

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ДВАДЦАТЫЙ

5

1977

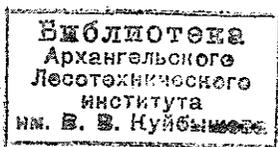
АРХАНГЕЛЬСК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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



© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5
(Год издания двадцатый)

Сдан в набор 21/IX 1977 г. Подписан к печати 25/XI 1977 г.
Форм. бум. 70X108¹/₁₆. Печ. л. 15,4 + 1 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,27.
Сл. 00053. Тираж 2150 экз. Заказ 7953 Цена 1 руб.

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

НОВЫЙ ЗАКОН О ЛЕСАХ

СССР — крупнейшая лесная держава мира. Около четверти всего мирового запаса древесины и свыше половины запаса наиболее потребляемых хвойных пород сосредоточено в наших лесах. Наши лесные ресурсы в 1,4 раза больше, чем на всем североамериканском континенте, в 6 раз больше, чем во всей Европе без СССР.

Но леса уже давно перестали быть только источниками сырья. В современных условиях резко возрастает климаторегулирующая, водоохранная, почвозащитная роль лесов, их эстетическое и рекреационное значение.

Лесные площади опромны и вполне естественно, что на них то здесь, то там появляются геологи и мелиораторы, разворачивается строительство дорог, новых предприятий, гидроузлов. В лесу теперь перекрещиваются пути не только лесозаготовителей и лесохозяйственников, но и представителей множества других ведомств. Проблемы сохранения и приумножения лесных богатств и эффективного комплексного использования многогранных полезностей леса становятся все сложнее и ответственнее.

Вот почему так важно и своевременно принятие 17 июня 1977 года Верховным Советом СССР «Основ лесного законодательства Союза ССР и союзных республик». Этот государственный акт является продолжением и развитием в новых условиях ленинского «Закона о лесах» 1918 года. Он проникнут партийной заботой об использовании этого огромного национального богатства, подробно рассматривает и утверждает современные принципы ведения лесного хозяйства, обеспечивающие наилучшее выполнение им задач коммунистического строительства.

Закон провозглашает: «Леса в СССР состоят в исключительной собственности государства и предоставляются только в пользование», образуя единый государственный лесной фонд, который представлен лесами государственного значения и колхозными.

Закон строго регламентирует установление правил и норм пользования лесами, их воспроизводства, повышения продуктивности, охраны и защиты; определение размера и порядка пользования лесом; принятие основных направлений и перспективных планов развития лесного хозяйства, использования лесных ресурсов и полезных свойств леса.

Подтверждая деление всех лесов на три группы, закон относит ко второй группе все колхозные леса, не вошедшие в первую.

Подчеркнуто, что использование лесов третьей группы для непрерывного удовлетворения народного хозяйства в древесине также не должно приносить ущерба их защитным свойствам.

В статье 19 Закона указано, что любые не связанные с ведением лесного хозяйства работы: строительные и взрывные, добыча полезных ископаемых, прокладка кабелей, трубопроводов и иных коммуникаций, буровые и др. проводятся по согласованию с государственными органами лесного хозяйства и исполкомами местных Советов и должны осуществляться способами, не вызывающими ухудшения противопожарного и санитарного состояния лесов и условий их воспроизводства.

Раздел II Закона определяет виды и сроки лесных пользований, порядок установления объемов заготовки древесины, лесосечного фонда, лесосырьевых баз, регламентирует права и обязанности лесопользователей.

В один из важнейших раздел III «Воспроизводство и повышение продуктивности лесов» входят такие вопросы, как лесовозобновление, лесоразведение, уход за лесом, работы по селекции, лесному семеноводству и сортоиспытанию, повышение плодородия почв, борьба с эрозией и др.

В Законе четко определены мероприятия по охране и защите лесов, поставлены задачи государственного учета лесов, ведения государственного лесного кадастра, лесоустройства.

«Основы лесного законодательства» находятся в полном соответствии с новой Конституцией СССР; они являются своего рода нашей «лесной конституцией». Внимательное и глубокое изучение нового закона о лесах — первоочередная и весьма ответственная задача высшей лесной школы. Содержание всех дисциплин лесохозяйственного цикла, курсов технико-экономического проектирования, технологии лесосечных работ, экономики и организации производства, советского права, основ управления и др. должно быть приведено в соответствие с новым лесным законодательством, а его положения подробно раскрыты и глубоко усвоены.

Закон о лесах должен быть внимательно изучен и в системе экономического образования преподавателей. В свою очередь, преподаватели и студенты должны принять активное участие в пропаганде нового закона на предприятиях лесного хозяйства, лесной промышленности и других отраслей.

Новый советский закон о лесах вступил в силу. Он явится мощным фактором, способствующим тому, чтобы наши леса и в настоящем, и в будущем, не скудея, еще более щедро одаряли советского человека!

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 581.821.2

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
КОРЫ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ*Picea excelsa* Link.

В. М. ЕРЕМИН

Воронежский лесотехнический институт

Наиболее четкие различия в анатомическом строении коры различных форм ели обыкновенной выявлены в структуре и степени развития повторных перидерм и степени склерификации вторичного луба.

Ель обыкновенная (*Picea excelsa* Link.), как ни одна другая порода, характеризуется сильно выраженным внутривидовым разнообразием. Исследователи отмечают постепенную изменчивость большого числа признаков, с чем связано наличие многих форм и разновидностей этого вида [11, 13, 23]. Внешняя структура коры — один из таких признаков, положенных в основу выделения форм ели; ему уделяется значительное внимание в лесоводственной и дендрологической литературе [3—5, 7, 8, 10—14, 18—21, 23, 24]. Во многих случаях форма коры тесно коррелирует с возрастом дерева, что уже давно подмечено лесоводами. В литературе есть указания на возможность определения возраста ели по внешнему облику коры [2, 15—17]. Однако большинство форм остаются специфичными на протяжении всей жизни дерева; и что особенно важно, этот признак служит определенным показателем биологических особенностей дерева — характера роста, качества ствола и древесины, устойчивости особи к болезням и вредителям. Такие сведения в литературе имеются как для ели обыкновенной, так и для других пород ([1, 6, 9—12] и др.). Нас интересовал вопрос: не является ли внешняя структура коры отражением различий во внутреннем строении ее у различных форм?

Объектом исследования служила кора стволовой части модельных деревьев ели обыкновенной четырех форм: гладкокорой, чешуйчатой, продольнотрещиноватой и пластинчатой (по И. Д. Юркевичу [20]) — рис. 1. Модельные деревья (по два каждой формы) отобраны в ельнике-зеленомошнике в Лихвинском лесничестве Чекалинского лесхоза (Тульская область). Пробная площадь размером 2 га заложена в квартале 84. Все модельные деревья отобраны на одной пробной площади. Их характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

Форма коры	Номер модели	Таксационные показатели		
		D см	H м	Возраст, лет
Гладкая	1	24,0	22,0	70—80
	2	23,5	21,5	70—80
Чешуйчатая	1	20,8	19,5	70—80
	2	21,5	20,0	70—80
Продольнотрещиноватая	1	21,0	19,5	70
	2	21,5	18,8	70
Пластинчатая	1	21,0	20,5	70—75
	2	21,5	21,0	75—80

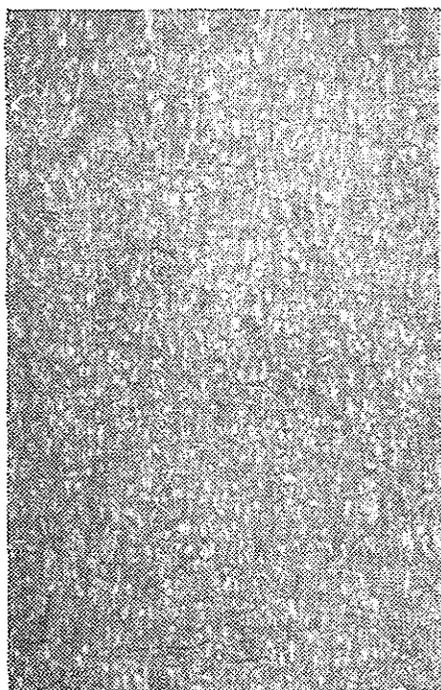
*a**b**v**z*

Рис. 1. Форма коры ели обыкновенной.
a — гладкокорая; *b* — чешуйчатая; *v* — продольнотрещиноватая; *z* — пластинчатая.

Модельные деревья были хорошо развиты, внешних признаков повреждения болезнями и вредителями не имели. Возраст деревьев определяли глазомерно, поэтому наши данные не могут служить основанием для выводов о связи роста с внешним строением коры.

Макро- и микрообразцы коры для анатомического анализа отобраны с высоты 1,3 м от почвы, зафиксированы в 96%-ном спирте, из них были изготовлены продольные и поперечные срезы, а из последних — постоянные и временные препараты (по общепринятой методике). Препараты исследовали на микроскопах МБИ-6 и МВ-30. Данные измерения элементов коры сведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Единица измерения	Форма коры			
		продольно-трещиноватая	чешуйчатая	гладкая	пластинчатая
Общая толщина коры	мм	8—9	6—7	5—5,5	7—8
Толщина корки	мм	3—5	4—5	Отсутствует	2—3
Ширина проводящего луба	мкм	105—110	130—150	130—140	130
Количество ситовидных клеток в радиальном ряду	шт.	5—7	5—7	5—7	5—7
Размер ситовидных клеток радиальный	мкм	17±0,5	21±0,4	21±0,6	21±0,5
тангентальный	"	35±0,6	29±0,6	27±0,5	35±0,9
Ширина повторных перидерм	"	400—500	400—800	—	200—400
Количество тяжей или клеток с кристаллами на 1 мм ² тангентального среза	шт.	1—5	8—13	1—3	1—5
Степень склерификации вторичного луба	%	1—3	8—10	13—15	До 5
Число лучей на 1 мм ² тангентального среза	шт.	7	7—8	7—8	5—7

Анализ этих данных позволяет заключить, что толщина коры у особей разных форм различна (примерно в одинаковом возрасте). Гладкокорые особи исследованного возраста вообще не имеют корки.

