, поступивших за определенный интервал времени, с распределением Пуассона, неэффективно ввиду крайней нечувствительности их к изменению интенсивности λ потока случайных событий [7].

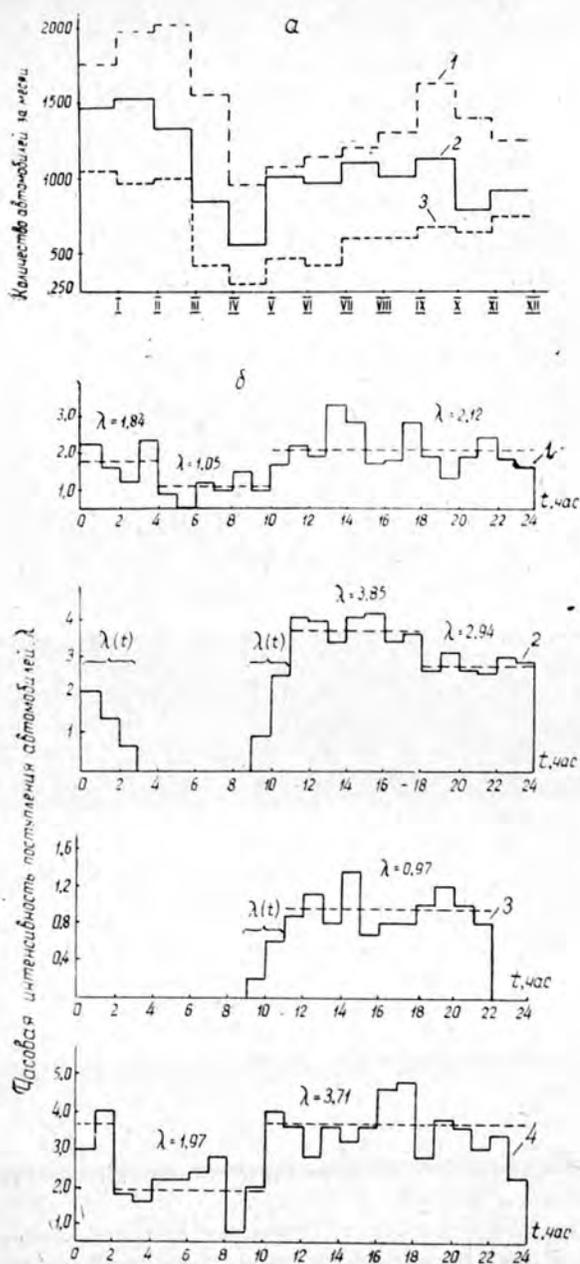


Рис. 1. Графики изменения количества автомобилей, поступающих на нижние склады в единицу времени.

а — по месяцам года (1 — Лобвинский ЛПХ; 2 — Ключевская дорога Афанасьевского ЛПХ; 3 — Ревдинский ЛПХ); б — по часам суток (1 — Зеленоборский ЛПХ; 2 — Лобвинский ЛПХ; 3 — Североуральский ЛПХ; 4 — Шамарский ЛПХ).

Анализ полученных данных показывает, что реальные потоки автомобилей не являются стационарными в течение года (рис. 1, а), месяца, суток (рис. 1, б). При большом периоде наблюдений распределение количества автомобилей, поступающих на нижний склад в единицу времени, хорошо представлено процессом Пуассона, параметр которого λ медленно и систематически меняется во времени. Если же рассматривать короткий период времени (часть суток), то требование стационарности во многих случаях выполняется. Для периодов с нестационарным режимом поступления автомобилей пара-

метр потока λ целесообразно представлять функцией времени $\lambda(t)$. На рис. 1, б пунктирными линиями показаны периоды времени, где поток автомобилей можно считать стационарным.

Ординарность автомобильного потока на лесовозных дорогах обычно определяется условиями эксплуатации, так как вероятность одновременного прибытия на склад двух и более автомобилей очень мала. При анализе ординарности рассматривали два случая: 1) время округляли относительно грубо, и нулевые интервалы между последующими прибытиями автомобилей на склад не означали действительного их совпадения; 2) при действительном совпадении моментов поступления автомобилей на склад t_a сначала анализировали последовательность t_a , а затем рассматривали число поступивших автомобилей в данный момент как переменную, приписываемую этому моменту.

Одна из основных задач исследования потоков автомобилей — проверка независимости интервалов времени $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_j, \dots$. В качестве критерия оценки независимости использовали последовательный коэффициент корреляции ρ_j с запаздыванием j

$$\rho_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} (\xi_i - \bar{\xi}') (\xi_{i+j} - \bar{\xi}'')}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{n-j} (\xi_i - \bar{\xi}')^2 \right] \left[\sum_{i=1}^{n-j} (\xi_{i+j} - \bar{\xi}'')^2 \right]}}$$

$$\text{где } \bar{\xi}' = \frac{1}{(n-j)} \sum_{i=1}^{n-j} \xi_i; \quad \bar{\xi}'' = \frac{1}{(n-j)} \sum_{i=1}^{n-j} \xi_{i+j}.$$

На рис. 2 представлены оценки последовательных коэффициентов корреляции $\rho_j (j = 1, 2, \dots, 39, 40)$ для потока автомобилей с $\lambda = 2, 3$ и для интервалов времени ξ между моментами прибытия автомобилей на нижний склад Гаранинского ЛПХ. Внешняя горизонтальная линия, представляющая собой доверительные границы для ρ_j с уровнем значимости 0,01, указывает на существенную зависимость в последовательности интервалов ξ_i . В качестве вероятностной модели такого потока автомобилей мы использовали пуассоновский поток со случайной интенсивностью [6].

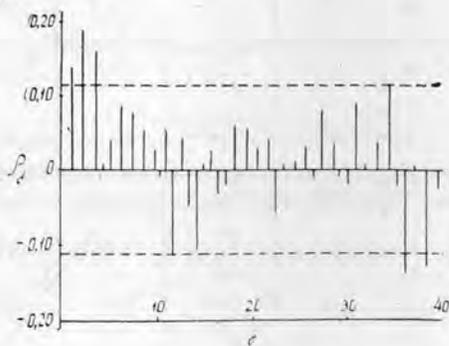


Рис. 2.

Для большинства выделенных стационарных потоков автомобилей (рис. 1, б) зависимость между интервалами ξ несущественна.

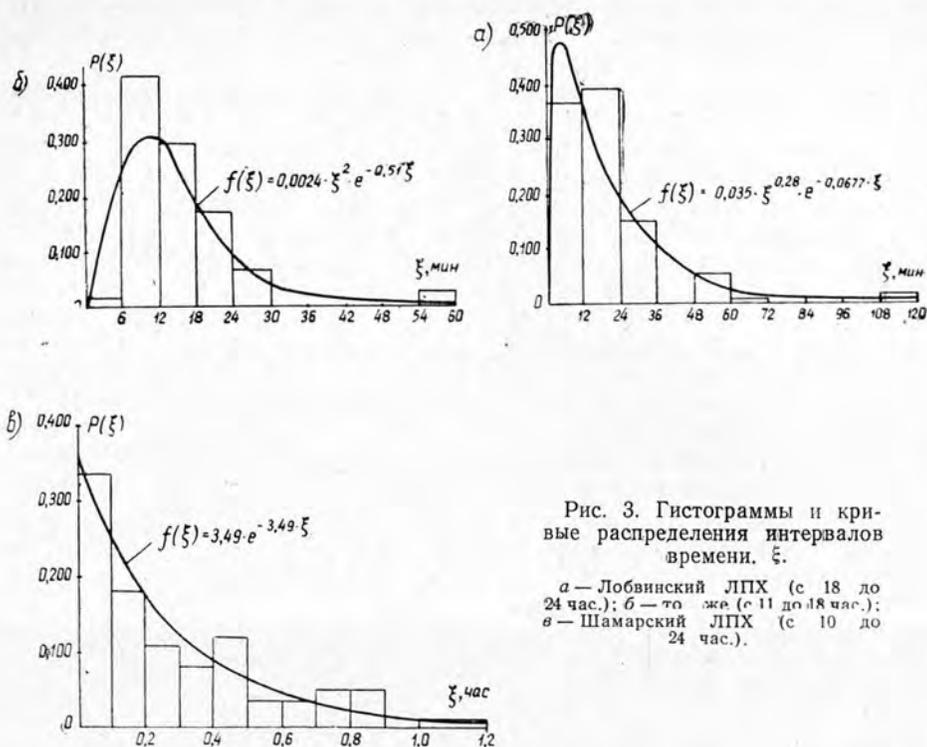


Рис. 3. Гистограммы и кривые распределения интервалов времени, ξ .

а — Лобвинский ЛПХ (с 18 до 24 час.); б — то же (с 11 до 18 час.); в — Самарский ЛПХ (с 10 до 24 час.).

поэтому такие потоки обладают ограниченным последствием. Исследованиями установлено, что в общем случае для потоков автомобилей с ограниченным последствием в качестве модели распределения интервалов времени ξ наиболее полезно гамма-распределение с параметрами η и μ (рис. 3, а).

Таблица 1

ЛПХ	Время суток, час.	Интенсивность, автом./час.	Среднее значение ξ^*	Дисперсия σ^2 , час. ²	Оценки параметров распределения	
					η	μ
Бисертский	10—24	1,62	$\frac{0,62}{37}$	0,40	0,95	1,54
	0—4					
Ясашинский	0—24	1,75	$\frac{0,57}{34}$	0,35	0,93	1,62
Лобвинский	10—18	3,85	$\frac{0,26}{15}$	0,026	2,03	10,12
	18—24					
Санкинский	14—22	1,85	$\frac{0,54}{32}$	0,092	2,49	5,16
	11—22					
Североуральский	11—22	0,97	$\frac{1,03}{52}$	0,21	4,91	4,88
Шамарский	10—24	3,71	$\frac{10,7}{16}$	0,069	1,06	3,92
	0—2					

* В числителе средние значения ξ в часах; в знаменателе — в минутах.

В табл. 1 приведены некоторые результаты анализа интервалов времени между последовательными поступлениями автомобилей на склады на различных автомобильных дорогах. При этом с достаточной степенью точности можно считать, что параметр η принимает лишь целочисленные значения.

В этом случае поток автомобилей представляет собой поток типа Эрланга (рис. 3, б), у которого интервалы времени ξ между событиями начиная с первого — независимы и одинаково распределены, а интервал от начала отсчета времени до появления первого события (до поступления первого автомобиля с древесиной на склад) имеет иное распределение, зависящее от значения η . При $\eta = 1$ гамма-распределение превращается в экспоненциальное (рис. 3, в) и данный поток автомобилей простейший.

Потоки автомобилей с древесиной на нижние склады — потоки неоднородных событий. Каждое из них, кроме момента времени поступления на склад t_a , характеризуется еще рядом случайных параметров: объемом пакета древесины Q , количеством хлыстов в пакете N , распределением хлыстов по породам P_i ($i \geq 1$), по качеству древесины и т. д. Поэтому такой поток целесообразно представлять как совокупность потока однородных событий t_a и потоков случайных параметров Q , N , P_i , не зависящих от t_a и друг от друга.

Таблица 2

ЛПХ	Марка автомобиля	Средний объем пакета, м ³	σ^2	μ_3	$\sqrt{\beta_1}$	V, %	$P(\lambda_1)$
Пельмский	МАЗ-500	23,6	0,95	-1,07	-1,15	$\pm 4,13$	0,73
Шамарский	КРАЗ-255Л	30,4	5,63	-8,06	-0,62	$\pm 7,80$	0,54
	МАЗ-509	24,3	4,13	+2,11	+0,25	$\pm 8,36$	0,19
Бисертский	МАЗ-509	21,7	4,47	+0,28	+0,024	$\pm 9,7$	0,99

Установлено, что нормальный закон — приемлемая модель распределений объемов древесины в пакете хлыстов и числа хлыстов в пакете. В табл. 2 приведены характеристики полученных статистических распределений Q ; здесь σ , μ_3 , $\sqrt{\beta_1}$, V — соответственно дисперсия, третий центральный момент, показатель асимметрии и коэффициент вариации статистических распределений, а $P(\lambda_1)$ — значение критерия согласия Колмогорова.

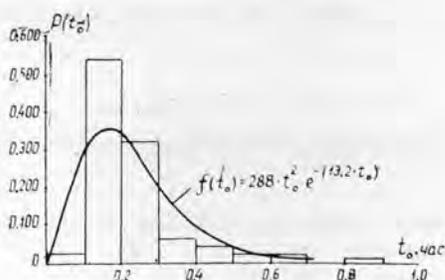


Рис. 4.

Последний этап исследования нами грузовых автомобильных потоков — анализ продолжительности разгрузки автомобилей t_0 , являющейся случайной величиной. На рис. 4 приведены гистограмма и кри-

вая распределения продолжительности разгрузки автомобилей МАЗ-509 краном К-305Н (Пельмский ЛПХ).

Таким образом, в общем случае входящие грузовые потоки автомобилей на нижние склады леспромхозов нестационарны по времени, не всегда обладают свойством ординарности; им присуща различная степень последствия. Для решения задач исследования транспортных потоков сложной структуры используют метод математического моделирования производственных процессов на ЭЦВМ [2], суть которого заключается в воспроизведении на вычислительной машине происходящих явлений с сохранением их логической структуры и расположения во времени.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. К. Бируля. Учет неравномерности интенсивности движения при проектировании дорог. ИВУЗ, Журн. «Строительство и архитектура» № 2, М., 1959. [2]. Н. П. Бусленко. Моделирование сложных систем. Изд-во «Наука», 1968. [3]. Б. В. Гнеденко, Н. И. Коваленко. Введение в теорию массового обслуживания. Изд-во «Наука», М., 1966. [4]. Д. Л. Дудюк, Ю. А. Садовский. Математическое описание производственных процессов нижних складов лесопромышленных предприятий. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970. [5]. Я. А. Калужский. Применение теории массового обслуживания в проектировании автомобильных дорог, «Транспорт», М., 1969. [6]. Д. Кокс, П. Льюис. Статистический анализ последовательностей событий. Изд-во «Мир», М., 1969. [7]. А. К. Редькин. Ритмичность нижнекладского производства. Журн. «Лесная промышленность» № 8, 1970. [8]. А. К. Редькин. Обоснование размеров запаса сырья. Журн. «Лесная промышленность» № 7, 1972. [9]. Т. Л. Саати. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. Изд-во «Советское радио», М., 1971. [10]. Ф. Хейт. Математическая теория транспортных потоков. Изд-во «Мир», М., 1966.

Поступила 28 мая 1973 г.

УДК 65.011.56

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ И КВАНТОВАНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Г. А. ЖОДЗИШСКИЙ, К. А. ШИШКИН

Карельский научно-исследовательский институт
лесной промышленности

Исследована точность измерения вершинных диаметров и объемов бревен на лесопотоках с учетом случайных погрешностей квантования и измерения. Задача решена при ступенчатой аппроксимации функции распределения диаметров в пределах интервалов квантования и равновероятностном законе распределения погрешностей измерения.

Автоматические измерительные устройства на лесопотоках воспринимают полезную информацию от измеряемых объектов-сортиментов. Непосредственная цель измерения — получение информации о параметрах, например, бревен, конечная цель — решение задачи контроля и управления производством. Собственно измерение состоит из опытного сравнения измеряемой величины с известной, заранее заданной, и выполнения необходимых логических и вычислительных операций для представления информации в виде соответствующих числовых эквивалентов [1].

Появление того или иного результата измерения связано с элементом случайности, поскольку как входные величины (действительные или условно-действительные размеры бревен), так и погрешности

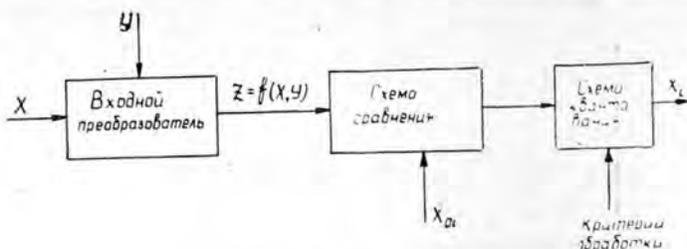


Рис. 1.

описываются только вероятностным образом. Поэтому частные результаты измерения правомерно рассматривать как случайные события, а процесс обмера каждого бревна как ситуацию, в которой события осуществляются.

Рассмотрим общую схему процесса измерения (рис. 1). Измеряемая величина X , воспринимаемая первичным преобразователем, может принимать любые значения в конечном диапазоне от x_{min} до x_{max} , где x_{min} до x_{max} — неслучайные заданные величины. С X взаимодействует также случайная величина Y , погрешность измерения — помеха. Не останавливаясь на причинах возникновения ошибок при измерении геометрических параметров лесоматериалов [2], [3], отнесем к ошибкам все многочисленные факторы, которые вызывают отклонение входной величины от действительного ее значения. Следовательно, на вход устройства сравнения поступает некоторая случайная величина Z , являющаяся некоторой функцией входной величины и погрешности измерения. Операция сравнения состоит в сопоставлении величины Z с заранее выбранным значением измерительной шкалы x_{0i} . На основании критерия обработки выполняется квантование величины Z , ее отнесение к тому или иному делению измерительной шкалы. По результатам сравнения образуются суждения о входной величине.

Точность измерения параметров лесоматериалов изучим на примере оценки вершинных диаметров и объемов бревен. Методика применима к оценке процесса измерения пиломатериалов (при соответствующей замене параметров объекта).

Примем, что значения случайной величины X — вершинного диаметра — распределены в пределах градации Δ_k с центром d_0 равномерно (рис. 2, а). Это допущение равнозначно ступенчатой аппроксимации функции распределения значений диаметров и равной вероятности появления погрешностей квантования в пределах каждой измерительной градации

$$f(X) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta_k} & \text{при } X \in \left[d_0 - \frac{\Delta_k}{2}, d_0 + \frac{\Delta_k}{2} \right]; \\ 0 & \text{при } X \notin \left[d_0 - \frac{\Delta_k}{2}, d_0 + \frac{\Delta_k}{2} \right]. \end{cases} \quad (1)$$

Погрешности измерения Y также распределены равномерно в интервале $\left[-\frac{\Delta_n}{2}, \frac{\Delta_n}{2} \right]$ (рис. 2, б).

$$f(Y) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta_n} & \text{при } Y \in \left[-\frac{\Delta_n}{2}, \frac{\Delta_n}{2} \right]; \\ 0 & \text{при } Y \notin \left[-\frac{\Delta_n}{2}, \frac{\Delta_n}{2} \right]. \end{cases} \quad (2)$$

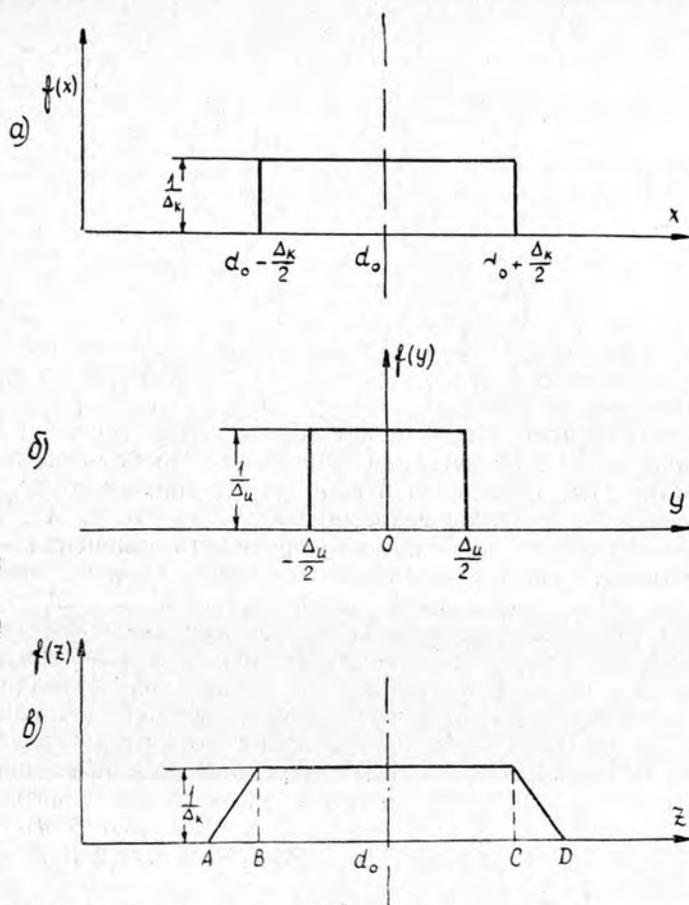


Рис. 2.

Процесс измерения диаметров бревен на лесопотоке будем считать стационарным, то есть функции распределения вероятностей величин X и Y неизменны во времени. Результаты измерения отдельных бревен независимы, а также независимы между собой измеряемые величины и величины погрешностей.

Для этих условий

$$Z = X + Y. \quad (3)$$

Функцию распределения плотности вероятностей найдем по методу характеристических функций [4]. Характеристические функции случайных величин X и Y запишем в виде

$$\varphi_x(t) = \frac{e^{jt\left(d_0 + \frac{\Delta_k}{2}\right)} - e^{jt\left(d_0 - \frac{\Delta_k}{2}\right)}}{jt\Delta_k};$$

$$\varphi_y(t) = \frac{e^{\frac{jt\Delta_u}{2}} - e^{-\frac{jt\Delta_u}{2}}}{jt\Delta_u}, \quad (4)$$

где $j = \sqrt{-1}$.

Благодаря независимости X и Y , характеристическую функцию Z определим как произведение выражений (4). Применяя обратное преобразование Фурье для перехода от изображений к оригиналам, получим функцию распределения плотности вероятностей композиции погрешностей в виде

$$f_z(z) = -\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{jkt} \left(d_0 + \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2} \right) - e^{jkt} \left(d_0 + \frac{\Delta_k - \Delta_n}{2} \right) - e^{jkt} \left(d_0 - \frac{\Delta_k - \Delta_n}{2} \right) + e^{jkt} \left(d_0 - \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2} \right)}{t^2 \Delta_n \Delta_k} dt \quad (5)$$

Выполняя интегрирование по частям и учитывая, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{jkt}}{t} dt = \begin{cases} j\pi, & \text{если } k > 0; \\ -j\pi, & \text{если } k < 0, \end{cases}$$

получим выражение $f_z(z)$ по участкам (рис. 2, в)

$$f_z(z) = \begin{cases} 0 & \text{при } z < d_0 - \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2}, (z < A); \\ \frac{z - d_0 + \frac{\Delta_n + \Delta_k}{2}}{\Delta_n \Delta_k} & \text{при } d_0 - \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2} \leq z < d_0 + \frac{\Delta_n - \Delta_k}{2}, (\text{на } [AB]); \\ \frac{1}{\Delta_k} & \text{при } d_0 + \frac{\Delta_n - \Delta_k}{2} \leq z < d_0 + \frac{\Delta_k - \Delta_n}{2}, (\text{на } [BC]); \\ \frac{d_0 + \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2} - z}{\Delta_n \Delta_k} & \text{при } d_0 + \frac{\Delta_k - \Delta_n}{2} \leq z < d_0 + \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2}, (\text{на } [CD]); \\ 0 & \text{при } z \geq d_0 + \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2}, (z \geq D). \end{cases}$$

Как видно из рис. 2, в, график $f_z(z)$ имеет вид симметричной трапеции. Длина нижнего ее основания равна $\Delta_k + \Delta_n$, а длина верхнего — модулю разности $\Delta_k - \Delta_n$. При $\Delta_k > \Delta_n$ высота трапеции равна $\frac{1}{\Delta_k}$, а при $\Delta_n > \Delta_k$ соответственно — $\frac{1}{\Delta_n}$. Если $\Delta_k = \Delta_n$, то форма распределения треугольная.

Функция распределения задана на участках AB , BC и CD координаты z . Точность оценки диаметра определяется условной энтропией z при воздействии композиции погрешностей измерения и квантования по формуле [5]

$$\Delta_z = \frac{1}{2} e^{H(z)}, \quad (7)$$

где Δ_z — энтропийная погрешность оценки размера;
 H_z — условная энтропия.

$$H(z) = - \sum_{i=1}^3 \int f_{zi}(z) \ln f_{zi}(z) dz. \quad (8)$$

Суммирование и интегрирование выполним по указанным участкам. Подставляя значения $f_z(z)$ из выражения (6) в уравнение (8) и интегрируя, получим

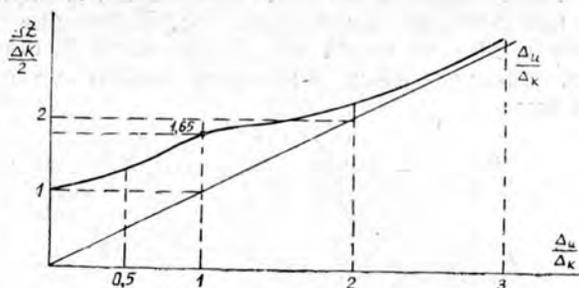


Рис. 3.

$$H(z) = -\frac{t^2}{4} \ln \frac{t^2}{e} \Big|_0^{\frac{1}{\Delta_k}} + \frac{\ln \Delta_k}{\Delta_k} \Big|_C^B + \frac{t^2}{4} \ln \frac{t^2}{e} \Big|_{\frac{1}{\Delta_k}}^0. \quad (9)$$

Раскрывая неопределенности, получающиеся при подстановке пределов в крайние слагаемые, по правилу Лопиталья, найдем

$$H(z) = \frac{\Delta_k}{2\Delta_n} + \ln \Delta_k \text{ при } \Delta_k > \Delta_n. \quad (10)$$

Когда $\Delta_n > \Delta_k$,

$$H(z) = \frac{\Delta_n}{2\Delta_k} + \ln \Delta_n. \quad (11)$$

Энтропийная погрешность оценки размеров бревен

$$\Delta_z = \frac{1}{2} \Delta_k e^{\frac{\Delta_n}{2\Delta_k}} \text{ при } \Delta_k > \Delta_n \quad (12)$$

и

$$\Delta_z = \frac{1}{2} \Delta_n e^{\frac{\Delta_k}{2\Delta_n}} \text{ при } \Delta_n > \Delta_k. \quad (13)$$

На рис. 3 показан график зависимости $\frac{\Delta_z}{\Delta_k} = f\left(\frac{\Delta_n}{\Delta_k}\right)$, построенный на основании формул (12) и (13). При $\Delta_n = 0$ (случай отсутствия погрешностей измерения) неопределенность оценки вершинного диаметра равна $\frac{\Delta_k}{2}$, то есть половине интервала квантования. С увеличением $\frac{\Delta_n}{\Delta_k}$ возрастает результирующая погрешность. Наибольшее увеличение имеет место при равенстве составляющих погрешностей, то есть при $\Delta_n = \Delta_k$ и превышает каждую из них в \sqrt{e} раз. При дальнейшем возрастании $\frac{\Delta_n}{\Delta_k}$ значения результирующей погрешности асимптотически приближаются к прямой $\frac{\Delta_z}{\Delta_k} = \frac{\Delta_n}{\Delta_k}$.

Рассмотрим воздействие композиции погрешностей квантования и измерения на точность оценки объемов бревен, подаваемых на лесо-

потоке. Будем считать, что измерение длины не вносит ошибок, а погрешность оценки объема происходит вследствие погрешностей в определении вершинных диаметров. Истинный объем сортимента определим как объем усеченного конуса, у которого вершинный диаметр в пределах измерительной градации и сбеги равны математическим ожиданиям этих величин.

Закон распределения плотностей вероятностей объема определяем как плотность величины, функционально зависимой от случайного аргумента Z [6], по формуле

$$g(v) = f(z(v)) \cdot |z'(v)|, \quad (14)$$

$$\text{где} \quad z(v) = -L \operatorname{tg} \alpha \pm \sqrt{\frac{4v}{\pi L} - \frac{1}{3} L^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} \quad [7]; \quad (15)$$

$z'(v)$ — производная;

L , α и V — соответственно длина, угол сбега и объем бревна.

Отрицательное значение L отбрасываем, как не имеющее физического смысла.

Подставляя значения $f_z(z)$ из выражения (6) и $z(v)$ из равенства (15) в уравнение (14) в соответствии с указанными преобразованиями, получим

$$g(v) = g_1(v) + g_2(v) + g_3(v), \quad (16)$$

$$\text{где} \quad g_1(v) = \frac{A \sqrt{av-b} - B_1}{\sqrt{av-b}} \quad \text{при } v \in (v_A, v_B);$$

$$g_2(v) = \frac{1}{\Delta_k \sqrt{av-b}} \quad \text{при } v \in (v_B, v_C); \quad (17)$$

$$g_3(v) = \frac{B_2 - A \sqrt{av-b}}{\sqrt{av-b}} \quad \text{при } v \in (v_C, v_D).$$

Для краткости вводим обозначения

$$A = \frac{2}{\pi L \Delta_k \Delta_n} B_1 = \frac{d_0 - \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2}}{\Delta_k \Delta_n};$$

$$B_2 = \frac{d_0 + \frac{\Delta_k + \Delta_n}{2}}{\Delta_k \Delta_n}; \quad a = \pi L; \quad b = \frac{1}{12} \pi^2 L^4 \operatorname{tg}^2 \alpha;$$

v_A , v_B , v_C и v_D — объемы, соответствующие значениям z в точках A , B , C и D .

Условную энтропию объема определяем из суммы интегралов, взятых по всем участкам,

$$H(v) = - \int_{v_A}^{v_B} g_1(v) \ln g_1(v) dv - \int_{v_B}^{v_C} g_2(v) \ln g_2(v) dv - \int_{v_C}^{v_D} g_3(v) \ln g_3(v) dv. \quad (18)$$

После подстановки значений g_1 , g_2 и g_3 из выражения (17) в равенство (18) и после интегрирования получим

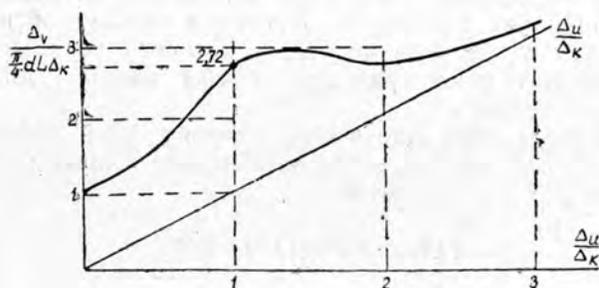


Рис. 4.

$$H(v) = \frac{\Delta_n}{\Delta_k} + \ln \frac{\pi L \Delta_k}{2} \left(1 - \frac{\delta}{d_0^2}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(1 - \frac{\Delta_n}{d_0^2 - \delta^2}\right)^{\frac{\Delta_n}{2\Delta_k}} \left(1 + \frac{2\delta}{d_0 - \delta}\right)^{\frac{\delta}{\Delta_k}}, \quad (19)$$

$$\text{где } \delta = \frac{\Delta_k - \Delta_n}{2}.$$

Точность измерения объемов бревен, характеризуемая величиной энтропийной погрешности (7), имеет вид

$$\Delta_v \approx \frac{\pi L \Delta_k}{4} (d_0 + \delta) e^{\frac{\Delta_n}{\Delta_k}} \left[1 - \frac{\Delta_n}{2(d_0 + \delta)} + \frac{\Delta_n^2}{2\Delta_k(d_0 + \delta)} - \frac{\Delta_n^3}{4\Delta_k(d_0 + \delta)^2} \right]. \quad (20)$$

При $\delta < \Delta_n < \Delta_k \ll d_0$ выражение (20) приближенно можно записать так:

$$\Delta_v = \frac{\pi}{4} d_0 L \Delta_k e^{\frac{\Delta_n}{\Delta_k}}, \quad (21)$$

аналогично при $\delta < \Delta_k < \Delta_n \gg d_0$

$$\Delta_v = \frac{\pi}{4} d_0 L \Delta_n e^{\frac{\Delta_k}{\Delta_n}}. \quad (22)$$

По соотношениям (21) и (22) на рис. 4 построена зависимость $\frac{\Delta_v}{\frac{\pi}{4}dL\frac{\Delta_k}{4}} = f\left(\frac{\Delta_n}{\Delta_k}\right)$. Как видно из хода кривой, результирующая погрешность определения объемов бревен при $\Delta_n = \Delta_k$ в e раз больше погрешностей, вносимых каждой составляющей. С увеличением $\frac{\Delta_n}{\Delta_k}$ результирующая погрешность асимптотически стремится к прямой $\frac{\Delta_v}{\frac{\pi}{4}dL\frac{\Delta_k}{4}} = \frac{\Delta_n}{\Delta_k}$.

Как частный случай, при $\Delta_n = 0$, соответствующем отсутствию погрешностей измерения, получим

$$\Delta_v = \frac{\pi}{4} d_0 L \Delta_k. \quad (23)$$

Таким образом, на основе информационных критериев исследована точность измерения линейных и объемных параметров круглых лесных материалов на лесопотоках при учете совместного влияния

погрешностей квантования и измерения. Полученные зависимости устанавливают однозначное соответствие между точностью оценки линейных и объемных параметров и интервалами шкалы линейного размера и погрешности измерения. Показано, что неопределенность оценки линейного размера и объема имеет наибольшее увеличение при равенстве составляющих погрешностей. Соотношения можно использовать для установления размеров градаций измерительных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. Изд-во «Наука», М., 1964. [2]. Г. А. Вильке. Основы автоматизации и автоматизация производственных процессов, ч. 1 и 2, изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [3]. Г. А. Жодзишский. Корреляционные связи точности измерения параметров лесоматериалов и интервалов квантования. ИВУЗ. «Лесной журнал» № 3, 1971. [4]. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Физматгиз, М., 1968. [5]. С. Ф. Маликов, Н. И. Тюрин. Введение в метрологию. Изд-во «Стандарт», М., 1965. [6]. П. В. Новицкий. Основы информационной теории измерительных устройств. Изд-во «Энергия», М.—Л., 1968. [7]. А. Н. Песоцкий. Лесопильное производство. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1970.

Поступила 8 июня 1973 г.

УДК 62-503.55

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ МЕТОДАМИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Р. Д. ПРЕЛОВСКАЯ, Н. И. МЫМИНА

Архангельский лесотехнический институт

Показана возможность составления оптимальных планов загрузки бумагоделательных машин, учитывающих изменение эффективного времени работы машин и объемов производства различных видов бумаги. Установлены границы устойчивости оптимальных планов и соответствующих им оптимальных базисов. Для решения поставленных задач использованы методы параметрического программирования.

В различных отраслях производства решают задачи по составлению оптимальных планов загрузки взаимозаменяемого оборудования с использованием методов линейного программирования. Основным недостатком применяемых методов является их статичность, так как оптимальные решения полностью определяются конкретными условиями задачи. Однако на предприятиях в течение года и из года в год изменяются технико-экономические показатели работы оборудования, объемы различных видов ресурсов, плановые задания на выработку определенных видов продукции и другие показатели. Изменение условий задачи, как правило, влечет за собой и изменение оптимального решения. Поэтому важно получить такой оптимальный план, который содержал бы параметры, учитывающие наиболее вероятные изменения исходных данных модели. Методы параметрического программирования позволяют определить оптимальные планы в условиях изменяющегося производства.

Применение методов параметрического программирования рассмотрено на примере составления оптимального плана загрузки бумагоделательных машин. За исходные данные взяты плановые показатели бумажной фабрики Архангельского целлюлозно-бумажного комбината. Задача состояла в распределении производства различных

видов бумаги по взаимозаменяемым бумагоделательным машинам с различными технико-экономическими показателями так, чтобы плановые задания были выполнены за минимальное время.

Определим значения x_{ij} которые удовлетворяют системе ограничений:

$$\begin{aligned} \sum_j x_{ij} &= a_{i0} + \alpha_i t_i; \\ \sum_i a_{ij} x_{ij} &\leq T_j + \lambda_j \beta_j; \quad (i = 1, 2, 3, 4; \quad j = 1, 3, 4) \\ x_{ij} &\geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

и обращают в минимум функцию

$$f(x) = \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij},$$

где x_{ij} — объем выработки i -того вида бумаги на j -той машине;
 a_{i0} — плановое задание по производству i -того вида бумаги;
 T_j — эффективное время работы j -той машины;
 a_{ij} — затраты времени на производство единицы объема i -того вида бумаги на j -той машине, *машино-час*;
 t_i, λ_j — параметры, характеризующие соответственно изменения объемов производства и изменение эффективного времени работы машин;
 α_i, β_j — числовые коэффициенты.

Ограничения-равенства в системе (1) отражают требования выполнения плана по объему выпуска определенных видов бумаги. Ограничения-неравенства в этой системе показывают, что затраты времени на производство бумаги на каждой машине не должны превышать эффективного времени работы за ее рассматриваемый период. За критерий оптимальности примем минимум расхода машинного времени на выработку продукции в планируемых объемах. Учтем те машины, на которых вырабатывают альтернативные виды бумаги. Задания по производству специализированных видов не включаем, а время, необходимое на их изготовление, исключаем из рассматриваемого фонда времени. При решении минимум функции $f(x) = \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij}$ заменим максимумом функции $z = \sum_j x_j$ (где x_j — дополнительные переменные, введенные в систему неравенств).

Переменные x_j ($j = 1, 3, 4$) характеризуют разницу между эффективным временем и фактическими затратами времени на каждой бумагоделательной машине. Максимум функции цели z в этом случае определяет максимум высвобождаемого времени. За исходный оптимальный план примем план, соответствующий нулевым значениям параметров t_i, λ_i .

Нами получены оптимальные планы, каждый из которых учитывает изменение лишь одного параметра при условии, что остальные параметры остаются неизменными (табл. 1—4). В оптимальных планах переменные x_{ij} при изменении любого параметра являются линейными функциями этого параметра. Например, при изменении параметра t_i

$$x_{ij} = q_{ij} + p_{ij} t_i.$$

Все переменные x_{ij} по смыслу задачи должны быть неотрицательными, что выполняется не при всех значениях параметра t_i .

Формула

$$\left. \begin{array}{l} \max \left(-\frac{q_{ij}}{p_{ij}} \right) \\ p_{ij} > 0 \\ -\infty, \text{ если все } p_{ij} \leq 0 \end{array} \right\} \leq t_t \leq \left\{ \begin{array}{l} \min \left(-\frac{q_{ij}}{p_{ij}} \right) \\ p_{ij} < 0 \\ +\infty, \text{ если все } p_{ij} \geq 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

позволяет определить возможные границы изменения параметра t_t , в которых переменные x_{ij} остаются неотрицательными, а план — оптимальным [1]. Границы (2) назовем границами устойчивости оптимального плана и соответствующего оптимального базиса [2]. Так, в табл. 1 и 2 приведены оптимальные планы при условии, что время работы машины № 3 изменяется на величину λ_3 , то есть при следующих значениях числовых коэффициентов α_i, β_j :

$$\beta_j = \begin{cases} 1 & j = 3 \\ 0 & j \neq 3 \end{cases} \text{ и } \alpha_i = 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4).$$

Оптимальный план табл. 1 справедлив при

$$-194 \leq \lambda_3 \leq 62. \quad (3)$$

При $\lambda_3 = 0$ получаем исходный оптимальный план и соответствующий ему базис. Границы (3) — границы устойчивости этого базиса.

Таблица 1

№ бумагоделательной машины	Объем производства бумаги, m			
	писчей	светоосновы	целлюлозной	этикеточной

$$-194 < \lambda_3 < 62$$

1	$x_{11} = 151 - 2,4159\lambda_3$	$x_{21} = 0$	$x_{31} = 10900$	—
3	$x_{13} = 15670 + 2,4159\lambda_3$	$x_{23} = 0$	$x_{33} = 0$	$x_{43} = 2950$
4	$x_{14} = 17829$	$x_{24} = 14100$	—	$x_{44} = 0$

Таблица 2

№ бумагоделательной машины	Объем производства бумаги, m			
	писчей	светоосновы	целлюлозной	этикеточной

$$62 < \lambda_3 < 540$$

1	$x_{11} = 0$	$x_{21} = 0$	$x_{31} = 11077 - 2,8540\lambda_3$	—
3	$x_{13} = 15821$	$x_{23} = 0$	$x_{33} = 2,8540\lambda_3 - 177$	$x_{43} = 2950$
4	$x_{14} = 17829$	$x_{24} = 14100$	—	$x_{44} = 0$

Методы параметрического программирования позволяют получить оптимальный план и в более широком диапазоне изменения параметра λ_3 . В табл. 2 приведен оптимальный план при изменении параметра λ_3 в пределах

$$62 \leq \lambda_3 \leq 540. \quad (4)$$

Варьирование параметра λ_3 в пределах, указанных в неравенствах (3) и (4), приводит к различным оптимальным планам с разными оптимальными базисами. Если параметр λ_3 изменяется от -194 до 62 , то бумагу производят те же машины, что и в исходном оптимальном плане (устойчивость базиса), происходит лишь перераспределение объемов производства писчей бумаги между машинами № 1 и 3:

$$x_{11} = 151 - 2,4159\lambda_3;$$

$$x_{13} = 15670 + 2,4159\lambda_3.$$

При изменении параметра λ_3 от 62 до 540 мы выходим за границы устойчивости исходного оптимального базиса, что приводит к изменению специализации машин по сравнению с исходным оптимальным планом и перераспределению объемов производства целлюлозной бумаги между первой и третьей машинами

$$x_{31} = 11077 - 2,8540\lambda_3;$$

$$x_{33} = 2,8540\lambda_3 - 177$$

и объемов производства писчей бумаги

$$x_{11} = 0;$$

$$x_{13} = 15821.$$

Машина № 1 специализируется на производстве целлюлозной бумаги; писчая бумага на этой машине не производится ($x_{11} = 0$). Изменилась специализация и машины № 3.

Остановимся на граничных значениях параметра λ_3 . При $\lambda_3 = -194$ план выполнен и эффективное время работы машин полностью использовано. Верхняя грань параметра $\lambda_3 = 540$ получена из условия, что календарное время машины № 3 будет доведено до 94%. Выходить за границы промежутка от -194 до 540 практически нельзя. Если уменьшить эффективное время работы машины № 3 более чем на 194 часа ($\lambda_3 < -194$), то плановые задания не будут выполнены. Увеличение эффективного времени работы машины № 3 более чем на 540 час ($\lambda_3 > 540$) приводит к нарушению нормальных условий эксплуатации машины.

Функции цели для оптимальных планов, приведенных в табл. 1 и 2, соответственно равны

$$z = 425 + 2,1943\lambda_3 \quad -194 \leq \lambda_3 \leq 62;$$

$$z = 475 + 1,3936\lambda_3 \quad 62 \leq \lambda_3 \leq 540.$$

Графики функций даны на рис. 1.

По условиям-ограничениям рассмотренной задачи необходимо выполнить плановое задание. Перевыполнение задания не требуется, поэтому в функциях цели учитывается все высвобождаемое время без распределения его в оптимальном плане. Коэффициенты при λ_3 в функциях цели показывают, насколько изменится целевая функция при изменении времени работы машины № 3 на один час. Целевые функции z есть возрастающие линейные функции вида $z = a + b \cdot \lambda_3$. Коэффициент b , определяющий скорость роста этих функций, имеет свое значение для каждого из рассматриваемых промежутков. В промежутке (3) коэффициент b имеет большее значение, чем в промежутке (4). Это объясняется тем, что по плану табл. 1 для выполнения задания необходимо писчую бумагу вырабатывать на менее производительной машине № 1. Увеличение времени работы машины № 3 позволяет передать выработку писчей бумаги на более производительную машину № 3. Следовательно, рост функции цели определяется тремя факторами: 1) возможностью специализации; 2) перераспределением плановых заданий; 3) увеличением эффективного времени работы машины. При $\lambda_3 \geq 62$ производство писчей бумаги снимают с машины № 1; при этом достигается специализация этой

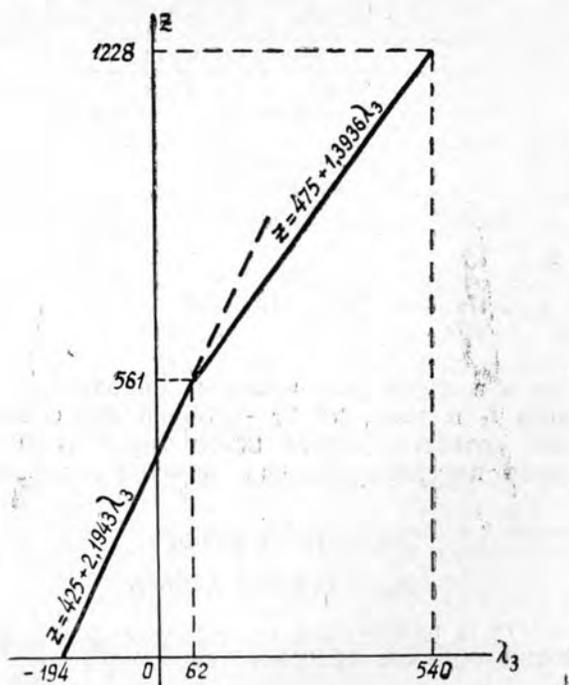


Рис. 1.

машины. Увеличение функции цели в этом случае определяется лишь вторым и третьим факторами.

В табл. 3 и 4 рассмотрены оптимальные планы при условии, что изменяется на величину t_2 производство второго вида бумаги, то есть

$$\alpha_i = \begin{cases} 1 & i=2 \\ 0 & i \neq 2 \end{cases} \text{ и } \beta_j = 0 \quad (j=1, 3, 4).$$

Оптимальный план табл. 3 учитывает изменение параметра t_2 в границах устойчивости исходного оптимального базиса $-156 \leq t_2 \leq 483$. Исходный оптимальный план получим при $t_2 = 0$. Если параметр t_2 изменяется в пределах $-9680 \leq t_2 \leq -156$, то происходит изменение исходного оптимального плана и базиса. Оптимальный план в этом случае определяется данными табл. 4.

Таблица 3

№ бумагоделательной машины	Объем производства бумаги, m			
	писчей	светоосновы	целлюлозной	этикеточной
$-156 < t_2 < 483$				
1	$x_{11} = 151 + 0,9687 t_2$	$x_{21} = 0$	$x_{31} = 10900$	—
3	$x_{13} = 15670$	$x_{23} = 0$	$x_{33} = 0$	$x_{43} = 2950$
4	$x_{14} = 17829 - 0,9687 \times t_2$	$x_{24} = 14100 + t_2$	—	$x_{44} = 0$

Таблица 4

№ бумаго-делательной машины	Объем производства бумаги, т			
	писчей	светоосновы	целлюлозной	этикеточной
	$-9680 < t_2 < -156$			
1	$x_{11} = 0$	$x_{21} = 0$	$x_{31} = 11078 + 1,1444t_2$	—
3	$x_{13} = 15821 + 0,9687t_2$	$x_{23} = 0$	$x_{33} = -178 - 1,1444t_2$	$x_{43} = 2950$
4	$x_{14} = 17829 - 0,9687t_2$	$x_{24} = 14100 + t_2$	—	$x_{44} = 0$

Так же как и в случае варьирования параметра λ_3 , при изменении параметра t_2 в пределах от -156 до 483 сохраняется специализация машин, соответствующая исходному оптимальному плану и происходит лишь перераспределение объемов производства писчей бумаги

$$x_{11} = 151 + 0,9687t_2;$$

$$x_{14} = 17829 - 0,9687t_2.$$

Если параметр t_2 изменяется от -9680 до -156 , то происходит и перераспределение объемов производства бумаги

$$x_{13} = 15821 + 0,9687t_2; \quad x_{31} = 11078 + 1,1444t_2;$$

$$x_{14} = 17829 - 0,9687t_2; \quad x_{33} = -178 - 1,1444t_2,$$

и изменение специализации машин по сравнению с исходным оптимальным планом.

При граничном значении параметра $t_2 = -9680$ производство светоосновы сокращается до 4420 т, что позволяет производить требуемый объем всех видов бумаги на машинах № 3 и 4. Следовательно, на первой машине можно организовать сверхплановый выпуск бумаги. План, полученный при граничном значении параметра $t_2 = 483$, дает возможное увеличение производства светоосновы при максимальном использовании имеющихся ресурсов машинного времени.

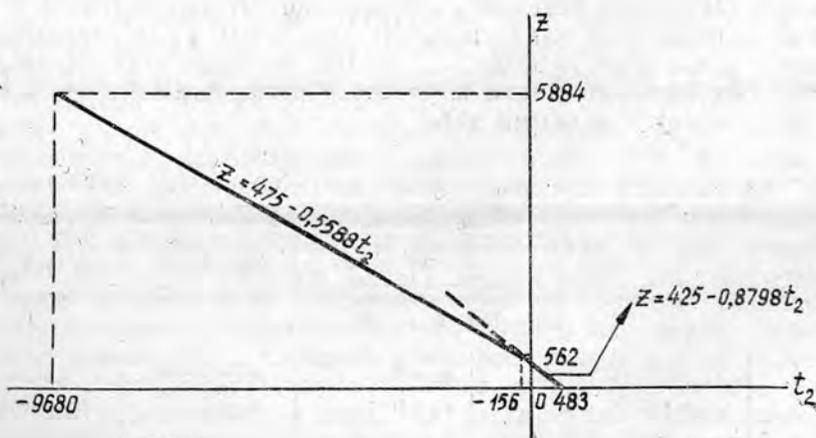


Рис. 2.

Функции цели для оптимальных планов, приведенных в табл. 3 и 4, соответственно равны:

$$z = 425 - 0,8798t_2; \quad z = 475 - 0,5588t_2.$$

Это линейные убывающие функции, так как увеличение объемов производства уменьшает высвобождаемое время работы машин. Графики этих функций представлены на рис. 2.

Итак, нами получены оптимальные планы загрузки оборудования, учитывающие изменения объемов производства и фонда эффективного времени машин, и установлены границы устойчивости оптимальных планов и соответствующих им оптимальных базисов.

Использованная методика носит общий характер и может быть применена для решения любой задачи производственного планирования.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Г. Гольштейн, Б. Д. Юдин. Новые направления в линейном программировании, «Советское радио», М., 1966. [2]. Л. В. Канторович, М. П. Вирченко. Математико-экономический анализ плановых решений и экономические условия их реализации. Вопросы анализа плановых решений в сельском хозяйстве. СО АН СССР, Новосибирск, 1971.

Поступила 8 июня 1973 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 663.53.003.13

НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ В РАСЧЕТАХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГИДРОЛИЗНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. В. ПЛАСТИНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Ставится вопрос о необходимости использования показателя чистой продукции в расчетах эффективности производства на предприятиях гидролизной промышленности. Как первоочередной этап решения этой задачи рассматривается вопрос о методике расчета показателя чистой продукции. Предлагается модифицированная методика расчета этого показателя. Дается предварительная оценка точности результатов, полученных при расчете показателя чистой продукции различными методами.

Теоретические предпосылки определения чистого продукта как экономической категории достаточно хорошо разработаны, однако до сих пор нет официальной или хотя бы общепризнанной методики практического расчета данного показателя на уровне предприятия. Тем не менее в советской экономической литературе описываются различные методы определения вновь созданной на предприятии стоимости. Это, например, методы: нормативный [2], [6], прямого счета [1], [5], нормативно-трудоу [7], исключения материальных затрат [5], [6], сложения — вычитания [3], [4]*. Основная сложность расчета показателя чистой продукции на предприятии заключается в том, что современная статистическая отчетность не выделяет непосредственно по некоторым учетным статьям элементы материальных затрат и чистой продукции. И от того, насколько точно удастся сделать это разделение, во многом зависит ценность той или иной методики расчета показателя чистой продукции. В гидролизной промышленности, по нашему мнению, могут найти применение три способа расчета показателя чистой продукции: метод исключения материальных затрат, метод прямого счета (сложения) и модифицированный нами метод сложения — вычитания.

Техника расчета показателя чистой продукции методом исключения материальных затрат показана нами в табл. 1 (для Ленинградского гидролизного завода). Однако такой расчет требует дополнительных, довольно громоздких промежуточных расчетов, которые в таблице не показаны. Необходимость промежуточных расчетов обусловлена следующими обстоятельствами.

В форме № 5 годового отчета «Затраты на производство» по строке 10 «Прочие расходы» материальные затраты и элементы чистой продукции не разделяются, поэтому приходится предварительно сделать такое разделение за ряд лет на основе данных так называемой рас-

* Названия методов не являются общепризнанными, однозначными, а, в известной мере, условны.

Таблица 1

Показатели	№ формы, № строки го- дового отчета *	Стоимость продукции, тыс. руб.					
		1972 г.			1971 г.		
		всего	в том числе		всего	в том числе	
материальные затраты	чистый продукт		материальные затраты	чистый продукт			
Сырье и основные материалы за вы- четом отходов	ф. 5, с. 01	3156	3156	—	3084	3084	—
в том числе покупные изделия и полуфабрикаты	ф. 5, с. 02	—	—	—	—	—	—
Вспомогательные материалы	ф. 5, с. 03	943	943	—	725	725	—
Топливо со стороны	ф. 5, с. 04	968	968	—	1043	1043	—
Энергия со стороны	ф. 5, с. 05	386	386	—	372	372	—
Зарплата основная и дополнительная	ф. 5, с. 06	927	—	927	911	—	911
Отчисления на социальное страхова- ние	ф. 5, с. 07	92	—	92	88	—	88
Амортизация основных фондов	ф. 5, с. 08	559	559	—	522	522	—
Прочие расходы**	ф. 5, с. 10	748	553	195	683	451	232
Итого затрат	ф. 5, с. 12	7779	6565	1214	7428	6197	1231
Внепроизводственные расходы***	ф. 6, с. 16	27	27	—	38	38	—
Полная себестоимость		7806	6592	1214	7466	6235	1231
Товарная продукция в действующих оптовых ценах соответствующих лет	ф. 8, с. 08	9993	—	—	9587	—	—
Прибыль от производства товарной продукции		2187	—	2187	2121	—	2121
Всего чистой продукции				3401			3352

* Здесь и далее по формам, утвержденным ЦСУ для годового отчета 1972 г. ** Удельный вес чистой продукции от «прочих расходов» составил в 1971 г. — 26%, в 1972 г. — 34%. *** Условно относим полностью к материальным затратам.

шифровки «прочих (денежных) расходов», приводимой обычно в годовом отчете в качестве приложения. Так как и по этой расшифровке ряд статей включает в себя и материальные затраты и элементы чистого продукта, то лучше не определять абсолютные величины материальных затрат и чистой продукции, а, исключив комплексные статьи, найти удельный вес чистой продукции от общей суммы «прочих расходов». Аналогичные промежуточные расчеты необходимо выполнить и по статье «Внепроизводственные расходы». При исследовании динамики этих затрат необходимо учесть, что 1 января 1971 г. удельный вес чистой продукции в статье «Внепроизводственные расходы» снизился, а в статье «Прочие расходы» увеличился, в связи с изменением порядка учета затрат на научно-исследовательские работы и отчислений, сборов вышестоящим организациям. Так, по нашим расчетам, удельный вес чистой продукции в «прочих расходах» в 1968—1970 гг. по Ленинградскому гидролизному заводу составлял 6%, а в 1971—1972 гг. возрос до 30%.

Большие затруднения при расчете чистой продукции методом исключения материальных затрат вызывает также разделение на материальные затраты и элементы чистой продукции сумм, отраженных по строкам 13—22 формы № 5 годового отчета «Затрат на производство»; сюда относятся списание затрат на непроизводственные счета, прирост или уменьшение остатка по счетам «Расходы будущих периодов», «Резерв предстоящих расходов и платежей». Экономисты НИЭИ Госплана СССР предлагают при укрупненных расчетах материальных затрат не принимать во внимание эти статьи [5]. Мы разделяем их мнение, так как по данным годовых отчетов гидролизных заводов разница между итогом по строке 12 и итогом по строке 23 формы № 5 незначительна. По нашим расчетам, на Ленинградском гидролизном заводе за 1968—1972 гг. отклонения между этими величинами колебались от 0,12 до 1,6%. Тем не менее, такие допущения, а также громоздкие промежуточные расчеты и косвенное разделение материальных затрат и элементов чистой продукции по отдельным статьям снижают ценность метода исключения материальных затрат.

Проф. В. А. Новак предлагает рассчитывать показатель чистой продукции методом сложения — вычитания* [3], [4]. На основе его предложений мы разработали модифицированную методику определения показателя чистой продукции на большем объеме информации, чем при методе исключения материальных затрат, но при одновременном исключении громоздких промежуточных расчетов и косвенных разделений материальных затрат и элементов чистой продукции. По нашей методике косвенно разделяется лишь очень небольшая сумма денежных и натуральных выплат между промышленно-производственным персоналом (П.П.П.) и непромышленным персоналом. По нашему мнению, такая методика обеспечивает наибольшую точность в определении показателя чистой продукции. Техника расчетов по предлагаемой нами методике показана в табл. 2.

Исследуя возможность максимального упрощения расчетов показателя чистой продукции, мы сделали попытку рассчитать чистый продукт и методом прямого счета его составляющих: сложением прибыли и заработной платы. В теоретическом аспекте в этом случае в качестве прибыли необходимо брать «прибыль от производства товарной продукции», фонд заработной платы П.П.П., отчисления на социальное страхование, все прочие денежные и натуральные выплаты, не входящие в фонд заработной платы, но являющиеся дополнитель-

* Условное название метода, используемое нами.

Таблица 2

Показатели	Форма годового отчета, строка, графа	Затраты, тыс. руб.		Примечание
		1971 г.	1972 г.	
1. Товарная продукция в действующих оптовых ценах предприятия	ф. 8, с. 8, г. 2	9587	9993	
2. Себестоимость товарной продукции				
а) производственная себестоимость	ф. 5, с. 23, г. 2	7339	7700	
б) внепроизводственные расходы	ф. 6, с. 16, г. 2	38	27	
в) полная себестоимость		7377	7727	(2а + 2б)
3. Фонд заработной платы П.П.П.	ф. 9, с. 12, г. 2	907	921,6	
4. Премии, не входящие в фонд заработной платы П.П.П.	ф. 9, с. 115, г. 2	13	14,2	
5. Фонд заработной платы неспического персонала	ф. 9, с. 21, г. 2	4,0	5,4	
6. Начисления по социальному страхованию, из расчета:		88,0	90,8	
а) фонд заработной платы П.П.П.	ф. 9, с. 12, г. 2	907	921,6	$\frac{6e \times 8,4\%}{100\%}$
б) премии, не входящие в состав фонда заработной платы П.П.П.	ф. 9, с. 115, г. 2	13,0	14,2	
в) премии, единовременные поощрения и вознаграждения, начисленные из фонда материального поощрения для П.П.П.	ф. 22, с. 28, г. 2	141,9	150,1	
г) единовременные поощрения	ф. 9, с. 70, г. 2	8,0	9,6	
д) фонд заработной платы неспического состава	ф. 9, с. 21, г. 2	4,0	5,4	
е) итого: сумма, с которой производится отчисления по соцстраху		1057,9	1079,7	(6а + 6б + 6в - 6г + 6д)
7. Прочие денежные и натуральные выплаты, не входящие в фонд заработной платы, но являющиеся дополнительным доходом П.П.П., из расчета:		32,4	35,1	(7г × 0,98)
а) всего денежных и натуральных выплат	ф. 9, с. 112, г. 1	129,0	134,2	
б) в том числе пособия и пенсии, выплачиваемые по соцстраху	ф. 9, с. 123, г. 1	93,0	92,0	
в) в том числе единовременная помощь	ф. 9, с. 69, г. 7	3,0	6,4	
г) итого: денежные и натуральные выплаты всему персоналу		33,0	35,8	(7а - 7б - 7в)
Всего чистый продукт		3255,2	3333,1	(1 - 2в + 3 + 4 + 5 + 6 + 7)

ным доходом П.П.П. Однако выделение всех этих элементов при существующей системе статистической отчетности на предприятии потребовало бы неизбежного выполнения промежуточных расчетов, что само по себе дискредитировало бы идею о максимально возможном их упрощении. Поэтому мы приняли решение не использовать натуральные и денежные выплаты, а в качестве прибыли учитывать пока-

Таблица 3

Показатели	Форма, строка, графа годового отчета	Суммы, тыс. руб., по заводам и годам					
		Ленинградский гидролизный		Запорожский гидролизно- дрожжевой		Астраханский гидролизно- дрожжевой	
		1971 г.	1972 г.	1971 г.	1972 г.	1971 г.	1972 г.
1. Прибыль (+), убыток (-) по балансу	ф. 22, с. 9, г. 2	+2296,0	+2238,0	-14,0	+302	-208	-132
2. Фонд заработной платы П. П. П.	ф. 9, с. 12, г. 2	907,0	921,6	749,2	737,8	682,6	722,1
3. Начисления по социальному страхованию	ф. 9, с. 124, г. 2	92,0	93,2	69,0	69,0	60,0	64,0
Итого (1+2+3)		3295,0	3252,8	804,2	1108,8	534,6	654,1

Таблица 4

Наименование метода	Показатели чистой продукции, тыс. руб. по годам					Примечание
	1968	1969	1970	1971	1972	
1. Сложения — вычитания в нашей модификации	2785,7	3060,7	3439,8	3255,2	3333,1	Принимаем за 100 %
2. Исключения материальных затрат	2750	2984	3518	3352	3401	
3. Сложения	2804,2	3024,1	3448,0	3295,0	3252,8	
4. Отклонения	-35,7	-76,7	+78,2	+96,8	+67,9	2-1
	+18,5	-36,6	+8,2	+39,8	-80,3	3-1
То же, %	-1,3	-2,5	+2,3	+3,0	+2,0	(2-1)×100% : 1
	+0,7	-1,2	+0,2	+1,2	-2,4	(3-1)×100% : 1

затель «балансовой прибыли», прибыли фактически образующейся у предприятия. Техника расчетов этим методом показана в табл. 3.

Сопоставление показателей чистой продукции, рассчитанных тремя методами (табл. 4), показывает, что их различие незначительно, причем отклонения показателя чистой продукции, полученного по методу сложения, оказались меньшими, чем рассчитанного по методу исключения материальных затрат.

В заключение необходимо отметить, что во всех рассматриваемых случаях мы определяли чистый продукт на основе показателя товарной продукции в действующих оптовых ценах предприятия для соответствующего года. Возможен расчет показателя чистой продукции на основе показателя валовой продукции в сопоставимых ценах*, а для анализа производственно-хозяйственной деятельности предприятия можно определять показатель чистой продукции на основе показателя реализованной продукции. По данным техпромфинплана предприятия (формы 01-ТП, 21-ТП, 33-ТП, 37-ТП) можно установить показатель чистой продукции на планируемый год. Все это создает широкие возможности для оценки, планирования и анализа эффективности производства на предприятиях гидролизной промышленности на основе показателя чистой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. Г. Либерман. Экономические методы повышения эффективности общественного производства. Изд-во «Экономика», М., 1970. [2]. Методические рекомендации по переводу, в виде опыта, машиностроительных предприятий на порядок планирования и оценки их деятельности по показателю чистой продукции. «Экономическая газета» № 7, 1973. [3]. В. А. Новак. Учет и анализ в условиях реформы. Изд-во «Финансы», М., 1969. [4]. В. А. Новак. Экономический анализ эффективности производства. Изд-во «Финансы», М., 1972. [5]. Проблемы теории и анализа эффективности общественного производства. Под ред. А. С. Толкачева Изд-во «Экономика», М., 1972. [6]. Расчет нормативов чистой продукции. «Экономическая газета» № 25, 1973. [7]. А. Ревзин, Л. Хрипунова. Определение уровня и динамики производительности труда на предприятиях отрасли. «Социалистический труд» № 7, 1971.

Поступила 12 июля 1973 г.

УДК 634.0.784

СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕСОСЕЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА НА ЛЕСОЗАГОТОВКАХ

С. В. ПОЧИНКОВ
ЦНИИМЭ

Рассмотрена система оптимизационных экономико-математических моделей лесозаготовительного процесса, изложены некоторые принципы согласования расчетов по отдельным моделям, перечислены эндогенные и экзогенные параметры моделей.

Для комплексного решения сформулированных нами ранее** проблем предлагается система моделей, содержащая:

* По натуральному составу валовая и товарная продукция в гидролизной промышленности одинаковы.

** С. В. Починков. О постановке задач оптимизации транспортного процесса на лесозаготовках. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1973.

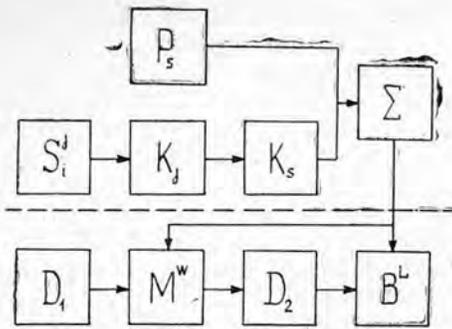


Рис. 1. Система моделей оптимизации параметров лесосечно-транспортного процесса.

P_s — модель оптимизации параметров лесосечевого процесса, плотности и структуры дорожной сети в массиве для транспортной схемы ступенчатости s ;

S_i^j — модель обоснования типа транспорта и оптимизации параметров транспортных и погрузочно-разгрузочных средств по ступени i контура j ;

K_j — модель оптимизации параметров транспортного процесса в многоступенчатом контуре j ;

K_s — модель оптимизации контурности транспортной схемы ступенчатости s ;

Σ_s — модель оптимизации ступенчатости транспортной схемы;

D_1 — модель разбиения массива W на элементарные базы W^L ;

M^W — модель оптимального размещения магистральных путей в массиве;

D_2 — модель разбиения W^L на зоны и элементарные базы W^{Cr} ;

B^L — модель оптимального размещения веток в W^L .

Принципиальная схема взаимосвязей между перечисленными моделями показана на рис. 1.

Представленная система моделей может быть условно подразделена на два уровня. Модели верхнего уровня (P_s , S_i^j , K_j , K_s , Σ_s) позволяют получить общее решение проблемы оптимизации лесосечно-транспортного процесса. Модели нижнего уровня (D_1 , M^W , D_2 , B^L) используются для оптимизации процесса и размещения транспортных путей в конкретном массиве или группе массивов, обладающих однородными свойствами.

Непосредственное математическое описание лесосечно-транспортного процесса дается в моделях P_s и S_i^j . Модели K_j , K_s и Σ_s служат схемами итеративного согласования результатов, полученных в P_s и S_i^j .

Совокупности эндогенных и экзогенных параметров моделей P_s и S_i^j приведены в табл. 1.

Результаты расчетов по моделям P_s и S_i^j выдаются в виде функциональных зависимостей между их эндогенными и экзогенными параметрами

$$x_i = x_i(\bar{a}),$$

где x_i — i -тый эндогенный параметр модели;
 \bar{a} — вектор экзогенных параметров модели.

Таблица 1

Модель P_s	Модель S_i^j
Эндогенные параметры	
1. Плотность и структура дорожной сети в W^L (размеры секций, расстояние между ветками и магистралями)	1. Тип лесовозной дороги (узкоколейная или ширококолейная железная дорога, автомобильная с гравийным покрытием, автомобильная с железобетонным колеиным покрытием и т. д.) по ступени i
2. Параметры лесосечных машин (скорость и грузоподъемность трелевочной машины, время обработки пачки хлыстов (деревьев) валочно-пакетирующей, сучкорезной и др. машинами и т. д.)	2. Параметры транспортных средств (нагрузка на ось, количество осей и т. д.) контура j
3. Организация и технология лесосечного процесса (количество различных типов машин в системе, количество профессиональных звеньев в лесосечной бригаде и их численность, принцип взаимодействия звеньев и т. д.)	3. Параметры погрузочно-разгрузочных средств (время погрузки пачки, время разгрузки ваза) контура j
	4. Организация транспортного процесса в контуре j (количество погрузочных и разгрузочных единиц, отношение производительности машин контура j и $j+1$).
Экзогенные параметры	
1. Грузооборот генерируемый	1. Грузооборот дорог по ступеням контура j
2. Параметры элементарных баз	2. Параметры массива и элементарных баз.
3. Стоимость транспортных путей по ступеням	3. Расстояние вывозки по ступеням контура j
4. Стоимость кубокилометра по ступеням	4. Условия дорожного строительства, качество строительных материалов
5. Зависимость стоимости лесосечных машин от их параметров	5. Организационно-технический уровень дорожного строительства
6. Динамика стоимости лесосечных машин на перспективу	6. Зависимость стоимости дорожного строительства от параметров транспортных средств по ступеням контура j
	7. Зависимость стоимости дорожного строительства ступеней 1, ..., $i-1$ от типа дороги ступени i
	8. Зависимость стоимости транспортных и погрузочно-разгрузочных средств от их параметров
	9. Динамика стоимости транспортных и погрузочно-разгрузочных средств на перспективу

Весьма существенная проблема — выбор типа функции, аппроксимирующей зависимость технико-экономических показателей машин и сооружений от их технических параметров и некоторых экзогенных показателей. Основное требование к такой функции заключается в том, чтобы она давала возможность варьировать ее параметры независимо друг от друга. Это позволит получить конечные результаты в виде «полей решений», анализ которых поможет определить основные направления научно-технических и инженерных поисков по совершенствованию конструкций машин, а также наметить варианты оптимальных планов технического развития отрасли на перспективу.

Одним из возможных вариантов такой функции может быть показательно-степенная функция вида

$$F = b_0 \prod_{i=1}^m x_i^{b_i} \exp \left\{ - \sum_{i=1}^m b_i \ln x_{0i} \right\},$$

- где F — технико-экономический показатель оптимизационной модели лесозаготовительного процесса;
 x_i — аргумент i функции F (оптимизируемый или экзогенно задаваемый параметр модели);
 x_{0i} — фиксированное значение аргумента i .

Поступила 23 апреля 1973 г.

УДК 634.0.003.13

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

О. МАГОМЕДОВ

Министерство лесного хозяйства ДАССР

Дан анализ хозяйственной деятельности лесхозов Дагестанской АССР за ряд лет. Выявлены некоторые резервы повышения эффективности производства.

Претворяя в жизнь решения XXIV съезда КПСС о всесторонней интенсификации общественного производства и повышении его эффективности, лесоводы Дагестана ведут поиски глубинных резервов производства, разрабатывают мероприятия, направленные на более полное использование природных и экономических ресурсов.

Анализ хозяйственной деятельности лесхозов за ряд лет позволяет сделать вывод, что улучшение ведения лесного хозяйства, увеличение объемов рубок ухода, промышленного производства и побочного пользования лесом позволило повысить продуктивность каждого гектара покрытой лесом площади. По сравнению с 1967 г., в 1972 г. комплексная продуктивность 1 га лесопокрытой площади возросла с 5 р. 70 к. до 11 руб. Резервы для дальнейшего роста данного показателя громадны.

Использование лесосечного фонда в 1972 г. уменьшилось на 14 тыс. м³ по сравнению с 1967 г. В связи с этим в лесхозах республики на первый план выдвигаются вопросы полной загрузки производственных мощностей и трудовых ресурсов с тем, чтобы при сокращающемся объеме лесозаготовок поднять выпуск товарной продукции и основных фондов. По сравнению с 1967 г. объем промышленного производства в лесхозах удвоился, а товарная продукция, приходящаяся на 1 м³ вывезенной древесины увеличилась с 27 руб. в 1967 г. до 33 руб. в 1972 г.

В республике немало хозяйств накопивших большой опыт по изысканию резервов производства, по интенсификации переработки древесины в существующих цехах ширпотреба. Положителен опыт пяти лесхозов: Самурского, Хасавюртовского, Буйнакского, Казбековского, Дербентского, специализирующихся на переработке древесины и дающих более 80% объема промышленного производства Министерства.

Но вместе с тем в лесхозах республики много резервов производства. В 1972 г. лесосечный фонд не использован на 21,6 тыс. м³; его использование могло бы дать дополнительно более 300 тыс. руб.

В горных лесхозах сосредоточено 87% всех лесов республики, а деревообрабатывающие цехи ширпотреба в основном находятся в равнинных районах, где имеется более 80% оборудования и техники. Толь-

ко 12 лесхозов из 16 занимаются промышленным производством, и лишь в пяти лесничествах из 41 есть деревообрабатывающее оборудование.

Положителен опыт работы лесхозов Кабардино-Балкарского управления лесного хозяйства, где все шесть лесхозов и их лесничества занимаются промышленным производством, переработкой древесины. В этом управлении в истекшем году заготовлено 117,6 тыс. м³ древесины; таков же объем заготовки и в лесхозах нашей республики.

Предприятиями Кабардино-Балкарского управления лесного хозяйства в 1972 г. выпущено промышленной продукции на 3925 тыс. руб., что почти в два раза больше, чем в Минлесхозе ДАССР. Каждый кубометр вывезенной древесины в Кабардино-Балкарии дает 9 р. 24 к. прибыли, а в ДАССР 5 р. 75 к. Рентабельность реализованной продукции у соседей 28%, а у наших лесхозов 15%. Шесть лесхозов Кабарды получили 1 млн. 191 тыс. руб., а 16 лесхозов нашей республики только 331 тыс. руб. при одинаковом уровне заготовки древесины. На 1 руб. промышленно-производственных фондов лесхозы Кабарды получили товарной продукции на 3 р. 05 к., а наши на — 1 р. 59 к.

Ежегодно лесхозы республики в порядке санитарных рубок заготавливают около 70 тыс. м³ древесины, а лесоводы Кабардино-Балкарии немного меньше (в 1972 г. — 58,3 тыс. м³). Ежегодно наши соседи вывозят в цехи ширпотреба и перерабатывают на товары народного потребления и производственного назначения около 90% этой древесины, а предприятия Минлесхоза ДАССР только 5—7% (вывезено в 1971 г. 1,2 тыс. м³, в 1972 г. — 5,3 тыс. м³), хотя лесхозы Дагестана техникой оснащены лучше.

При вывозке бюджетной древесины для последующей переработки и реализации в пределах 20—30% объемы промышленного производства увеличатся более чем на 220 тыс. руб.

Низкие технико-экономические показатели многих лесхозов ДАССР объясняются не только низким процентом переработки древесины, недостаточным использованием выделенных лесосечных фондов, но и слабой загрузкой основных фондов.

Важный фактор роста фондоотдачи — быстрое и полное освоение вводимых в действие производственных мощностей. По сравнению с 1970 г. при росте стоимости промышленно-производственных основных фондов в 1972 г. на 34% рост товарной продукции составил только 18%; в результате фондоотдача уменьшилась на 10%, или на 17 коп. на 1 руб. основных фондов.

Недостаточно используются производственные мощности в Касумкентском, Тляртинском, Сергокалинском и других лесхозах. Так, Касумкентский лесхоз, при наличии вновь созданного цеха ширпотреба с новыми станками, уменьшил объем выпуска промышленной продукции против 1971 и 1972 гг., несмотря на рост объемов заготовки и вывозки древесины.

В Тляртинском лесхозе уменьшился объем выпускаемых цехом ширпотреба товаров народного потребления и производственного назначения, а установленный план лесхоз выполняет путем закупок и реализации ореховой древесины, заготовленной в Южном Дагестане (Магарамкентском, Дербентском и других районах). Резервы лесов Тляртинского, Цунтинского лесхозов не используются для увеличения выпуска товаров широкого потребления и производственного назначения.

Фондоотдача основных фондов в 1972 г. по сравнению с 1971 г. снизилась в Дербентском лесхозе на 2 р. 99 к., в Казбековском — на 2 р. 01 к., в Хасавюртовском — на 45 коп.

Все лесхозы Министерства ДАССР располагают значительными возможностями для повышения фондоотдачи, связанными с увеличением степени экстенсивного и интенсивного использования оборудования.

Отдельным лесхозам Министерства объемы промышленного производства на 1973 г. запланированы ниже возможностей и фактически достигнутого в 1972 г. уровня, хотя объемы производства Министерства возросли против 1972 г. на 11%. Так, Дербентскому лесхозу уменьшен объем производства против уровня 1972 г. на 9,6 тыс. руб., Касумкентскому — на 10,8 тыс. руб., Кизлярскому — на 4,2 тыс. руб., Самурскому — на 50,0 тыс. руб. Цунтинский, Цумадинский, Гунибский, Ногайский лесхозы не развивают промышленного производства, хотя для этого у них есть резервы.

Показательна работа Казбековского лесхоза, организованного на базе лесничества и экономически слабого колхоза. В результате улучшения переработки древесины, полного использования лесосечного фонда объемы промышленного производства за 1972 г. увеличились в два раза по сравнению с 1970 г., а в 1973 г. намечен рост в три раза. За последние пять лет в лесхозе созданы новые леса на площади более 800 га. Такие резервы роста производства имеются во многих лесхозах.

По опыту лесоводов Кабарды в лесхозах Дагестанской республики делается многое. Небольшие пасеки, имеющиеся почти во всех лесхозах, концентрируются в четырех — пяти лесхозах; в результате экономия составит более 10 тыс. руб., повысится рентабельность пчеловодства.

Анализ и сравнение показателей работы лесоводов Чечено-Ингушетии и Кабардино-Балкарии поможет лесоводам ДАССР реализовать внутренние резервы производства, дать продукции больше, лучшего качества, с меньшими затратами.

Поступила 6 мая 1973 г.

УДК 674.093.003.1

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛАНСА ДРЕВЕСИНЫ В ЛЕСОПИЛЕНИИ

М. А. ЯСИНСКАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрены теоретические предпосылки комплексного использования баланса древесины и его экономический анализ, показано влияние выхода пиломатериалов на общий выпуск продукции и расход сырья. Данные исследования позволяют определить экономическую эффективность комплексного использования древесины в лесопилении.

Правильное решение вопроса о рациональном, комплексном использовании древесины — важная задача лесопиления. Поэтому при переработке сырья первостепенное значение имеет количественный и качественный выход всех видов пилопродукции и их взаимосвязь. Процент (или коэффициент) полезного выхода пилопродукции и обратная ему величина — коэффициент расхода сырья на единицу продукции — связаны формулой

$$K_a = \frac{1}{K_p},$$

где K_a — коэффициент объемного выхода пилопродукции из сырья;
 K_p — коэффициент расхода сырья на единицу объема пилопродукции.

Во всех случаях мы имеем равенство для определения объема получаемой пилопродукции Π

$$\Pi = Q K_v,$$

где Q — объем затраченного сырья.

Если расход сырья принять за постоянную величину, то есть поставить вопрос о том, какое количество пиломатериалов можно получить из этого постоянного количества сырья при разных величинах коэффициента (или %) выхода, то уравнение выражает прямую линию, проходящую через начало координат (рис. 1). Если примем количество сырья за 1 м^3 , то есть $Q = 1 \text{ м}^3$, то $\Pi = K_v \cdot 1$.

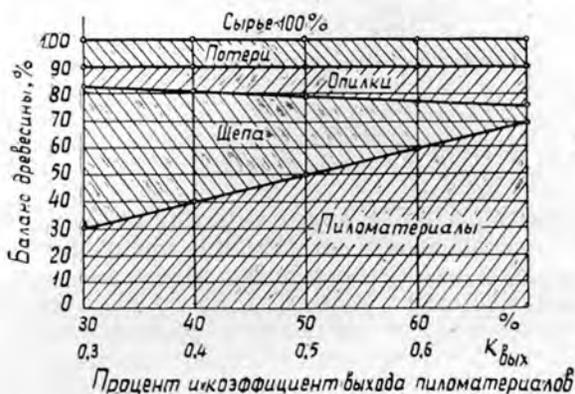


Рис. 1. Баланс древесины на 100 м^3 (или 100%) объема сырья при разном проценте или коэффициенте выхода пиломатериалов.

Практически представляет интерес отрезок прямой при абсциссе от 0,3 до 0,7, то есть при выходе пиломатериалов из сырья от 30 до 70%. За этими границами выход пиломатериалов практически мало реален.

Если же за исходную постоянную величину принять количество пиломатериалов, например, $\Pi = 1 \text{ м}^3$, то формула примет вид

$$1 = K_p K_v,$$

где K_p и K_v — величины переменные, а единица, как величина постоянная, будет составлять количество пилопродукции.

Тогда

$$K_p = \frac{1}{K_v}$$

Это формула гиперболы, приведенной на рис. 2, который показывает расход сырья и его изменение при постоянном количестве выпускаемых пиломатериалов, но при разных процентах выхода. (Эта закономерность ранее была отмечена доц. Н. О. Нехамкиным, а методическая основа анализа предложена проф. А. Н. Песоцким). Из рис. 1 и 2 видно, что если взять за постоянную величину расход сырья (например, 1 м^3 бревен), то повышение процента использования древесины при увеличении выхода пиломатериалов будет меняться по закону прямой линии. Однако в зоне малых процентов выхода увеличить его легче, чем на то же число процентов в зоне высоких выходов. Так,

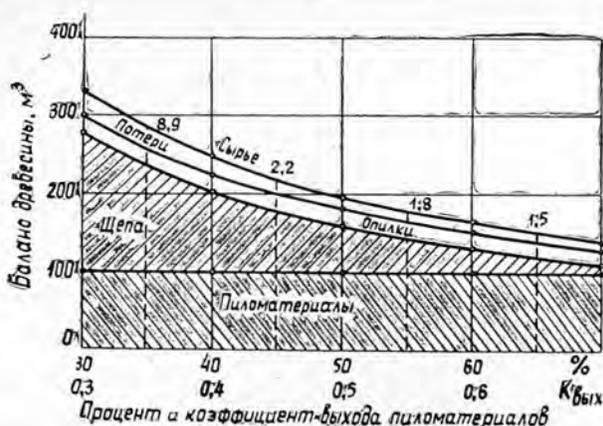


Рис. 2. Баланс древесины на 100 м³ выпуска пиломатериалов.

например, повышение выхода пилопродукции от 35 до 45% значительно уменьшает расход сырья на единицу продукции, чем повышение выхода от 55 до 65% (то есть на те же 10%).

Повышение процента выхода с 55 до 65, то есть на 10% от объема затраченного сырья, уменьшает расход сырья на $1,8 - 1,5 = 0,3$ м³, или на 17%; если же выход пиломатериалов повысить на те же 10%, но в пределах 35—45% от объема сырья, то расход снизится на $2,9 - 2,2 = 0,7$ м³, или на 24%. Поэтому особое внимание следует обращать на использование сырья и повышение выхода в зоне низких выходов пиломатериалов, например, при распиловке тонкомерных фаутных бревен. В этих случаях технические мероприятия, повышающие процент выхода пилопродукции, становятся особенно эффективными. Кроме того, повысить выход при низких его процентах обычно бывает легче, чем при высоких, так как в первом случае имеется большой резерв в сырье, чем во втором.

Сказанное еще не исчерпывает вопроса о полной экономической эффективности степени изменения выхода пиломатериалов за счет технических мероприятий и соответствующего количественного изменения выработки технологической щепы и прочих компонентов.

Примем, что полезное использование сырья на все виды продукции (пиломатериалы, щепу, опилки) составляет 90%; 10% приходится на безвозвратные потери (припуски на усушку, распыл, отсев и т. д.).

Баланс древесины исчисляли при условии, что количество опилок изменяется пропорционально выходу пиломатериалов, поскольку количество древесины, идущей на опилки, пропорционально периметру пиломатериалов, уменьшенному на половину ширины пропила. Средние размеры пиломатериалов для сравнения приняты неизменными при разных процентах выхода, поэтому процент древесины, идущей в опилки, будет пропорционален объему пиломатериалов.

Для обычных условий лесопиления при выходе пиломатериалов около 60% от объема сырья опилки составляют 10—12%. Для дальнейших расчетов при выходе пиломатериалов 60% количество опилок принимаем 12% от объема сырья, для других же процентов выхода количество опилок показано в табл. 1 (баланс древесины на 100 м³ объема сырья, %).

Таблица 1

Пиломатериалы	30	40	50	60	70
Щепа	54	42	30	18	6
Опилки	6	8	10	12	14
Всего продукции	90	90	90	90	90
Безвозвратные потери	10	10	10	10	10
Всего сырья	100	100	100	100	100

Баланс древесины на 100 м³ выпуска пиломатериалов (или в % от номинального объема пиломатериалов) характеризуют данные табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Баланс древесины, м ³ , на 100 м ³ пиломатериалов в зависимости от их выхода, %				
	30	40	50	60	70
Пиломатериалы	100	100	100	100	100
Щепа	180	105	60	30	9
Опилки	20	20	20	20	20
Итого продукции	300	225	180	150	129
Безвозвратные потери 10 % от объема сырья	33	25	20	17	14
Всего объем сырья	333	250	200	167	143

Таблица 3

Показатели	Стоимость продукции, руб., при выпуске 100 м ³ пиломатериалов в зависимости от их выхода, %				
	30	40	50	60	70
Сырье	5994	4500	3600	3006	2574
Пиломатериалы	4000	4000	4000	4000	4000
Щепа	2700	1575	900	450	135
Опилки	40	40	40	40	40
Итого	6740	5615	4940	4490	4175
Стоимость продукции на 1 руб. стоимости сырья	1,12	1,25	1,37	1,49	1,62
Стоимость пиломатериалов на 1 руб. стоимости сырья	0,67	0,88	1,11	1,33	1,56
% стоимости сырья в общей стоимости продукции	88,9	80,1	72,8	66,9	61,6
Стоимость всей продукции за вычетом стоимости сырья	746	1115	1340	1484	1601

Баланс древесины на 100 м³ пиломатериалов выразим в ценах по прейскуранту 07—03. Для примера принимаем по II поясу среднюю стоимость 1 м³: сырья (обезличенного) — 18 руб., пиломатериалов (обезличенных) — 40 руб., щепы целлюлозной — 15 руб., опилок как

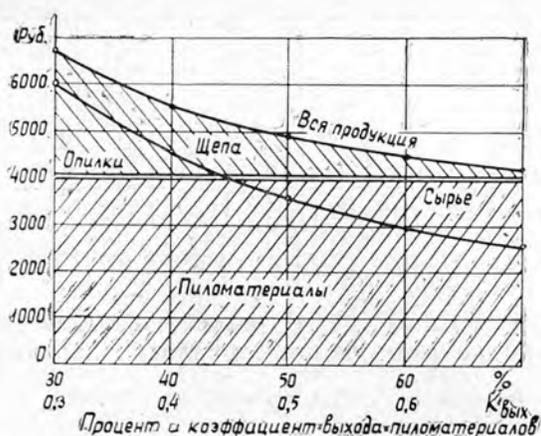


Рис. 3. Стоимость всех видов продукции в преискуранных ценах при выпуске 100 м³ пиломатериалов.

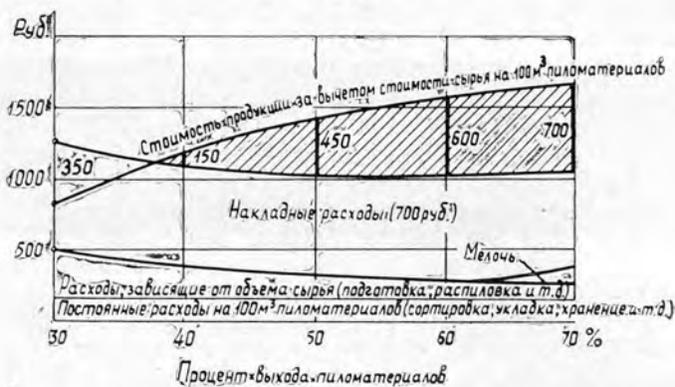


Рис. 4. Прибыль производства на 100 м³ пиломатериалов.

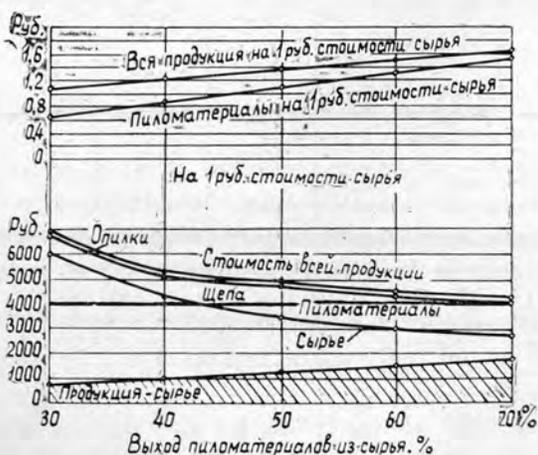


Рис. 5. Стоимость продукции и сырья на 100 м³ пиломатериалов.

гидролизного сырья — 2 руб. Стоимость продукции, входящей в состав баланса древесины, показана в табл. 3 и на рис. 3, 4 и 5.

Из рассмотрения этих данных можно сделать следующие выводы.

1. При стабильном выпуске пиломатериалов уменьшение процента выхода пилопродукции влечет за собой понижение общей суммарной стоимости всей выпускаемой продукции.

2. Повышение процента выхода пиломатериалов вызывает уменьшение расхода сырья, а вместе с этим и снижение затрат на сырье, его подготовку, хранение и транспортировку.

3. Стоимость сырья в общей стоимости полученной продукции изменяется от 61,6 до 88,9%.

4. Стоимость всей продукции за вычетом стоимости сырья, при неизменном количестве пиломатериалов (100 м³), растет по мере увеличения процента выхода.

Однако при комплексном использовании древесины нужно учитывать и другие факторы:

народнохозяйственную потребность в тех или других видах продукции, в частности, в технологической щепе;

возможность в дальнейшем вместо опилок получать стружку путем соответствующих технических мероприятий;

дополнение части пиловочного сырья, при увеличенной поставке щепы, сырьем из балансовой древесины, хотя бы с пониженным процентом выхода пиломатериалов.

Поступила 19 марта 1973 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 631.31

ИЗНАШИВАНИЕ АКТИВНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ТРАКТОРНОГО ГРУНТОМЕТА

Ю. И. КОЛЕСНИКОВ

Загорская лесная МИС

Г. И. ЛАРИН

Московский лесотехнический институт

В. А. ШУБИН

Загорская лесная МИС

Рассмотрены вопросы абразивного изнашивания активных рабочих органов лесных почвообрабатывающих машин. Показано, что вследствие износа рабочих органов мощность при фрезеровании увеличивается на 10%. Описан способ увеличения долговечности активных рабочих органов лесных машин путем применения съемных вставок из стали 65Г.

В течение ряда последних лет на Загорской лесной машино-испытательной станции изучается работа тракторных грунтометов конструкции ЛенНИИЛХа, предназначенных для устройства заградительных полос и активного воздействия на пламя при тушении лесных низовых пожаров средней интенсивности.

Рабочие органы грунтомета производят поперечное фрезерование по отношению к направлению движения трактора. Фрезерные головки вращаются навстречу друг другу и вырезают грунт. Каждая фрезерная головка состоит из ступицы и четырех соединенных с нею ножей, которые при наезде на препятствие имеют возможность поворачиваться в направлении, противоположном движению трактора. Таким образом предотвращаются поломки рабочих органов. В качестве рабочих органов применены плоские ножи (рис. 1) с выступом, подрезающим грунт со дна борозды.

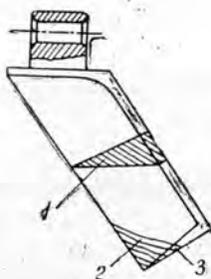


Рис. 1. Процесс изнашивания фрезерного ножа.

1 — поперечное сечение; 2 — изнашивание остова фрезерного ножа;
3 — изнашивание выступа.

Тракторный грунтомет был испытан на дерново-подзолистой почве песчаного и супесчаного механических составов. При фрезеровании почвы его рабочие органы подвергаются абразивному износу. Динамика процесса изнашивания представлена на рис. 1. Очевидно, что при работе на почвах легкого механического состава ножи, изготовленные из стали 45 и закаленные током высокой частоты (ТВЧ) на глубину 1,0—1,5 мм, оказались недостаточно износостойкими. Выступ, который подрезает грунт со дна борозды, изнашивается уже при прокладывании минерализованной полосы длиной 30—40 км; эта величина соответствует недельной производительности тракторного агрегата.

При изнашивании выступа подрезание заменяется сдвигом, при котором полоса грунта движется по передней грани ножа. Гребнистость дна борозды при этом не увеличивается. Главная режущая кромка затупляется, и между передней и задней гранями

ножа образуется радиус закругления. Его величина уменьшается к центру фрезерной головки. Появление и увеличение радиуса закругления при износе режущей кромки влияют на мощность, потребляемую при фрезеровании; отмечено, что при образовании радиуса закругления, равного 4—5 мм, мощность увеличилась на 10%.

При значительном изнашивании концов ножей уменьшается периметр фрезерования и, как следствие, количество разрыхляемого грунта. В конечном счете это приводит не только к уменьшению глубины хода тракторного грунтомета, но и к снижению устойчивости его хода в вертикальной плоскости.

Изношенные ножи фрезерных головок подлежат замене, что вызывает удорожание тракторного грунтомета в целом, так как ножи изготавливают из высококачественной стали, и технология их производства многооперационна и сложна.

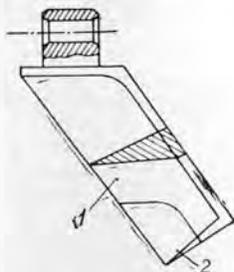


Рис. 2. Фрезерный нож со съемной вставкой.

- 1 — остов фрезерного ножа;
2 — вставка из стали 65Г.

В связи с тем, что изнашиваются только концы ножей, в последних образцах тракторных грунтометов цельные ножи заменены составными (рис. 2). Остов ножа изготавливают из стали 45 и закалывают ТВЧ на глубину 1,0—1,5 мм. Вставку изготавливают из стали 65Г, обладающей высокой износостойкостью, и закалывают до твердости 45—50 HRC. Сменные вставки соединяют с остовом ножа посредством винтов или заклепок. Периодически, по мере износа, вставки можно заменять.

Износостойкость ножей со сменными вставками значительно повысилась. Это объясняется тем, что сталь 65Г, из которой изготовлены вставки, в условиях абразивного износа значительно прочнее, чем сталь 45, из которой изготовлен остов фрезерного ножа.

Долговечность ножей также увеличилась. Упростилось обслуживание орудия, поскольку сменить вставку легче, чем весь нож. Снизилась эксплуатационная стоимость использования тракторного грунтомета.

Применение сменных вставок позволяет перейти к обоснованию выбраковочных размеров активных рабочих органов почвообрабатывающих машин. Для определения выбраковочных размеров цельных ножей требуются специальные шаблоны, которых в условиях лесхозов и леспромхозов может не быть. Износ вставки до предела, при котором начинается изнашивание остова ножа, уже сам по себе является выбраковочным размером для фрезерного ножа. Таким образом, необходимость смены вставок или изнашивание до выбраковочных размеров фрезерных ножей могут быть установлены визуально, путем ежедневного осмотра перед началом работы.

УДК 528.54

ЛЕСНОЙ ВЫСОТОМЕР

В. Ф. НЕСТЕРЕНКО

Белорусский технологический институт

Приводится описание внутрибазисного портативного дальномера-высотомера-дендрометра, позволяющего с достаточной для практических целей точностью измерять с произвольных расстояний высоту дерева и толщину его ствола.

Разработанный в Белорусском технологическом институте прибор для лесной таксации* представляет собой внутрибазисный дальномер-высотомер-дендрометр и предназначен преимущественно для измерения высот деревьев с произвольного расстояния и измерения диаметров их стволов на произвольной высоте.

* Прибор для лесной таксации. Авторское свидетельство по заявке № 1745342/10—10 с приоритетом от 7 февраля 1972 г.

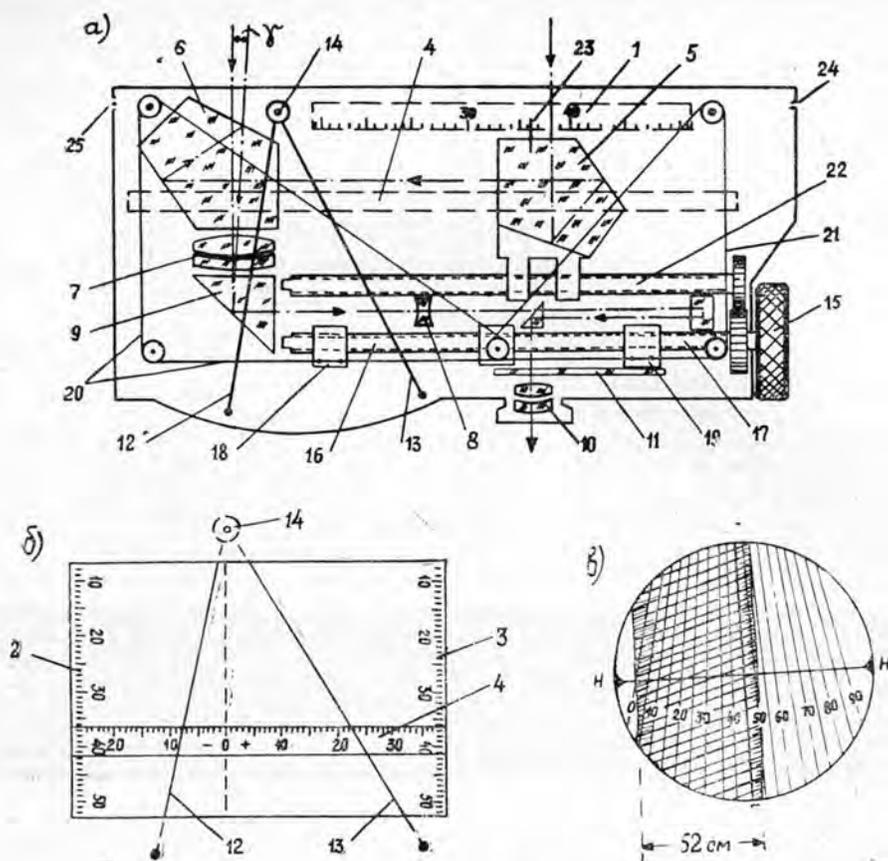


Рис. 1. Лесной высотомер.

a — оптико-механическая схема прибора; *б* — схема высотомерно-дальномерного блока; *в* — схема определения диаметра ствола дерева.

Прибор (рис. 1, *a*) заключен в пластмассовый или металлический корпус, на поверхности которого размещены шкала дальностей 1, вспомогательно-контрольные шкалы дальностей 2 и 3 (рис. 1, *б*) и подвижная шкала высот 4. Внутри корпуса помещена оптическая система дальномера двойного изображения с переменным базисом в приборе. Переменный базис образован (рис. 1, *a*) подвижной пентапризмой 5 и неподвижной пентапризмой 6, перекрывающей половину входного отверстия объектива 7. Параллактический угол γ дальномера постоянный. Изображение фокусируется с помощью линзы 8, помещенной за объективом 7 и прямоугольной призмой 9.

В фокусе окуляра 10 помещена разделительная бипризма 11 удлиненной формы с нанесенной на ней веерообразной шкалой диаметров. Блок измерения высот составлен из подвижной шкалы 4 и двух маятниковых отвесов 12 и 13, независимо арретированных на общей оси 14.

Автоматизация измерения высоты и диаметра ствола дерева с произвольного расстояния достигается зависимыми синхронными перемещениями пентапризмы 5 (измерение дальностей), подвижной шкалы 4 (установка этой шкалы в рабочее положение по дальности) и бипризмы 11 (установка шкалы высот в рабочее положение по дальности). Этой цели служит шестереночная винтовая передача (рис. 1, *a*). В нее входит наводящий винт 15 с секциями 16 и 17 равных по модулю и обратных по направлению винтовых резьб. В пределах указанных секций при вращении винта 15 движутся в противоположных направлениях в своих направляющих муфты 18 и 19, с которыми скреплены ведущие нити 20 и 21, перемещающиеся в роликовых опорах по независимым замкнутым треугольникам. К этим нитям крепится концами подвижная прозрачная пластина со шкалой высот 4. Коэффициент передачи шестеренчатой винтовой системы выбран равным 0,5, что обеспечивает пределы перемещений муфт 18 и 19, а также шкалы высот 4 до 50 мм при синхронном перемещении пентапризмы 5 до 100 мм.

К муфте 19 крепится перемещаемая бипризма 11, что позволяет автоматически вводить в поле зрения окуляра ту часть веерообразной шкалы диаметров, масштаб поперечного сечения которой обеспечивает правильный, без поправок, отсчет диаметра ствола.

Продольные перемещения пентапризмы 5 задаются вращением винта 22, который связан с наводящим винтом 15 шестеренчатой передачей. С оправой пентапризмы 5 скреплен индекс 23 для отсчета дальностей по шкале 1. Наличие трех шкал дальностей (1, 2 и 3) позволяет периодически контролировать работу передающего механизма и правильность показаний шкалы высот 4 путем сравнения отсчетов дальности.

Для визирования на низ, верх или произвольную высоту дерева служит диоптрический визир с глазным диоптром 24 и предметным диоптром 25, смонтированный в свободном пространстве корпуса.

При определении высоты дерева высотомерный блок автоматически решает два прямоугольных треугольника, образуемых переменными катетами шкалы дальностей 4 (рис. 1, б) и гипотенузами отвесов 12 и 13. Высота дерева определяется как разность отсчетов по шкале 4 в точках ее пересечения осями отвесов.

Практически при измерении высоты останавливаются на произвольном и удобном для замеров расстоянии от дерева и визируют на его ствол на уровне глаз наблюдателя. Прибор удерживают на упоре или вручную в положении, когда базис горизонтален. Вращением наводящего винта 15 совмещают два изображения дерева, видимые в окуляре 10. (На рис. 1, в разделительная грань ГГ двойного изображения показана в положении прибора, при котором базис вертикален). При таком совмещении все отсчетные шкалы автоматически устанавливаются в рабочее положение по дальности. Например, согласно рис. 1, а, отсчеты дальностей по шкалам 2 и 3 составляют 36,3 м. Такой же отсчет должен быть получен и по шкале 1.

Для определения высоты дерева прибор поворачивают окуляром вниз и, нажав кнопку арретира маятникового отвеса 12, визируют через диоптрический прицел 24—25 на низ дерева и после успокоения отвеса отпускают кнопку арретира, закрепляя этот отвес. Затем аналогичным путем визируют на вершину дерева и закрепляют отвес 13. Например, в соответствии с положением отвесов, согласно рис. 1, б, искомая высота равна $22,2 + 7,7 = 29,9$ м.

При определении диаметров ствола дерева на произвольной высоте рационально удерживать прибор на упоре в положении, когда базис вертикален. Тогда шкала диаметров устанавливается по дальности путем совмещения двойного изображения ближайших к данному сечению ствола горизонтальных его ветвей или сучьев. После такой установки небольшим разворотом прибора по азимуту совмещают изображение нулевого штриха веерообразной шкалы диаметров с изображением левого края ствола в точке пересечения нулевого штриха с нитью индекса НН (рис. 1, в). Тогда диаметр ствола определится отсчетом по веерообразной шкале в точке пересечения изображения правого края ствола с изображением нити индекса. На рис. 1, в отсчет диаметра равен 52 см.

Основные технические характеристики прибора следующие. Габариты около $170 \times 67 \times 30$ мм. Увеличение оптической системы дальномера 8—12, коэффициент дальномера 500, расстояния визирования от 8 до 50 м, относительные средние квадратические ошибки: определения дальностей 1:200, определения высот от 1:60 до 1:150. Средняя квадратическая ошибка определения диаметров составляет 0,5—1 см.

УДК 634.0. 811.1

КЛАССИФИКАЦИЯ СМОЛЯНЫХ ХОДОВ И ВМЕСТИЛИЩ В ДРЕВЕСИНЕ ХВОЙНЫХ

Е. С. ЧАВЧАВАДЗЕ

Ботанический институт АН СССР

В основу классификации смоляных ходов и вместилищ положен характер возникновения их в процессе эволюции таксона в целом и онтогенезе отдельных родов и видов. Всего выделено девять типов.

В настоящем сообщении рассматриваются весьма своеобразные структуры — смоляные вместилища и ходы. Специализированные клетки их постоянно или от случая к случаю вырабатывают смолы, играющие в жизни хвойного растения защитную роль. Некоторые авторы [1], [2] приписывают именно этой особенности хвойных их несомненное господство в холодных областях земного шара, где низкие температуры часто вызывают повреждения стволов.

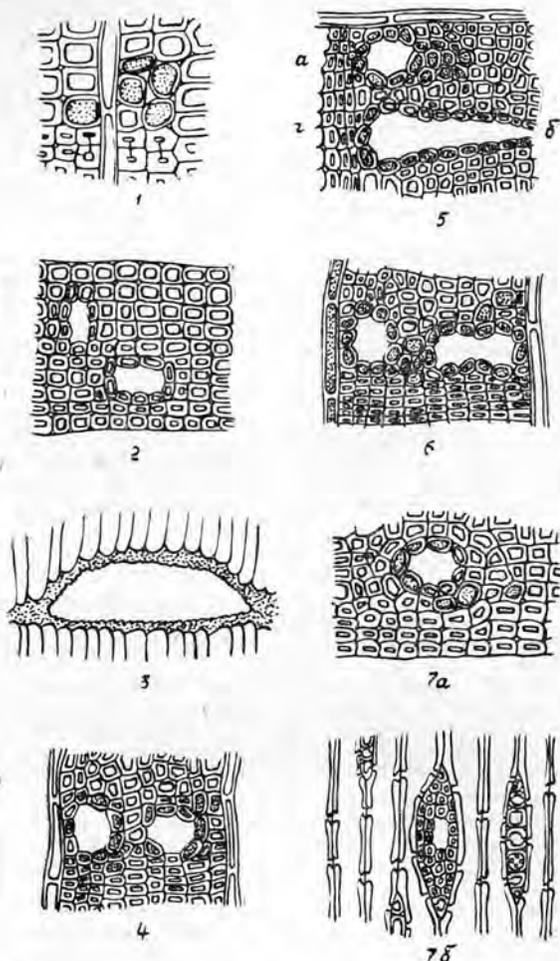


Рис. 1. Травматические смоляные вместилища и ходы.

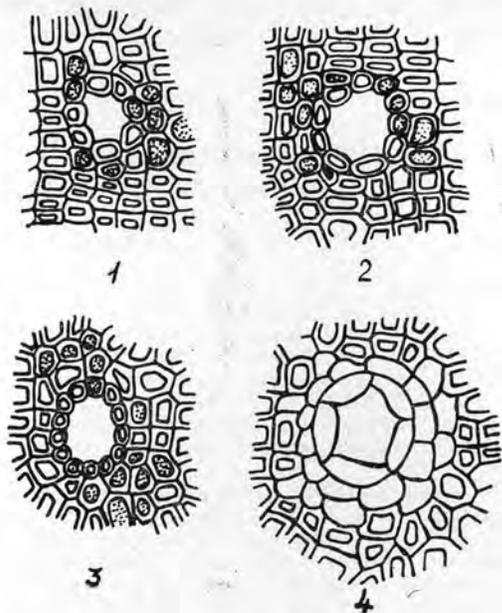
1 — *Abies firma* Sieb. et Zucc. Схизогенная полость, образованная четырьмя клетками тяжелой паренхимы; 2 — *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng. Смоляные кармашки; 3 — *Larix sibirica* Ldb. Смоляной карман; 4 — *Sequoiadendron giganteum* Buchholz. Вертикальные смоляные цисты; 5 — *ab Cedrus libani* Laws. Вертикальные и горизонтальные смоляные цисты; 6 — *Abies venusta* K. Koch. Вертикальные травматические смоляные ходы; 7 — *ab Picea excelsa* Link. a — нормальный вертикальный смоляной ход; б — нормальный горизонтальный смоляной ход.

Громадное большинство современных хвойных (за исключением, по-видимому, араукарневых) способно образовывать в древесине ствола смоляные вместилища и ходы, однако это свойство реализуется в различных семействах *Pinidae* неодинаково.

Классифицируя эти структуры, мы прежде всего обращали внимание на характер возникновения их в древесине, выделяя травматические (патологические) смолеместилища и смоляные ходы, образованные камбием в ответ на поранение, и нормальные смоляные ходы, появляющиеся как нормальный элемент древесины. Первая группа, в свою очередь, подразделяется в зависимости от типа образования и сложности организации смолеместилищ и ходов следующим образом: схизогенные полости — небольшие межклетные полости, образующиеся на стыке трех или четырех паренхимных клеток и заполненные смолой (рис. 1, 1); смоляные кармашки — небольшие межклетные пространства, возникающие схизолизигенно и не имеющие эпителиальных клеток; служат местом накопления смолы (рис. 1, 2); смоляные карманы — более или менее крупные (от нескольких миллиметров до нескольких десятков сантиметров) межклетные полости, возникающие лизигенно и имеющие форму кармана, служат местом скапливания смолы (рис. 1, 3); смоляные цисты — более или менее вытянутые межклетные полости, возникающие схизогенно и имеющие слабо выраженный эпителий, не образующий, как правило, сплошной обкладки, служат местом накопления и отчасти образования смолы (рис. 1, 4 и 5); травматические смоляные ходы — межклетные пространства значительной длины, образующиеся схизогенно и содержащие смоляные вещества, выделяемые эпителиальными клетками; последние часто не образуют сплошного слоя, мертвый слой клеток (у сосен) развит слабо, тяжелая паренхима, напротив, обильная и нередко образует сплошные тангентальные полосы (рис. 1, 6—7). Нормальные смоляные ходы отличаются от патологических меньшим количеством на единице площади и более совершенным строением: эпителий всегда выстилает

Рис. 2. Нормальные смоляные ходы.

1 — *Keteleeria fortunei* Carr. Вертикальный смоляной ход, выстланный толстостенными эпителиальными клетками; 2 — *Pseudotsuga macrocarpa* Muug. Вертикальный смоляной ход, выстланный преимущественно толстостенными эпителиальными клетками; 3 — *Larix laricina* (Duroi) K. Koch. То же; 4 — *Pinus pumila* Regel. Вертикальный смоляной ход, выстланный тонкостенными эпителиальными клетками;



канал сплошным слоем, мертвый слой (у сосен) состоит из одного или нескольких рядов клеток, плотно спаянных с наружными стенками эпителия, однако он не всегда бывает сплошным; сопровождающая паренхима располагается обычно в один-два неполных или полных ряда (иногда таких рядов паренхимных клеток может быть три и четыре — рис. 2, 1—4).

Приводим классификацию смоляных вместилищ и ходов.

I. Травматические;

- 1 — схизогенные полости (рис. 1, 1);
- 2 — смоляные кармашки (рис. 1, 2);
- 3 — смоляные карманы (рис. 1, 3);
- 4 — смоляные цисты;
 - а) только вертикальные (рис. 1, 4);
 - б) вертикальные и горизонтальные (рис. 1, 5, а, б);
- 5 — смоляные ходы;
 - а) только вертикальные (рис. 1, 6);
 - б) вертикальные и горизонтальные (рис. 1, 7, а, б).

II. Нормальные смоляные ходы;

- а) только вертикальные (с толстостенными эпителиальными клетками в том или ином количестве, преимущественно с толстостенными эпителиальными клетками в том или ином количестве — рис. 2, 1);
- б) вертикальные и горизонтальные (с толстостенными эпителиальными клетками в том или ином количестве, преимущественно с толстостенными или преимущественно с тонкостенными эпителиальными клетками в том или ином количестве, с тонкостенными эпителиальными клетками в том или ином количестве — рис. 2, 2—4).

Дополнительным признаком для характеристики нормальных горизонтальных смоляных ходов может служить число клеток (на тангентальном срезе) в центральной выпуклой части лучей, заключающей один или два хода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Яценко-Хмелевский. Основы и методы анатомического исследования древесины. М., 1954. [2]. N. T. Mirov. The genus *Pinus*. № 4, 1967.

УДК 634.0.812

УНИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ГИГРОСКОПИЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

А. М. БОРОВИКОВ, А. М. РВАНИНА

ЦНИИМОД

Указано на недопустимость отождествления понятий предела гигроскопичности и точки насыщения волокна и объяснены причины различия. Описан метод, регламентируемый ГОСТом 13337—67, и приведены результаты определения предела гигроскопичности древесины, антисептированной раствором пентахлорфенолята натрия.

В отечественной литературе предел гигроскопичности отождествляется с точкой насыщения волокна. Это справедливо для древесины, у которой кроме древесинного вещества, другие сорбенты отсутствуют. Предел гигроскопичности натуральной древесины и, особенно, древесины, пропитанной водорастворимыми антисептиками и антипиренами, отличается от точки насыщения волокна.

Смещение понятий предела гигроскопичности и точки насыщения волокна возникло из-за отсутствия (до утверждения ГОСТа 13337—67) метода определения предела гигроскопичности.

При испытаниях по ГОСТу 13337—67 образцы в виде стружек выдерживают до прекращения изменения массы при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и степени насыщенности воздуха 100%, после чего определяют их влажность сушильно-весовым методом. Конденсация пара на образцы исключается применением специализированной сорбционной установки*.

Сорбционная установка пригодна для определения равновесной влажности древесины при любой относительной влажности воздуха. Для этого вместо дистиллированной воды в установку заливают насыщенный раствор соли, обеспечивающий требуемую относительную влажность воздуха в замкнутом пространстве.

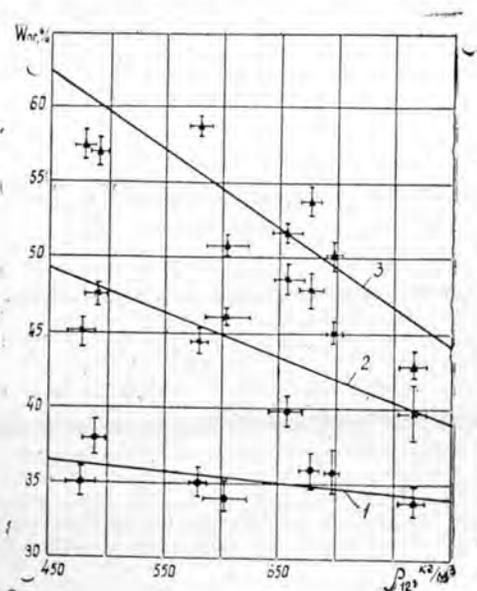


Рис. 1. Зависимость предела гигроскопичности от плотности древесины (вертикальные и горизонтальные линии соответствуют половине длины доверительных интервалов при коэффициенте доверительности 0,99).

- 1 — натуральной древесины
 $W_{гр} = 39,4 - 6,4 \cdot 10^{-3} \rho_{12}$;
- 2 — антисептированной 2%-ным раствором пентахлорфенолята натрия
 $W_{гр} = 62 - 29 \cdot 10^{-3} \rho_{12}$;
- 3 — антисептированной 5%-ным раствором пентахлорфенолята натрия
 $W_{гр} = 86 - 53 \cdot 10^{-3} \rho_{12}$.

* А. М. Боровиков. Устройство для определения предела гигроскопичности. Авторское свидетельство № 239630, кл. 42 к, 49/01.

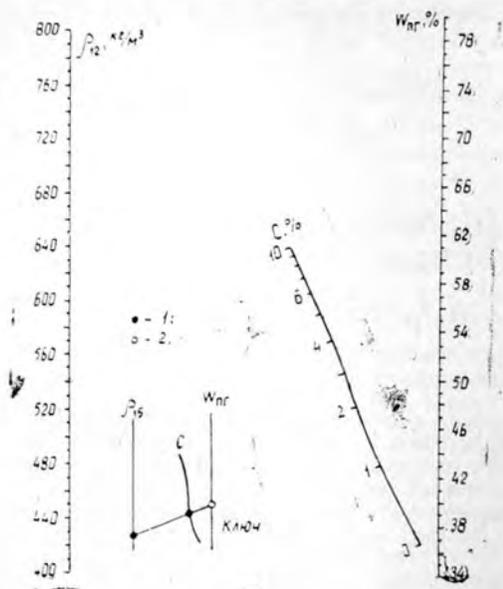


Рис. 2.

1 — данные; 2 — результат.

ГОСТ 13337—67 был использован нами для определения влияния концентрации раствора пентахлорфенолята натрия на предел гигроскопичности антисептированной древесины ели, осины, сосны, ясеня, лиственницы, березы, бука, и дуба (последовательность нанесения результатов опытов на рис. 1). Для натуральной древесины наблюдается слабо выраженная обратная зависимость (общая для исследованных пород предела гигроскопичности выше из-за добавочной гигроскопичности поглощенного пентахлорфенолята натрия, причем обратная зависимость предела гигроскопичности от плотности древесины усиливается. С увеличением концентрации раствора антисептика параметры уравнений зависимости изменяются по экспоненте.

На рис. 2 приведена номограмма для вычисления (с точностью до $\pm 3\%$) предела гигроскопичности древесины после антисептирования в растворе пентахлорфенолята натрия с концентрацией до 10%. Для построения номограммы использована формула, полученная с учетом уравнений (рис. 1),

$$W_{нр} = (88,6e^{-0,148C} - 95) \cdot 10^{-3} \rho_{12} - 90,6e^{-0,145C} + 90.$$

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 634.0.903.2

ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ЛЕСА
В БУРЖУАЗНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

А. И. ТАРАСОВ

Центральная научно-исследовательская лаборатория
туризма и экскурсий

Проблема рекреационной оценки леса оживленно обсуждается в современной буржуазной лесозоономической литературе индустриально развитых стран. Делаются попытки денежной оценки в зависимости от затрат на оборудование леса для отдыха или в зависимости от затрат лиц, посещающих леса. Разрабатываются относительные оценки на основе учета факторов качества и местоположения лесоучастков, за критерий при этом берется интенсивность посещения лесов.

В последнее десятилетие в капиталистических странах чрезвычайно быстро растет значение леса как сферы отдыха, как эффективной рекреационной территории. Люди, уставшие от интенсивного труда, постоянного нервного напряжения, утомленные городской суетой стремятся в лес, ближе к природе. Такая миграция городского населения привлекла внимание экономистов и социологов. В частности, их заинтересовала оценка рекреационных функций леса. Этим вопросом занимались в ФРГ В. Мантель, М. Продан, Г. Шпейдель, К. Рупперт, Х. Пабст; в США — А. Уоррел; в Австрии — В. Биттерлих и Г. Молнар.

Различают два вида оценок: хозяйственную (с точки зрения лесовладельца) и социально-экономическую (с точки зрения общества). Хозяйственная оценка имеет цель — показать, какие дополнительные затраты возникают в результате рекреационного использования леса. Конечно, не последнюю роль играет при этом защита интересов лесовладельцев, обоснование необходимости для них субсидий и сокращения налогов. Цель социально-экономической оценки — выявление эффективности рекреационного использования лесов по сравнению с иными конкурирующими формами их эксплуатации, иными способами извлечения земельной ренты: лесозаготовками, промышленным и жилищным строительством и т. д. Буржуазные экономисты не хотят видеть, что частная собственность является препятствием для оптимального с общественной точки зрения использования лесов.

В зависимости от способа выражения различают оценки в денежной форме и относительные (балльные). Рассмотрим вначале первые.

С общественной точки зрения Г. Шпейдель [11] и А. Уоррел [12] расценивают рекреационную функцию косвенно, по тем затратам, которые делает население ради посещения леса. Г. Шпейдель подсчитал, что такие затраты около г. Фрейбурга составили приблизительно 40 марок на 1 га. Было установлено, что около 11% посетителей приезжают в лес на своих машинах на расстояние в среднем 4,5 км, 16% — на расстояние 5,4 км на транспорте общего пользования и 73% добираются пешком на 2,6 км. Поскольку Шпейдель учитывает только затраты на транспорт, то основной контингент посетителей леса — пешеходы — остаются вне поля зрения. Именно поэтому прямая связь между интенсивностью посещения и затратами на проезд представляется нам сомнительной.

С хозяйственной точки зрения Г. Шпейдель в принципе считает возможным оценивать рекреационные функции леса по всем затратам, которые так или иначе связаны с обеспечением отдыха в лесу, но полагает, что существующая система учета

не позволяет выявить эти издержки с необходимой точностью. К рекреационным затратам относятся расходы на устройство пешеходных троп, укрытий, скамеек, площадок для игр, кемпингов, указателей, уборку мусора, дополнительное страхование леса от пожара, возмещение потерь за порчу деревьев и культур, за вытаптывание почвы, убытки, связанные с эстетической организацией территории, ущерб от сокращения продуктивности насаждений, используемых для массового отдыха. По К. Рупперту [9], перечисленные затраты применительно к франкфуртскому лесу (без учета лесоповреждений и снижения продуктивности) составили 250 марок на 1 га в год, а в пересчете на собственно рекреационную зону — 800 марок. По подсчетам Х. Пабста [6], сделанным в баден-баденском муниципальном лесу, затраты на устройство пешеходных троп, площадок, укрытий, мусорных ящиков и т. д. составляют 50 марок на 1 га, на рекреационную эксплуатацию автодорог — 177 и на предприятия обслуживания — 83 марки. Ограничение в сырьевом использовании леса в силу интенсификации социального использования оценивается убытком от 0 (80% площади) до 430 марок на 1 га (3% площади). Говоря в целом о социальной функции баден-баденского леса, Х. Пабст считает, что ее следует оценивать в 280-кратной стоимости заготавливаемой там древесины. Многие из приведенных здесь и далее цифр представляются преувеличенными, они рассчитаны явно в защиту лесовладельцев.

Наряду с рекреационными издержками, отмечаются некоторые доходы лесовладельцев: плата за посещение лесопарков, арендная плата предприятий обслуживания, плата за пользование автодорогами и канатными установками, дотации, снижение налогов на леса рекреационного значения.

М. Продан [7] оценивает социальные функции леса как произведение некоторой константы на коэффициент, величина которого прямо пропорциональна длине лесной опушки и плотности населения, но обратно пропорциональна площади леса. Это есть учитывает его дефицитность. Вообще многие авторы придают большое значение опушке как территории, наиболее привлекательной для отдыха, но с этим согласны не все. Так, по данным Х. Брюкнера [2], на 1 км углубляется в лес только 18% посетителей, от 1 до 2 км — 47%, от 2 до 5 км — 29,8% и свыше 5 км — 4,7%. Наблюдения, проведенные нами в лесах Кавказа и Крыма, также не подтверждают вывода об особой привлекательности опушки.

В. Биттерлих [1] дает рекреационную оценку как частное от деления плотности населения на расстояние до леса, Г. Молнар [5] — по группе сомножителей, учитывающих породу, класс возраста, запас, вид пользования, интенсивность рубок, период возобновления и санитарное состояние. Интервал оценки от 0,29 до 1. В. Мантель [4] оценивает лес в значительно более широком интервале по 250-балльной шкале, учитывающей 10 факторов. Х. Кимштедт [3] дает рекреационную оценку в зависимости от длины опушки в метрах на единицу площади, перепада между самой высокой и низкой частями рельефа, способов других видов лесопользования, температуры и осадков. Отмечается, что различные способы оценки допускают субъективный подход, поэтому два эксперта, используя один и тот же метод, могут получить разные результаты.

Существует метод оценки по «субституционным индикаторам» (показатели замещения). При этом делается попытка определить, каковы были бы затраты для очистки воздуха, получения чистой воды и т. д., если бы лес исчез, или по стоимости выращивания нового леса. Если Г. Шпейдель [11] считает, что такой метод, чрезвычайно неточен, то Х. Пабст [6] этим способом оценивает, например, баден-баденский лес по 4880 марок на 1 га.

В проводимых далее работах существенно то, что оценка рекреационных функций леса учитывает совместно его качество и местоположение. А. Скамони и Г. Гофман [10] оценивают качество в зависимости от привлекательности ландшафта, рекреационных помех и густоты предприятий отдыха, а местоположение — от времени проезда до леса. Результат оценки выводится как произведение коэффициента качества и местоположения. Аналогичный подход характерен для К. Рупперта [9]. Коэффициент качества он выводит на основании четырех положительных факторов (длины опушки, сочетания пород, строения леса, характера рельефа) и двух отрицательных (акустических

и оптических помех). Коэффициент местоположения определяется как сумма фактора доступности (частное от деления количества населения на расстояние до леса по прямой) и фактора дефицитности (частное от деления всей площади, тяготеющей к городу, на лесопокрытую). Радиус площади тяготения (в километрах) равен 1,4 корня квадратного из численности населения города в тысячах. Относительные оценки по отдельным пригородным лесам ФРГ дают величину от 0,41 до 7,34. К. Рупперт считает главным критерием рекреационной оценки количество посетителей в лесу. Исходя из того, что один посетитель ради поездки в лес тратит минимум две марки, делается вывод, что сумма расходов на посещение леса в расчете на 1 га варьирует соответственно от 198 до 4294 марок в год.

Выявление интенсивности посещения лесов — дело трудоемкое и дорогое. Это повлекло интерес к математическим методам, позволяющим устанавливать количество посетителей приблизительно по косвенным, но легко получаемым данным [8], как, например, по интенсивности движения транспорта, объему товарооборота в лесных киосках и т. п.

Итак, задача по оценке рекреационных функций леса вызвала много различных предложений среди буржуазных экономистов, но, сколько-нибудь надежное решение пока не найдено.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. W. Bitterlich. Vorschläge zum forstlichen Messwesen. «Allgemeine Forstzeitung», 72 (17/18), 1961. [2]. H. Brückner. Der Wald als Freizeit- und Erholungsraum. «Der Forst- und Holzwirt», 15, 1971. [3]. H. Kiemstedt. Zur Bewertung der Landschaft für die Erholung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1967. [4]. W. Mantel. Die Bewertung von Wohlfahrtswirkungen. «Allgemeine Forstzeitschrift», 20, 1965. [5]. G. Molnar. Gedanken über materielle Anerkennung der Wohlfahrtswirkungen. «Allgemeine Forstzeitung», 77 (11), 1966. [6]. H. Pabst. Zur Bewertung der Sozialfunktion des Waldes. «Der Forst- und Holzwirt», 9, 1972. [7]. M. Prodan. Zur Bewertung der Sozialfunktion des Waldes. «Holz-Zentralblatt», 57, 1967. [8]. K. Roder. Mathematisch-Statistische Schätzmethoden und Waldbesucher. «Der Forst- und Holzwirt», 19, 1972. [9]. K. Ruppert. Zur Beurteilung des Erholungsfunktion siedlungsnahen Wälder. J. D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt a. M., 1971. [10]. A. Scamoni, G. Hoffmann. Verfahren zur Darstellung des Erholungswertes von Waldgebieten. «Archiv für Forstwesen», 18 (3), 1969. [11]. G. Speidel. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg, 1967. [12]. A. Worrel. Economics of American Forestry. N. Y., 1959.

К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА НИКОЛАЯ НИКОЛАЕВИЧА НЕПЕНИНА

4 декабря 1973 г. исполнилось 90 лет со дня рождения профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Николая Николаевича Непенина, крупнейшего ученого и специалиста в области технологии целлюлозно-бумажного производства. Его имя хорошо известно не только в нашей стране, но и далеко за ее пределами.

В течение 34 лет — с 1931 г. по 1965 г. —

Н. Н. Непенин заведовал кафедрой целлюлозно-бумажного производства в Ленинградской лесотехнической академии, а с 1935 г. по 1957 г. был бессменным деканом химико-технологического факультета. Вплоть до дня своей смерти (27 марта 1967 г.) Николай Николаевич не оставлял активной работы на кафедре, руководил научными работами, студенческими дипломными курсовыми проектами, встречался с аспирантами, оказывал помощь предприятиям. Н. Н. Непениным было подготовлено более 2000 инженеров и 25 кандидатов наук.

Широкую известность получили научные работы Н. Н. Непенина. Перу его принадлежат около 100 работ в области технологии целлюлозы, являющихся крупным вкладом в развитие теории и практики целлюлозно-бумажного производства.

Еще в довоенное время Н. Н. Непениным была проведена обширная работа по выявлению пригодности еловых балансов из разных районов страны для производства сульфитной целлюлозы; результаты этой работы впоследствии использовали в промышленности при выборе точек нового строительства. В малолесных районах Советского Союза Н. Н. Непенин предложил использовать быстрорастущие листовые породы в качестве балансового сырья для производства сульфитной и сульфатной целлюлозы.

Многочисленные работы Н. Н. Непенина посвящены изучению процесса сульфитной варки целлюлозы. Н. Н. Непенин развил учение о роли основания сульфитной варочной кислоты и показал, что решающее влияние на выход и качество целлюлозы оказывает количество основания по отношению к древесине. Большое значение для теории и практики имели работы по изучению варки на растворимых основаниях. Были четко выявлены преимущества варки на натриевом основании и показана практическая возможность успешного ведения процесса при малом содержании основания в кислоте, что исключало необходимость его регенерации. Подобные исследования Н. Н. Непенин провел и в отношении варки на магниевом основании.

Работы по изучению сульфитной варки с перепуском щелока позволили теоретически обосновать этот прогрессивный метод варки, получивший широкое распространение на отечественных предприятиях. Н. Н. Непенин глубоко изучал причины «черной варки».

Большое число работ Н. Н. Непенина относится к изучению реакций углеводов при сульфитной варке и улучшению путей использования сульфитных щелоков для производства спирта, дрожжей и других полезных продуктов. В результате многолетней экспериментальной работы был разработан и внедрен в практику наших заводов метод ступенчатого отбора щелоков, что позволило увеличить съем крепких щелоков до 85—90% против обычных ранее 50%. Рекомендации Н. Н. Непенина по усовершенствованию методов варки и промывки сульфитной целлюлозы дали возможность в 2—3 раза увеличить выходы спирта и дрожжей при переработке щелоков.



В области отбелки целлюлозы Н. Н. Непениным была уточнена теория процесса хлорирования целлюлозы; получены данные, позволяющие критически оценивать различные схемы комбинированной отбелки. В связи с развитием производства целлюлозы для химической переработки Н. Н. Непенин со своими сотрудниками провел классические работы по исследованию горячего и холодного облагораживания целлюлозы. В частности, были разработаны технологические схемы, позволяющие получать облагороженную целлюлозу с содержанием до 98% α -целлюлозы.

Н. Н. Непенин провел ряд ценных работ по изучению причин смоляных затруднений, отбелки перекисями, по получению слоистых пластиков из щелочного лигнина, по изучению азотнокислого способа варки, изменения прочности целлюлозных волокон в процессе производства, по разработке методов ступенчатой бисульфит-сульфитной и сульфит-сульфатной варок и ряд других. Результаты всех этих работ в большой степени способствовали прогрессу техники и технологии целлюлозного производства.

В 1940 г. Н. Н. Непенин написал капитальный учебник-монографию «Производство целлюлозы» (65 печ. листов), а в 1956 г. учебное пособие «Технология целлюлозы, т. 1» (55 печ. листов). В этих книгах были обобщены достижения современной науки и техники, широко отражен практический опыт советских и зарубежных предприятий, освещены результаты многих его работ. На книгах Н. Н. Непенина воспитывалось не одно поколение советских студентов, их хорошо знают специалисты за рубежом, а для наших производственников они всегда служили настольным пособием.

Партия и Правительство высоко оценили заслуги Н. Н. Непенина в деле развития целлюлозно-бумажной промышленности в нашей стране: он был награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знак почета» и медалями, а в 1960 г. ему было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.

Вся производственная и научно-педагогическая деятельность Н. Н. Непенина была пронизана высоким сознанием долга, самоотверженностью и любовью к своему делу, которую он умел привить и своим ученикам. Несмотря на большую занятость Н. Н. Непенин часто бывал на предприятиях и выступал с докладами и лекциями на конференциях и семинарах. Неоднократно приезжал Николай Николаевич и в г. Архангельск, читал лекции в б. Промакадемии и в Лесотехническом институте, бывал на Соломбальском и Архангельском ЦБК.

В жизни Николай Николаевич был по-деловому строг к себе и к окружающим, но в то же время умел прощать человеческие недостатки, обладал большим чувством юмора. Его ученики, сотрудники и близко его знавшие будут всегда помнить его не только как педагога, ученого и воспитателя, но и как человека доброй отзывчивой души.

Широкие круги работников целлюлозно-бумажной промышленности, педагоги и научные работники вузов бережно хранят память о выдающемся советском ученом и крупнейшем специалисте, воспитателе молодежи проф. Николае Николаевиче Непенине.

**П. А. Демченков, Н. П. Старостенко,
И. С. Хуторщиков, Г. А. Тольский, Ю. Н. Непенин.**

Ленинградская лесотехническая академия.

Ю. Г. Бутко, Н. А. Галеева, В. Ф. Максимов.

Ленинградский технологический институт ЦБП.

Б. Д. Богомолов, Г. Ф. Прокшия.

Архангельский лесотехнический институт.

В. Л. Колесников, М. П. Музыченко, Т. В. Сухая.

Белорусский технологический институт.

СОДЕРЖАНИЕ

- В. С. Щеглова, Г. П. Кривоногов.* Определяющий год девятой пятилетки . . . 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- В. М. Еремин, В. М. Максимов.* Различия в анатомической структуре коры корня и ствола сосны обыкновенной 5
- Е. И. Иванова, Е. И. Успенский.* Биологическая активность, влажность и физико-химические свойства почв на вырубках с еловым подростом . . . 10
- П. Н. Львов, Л. Ф. Ипатов.* Изменение таксационных показателей древостоев ельника черничного в связи с зональностью лесов Европейского Севера . . . 14
- Т. Д. Сулова.* Применение химических реагентов при устройстве дорожек в дендросадах и питомниках 17
- Б. К. Теслюк, Н. К. Теслюк.* Исследование оптических высотомеров 21
- А. В. Хавроньин.* Естественное возобновление в полесозащитных лесных полосах степного Заволжья 24
- И. С. Короляк, Р. И. Томчук.* Соковыделение у березы в зависимости от диаметра ствола, температуры воздуха, календарного времени подсочки и времени суток 27

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Б. А. Ильин.* Определение оптимальной густоты сети лесовозных дорог . . . 34
- Б. В. Уваров, М. Д. Каргополов.* О расчете оптимального парка дорожно-строительных машин 38
- А. А. Митрофанов.* О начальном участке торможения плотов волокушными цепями 44
- Г. К. Ленюк.* Резонансные режимы и определение параметров гасителей подпрыгивания и галопирования лесовозного вагона 47
- В. П. Стуков.* Пространственный расчет балочных пролетных строений мостов на лесовозных дорогах по методу «упруго оседающих и поворачивающихся опор» 55

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- В. К. Пашков, В. Г. Бодалев, Э. М. Туриков, А. И. Шевченко.* Об экспериментальных методах определения критических оборотов тонких дисков . . . 63
- Г. С. Шубин.* К расчету термодинамических характеристик древесины 68
- Ю. Н. Кондратьев.* Определение перепада влажности по толщине пиломатериалов после камерной сушки 75
- К. И. Демьяновский, Н. В. Шапкина.* Ударная прочность режущих элементов зубьев рамных пил, обработанных различными способами 79
- Г. Т. Лутошкина.* Результаты исследований поверхностных явлений применительно к образованию пузырей в лаковом покрытии 83
- В. В. Рукин.** Токарная головка для обработки четырехгранных ножек фасонного сечения 89
- С. И. Карпович, Ю. В. Вихров, Н. П. Синюков.* Изменение размеров анатомических элементов древесины при увлажнении 92
- А. С. Коргушов.* Взаимосвязь уклона пил с посылкой в лесорамах с непрерывной подачей 96
- Е. М. Боровиков.* Влияние породы древесины на силы резания и отжима при рамном пилении 101
- М. Г. Мингазов.* Решение задачи оптимизации при построении осциллирующих режимов сушки 105

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- С. И. Шайдурова, В. Б. Некрасова, Л. А. Александров, А. Л. Агранат.* Получение очищенного фитостерина 108
- А. К. Анпилогов, Е. Д. Гельфанд.* Извлечение неотмытых сахаров из гидролизованного лигнина путем прессования 114

<i>А. Л. Трухтенкова, Г. М. Скурихина, В. И. Юрьев, Г. Л. Бурков.</i> Влияние вида целлюлозы на ее сорбционную способность	117
<i>Л. З. Обласова, Г. Д. Харлампович.</i> Исследование токсичности антисептиков ряда фенола и нафтолов	121
<i>Н. Ф. Комшилов, М. Н. Летонмяки, З. И. Шорон, Л. И. Спиркова.</i> Влияние состава смолистых веществ черного щелока на полноту выделения сульфатного мыла	124

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>А. В. Лебедев.</i> Исследование входящих грузовых потоков автомобилей на нижние склады леспромпхозов	127
<i>Г. А. Жодзицкий, К. А. Шишкин.</i> Совместное влияние погрешности измерения и квантования на точность измерения геометрических параметров лесоматериалов	132
<i>Р. Д. Преловская, Н. И. Мырмина.</i> Оптимизация загрузки оборудования методами и параметрического программирования	139

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>А. В. Пластинин.</i> Необходимость и возможность применения показателя чистой продукции в расчетах эффективности производства на предприятиях гидролизной промышленности	146
<i>С. В. Починков.</i> Система моделей оптимизации лесосечно-транспортного процесса на лесозаготовках	151
<i>О. Магомедов.</i> Резервы повышения эффективности производства	154
<i>М. А. Ясинская.</i> Экономическое исследование баланса древесины в лесопилении	156

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>Ю. И. Колесников, Г. И. Ларин, В. А. Шубин.</i> Изнашивание активных рабочих органов тракторного грунтомета	162
<i>В. Ф. Нестеренок.</i> Лесной высотомер	163
<i>Е. С. Чавчавадзе.</i> Классификация смоляных ходов и вместилищ в древесине хвойных	165
<i>А. М. Боровиков, А. М. Рванина.</i> Унифицированный метод определения предела гигроскопичности древесины	168

ЗА РУБЕЖОМ

<i>А. И. Тарасов.</i> Оценка рекреационных функций леса в буржуазной экономической литературе	170
---	-----

<i>Л. А. Демченков, Н. П. Старостенко, И. С. Хуторщиков, Г. А. Тольский, Ю. Н. Непенин, Ю. Г. Бутко, Н. А. Галева, В. Ф. Максимов, Б. Д. Богомолов, Г. Ф. Прокшин, В. Л. Колесников, М. П. Музыченко, Т. В. Сухая.</i> К 90-летию со дня рождения профессора Николая Николаевича Непенина	173
---	-----

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Просим принять участие в заочной читательской конференции по «Лесному журналу». Ваши замечания и предложения будут способствовать улучшению содержания и оформления журнала. Пришлите, пожалуйста, ответы на следующие вопросы:

1. Ваше мнение о содержании журнала. Удовлетворяет ли его научная и практическая направленность?

2. Какие разделы следует расширить или сократить, какие ввести новые?

3. Какие статьи, опубликованные в 1972—1973 гг., Вы считаете наиболее интересными. Какие статьи не удовлетворяют по тематике и содержанию?

4. Какие вопросы желательно обсудить на страницах журнала, включая вопросы проблемного и дискуссионного характера?

5. Ваше мнение о редакционной и технической подготовке журнала.

6. Что Вы можете рекомендовать редакции для улучшения содержания и оформления журнала?

ПОРЯДОК ДЕПОНИРОВАНИЯ СТАТЕЙ

Депонирование статей осуществляется по решению редакционной коллегии журнала. Статья направляется на депонирование с согласия ее автора.

Депонированные статьи являются научными публикациями и учитываются при защите диссертаций в полном объеме.

Для депонирования статьи в редакцию должны быть представлены следующие материалы:

- а) рукопись статьи (3 экз.);
- б) краткий реферат, подписанный автором (2 экз.);
- в) аннотация, подписанная автором (2 экз.).

При оформлении статьи следует соблюдать следующие правила.

Статья представляется в редакцию журнала в мягкой папке, окончательно отработанная автором и готовая для немедленного размножения способами безаборной печати.

Текст рукописи печатается на машинке (не портативной) с яркой черной лентой через полтора или два интервала на одной стороне стандартного листа бумаги формата 21×30 см односортовой писчей.

Рукопись должна включать:

- а) титульный лист (4 первых экземпляра, один из них должен быть подписан автором);
- б) основной текст;
- в) иллюстрации;
- г) приложения;
- д) библиографию.

В рукописи все страницы (включая приложения) должны быть пронумерованы (первой страницей считается титульный лист, на ней цифра «1» не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.). Порядковый номер печатается на машинке в середине верхнего поля страницы.

Страницы рукописи должны иметь четыре поля; верхнее и оба боковых по 25 мм, нижнее — 30 мм.

Рисунки (чертежи, схемы, графики) должны быть включены в текст; если это нежелательно, их следует наклеивать (можно по 2—3 рисунка) на отдельные листы бумаги и давать приложением. Надписи следует делать на лицевой стороне.

Текст и другие элементы рукописи, отпечатанные и написанные, должны быть черными по насыщенности, контуры букв и знаков — четкими, без ореола и расплывающейся краски.

Насыщенность букв и знаков должна быть ровной в пределах строки, страницы и всей рукописи. Штриховые рисунки должны быть выполнены черной тушью на белой бумаге или на кальке с голубым оттенком.

Тоновые фотографии следует выполнять на глянцевой фотобумаге, сдавать в отретушированном виде и только приложенным.

Формулы должны быть вписаны в текст тщательно и разборчиво, обязательно черными чернилами или тушью (не шариковой ручкой). Особенно четко в формулах должны быть обозначены прописные и строчные буквы, а также индексы. Размеры знаков для формул рекомендуются следующие: прописные буквы и цифры 7—8 мм, строчные — 4 мм, показатели степени, индексы — не менее 2 мм.

Текст на иностранных языках может быть или напечатан, или целиком написан от руки (примесь частично напечатанных на пишущей машинке отдельных букв или цифр не допускается).

Экземпляры рукописи, рисунки, фотографии должны быть без пометок, карандашных и чернильных исправлений, пятен, трещин, загибов. Набивки букв на букву, дорисовка букв чернилами не разрешаются. Если допущена ошибка, слово должно быть перепечатано и вклеено.

При оформлении реферата следует руководствоваться правилами, принятыми для подготовки рукописей, издаваемых наборной печатью. Объем не должен превышать 2 страниц машинописного текста, в отдельных случаях можно включать рисунок, таблицу, основные формулы. Объем аннотации — не более одной страницы, напечатанной через два интервала. Аннотации должно предшествовать библиографическое описание материала статьи по следующему образцу:

УДК (указать).

Некоторые вопросы развития тепловых электрических станций. Иванов И. И. «Изв. вузов — Энергетика», 1972, № ...

В целях информации научных учреждений и отдельных лиц о поступивших на депонирование и размножение рукописях по точным, естественным и техническим наукам ВИНТИ выпускает аннотированный каталог, в котором сообщается номер, под которым хранится рукопись в ВИНТИ, фамилия автора, название труда, наименование учреждения, представившего труд, объем и другие библиографические данные.

Заказы на изготовление копий с депонированных рукописей по точным, естественным и техническим наукам направляются в Отдел справочной информации ВИНТИ, Москва, А-219, Балтийская ул., 14.

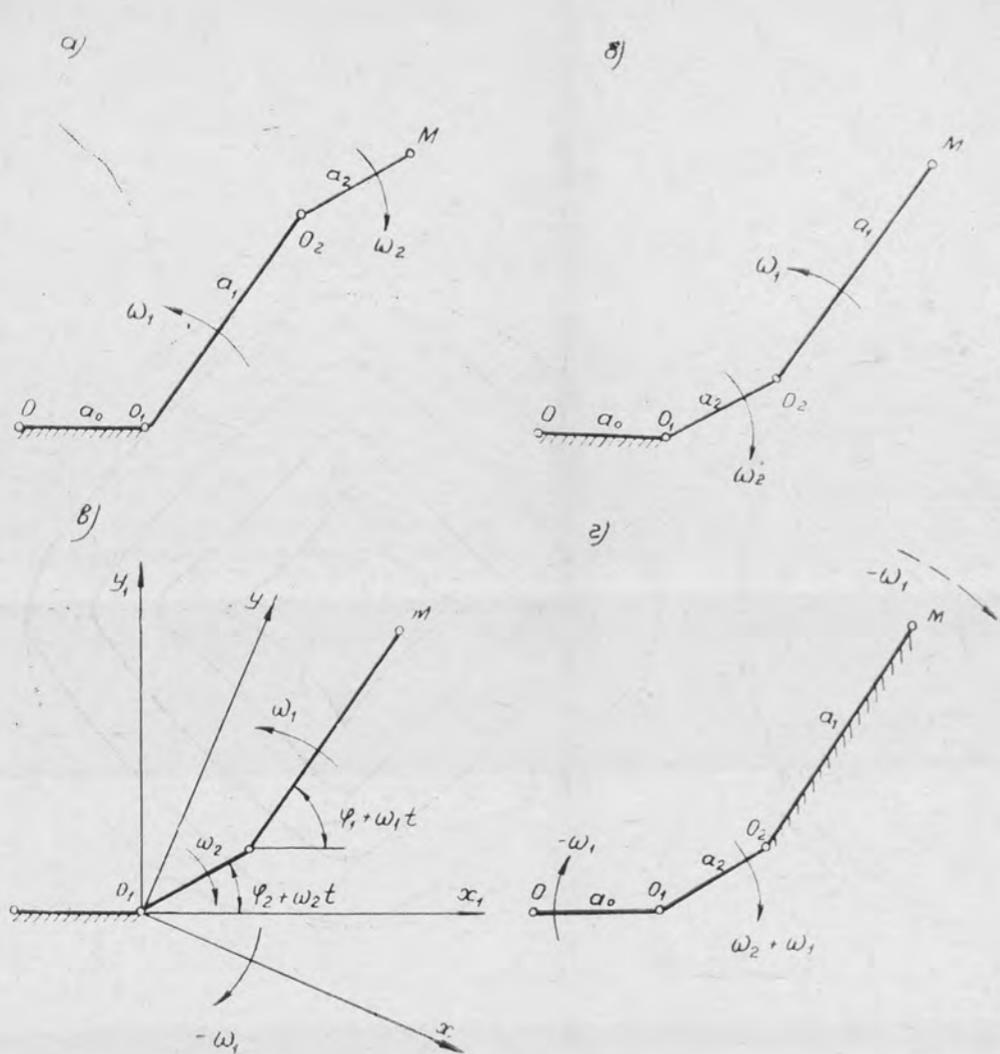


Рис. 1.

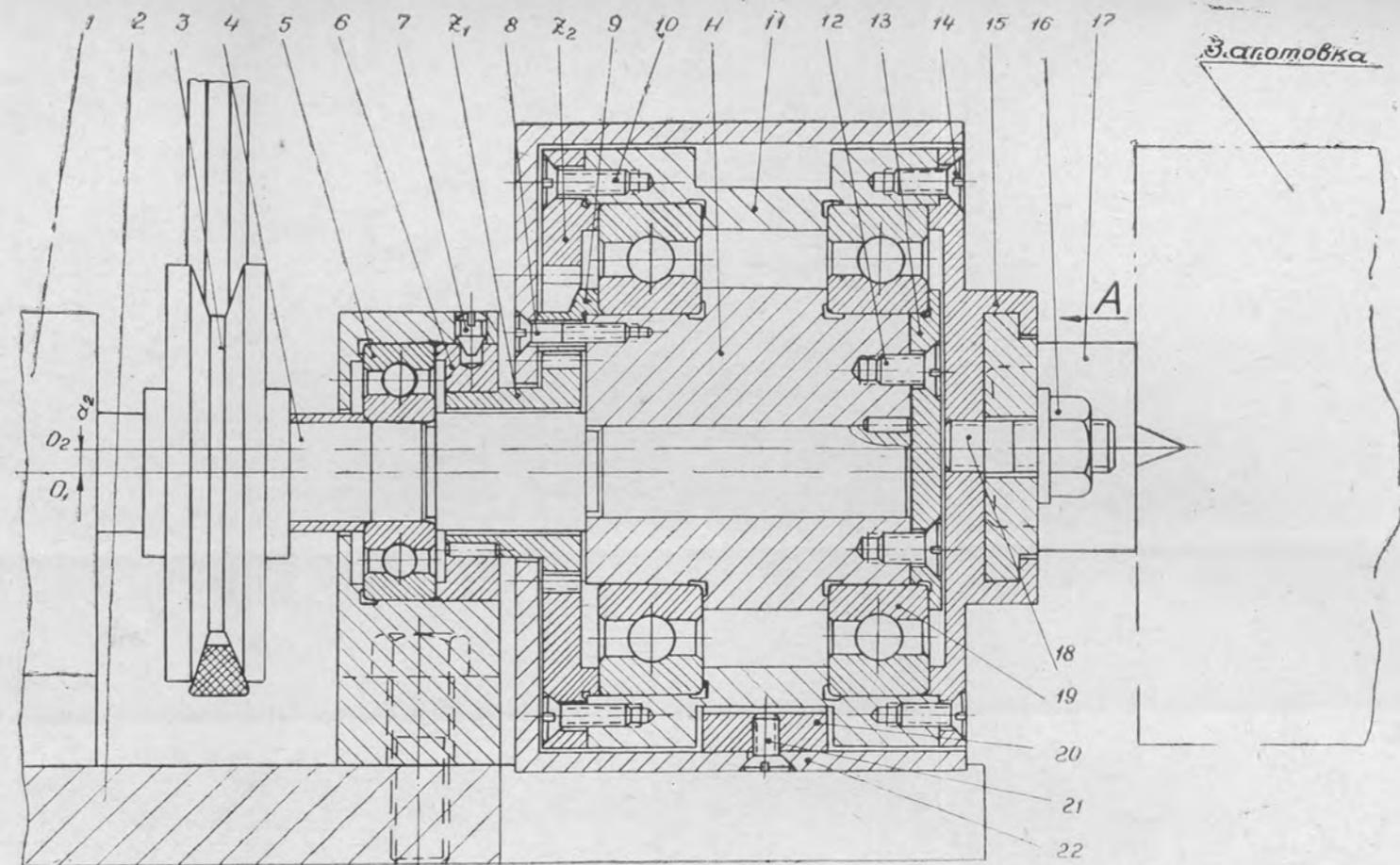


Рис. 2.

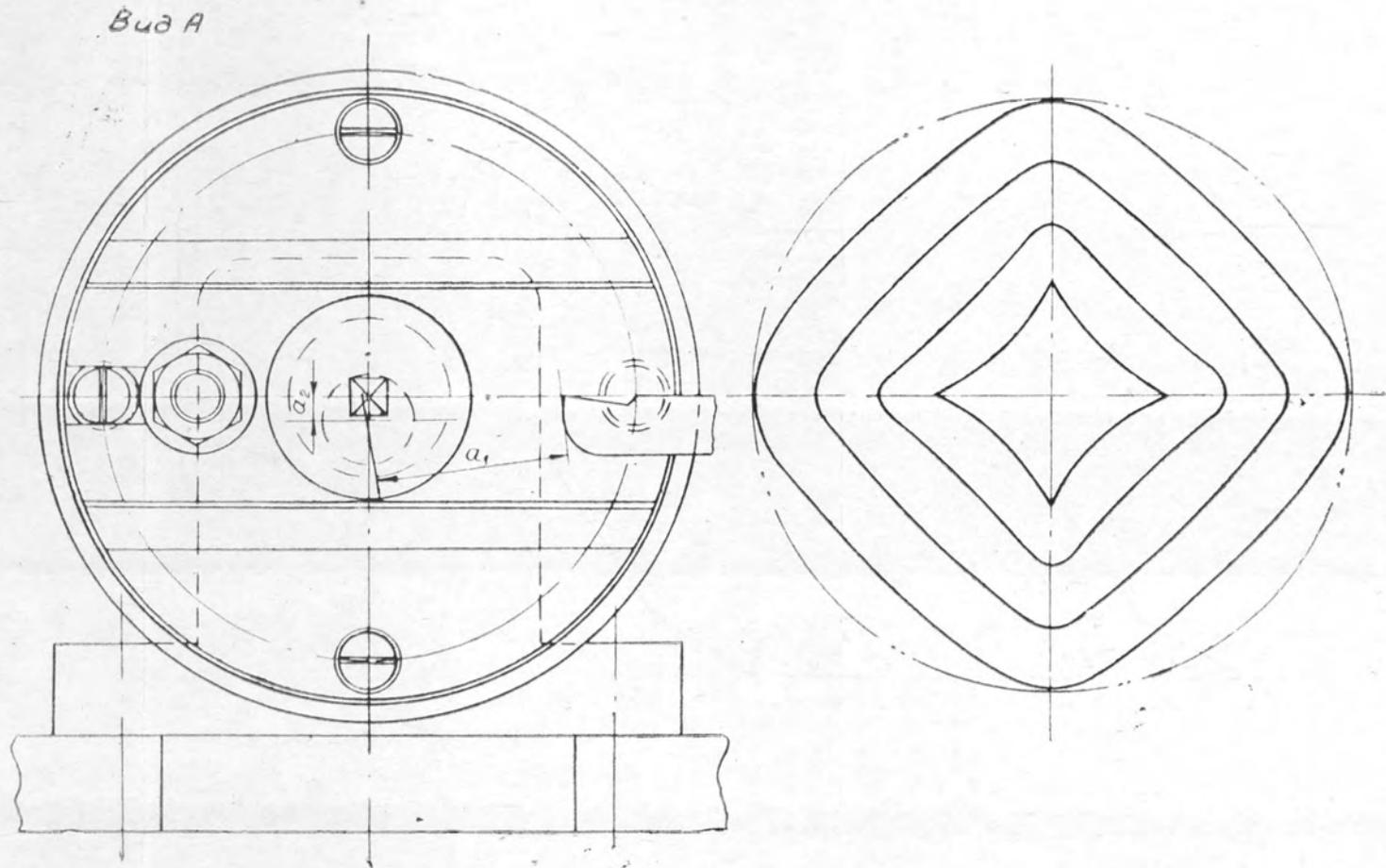


Рис. 3.

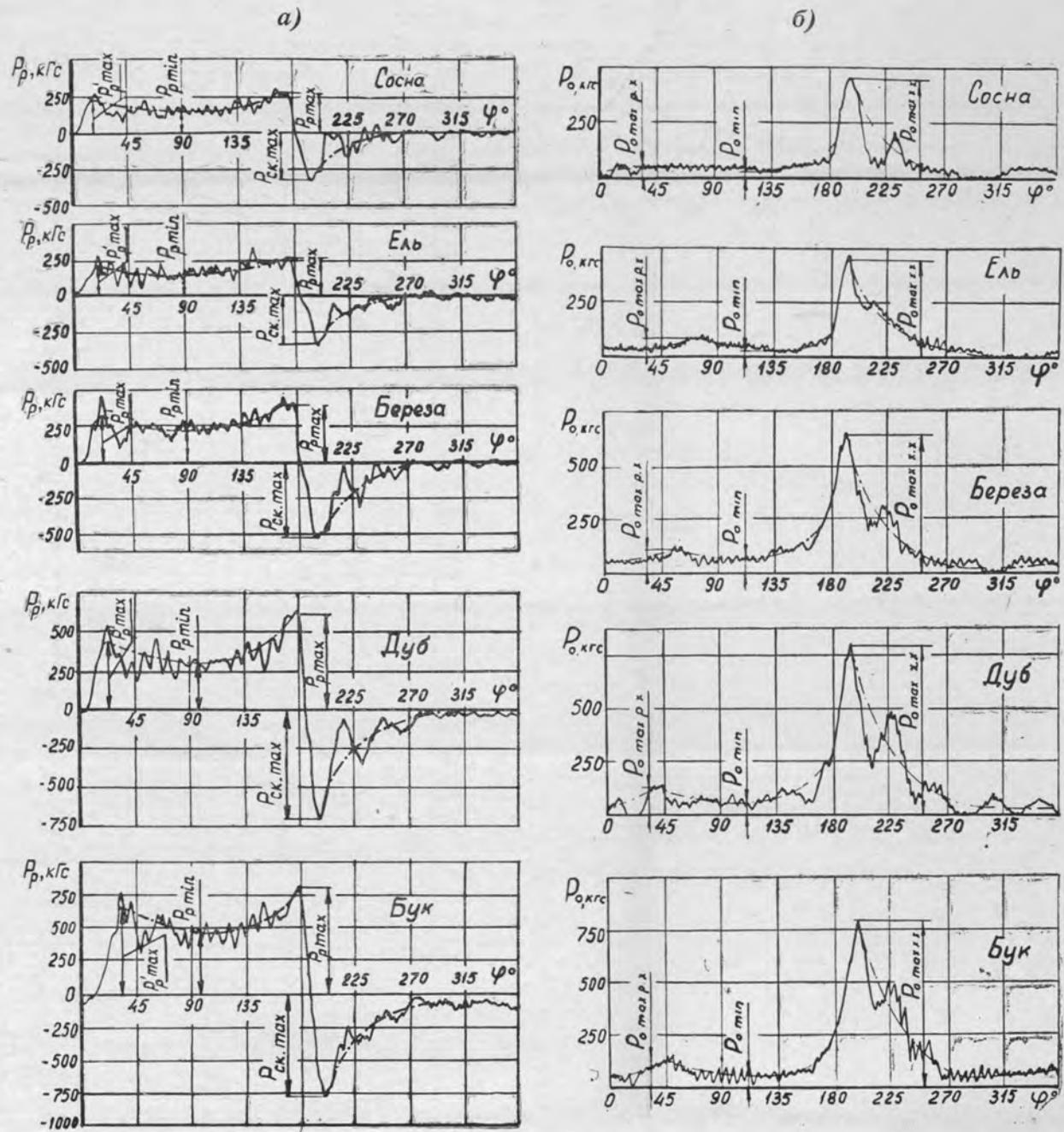


Рис. 1.

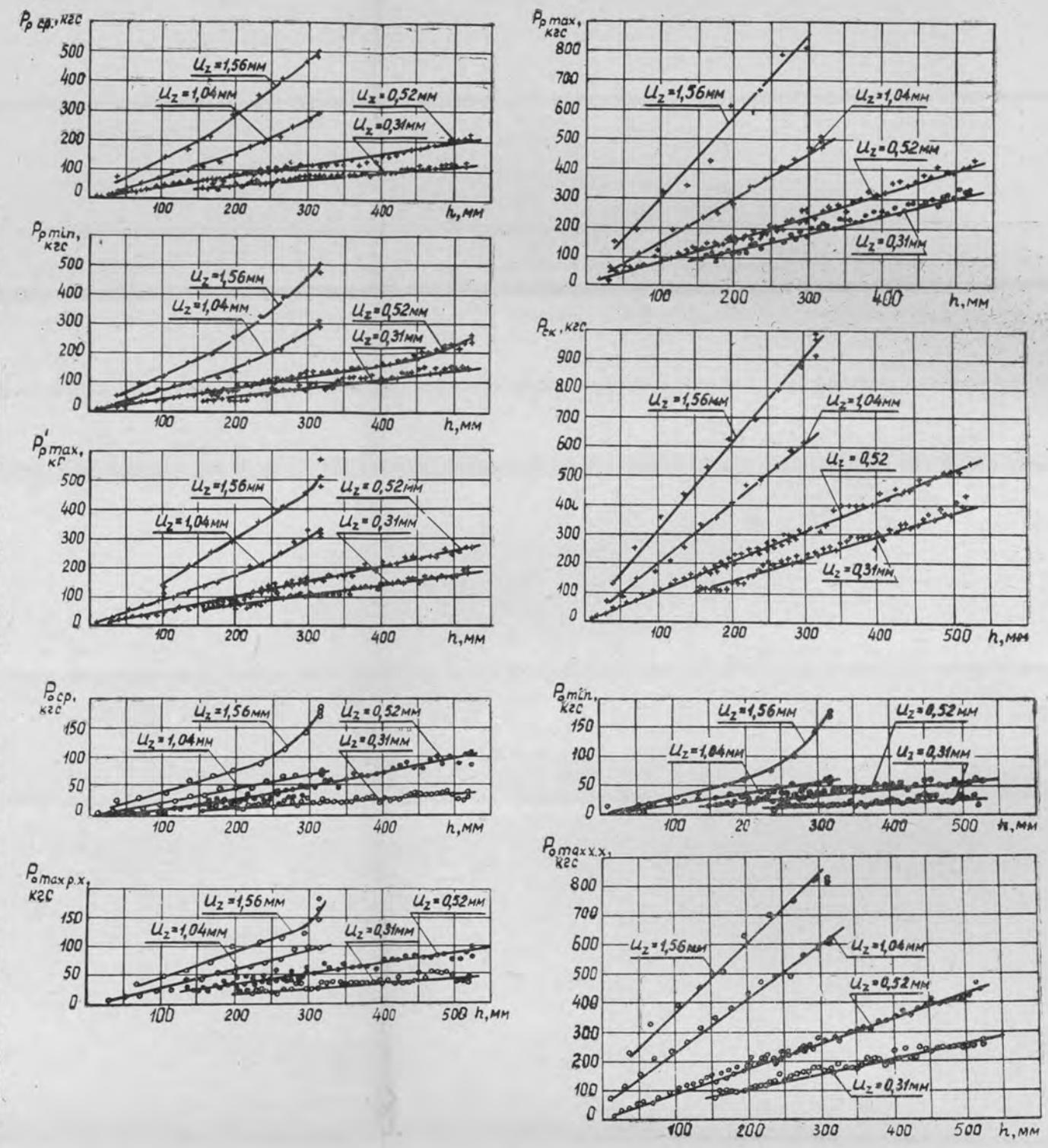


Рис. 3.

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1974 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная
В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ