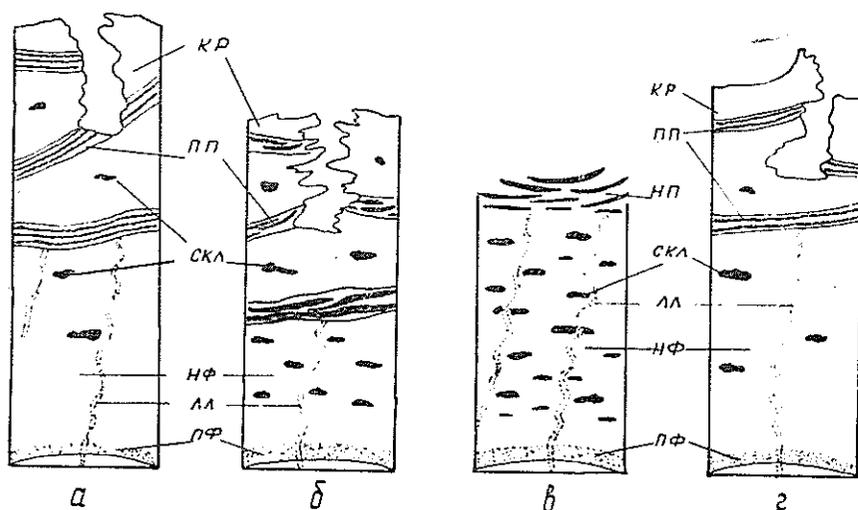


Рис. 2. Схема строения коры ели различных форм.

а — продольнотрещиноватой; б — чешуйчатой; в — гладкокорой; г — пластинчатой; кр — корка; пп — повторная перидерма; нп — наружная перидерма; скл — склерифицированные группы; лл — лубяные лучи; нф — непроводящая флора; пф — проводящая флора.

Наибольшая толщина корки характерна для особей с продольнотрещиноватой корой (рис. 2). Различия в толщине коры не могут быть объяснены разной интенсивностью камбиальной деятельности. Примерно одинаковая ширина проводящего луба и одинаковое число ситовидных клеток в радиальном ряду его говорят о том, что камбиальная деятельность у разных форм практически одинакова. Разная толщина коры объясняется, прежде всего, неодинаковой степенью деформации элементов луба у различных форм при переходе их в состав непроводящего луба и корки. У елей с большей толщиной коры наблюдается меньшая деформация элементов, более интенсивное разрастание клеток аксиальной паренхимы. Немаловажное значение имеет наличие и ширина повторных перидерм.

Меньшая ширина проводящего луба у форм с продольнотрещиноватой корой объясняется и меньшим радиальным размером ситовидных элементов по сравнению с другими формами. По количеству кристаллоносной паренхимы выделяется чешуйчатая форма, у которой на каждый квадратный миллиметр тангентального среза количество клеток с кристаллами в 3—4 раза больше, чем у других форм.

Обращает на себя внимание различная степень насыщенности вторичного луба склереидами. У гладкокорой формы склереидами занят наибольший процент площади поперечного среза, у продольнотрещиноватой — наименьший (рис. 2). На наш взгляд, факт корреляции степени склерификации и мощности корки говорит об одинаковой — защитной — функции этих структур, т. е. недостаточное развитие или отсутствие одного компенсируется более сильным развитием другого. Запасающие ткани у всех форм развиты примерно одинаково.

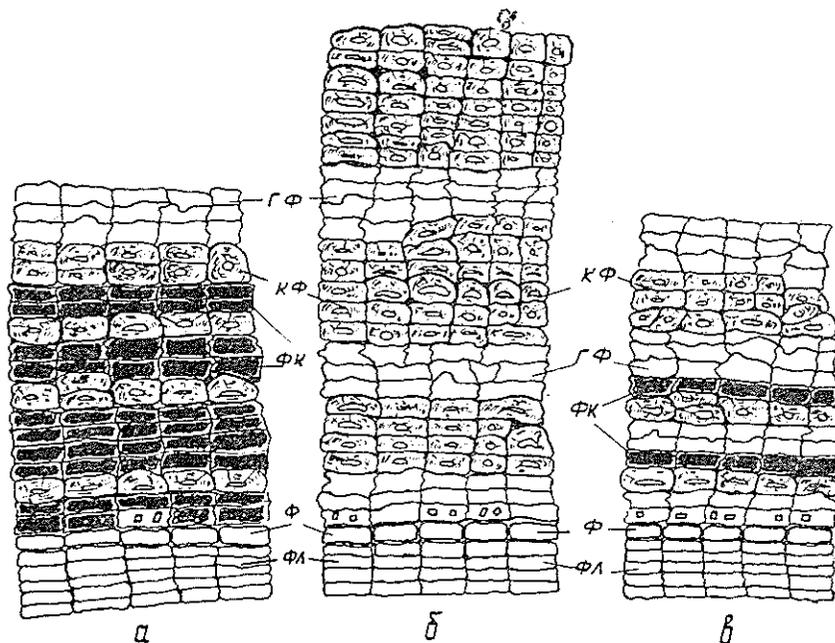


Рис. 3. Структура перидермы различных форм ели обыкновенной.
 а — продольнотрещиноватой; б — чешуйчатой; в — пластинчатой; гф — губчатая феллема; кф — каменистая феллема; фк — флобафеловые клетки; ф — феллоген; фл — феллодерма.

Наиболее четкие различия у исследованных форм ели наблюдаются в структуре повторных перидерм. Последние очень хорошо развиты у форм с чешуйчатой корой. Пробка здесь состоит из 25—30 слоев клеток, в составе феллемы наблюдаются только губчатые и каменные клетки, причем каменных в два раза больше, чем тонкостенных. У особей с пластинчатой и продольнотрещиноватой корой повторные перидермы состоят из 15—20 слоев клеток пробки, причем пробка содержит клетки трех типов: тонкостенные пустотелые, тонкостенные, заполненные содержимым, и каменные. По предложению некоторых исследователей [22], эти клетки соответственно следует называть губчатыми, флобафеновыми и склерифицированным феллоидом. Соотношение клеток разного типа в составе перидермы различно (рис. 3). Феллодерма у всех особей однотипна и состоит из 5—8 рядов уплощенных клеток. Гладкокорые деревья имеют только наружную перидерму, феллема которой состоит из губчатых и каменных клеток. Каменные клетки располагаются линзами, поэтому поверхность гладкокорых деревьев покрыта очень мелкими и тонкими чешуйками (рис. 2).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Между внешним и внутренним строением коры ели обыкновенной существует определенная корреляция.

2. Внутренние различия у особей с разной внешней формой коры заключаются в наличии или отсутствии корки, а следовательно, и повторных перидерм, в общей толщине коры, количестве кристаллоносной паренхимы, степени склерификации вторичного луба, в структуре и степени развития повторных перидерм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Божок А. А. Рост и некоторые физические свойства древесины воротничковой формы сосны обыкновенной. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 4. [2]. Волосевич И. В. К определению возраста ели по коре. — В кн.: Вопросы лесоустройства и таксации лесов Европейского Севера. Вологда, 1970. [3]. Габрилавичюс Р. Б. Кариологические исследования ели обыкновенной в Литовской ССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Каунас, Литовский государственный университет, 1973. [4]. Голод Д. С. О формах ели обыкновенной (*Picea excelsa* Link.) в Белорусской ССР. — Сборник ботанических работ Белорусского отд. ВБО. Вып. 2. Минск, 1960. [5]. Голод Д. С. Некоторые закономерности в распределении форм ели обыкновенной по типам леса. — Сборник ботанических работ Белорусского отд. ВБО. Вып. 3. Минск, 1961. [6]. Иванов С. М. Культуры ели обыкновенной в северной и центральной лесостепи ЦЧО. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Воронеж, 1974. [7]. Каппер О. Г. Хвойные породы. М.—Л., Гослесбумиздат, 1954. [8]. Москвитин А. В. Две формы ели на южной границе ее распространения. — «Лесное хозяйство», 1957, № 3. [9]. Николаюк В. А. Формы сосны обыкновенной в Брянской области и их лесоводственное значение. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Воронеж, 1972. [10]. Попов П. П. Формы ели в лесах Прикамья и их селекционно-лесоводственное значение. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Свердловск, 1971. [11]. Правдин Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР. М., «Наука» 1975. [12]. Ронис Э. Я. Формы ели обыкновенной в лесах Латвийской ССР и их лесохозяйственное значение. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Елгава, Латвийская СХА, 1966. [13]. Сукачев В. Н. Лесные породы, систематика, география и фитосоциология их. Ч. 1. Хвойные. Вып. 1. М., «Новая деревня», 1928. [14]. Федоров А. А., Кирпичников М. Э., Артюшенко З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Стебель и корень. М.—Л. Изд-во АН СССР, 1962. [15]. Хаустов Л. В. Определение возраста и прироста ели по внешнему виду коры. — В сб.: Лесоведение и лесоводство. Вып. 6. Л., 1929. [16]. Хаустов Л. В. Определение возраста ели по виду коры. — «Лесное хозяйство», 1955, № 8. [17]. Шавнин А. Г. Определение возраста ели и пихты по внешним признакам. — «Лесное хозяйство», 1967, № 3. [18]. Шиманюк А. П. Биология древесных и кустарниковых пород СССР. Изд. 2-е. М., «Просвещение», 1964. [19]. Этвѳер К. И. О выделении форм ели по внешнему виду коры. —

Сборник научных трудов Эстонской СХА, 1963, № 38. [20]. Юркевич И. Д., Голлод Д. С., Парфенов В. И. Формовой состав ели обыкновенной в лесах Белоруссии. — В кн.: Лесная генетика, селекция и семеноводство. Петрозаводск, «Карелия», 1970. [21]. Fukarek P. Die Fichte und die Fichtenwälder an ihren südlichen Arealgrenzen in der Balkanländer. — Rad. Akad. nauka i umjetn od priod i mat, nauka, 1970, Bd. 39, H. 11. [22]. Parameswaran N., Kruse J., Liese W. Aufbau und Feinstructur von Periderm und Lenticellen der Fichtenrinde. — «Z. Pflanzenphysiol.», 1976, 77, № 3. [23]. Romeder E. Individualeigenschaften unserer Waldbäume als Grundlage der forstlichen Pflanzenzeichnung. — Allgem. Forstzeitung. 1953, Bd. 8. [24]. Roudna M. Morfologicka promeklivost, puvodnich populaci Smrku v ruznych oilastech Ceskoslovenska-Rozpravy, Ceskoslovenske Akademie ved Rocnik. Praha, 1972, 82, Sest. 4.

Поступила 20 декабря 1976 г.

УДК 634.0.56

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ЗАПАСА НАЛИЧНОГО ДРЕВОСТОЯ

И. И. ГУСЕВ

Архангельский лесотехнический институт

В условно разновозрастных ельниках Севера для определения прироста запаса наличного древостоя по данным перечета с точностью 8—10% необходимо срубать не менее 20—25 учетных или средних модельных деревьев. При этом не исключены ошибки ± 14 —16%.

В таксационной практике прирост запаса наличного древостоя на временных пробных площадях часто определяют на основе перечета и по приросту срубленных стволов. Для этой цели используют средние модельные деревья по ступеням толщины или учетные, взятые статистическим методом (каждое n -е, через определенное число метров и т. д.). В еловых древостоях Севера данные способы не проверялись.

Из работ И. М. Науменко [5], Ф. П. Моисеенко и А. Г. Мурашко [4], М. Л. Дворецкого [2, 3] и др. известно, что точность определения прироста запаса древостоя зависит от количества взятых средних модельных или учетных деревьев.

При оценке точности определения прироста в разновозрастных ельниках, прежде всего, следует установить, делить ли их на возраст-

Таблица 1

Характеристика условно выделенных возрастных поколений
елового древостоя

Поколения	Доля от всего древостоя, %			Средние показатели			Прирост за последние 10 лет		
	запаса	текущего прироста	стволов	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	по объему, м ³ /га	по диаметру, см	по высоте, м
I (141—260 лет)	36,5	27,9	22,0	182	23,8	20,0	11,4	1,40	1,16
II (101—140 лет)	42,5	46,4	48,5	115	18,9	17,6	18,9	1,41	1,44
III (71—100 лет)	21,0	25,7	29,5	89	16,6	17,4	10,8	1,52	1,51

ные поколения, повышает ли такой прием точность учета прироста древостоя. Н. В. Третьяков [6] писал, что вычисление текущего прироста разновозрастного леса без расчленения на элементы леса не имеет смысла.

Проверка показала, что при определении текущего прироста запаса наличного древостоя по данным перечета с рубкой моделей деление условно разновозрастного древостоя на условные возрастные поколения не повышает точности вычисления прироста (табл. 1).

В каждом поколении взято по одному среднему модельному дереву в ступени толщины и определен прирост. Кроме того, по этим же моделям (20 шт.) вычислен прирост всего древостоя, который составил 40,8 м³/га за последние 10 лет. Прирост запаса исследуемого древостоя за тот же период, вычисленный по частям, равен 41,2 м³/га. Получилось незначительное расхождение — 1%.

Точность способа определения текущего прироста запаса с рубкой учетных деревьев, отбираемых механически, проверяли на четырех пробных площадях условно разновозрастных ельников. Было отобрано 10 вариантов по 15 и 25 учетных деревьев. Текущий прирост запаса наличного древостоя вычислен по формуле

$$Z_M = \Sigma Z_v \frac{G}{\Sigma g},$$

где ΣZ_v — сумма прироста учетных деревьев;
 Σg — сумма площадей сечения учетных деревьев на высоте 1,3 м;
 G — сумма площадей сечений на пробе.

Сумма прироста всех стволов на пробе дала истинную его величину. При взятии 15 учетных деревьев ошибки составили: средняя квадратическая $\pm 9,5\%$, а наибольшие от +24 до —14%; по 25 учетным деревьям средняя квадратическая ошибка $\pm 8,6\%$, наибольшие от +17 до —16%. Таким образом, взятие 15—25 учетных деревьев с вероятностью 0,68 обеспечивает точность определения текущего прироста запаса условно разновозрастного елового древостоя $\pm 10\%$. В отдельных случаях ошибка может достигать 20—30%.

Чтобы гарантировать точность определения прироста $\pm 10\%$ с вероятностью 0,95 (5%-ный уровень значимости), необходимо срубить 76 стволов, что не имеет практического смысла.

Точность способа определения текущего прироста запаса наличного древостоя с рубкой средних модельных деревьев по ступеням толщины проверяли на тех же четырех пробных площадях. Были испытаны два варианта: по одному и по два средних ствола в каждой 4-сантиметровой ступени толщины. В первом варианте отобрано 46 выборок (каждая по 10—12 стволов), а во втором — 20 (по 20—25 стволов в выборке). В пределах ступеней толщины модельные деревья отличались от средних вычисленных по таксационному диаметру не более 1 см, по высоте не более 1 м и второму коэффициенту формы не более 0,05. Прирост ствола по объему срубленных деревьев выравнивали графически, по прямой прироста объемов.

При использовании одной модели в каждой ступени толщины (10—12 для древостоя) получаются недостаточно точные результаты: средняя квадратическая ошибка $\pm 13,4\%$, максимальная $\pm 25—30\%$.

При использовании двух моделей в каждой ступени толщины (20—25 в древостое) средняя квадратическая ошибка составила $\pm 7,1\%$, а максимальные $\pm 10—14\%$.

Таким образом, для определения прироста запаса наличного древостоя с точностью 8—10% в таежных ельниках необходимо срубить не менее 20—25 учетных или средних модельных деревьев. При этом не исключены ошибки $\pm 14—16\%$.

В условиях Европейского Севера в последнее время прирост запаса наличного древостоя стали определять по способу М. Л. Дворецкого [3] через элементарный прирост объема ствола.

Проверка способа М. Л. Дворецкого в условно разновозрастных и разновозрастных ельниках [1] на 5 пробных площадях (взято 50

выборок) показала удовлетворительные результаты: средняя квадратическая ошибка $\pm 7,5\%$, а наибольшая $\pm 14-16\%$.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гусев И. И. Типы возрастной структуры еловых древостоев Севера. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 5, с. 5—11. [2]. Дворецкий М. Л. Определение текущего прироста по запасу древостоя со срубкой деревьев. — «Труды ПЛТИ», 1958, № 53, с. 31—42. [3]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964, 125 с. [4]. Моисеенко Ф. П., Мурашко А. Г. Определение текущего прироста насаждений. — Сборник работ по лесному хозяйству. БелНИИЛХ. Вып. 1. Минск, Госиздат при СНК БССР, 1940, с. 129—144. [5]. Науменко И. М. Достоверно ли определение текущего прироста насаждений по моделям. — «Лесное хозяйство», 1940, № 7, с. 36—41. [6]. Третьяков Н. В. О таксации текущего прироста древостоев. — Сборник трудов ПЛТИ, № 1. Йошкар-Ола, 1943, с. 39—40.

Поступила 23 мая 1977 г.

УДК 582.475 : 581.44 : 581.14 : 02/07

ФАКТОРЫ МНОГОВЕРШИННОСТИ КЕДРА КОРЕЙСКОГО

А. П. НЕЧАЕВ

Хабаровский педагогический институт

Показаны биологическое значение, причины и факторы возникновения многовершинной кроны у кедра корейского на фоне исторических и географических условий, практическое значение этого природного явления.

Подробная лесоводственная и ботаническая характеристика кедра корейского (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) и кедрово-широколиственных лесов юга Дальнего Востока изложена в трудах многих исследователей. В данной статье лишь уточняется биологическое значение и приводятся наиболее вероятные причины многовершинности кедра корейского — эндема Восточной Азии и главнейшей древесной породы Приморья и Приамурья. Впервые наша точка зрения по этой проблеме изложена в работах [8, 9].

Кедр корейский имеет зонтиковидную кустистую вершину, вынесенную над пологом широколиственных пород. Этот признак, обязательный многовершинности, позволяет наблюдателю издали распознавать отдельные деревья или группы кедров корейского, окруженных кронами липы, ильма, ореха, ясеня и др.

Изучая лесоводственные особенности кедровников, лесоводы попутно пытались выяснить причины возникновения и биологическое значение многовершинности кедров корейского. Высказывалось мнение, что с этим свойством связаны какие-то важные черты биологии, экологии, распространения данной древесной породы. Многовершинность кедров, по мнению А. А. Строгого [16], полезное биологическое приспособление, пока не поддающееся объяснению.

Научное объяснение этой проблемы имеет как теоретическое, так и практическое значение. Анализ многовершинности позволяет представить некоторые особенности происхождения древостоев кедров корейского. Крона из многих густо охвоенных вершин в отличие от одновершинных усиливает фотосинтез и транспирацию, прирост древесины и урожайность семян.

Специальных экспериментов по этой проблеме не проводили. Возможные причины многовершинности кедров корейского прежними ис-

следователями выявлялись попутно на основании визуальных наблюдений, отсюда разноречивость в толковании.

К факторам, вызывающим появление двух и более вершин в кроне кедра корейского, относили: степень плодородия и структуру почвенного покрова [4], обламывание вершины под тяжестью шишек в периоды ураганных ветров [10—12, 14] или во время обильных снегопадов [14], повреждение верхушечных побегов гусеницами бабочки-огневки [3, 7], отхлестывание почек ветвями березы ребристой [3, 11], подмерзание и последующую гибель побегов вершины [6, 13]. Существует мнение, что многовершинность — результат воздействия всех этих причин плюс механического обламывания на стадии вставания вершины в древесный полог широколиственных деревьев [6].

Несмотря на разноречивость приведенных мнений, большинство исследователей пришло к единому выводу, что многовершинность — результат воздействия временных, в основном случайных факторов. Лишь некоторые лесоводы появление многовершинности у кедра корейского связывали либо с почвенными условиями [4], либо с воздействием низкой температуры воздуха [2, 14], т. е. с постоянно действующими экологическими факторами. К сожалению, эти высказывания не получили развития в последующих исследованиях.

Перед нами встала задача — на основании критического анализа опубликованных данных и собственных более чем сорокалетних наблюдений дать объективную научную характеристику и объяснить биологическое и экологическое значение многовершинности кедра корейского.

Многовершинность возникает на определенном этапе и усложняется в процессе индивидуального развития дерева. В виргинильный период в естественных условиях под пологом древесного яруса из широколиственных пород для молодых особей кедра характерна вершина моноподиальной структуры. Перед наступлением половозрелости и семенения (100—120 лет) особи кедра внедряются кроной в сплошной древесный полог широколиственных пород [4—6]. Пробившись через этот ярус, верхняя часть кроны кедра выходит на открытую и обильно освещенную поверхность леса. С этого момента рост вершины продолжается уже выше верхнего уровня древесного полога еще на 3—5 (до 10) м.

Для каждой древесной породы в зависимости от комплекса условий существует определенный «потолок» — верхний вертикальный предел роста. Выше этого уровня почки возобновления обычно подмерзают, появившиеся побеги отсыхают и рост прекращается. Этот предел для кедра корейского на несколько метров выше уровня почти всех сопутствующих широколиственных деревьев — обитателей более теплого климата. Достигнув губительного в основном по температурному воздействию верхнего предела, центральные побеги вершины побиваются поздневесенними или раннеосенними заморозками, наиболее опасными для слабо защищенных почек и тронувшихся в рост побегов. Следом отмирают и затем обламываются потерявшие способность к росту верхнее междоузлие и весь вертикально растущий побег. В последующие годы вершина в зоне облома засыхает и отмирает до верхнего уровня леса.

После гибели вершины теневой структуры, развивавшейся внутри древесного полога из широколиственных деревьев, изменяется форма кроны кедра и постепенно возникает двух- или многовершинность. На протяжении многих лет от спящих почек в основании оставшейся живой части облома быстро друг за другом развиваются многочисленные

побеги, но уже новой, световой, структуры. Новые боковые побеги, заменяя погибшую главную вершину, постепенно загибаются кверху, вытягиваются вертикально или дугообразно, формируя многовершинность.

По мере достижения верхнего температурного предела молодые побеги вершин многократно и на разной высоте отмирают, в результате вершина кроны приобретает все более сложную структуру. Часто в центре такой кроны сохраняются полуразрушенные остатки первичной моноподиальной вершины, между развилками — рубцы от опавших кратковременных вершин промежуточных структур.

В целом весь сложный и многоэтапный процесс формирования кроны кедра корейского, принимая во внимание основное биологическое направление, можно для краткости назвать сменой вершин. Основная суть этого явления в том, что к новым экологическим условиям верхней поверхности леса оказалась неприспособленной первичная вершина теневой структуры и соответствующей и пригнанной — вторичная многовершинная крона световой структуры.

Пробившаяся через древесный полог первичная вершина подпадает под воздействие ветров, резких колебаний температуры, влажности и освещения и отмирает. В отличие от нее, вторичная многовершинная крона овально-чашевидной формы, состоящая из отходящих под углом скелетных осей, распростертых во все стороны, представляет единую и компактную систему, противостоящую неблагоприятным условиям. Такая крона обтекаема для ветров любых, в том числе господствующих, направлений. Внутри кустовидной кроны создается своеобразный микроклимат, благоприятный для вегетативных и генеративных процессов. Возникает вторичная вершина прогрессивной полиподиальной структуры, обладающая высокой энергией, способная работать в условиях изменчивого режима освещения, тепла, влажности, переносящая резкие изменения ветрового, дождевого и снегового факторов. Такая сложная морфологическая структура обеспечивает наиболее интенсивный фотосинтез, приток пластических веществ и водных растворов, быстрое формирование генеративных органов, развитие семян и созревание семян.

Многовершинность кедр корейского надо рассматривать как закономерное биологическое явление. Подобное приспособление характерно для определенных экологических условий, сочетание которых возможно лишь в кедрово-широколиственных лесах юга Дальнего Востока.

После смены вершин и появления многовершинной кроны (со 100—120 лет) у кедр корейского наступает генеративный период, продолжающийся 150—200 (300) лет до полного одряхления. Различные по половым признакам стробилы размещаются на разных уровнях кроны. Женские шишки обычно закладываются группами на верхушках боковых ветвей многовершинной кроны. Мужские колоски разбросаны по периферии ветвей средней и нижней частей кроны в пределах древесного полога широколиственных деревьев [15]. Причина подобного размещения разнополюх стробилов в пределах кроны до сих пор оставалась неизвестной. Это явление можно понять лишь в связи со сменой вершин и появлением многовершинной кроны.

В условиях высокой сомкнутости древесного полога широколиственных деревьев опыление у кедр осуществляется сперва с помощью вертикальных токов воздуха, возникающих в результате перемещения вверх легкого воздуха, нагретшегося в приземном слое. Наиболее интенсивные вертикальные воздушные течения наблюдаются в периоды

летнего солнцестояния — во второй половине июня. С ними совпадает созревание мега- и микростробиллов, осыпание микроспор и опыление кедр. Вертикальные струи воздуха пронизывают кроны деревьев, подхватывают и уносят вверх микроспоры. За верхним пределом древесного яруса вертикальные токи воздуха исчезают. Над лесом пыльца подхватывается горизонтальными токами воздуха — ветром. Опыление завершается переносом микроспор на семяпочки мегастробиллов, торчащих под углом вверх. Только при передаче пыльцы от вертикальных струй горизонтальным течениям воздуха возможно перекрестное опыление между соседними, часто далеко отстоящими друг от друга деревьями кедр с выступающими над поверхностью леса многовершинными кронами. Подобный тип опыления был бы невозможен между молодыми особями кедр, одновершинные кроны которых затерялись в древесном пологе широколиственных деревьев.

В результате смены вершин произошло отмирание первичной вершины теневой структуры, не обеспечивающей перекрестного опыления, и образование кроны прогрессивного морфологического типа, предназначенной для перекрестного опыления. В этом и заключается основное биологическое значение процесса смены вершин и многовершинности кедр корейского. На лесосеках различной интенсивности рубок закономерный процесс перекрестного опыления кедр часто нарушается. Вертикальные токи воздуха при открытом размещении сохранившихся деревьев либо вовсе исчезают, либо изменяют направление. Проникающий через разреженный древостой ветер подхватывает и уносит в сторону созревшую пыльцу, которая часто оседает на почву, кору деревьев, листья кустарников и трав. В этих условиях большинство семяпочек деревьев не опыляется и отмирает.

В еще более невыгодном положении оказываются семенники, оставленные на лесосеках с целью обсеменения вырубки, часто разбросанные на большом расстоянии друг от друга. Результат такого расположения — пустосемянность, слабый урожай, разнокачественность семян в генетическом отношении. Эти явления еще слабо изучены и не нашли отражения в Правилах рубок кедрово-широколиственных лесов юга Дальнего Востока. Эти рубки уникальных лесов страны, к великому сожалению сторонников безусловного их запрещения и охраны кедровников, все еще продолжают.

Смена вершин и появление многовершинной кроны сыграли решающую роль в становлении жизненной формы кедр корейского. Для выноса к периоду половозрелости кустистой кроны за пределы древесного полога широколиственных у дерева на протяжении более сотни лет формируется ствол, превосходящий стволы сопутствующих деревьев по высоте, диаметру, прочности и объему. Подобная опора позволяет раскинувшейся во все стороны кроне кедр противостоять обычным в условиях Приморья и Приамурья: в зимнее время — многодневным северо-западным ветрам, летом — юго-восточным муссонам с проливными дождями, в дни снегопадов — навалу снежного груза на ветвях.

Жизненная форма кедр корейского в половозрелой стадии представлена деревьями первой величины, имеющими высоту 28—30 (35) м и диаметр 50—120 (180) см, доживающими до 300—400 и более лет. Размеры кедр одного и того же возраста почти одинаковы и на восточных, и на западных склонах Южного и Среднего Сихотэ-Алиня, в Корее и на Малом Хингане. Все особенности роста дерева кедр сохраняют на всем протяжении ареала, как на северных, так и на южных пределах [1, 6, 12, 14, 16].

В условиях культуры кедр корейского на усадьбах колхозников или на плантациях лесхозов у кедр формируется моноподиальная вершина, на верхних ветвях которой к 12—15 (20) годам появляются шишки и созревают семена. Срок половозрелости в этих условиях сокращается в 5—6 раз, что практически ценно в целях получения семян. Зато такие скороспелые деревья не достигают и никогда не достигнут размеров, соответствующих лесоэксплуатационным стандартам. Это деревья 8—12 м в высоту и не более 25 см в диаметре на высоте груди, с ничтожным объемом древесины.

Анализ процесса смены вершин и явления многовершинности раскрыли некоторые не известные до сих пор детали естественного возобновления кедр корейского в природных условиях и объяснили неудачи выращивания полнодревесных форм в культуре.

Наиболее обильный и разновозрастный подрост кедр наблюдается в широколиственных лесах с полным отсутствием, реже — с единичным участием в древостое взрослых особей кедр. Широколиственные деревья — своеобразная «нянька» для подрост кедр корейского, обеспечивающая защиту молодого поколения от резких колебаний температуры и выполняющая роль подгоночных спутников. С приближением дряхлости широколиственные деревья в силу меньшей по сравнению с кедром долговечности (120—140 лет) постепенно выпадают. Роль кедр в древесном ярусе повышается, появляются чистые или почти чистые кедровники.

Исчезновение опеки широколиственных приводит к резкому сокращению числа всходов и подрост кедр на единицу площади. В чистых или почти чистых кедровниках возобновление кедр почти не выражено или представлено единично. Наконец, наступает время, когда на данном участке остается лишь старое поколение кедр — перестойный кедровник. Следующее поколение кедр может появиться только на новой территории, под пологом молодого широколиственного леса. Отсюда хозяйственный вывод — целесообразность сплошной вырубке перестойного, находящегося на стадии дряхлости кедровника.

Появление многовершинности у кедр корейского отразилось и на процессе диссеминации. Закономерному расселению кедр во все стороны способствует таежная птица кедровка, или ореховка — постоянный обитатель кедрово-широколиственных лесов Северного полушария [17]. Основную часть семян она закапывает под лесную подстилку и никогда или очень редко размещает тайные кладовки с семенами кедр в перестойных кедровниках. Запасы годовичного корма ореховка делает обычно в молодых почти чистых широколиственных лесах, находящихся на расстоянии многих километров. В этом проявляется естественный инстинкт птиц, позволяющий бороться с другими потребителями кедровых семян, число которых резко уменьшается от чистых кедровников к широколиственным лесам.

Почти постоянная во всех пунктах современного ареала жизненная форма кедр корейского, представленная в половозрелой стадии деревьями первой величины, подсказывает, что широтные и вертикальные границы распространения кедр корейского не климатические, как утверждали некоторые исследователи [1, 4, 6], а фитоценологические. Тесно связанный на первых стадиях онтогенеза с широколиственными деревьями кедр корейский лишился способности самостоятельно расширять ареал.

Кедр корейский — вовсе не реликт третичного времени юга Дальнего Востока, как это представляли некоторые авторы [6, 12, 16]. Он — недавний пришелец на территорию Приморья и Приамурья, вто-

ричный спутник широколиственных деревьев. Только под их пологом кедр корейский мог завоевать Приморье и часть Приамурья. Кедр корейский нуждается в среде, создаваемой для него широколиственными породами. В то же время развитие и распространение последних не зависит от кедра. Это наиболее существенный аргумент в пользу утверждения о вторичности кедра корейского в широколиственных лесах Дальнего Востока.

Только в сообществе с биологически и экологически неравноценными широколиственными деревьями кедр корейский получил возможность прохождения начальных фаз и теневой стадии развития, формирования моноподиальной одновершинной структуры, смены вершин и образования многовершинности, осуществления перекрестного опыления, формирования высокоствольной древесной жизненной формы. Подобное сочетание экологических факторов для кедра корейского в голоцене не могло быть в иных группировках растительности в бассейне Амура.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев В. Н. Растительный покров Малого Хингана. — «Труды ДВ ФАН СССР», 1937, т. 2. Сер. ботан. [2]. Васильев В. Н. Закономерности процесса смен растительности. — Мат. по ист., фл. и раст. СССР, 1946, т. 2. [3]. Васильев Я. Я. Лесные ассоциации Супутинского заповедника Горнотаежной станции. — «Труды Горнотаежной станции ДВ ФАН СССР», 1938, т. 2. [4]. Ивашкевич Б. А. Маньчжурский лес. Вып. 1. Харбин, 1915. [5]. Каппер О. Г. Хвойные породы. М.—Л., 1954. [6]. Колесников Б. П. Кедровые леса Дальнего Востока. — «Труды ДВ ФАН СССР», 1956, т. 2. (4). Сер. ботан. [7]. Кречетова Н. В., Штейникова В. И. К вопросу о многовершинности и плодоношении кедра корейского. — «Вопросы геогр. ДВ», 1963, т. 6. [8]. Нечаев А. П. Смена вершин кедра корейского. — «Учен. зап. Хабаровского ГПИ», 1971, т. 34. Сер. естеств. наук. [9]. Нечаев А. П. Моноподиальная форма кедрового стланика. — В сб.: Растительный и животный мир ДВ, 1976, т. 3. [10]. Овсянников В. Н. Наши ореховые сосны. — Зап. Владивостокского отд. РГО, 1929. [11]. Соловьев К. П. О многовершинности кедра корейского. — «Вопросы геогр. ДВ», 1949, т. 1. [12]. Соловьев К. П. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока и хозяйство в них. Хабаровск, 1958. [13]. Солодухин Е. Д. Еще раз о причинах многовершинности кедра корейского. — «Ботанический журнал», 1964, т. 49, № 9. [14]. Солодухин Е. Д. Лесоводственные основы хозяйства в кедровых лесах Дальнего Востока. Владивосток, 1965. [15]. Солодухин Е. Д., Солодухина А. М. Особенности семеношения кедровников. — «Лесное хозяйство», 1961, № 3. [16]. Строгий А. А. Деревья и кустарники Дальнего Востока. М.—Хабаровск, 1934. [17]. Формозов А. Н. Звери, птицы и их взаимоотношения со средой обитания. М., «Наука», 1976.

Поступила 20 июля 1977 г.

УДК 634.0.56

ЕЩЕ РАЗ О ФОРМУЛЕ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ПО ЗАПАСУ НАСАЖДЕНИЯ

П. В. ВОРОПАНОВ, В. И. ШОШИН

Брянский технологический институт

Показана несостоятельность критики формулы текущего прироста, предложенной П. В. Воропановым. На основании экспериментальных данных сделан вывод о достаточно высокой точности формулы при 10-летних интервалах возраста.

Метод определения текущего прироста по запасу насаждения на основании материалов таблиц хода роста представляет несомненный интерес. В основу предложенной П. В. Воропановым [2] формулы для определения текущего прироста по запасу положен общепризнанный

принцип, что таблицы хода роста фиксируют через определенные промежутки времени жизнь одного и того же насаждения. И сам метод построения указанных таблиц основан на подборе насаждений одного естественного ряда. Следовательно, имеющиеся в каждой таблице хода роста значения средней высоты, диаметра и видового числа насаждения для данного возраста характеризуют среднее дерево этого насаждения по высоте, диаметру, видовому числу, а следовательно, и объему. Можно определить текущий объемный прирост среднего дерева в различных его возрастах, а следовательно, и текущий прирост по запасу (господствующего полога древостоя) по формуле

$$Z_M^{\text{тек}} = \left(\frac{M_A}{N_A} - \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}} \right) N_A,$$

где M_A — запас насаждения в возрасте A лет;
 N_A — число деревьев в возрасте A лет;
 M_{A-n} и N_{A-n} — соответственно запас и число деревьев в возрасте $A-n$ лет.

После ряда преобразований можно непосредственно получить и запас отпада (промежуточного пользования) из господствующего полога

$$M_0 = M_{A-n} \left(1 - \frac{N_A}{N_{A-n}} \right),$$

где M_0 — запас отпада.

Анализируя данную формулу, А. В. Поляков и Ю. Н. Савич [4] указывают, что она дает точные результаты только в том случае, если объем среднего дерева отпада равен объему среднего дерева насаждения в возрасте $A-n$ лет, а также если число деревьев в насаждении не изменилось за n лет.

Авторы упомянутой статьи утверждают, что в реальных условиях, как правило, объем среднего дерева отпада меньше объема среднего

Возраст насаждения, лет	Текущий прирост по запасу в культурах лиственницы							
	В коре					Без		
	Исходные материалы			Расчет текущего прироста		Исходные материалы		
	Запас, м ³ /га	Количество деревьев, шт./га	Объем среднего дерева насаждения, м ³	Объемный текущий прирост среднего дерева за 10 лет, м ³	$Z_M^{\text{тек}}$ м ³ /га	Запас, м ³ /га	Количество деревьев, шт./га	Объем среднего дерева насаждения, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	121	2094	0,058	—	—	94	2094	0,045
30	220	1392	0,158	0,0100	13,9	180	1392	0,129
40	318	1036	0,307	0,0149	15,5	268	1036	0,259
50	408	826	0,495	0,0188	15,6	348	826	0,421
60	487	620	0,705	0,0210	14,6	417	690	0,605
70	555	592	0,938	0,0233	13,8	476	592	0,805
80	614	520	1,18	0,0242	12,5	528	520	1,015
90	665	466	1,42	0,0240	11,2	573	466	1,225
100	708	425	1,66	0,0240	10,2	609	425	1,430
110	745	391	1,90	0,0240	9,4	642	391	1,635
120	777	364	2,13	0,0230	8,4	670	364	1,840

дерева насаждения n лет назад. Но еще А. И. Тарашкевич [5] указывал, что отпад может происходить за счет деревьев как низких, так и высоких классов господства и во всех ступенях толщины с одинаковой интенсивностью.

Предложенный П. В. Воропановым метод расчета отпада насаждения покоится на усредненных табличных данных. Следует также помнить, что здесь идет речь об отпаде только из господствующего (основного) полога. Поэтому утверждать, что $V_0 < V_{A-n}$, по нашему мнению, неправильно. Ведь в конечном итоге все зависит от промежутка времени, от величины n . Нет сомнения в том, что, даже просто механически изменяя этот период, можно получить равенство $v_0 = v_{A-n}$, а точность формулы зависит от правильности выбора размерности n . Поскольку метод расчета текущего прироста и отпада основан на имеющихся материалах в таблицах хода роста, то и все ошибки при составлении данных таблиц сказываются на его точности. Обычно бывает очень трудно составить с высокой степенью точности таблицы по 5-летиям. Период времени меньше 10 лет, очевидно, не в состоянии фиксировать все изменения, происходящие в господствующем пологе древостоя. Это значит, что таблицы хода роста, составленные по 10-летиям, меньше страдают этим недостатком и в этом случае текущий прирост можно определять с высокой точностью. Примером могут служить таблицы К. Е. Никитина для лиственницы сибирской в культуре на Украине [3].

Расчет текущего прироста по запасу в культурах лиственницы сибирской Ia класса бонитета применительно к предложенному методу П. В. Воропанова приведен в табл. 1.

Учитывая изложенное, можно объяснить и столь большие отклонения в размерах текущего прироста по запасу, вычисленного А. В. Поляковым и Ю. Н. Савичем по формуле П. В. Воропанова на материалах пробных площадей А. Шваппаха [7]. Кроме того, их ошибкой явилось исключение из расчетов $Z_M^{\text{тек}}$ величины выборки по запасу в год наблюдения. Протаксировав насаждение и произведя выборку, мы

Таблица 1

сибирской		Абсолютный текущий прирост по запасу насаждения по К. Е. Никитину, м ³ /га	Отклонение данных К. Е. Никитина по $Z_M^{\text{тек}}$ от наших расчетных $Z_M^{\text{тек}}$ без коры, %	Запас коры, % к запасу без коры	$Z_M^{\text{тек}}$ в коре из расчета $Z_M^{\text{тек}}$ без коры + ко-ра по %, м ³ /га	Сопоставление данных гр. 6 и 15 (точность исчисления $Z_M^{\text{тек}}$ в коре), %
коры						
Расчет текущего прироста						
Объемный текущий прирост среднего дерева за 10 лет, м ³	$Z_M^{\text{тек}}$ м ³ /га					
10	11	12	13	14	15	16
—	—	—	—	—	—	—
0,0840	11,7	12,7	8,5	22	14,3	2,9
0,130	13,5	13,1	-3,0	19	16,1	3,9
0,162	13,3	12,7	-4,5	17	15,5	-0,6
0,184	12,7	11,9	-6,3	17	14,9	2,1
0,200	11,8	11,1	-5,9	17	13,8	0,0
0,210	10,9	10,4	-4,6	16	12,6	0,8
0,210	9,8	9,7	-1,0	16	11,4	1,8
0,205	8,7	8,8	1,1	16	10,1	-1,0
0,205	8,05	8,1	0,6	16	9,35	-0,5
0,205	7,45	7,5	0,7	16	8,65	3,0

обязаны учесть ее размер при дальнейшем установлении текущего прироста по запасу. Для подтверждения вывода о том, что среднее дерево отпада по размерам близко к среднему дереву n лет назад, нами использованы материалы тех же пробных площадей А. Шваппаха [6, 7]. Период времени брали близким 10 годам. Проанализировано 155 случаев для сосны и 25 — для ели (возраст деревьев 22—185 лет). Отклонения V_{A-n} от V_0 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Отклонение V_{A-n} от V_0 , %	Число случаев		
	со знаком плюс	со знаком минус	Всего
0—5,0	32	34	66
5,0—10,0	23	29	52
10,1—15,0	15	24	39
15,1—20	7	10	17
>20	4	2	6
Всего	81	99	180

Видно, что в рассмотренных случаях нет систематического превышения размеров среднего дерева в возрасте $A-n$ лет над размерами среднего дерева отпада в возрасте A лет. Среднее арифметическое отклонение размеров V_{A-n} от величины V_0 составляет $\pm 8,1\%$. В 62 случаях, когда изучаемые отклонения по объему больше 10%, среднее арифметическое отклонение их не превышает 14,8%.

Метод повторных измерений зависит от точности таксации древесных запасов и величины выборки. По мнению В. В. Антанайтиса и В. В. Загреева [1], при небольшом промежутке времени между замерами ошибки в определении текущего прироста могут быть такими, что получаемые результаты теряют всякое значение. Этим можно объяснить отдельные случаи значительного отклонения V_{A-n} от V_0 .

Приведенные примеры и вытекающие из них выводы позволяют говорить о достаточной точности определения текущего прироста по запасу господствующего полога по формуле П. В. Воропанова при использовании существующих таблиц хода роста. Лучшие результаты получаются при использовании упомянутых таблиц, составленных по 10-летиям.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антанайтис В. В., Загреев В. В. Прирост леса. М., «Лесная промышленность», 1969. [2]. Воропанов П. В. Текущий прирост и запас отпада в насаждении. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 4. [3]. Никитин К. Е. Лиственница на Украине. Киев, «Урожай», 1966. [4]. Поляков А. В., Савич Ю. Н. К исчислению текущего прироста и запаса отпада в насаждении. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 3. [5]. Тарашкевич А. И. Процесс отпада стволов. — «Лесное хозяйство и лесозащита», 1935, № 11—12. [6]. Schwappach A. Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände in Preussen. Neudamm, 1902. [7]. Schwappach A. Die Kiefer. Neudamm, 1908.

Поступила 11 июня 1976 г.

УДК 634.0.561

МЕТОД КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ПО ОБЪЕМУ

В. В. УСПЕНСКИЙ, Г. А. ГРИГОРОВА

Воронежский лесотехнический институт

На примере культур сосны статистически обоснован метод качественной оценки Z_V^T по боковой поверхности стволов, которая распределена по категориям годности и крупности в зависимости от среднего диаметра древостоя.

Растущая интенсификация лесного хозяйства требует более точного учета текущего прироста по запасу Z_V^T . На протяжении последних 20—30 лет разработано и усовершенствовано много способов определения Z_V^T отдельных стволов и древостоев [1, 2, 5, 6]. Тем не менее поиски более точных методов оценки текущего прироста продолжают как в нашей стране, так и за рубежом. Особое внимание отводится качественному учету Z_V^T , необходимость которого была подчеркнута в резолюциях Всесоюзных совещаний по текущему приросту в Риге (1972 г.) и в Бресте (1975 г.).

По мнению ряда ученых, для экономической оценки эффективности лесохозяйственных мероприятий должны быть улучшены методы определения Z_V^T с учетом качества. И. В. Воронин [4, 7] предлагает определять прирост древесины в таксовых ценах как разность между стоимостью запаса древостоя в настоящее время и n лет назад. В. А. Бугаев [3] это предложение развивает дальше. Это, по сути дела, первые в отечественном лесоводстве способы качественной оценки Z_V^T . Для практического использования в данном случае необходимо знать, какова сортиментная структура древостоя в момент исследования и какой она была несколько лет назад. Последнее обстоятельство требует довольно трудоемких таксационных работ.

Нами сделана попытка оценить прирост в качественном отношении с иных позиций. Суть ее сводится к следующему. Ежегодно камбий откладывает годичный слой по всей боковой поверхности ствола. В зависимости от размера дерева различны доли крупной деловой, средней и мелкой древесины. В верхней части кроны прирастает дровяная древесина и хворост. Следовательно, если разделить учет Z_V^T , который откладывается на поверхности частей ствола, по категориям годности и крупности, то текущий прирост будет оценен качественно. Показателем, который довольно точно характеризует качество древесины и тесно связан с величиной боковой поверхности ствола, является средний диаметр древостоя $D_{ср}$. Имея процентное распределение боковой поверхности древостоя $S_{бок}$ по категориям годности и крупности в зависимости от $D_{ср}$, можно оценить качество прироста, распределив его общую величину по категориям.

Подобная работа была выполнена на примере культур сосны Тамбовской области. Для этого были заложены 32 пробные площади с рубкой модельных деревьев. Посадения проб — чистые культуры сосны Ia—I классов бонитета, в возрасте 30—100 лет,

из наиболее распространенных условий местопроизрастания (B_2). На каждой пробной площади определены основные таксационные элементы, а также боковая поверхность моделей (как сумма $S_{бок}$ двухметровых отрубков) для отдельных категорий годности и крупности в абсолютном выражении (m^2) и в процентах. Через боковую поверхность моделей вычислена боковая поверхность древостоя в целом и по указанным категориям. Текущий прирост (средний периодический за последние 5 лет) для каждого модельного дерева, как и $S_{бок}$, определен отдельно по категориям годности и крупности в кубометрах и процентах. Затем был вычислен Z_V^T всего древостоя с учетом категорий древесины.

Для подтверждения изложенных теоретических положений исследовали тесноту корреляционной связи между процентом текущего прироста древесины отдельных категорий годности и крупности моделей и процентом боковой поверхности соответствующей категории крупности (состав культур 10С). При этом выяснилось, что текущий прирост по объему находится в тесной корреляционной связи с боковой поверхностью: корреляционное отношение находится в пределах 0,73—0,99 (табл. 1).

Таблица 1

Возраст культур, лет	Корреляционное отношение и ошибка связи $Z_V^T - S_{бок}$ для древесины		
	мелкой	средней	крупной
36	0,93 ± 0,05	0,74 ± 0,14	—
56	0,73 ± 0,19	0,98 ± 0,01	—
84	0,75 ± 0,17	0,89 ± 0,09	0,86 ± 0,10
100	0,79 ± 0,12	0,93 ± 0,04	0,90 ± 0,06

Это указывает на целесообразность определения текущего прироста ствола и древостоя через боковую поверхность. Высокая корреляционная связь характерна для всех возрастных групп исследуемых древостоев.

Далее решается вопрос о связи боковой поверхности древостоя различных категорий крупности с его средним диаметром. Расчеты сви-

Таблица 2

Средний диаметр древостоя, см	Распределение боковой поверхности стволов по категориям крупности и годности в культурах сосны, %				
	Крупная	Средняя	Мелкая	Итого деловая	Дрова и отходы
6	—	—	74	74	26
8	—	—	92	92	8
10	—	—	94	94	6
12	—	2	92	94	6
14	—	16	82	98	2
16	—	26	72	98	2
18	—	38	60	98	2
20	—	52	46	98	2
22	2	60	35	98	2
24	6	66	26	98	2
26	11	67	20	98	2
28	18	64	15	97	3
30	25	62	10	97	3
32	31	56	9	96	4
34	37	50	7	94	6
36	44	42	6	92	8

детельствуют о наличии тесной корреляционной связи между этими признаками. Для мелкой древесины корреляционное отношение и его ошибка составили $0,95 \pm 0,02$; для средней — $0,87 \pm 0,04$; для крупной — $0,99 \pm 0,01$.

Следовательно, средний диаметр древостоя довольно точно отражает соотношение боковой поверхности деловой древесины различных категорий крупности в однородном древостое.

Приведенные статистические показатели указывают на обоснованность распределения $S_{бок}$ древостоя по категориям годности и крупности в зависимости от среднего диаметра. Нами выполнено графическое выравнивание этой связи (табл. 2). Учитывая тесную корреляционную связь Z_V^T и $S_{бок}$, можно считать, что приведенные в табл. 2 данные довольно точно отражают распределение годичного текущего прироста по объему для отдельных категорий годности и крупности. Так как боковая поверхность верхинки делового ствола незначительна (около 1%), то в табл. 2 она включена в графу «Дрова и отходы».

Зная объемный текущий прирост культур сосны в абсолютном выражении, пользуясь показателями табл. 2, можно распределить его по категориям годности и произвести стоимостную оценку по действующим таксам. Таким образом может быть определено качество текущего объемного прироста путем однократного обмера древостоя. Пример подобной качественной оценки чистых культур сосны дан в табл. 3.

Таблица 3

Возраст, лет	Средний диаметр древостоя, см	Распределение Z_V^T по категориям годности и крупности					Средняя стоимость 1 м ³ ; р.
		Крупная	Средняя	Мелкая	Дрова	Всего	
30	12,3	—	$\frac{0,2}{1,7}$	$\frac{7,7}{50,0}$	$\frac{0,7}{0,98}$	$\frac{8,6}{52,73}$	6,13
40	17,9	—	$\frac{3,3}{28,05}$	$\frac{5,0}{32,5}$	$\frac{0,2}{0,28}$	$\frac{8,5}{60,83}$	7,15
56	21,8	$\frac{0,2}{2,0}$	$\frac{3,8}{32,3}$	$\frac{2,24}{14,56}$	$\frac{0,16}{0,22}$	$\frac{6,4}{49,08}$	7,66
84	24,9	$\frac{0,3}{3,0}$	$\frac{3,2}{27,2}$	$\frac{1,3}{8,45}$	$\frac{0,1}{0,14}$	$\frac{4,9}{38,79}$	7,91

Примечание. В числителе — объемный прирост, м³; в знаменателе — стоимость, р. Таксовая стоимость 1 м³ крупной древесины — 10 р.; средней — 8,5 р.; мелкой — 6,5 р.; дров — 1,4 р.

Если анализировать абсолютные значения Z_V^T , то с возрастом, а следовательно, и с увеличением среднего диаметра древостоя, он уменьшается. Качественная оценка 1 м³ прироста по таксам находится в обратном соотношении: возрастает с увеличением среднего диаметра древостоя. Подобные расчеты позволяют подчеркнуть различие количественной и качественной оценки Z_V^T .

Предлагаемый способ оценки Z_V^T разработан на примере культур сосны, произрастающих в зоне интенсивного лесного хозяйства, где систематически требуется выявлять эффект от проведения различных лесохозяйственных мероприятий. В настоящее время ведется работа по составлению таблиц для качественной оценки текущего прироста основных лесобразующих пород СССР. В перестойных древостоях со

скрытыми пороками стволов использование разработанного способа вызывает затруднение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антанайтис В. В., Загреев В. В. Прирост леса. М., «Лесная промышленность», 1969. [2]. Анучин Н. П. Лесная таксация. Изд. 3-е, М., «Лесная промышленность», 1971. [3]. Бугаев В. А. Качественные показатели оценки текущего прироста. Текущий прирост древостоев. Минск, «Ураждай», 1975. [4]. Воронин И. В. Экономическое значение прироста древесины и методика его учета. Текущий прирост древостоев. Минск, «Ураждай», 1975. [5]. Воропанов П. В. Определение текущего древесного прироста. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960. [6]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964. [7]. Текущий прирост древостоев и его применение в лесном хозяйстве. Рига, 1972.

Поступила 15 февраля 1977 г.

УДК 634.0.243.8

О СТЕПЕНИ ИЗРЕЖИВАНИЯ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД АРБОРИЦИДАМИ

Л. Ю. КЛЮЧНИКОВ

Московский лесотехнический институт

Обобщены результаты исследований действия трех видов арборицидов 2,4-Д на осину, иву, березу и ольху. Получено общее уравнение, выражающее зависимость изреженности крон от дозы. Рассчитаны коэффициенты частных уравнений, определены усредненные дозы для изреживания пород на 33; 50; 67 и 100%. Показано, что лесоводственный эффект в смешанных молодняках достигается при изреживании крон лиственных деревьев на 60—70%.

Рубки ухода или обработка арборицидами в смешанных молодняках имеют целью изреживание второстепенных пород и создание нормальных условий для роста хвойных деревьев. По имеющимся сведениям, хороший рост сосны и ели обеспечивается продуктивной работой хвой при освещенности в кронах около 6,0—8,5 тыс. лк, для чего требуется не менее 15—50% солнечной радиации [1, 6]. В молодых насаждениях такая освещенность соответствует сомкнутости крон 0,3—0,4 и выше или окнам размером 10×10 м и более. В благоприятных лесорастительных условиях, если сомкнутость может быстро восстановиться, целесообразны осветления и прочистки интенсивностью 60—80 и даже 90% со снижением полноты до 0,4—0,3 [2, 5]. В ряде европейских стран проявляется тенденция к проведению рубок ухода высокой интенсивности с уменьшением числа приемов [4, 7, 10]. При оценке интенсивности воздействия арборицидов высказываются за частичное изреживание [3] и практически полное удаление полога лиственных пород [9]. Отмечено, что связь изреживания березы с дозами натриевой соли 2,4-Д характеризуется уравнением параболы [8].

Обработка смешанного молодняка арборицидом в определенной дозе может вызвать изреживание лиственного полога, соответствующее осветлению или прочистке повышенной интенсивности.

Исследования этого вопроса начаты под нашим руководством во ВНИИЛМе и в настоящее время продолжаются в МЛТИ. Опытные участки общей площадью свыше 5,5 тыс. га в Костромской, Свердловской и Ярославской областях обработаны с применением авиационных, тракторных и ручных опрыскивателей. Основная норма расхода водных растворов и эмульсий 100 л/га, растворов в дизельном топливе 25 л/га. Опрыскивали во второй половине лета, когда побеги хвойных пород становились относительно устойчивыми к арборицидам.

Воздействие на лиственные породы учитывали летом следующего года, иногда через месяц после обработки. Деревья разделяли на погибшие — с полным усыханием листьев, сильноповрежденные — с усыханием более половины кроны, среднеповрежденные — с усыханием менее половины кроны, слабоповрежденные — с краевым хлорозом части листьев, здоровые. При обработке полевых материалов вычисляли процент деревьев каждой породы по этим категориям. Для перехода к единому показателю — изреженности крон — приняты следующие значения изреженности по категориям (%): погибшие — 100, сильноповрежденные — 75, среднеповрежденные — 33, слабоповрежденные и здоровые — 0. Изреженность крон породы определяли как среднюю взвешенную по разным категориям.

В результате обработки материалов экспериментальных работ получено более 180 показателей, характеризующих воздействие арборицидов в дозах от 0,5 до 7,5 кг/га на распространенные в лесной зоне восторстенные породы: осину — *Populus tremula* L., березу — *Betula verrucosa* Ehrh. и *B. pubescens* Ehrh., ольху — *Alnus incana* Mch., иву — *Salix alba* L., *S. caprea* L. и некоторые другие виды ивы. Зависимость изреженности крон от дозы арборицида выражается уравнением

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2,$$

где y — изреженность крон, %;
 x — доза арборицида, кг/га;
 b_0, b_1, b_2 — коэффициенты.

Данные экспериментальных исследований обработаны на ЭВМ «Минск-32». В результате получены значения коэффициентов в частных уравнениях связи изреженности крон древесных пород с дозами арборицидов.

Размеры доз, обеспечивающие разную степень изреженности крон древесных пород (табл. 1), рассчитаны по формуле

$$x = \frac{-b_1 + \sqrt{b_1^2 - 4b_2(b_0 - y)}}{2b_2}.$$

Таблица 1

Заданная изреженность, %	Дозы арборицидов, кг/га			
	Осина	Ива	Береза	Ольха
Аминная соль 2,4-Д, водный раствор				
33	2,2	1,4	0,7	0,4
50	3,3	2,3	1,3	0,9
67	4,5	3,4	2,1	1,4
100	8,7*	7,3	4,7	3,1
Бутиловый эфир 2,4-Д, водная эмульсия				
33	1,4	1,1	0,6	0,4
50	2,3	1,8	1,0	0,7
67	3,3	2,5	1,4	1,1
100	6,2	4,5	2,6	2,0
Бутиловый эфир 2,4-Д, масляный раствор				
33	1,2	0,9	0,7	0,5
50	1,8	1,3	1,0	0,8
67	2,5	1,8	1,4	1,1
100	4,0	2,8	2,2	1,9

* Показана доза для 95%-ной изреженности.

Пользуясь расчетами, можно выбрать дозу для лесоводственно целесообразного изреживания лиственных пород в насаждении. Сле-

дует отметить, что действие арборицидов зависит от ряда факторов, приведенные дозы усреднены.

Применение оптимальных доз не вызывает полной гибели лиственных пород. Действие гербицидов через год после авиационной обработки исследовано на 25 опытных вариантах с применением аминной соли 2,4-Д в дозах 0,8—3,7 кг/га, бутилового эфира 2,4-Д в дозах 0,6—3,2 кг/га. Изреженность крон осины эфиром в дозах 1,0 кг/га и выше, ивы и березы всеми препаратами составила в среднем 60—70%. Сохранились деревья относительно устойчивых лиственных пород: рябины, липы, дуба и клена. Сосна и ель не получили повреждений, за исключением единичных случаев, связанных с посторонними причинами. Прирост хвойных пород в высоту через год существенно увеличился.

Первоначальное изреживание березы, ивы, ольхи сохранилось через два года, у осины началось восстановление. Сильноповрежденные березы погибают во втором году, среднеповрежденные восстанавливают крону, но почти не растут в высоту. То же наблюдается у деревьев ивы и ольхи. Задержка роста поврежденных деревьев этих пород продолжается до пяти лет. Рост сохранившихся деревьев осины восстанавливается через три года. На следующий год после обработки поросль частично отрастает. В среднем у 20% берез с усохшими кронами образовалось по 1—4 побега высотой 0,5—0,6 м. Появилась поросль примерно у 20% деревьев ивы козьей. Ива белая отросла слабее или не возобновилась. Высота двухлетней поросли березы и ольхи около 1 м. Количество новых отпрысков осины может составлять 65% от числа деревьев этой породы. Частичное восстановление лиственных пород имеет положительное значение, препятствует образованию прогалин и уменьшает разрастание злаковых трав. Изреженные и отставшие в росте лиственные деревья не мешают росту хвойных, выполняют полезную сопутствующую функцию.

Таблица 2

Варианты и дозы, кг/га	Состав по числу деревьев	Запас на 1 га, м ³						Прирост в высоту, см	
		общий	сосны	ели	березы	осины	ивы	сосны	ели
Аминная соль 2,4-Д									
Контроль	4С6Б, ед.Е, Ос	10,7	4,1	—	6,4	0,2	—	10,0	3,0
0,8	9С1Б+Ос	7,6	6,9	—	0,5	0,2	—	12,0	3,0
Контроль	1С7Б2Ос+Ив, ед. Е	55,1	0,8	0,2	37,8	7,9	8,4	19,0	16,0
1,6	2С1Е4Б3Ос	9,3	2,6	1,3	2,5	2,5	0,4	25,0	22,0
Бутиловый эфир 2,4-Д									
Контроль	2С6Б2Ос, ед.Е	8,1	4,9	0,1	2,6	0,5	—	23,0	4,0
0,6	6С2Б2Ос, ед.Е	4,1	2,9	0,1	0,6	0,5	—	26,0	4,0
Контроль	1Е8Б1Ос, ед.С	19,6	0,8	0,6	14,4	3,8	—	29,0	4,0
1,0	4Е1С3Б2Ос	8,1	4,7	1,4	0,9	1,1	—	33,0	7,0
Контроль	2С8Б+Ос, ед.Е	32,7	19,1	0,1	11,3	2,2	—	24,0	3,0
1,0	8С1Е1Б, ед.Ос	17,3	16,5	0,1	0,2	0,5	—	25,0	4,0
Контроль	1Е2Б7Ос+С	58,5	—	0,6	5,1	52,4	0,4	—	7,0
1,0	6Е1С1Б2Ос	3,0	0,5	1,1	0,1	1,3	—	26,0	11,0
Контроль	1С1Е4Б1Ос3Ив	40,3	6,6	1,0	13,4	3,6	15,7	22,0	8,0
2,0	2С1Е1Б3Ос3Ив	14,6	6,9	3,4	0,6	1,6	2,1	27,0	18,0
Контроль	2С7Б1Ив+Е, Ос	14,3	2,0	0,3	11,2	0,2	0,6	21,0	15,0
2,0	7С2Е1Б+Ив, ед.Ос	3,3	2,4	0,4	0,3	0,1	0,1	28,0	20,0

Изменения через 2—3 года в составе и запасе насаждений, усиление роста хвойных пород исследованы на ряде опытных участков авиационной обработки в сравнении с контрольными (табл. 2).

В насаждениях без ухода на хвойные породы в среднем приходится 20% числа деревьев и 17% запаса. В результате применения арборицидов участие сосны и ели в составе возросло в основном на 4—5 единиц, они сделались преобладающими породами. Усыхание части лиственных деревьев снизило запас на 1 га в среднем на 21 м³, или на 70% общего объема древесины. Запас сосны и ели на большинстве опытных участков через два-три года после обработки повысился, хвойные породы составляют 76% запаса новых насаждений.

Средняя полнота молодняков на контрольных участках 0,5, но вследствие куртинного расположения деревьев значительная часть хвойных растет в затенении. В обработанных насаждениях полнота снизилась до 0,3 и освещенность повысилась в 2,2—3,6 раза. В ясную погоду она составляет 23—35 тыс. лк и более. Достаточное верхнее и боковое освещение получили 93—98% деревьев сосны и ели. Исследования на многих опытных участках показали, что в первые годы после обработки арборицидами прирост сосны увеличился в среднем на 24%, ели — на 43%. По сравнению с сосной ель относительно интенсивнее увеличивает прирост. Это объясняется тем, что выживающие при большом недостатке света деревья ели с небольшим приростом в короткий срок после осветления увеличивают его до нормального. Дальнейшими исследованиями установлено, что восстановившиеся лиственные деревья не оказывают отрицательного влияния на сосну и ель в течение 6—8 лет и более.

Итак, лесоводственная оценка регулирования состава смешанных молодняков арборицидами показала, что удаление 2/3 количества или запаса лиственных деревьев создает основу формирования производительных насаждений с преобладанием хвойных пород.

В молодняках с преобладанием лиственных деревьев для ухода за хвойными следует применять оптимальные дозы, вызывающие изреживание крон второстепенных пород на 60—70%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев В. И. Текущий прирост — важнейший признак жизнеспособности подростка ели. — «Лесное хозяйство», 1973, № 6, с. 15—19. [2]. Георгиевский Н. П. Рубки ухода за лесом. М.—Л., Гослесбумиздат, 1957, с. 14, 36. [3]. Декатов Н. Е. Применение гербицидов и арборицидов в лесном хозяйстве. М., «Лесная промышленность», 1966, с. 153. [4]. Мелехов И. С. Об интенсификации ведения лесного хозяйства в лесах первой группы. — «Лесное хозяйство», 1975, № 5, с. 30—35. [5]. Миронов В. В. и др. Значение освещенности на первом этапе формирования культур ели. — «Лесохозяйственная информация», 1972, № 18, с. 8—10. [6]. Морозов В. Ф. Биологические основы ухода за лесом. Минск, Сельхозгиз БССР, 1962. [7]. Писаренко А. И. и др. У лесоводов Австралии. — «Лесное хозяйство», 1971, № 1, с. 84—88. [8]. Путятин Ю. П. Применение арборицидов при формировании сосновых насаждений в условиях таежной зоны Урала. Свердловск, 1970, с. 19. [9]. Шутов И. В. и др. Применение гербицидов при лесовыращивании. М., «Лесная промышленность», 1967, с. 165, 178. [10]. Bele J. Racionalizace vyuchovy mladich lesnich porostu. — Ustav Vedeckotechnickych Informaci Lesnictví, 1969, № 1, 1—52.

Поступила 7 февраля 1977 г.

УДК 547.913 : 634.0.453

ТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОТЕРПЕНОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ХВОЕГРЫЗУЩИМ И ВРЕДИТЕЛЯМ ШИШЕК И СЕМЯН ХВОЙНЫХ ПОРОД

А. Х. ОШКАЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются вопросы токсичности отдельных терпенов живицы сосны для личинок листовенничной мухи и большого листовенничного пилильщика при контактном и фумигационном действии.

Устойчивость хвойных пород к вредным насекомым обусловлена защитной ролью живицы, что объясняется наличием в ее составе эфирных масел, токсичных для насекомых. Однако характер и эффективность действия эфирных масел большей частью изучены применительно к стволовым вредителям и в меньшей мере — к хвоегрызущим и вредителям шишек и семян [1, 2, 4—6].

Опыты по установлению действия живицы и ее составных частей на хвоегрызущих вредителей, выполненные В. И. Гримальским [1], показали, что токсичность живицы, как и в опытах со стволовыми вредителями [2], почти целиком зависит от содержания эфирных масел.

Главная составная часть эфирных масел — терпеновые углеводороды состава $C_{10}H_{16}$ (монотерпены) и их производные — спирты, альдегиды и кетоны, встречаются соединения $C_{15}H_{24}$ (сесквитерпены), $C_{20}H_{32}$ (дитерпены) и C_3H_8 (политерпены) [3]. Для выявления устойчивости дерева в конкретной экологической обстановке важно изучить токсические свойства отдельных компонентов эфирного масла, особенно монотерпенов, которые обнаруживают наибольшие токсические свойства по отношению к насекомым [2, 5, 6].

Задача наших исследований состояла в определении токсических свойств монотерпенов и кареновой фракции живичного скипидара (скипидара без пинена) по отношению к представителям хвоегрызущих и вредителей шишек и семян листовенницы и изыскании возможностей применения этих веществ в качестве средств активной защиты леса.

Характер контактного действия определяли на личинках большого листовенничного пилильщика и листовенничной мухи. Фумигантные свойства были изучены на личинках большого листовенничного пилильщика.

Терпеновые соединения в чистом виде и скипидар без пинена были получены в ЦНИЛХИ. Скипидар без пинена, получаемый на горьковском заводе «Оргсинтез», имеет следующий состав по ГЖХ (%): α -пинен — 8,1; камфен — 3,3; β -пинен — 1,9; β -мирцен — 1,8; Δ^3 -карен — 27,2; α -терпинен — 6,2; дипентен — 20,8; β -фелландрен — 3,9; n -цимол + γ -терпинен — 6,0; терпинолен + 2,4(8) параментаднен — 17,0; 1,3(8) метаментаднен — 0,5; полимеры — 3,3.

Контактное действие указанных соединений определяли по общепринятой токсикологической методике. В чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную 1 мл соответствующего соединения, помещали личинки, а эффективность действия устанавливали по времени гибели отдельных особей.

По степени токсичности для большого листовенничного пилильщика исследуемые вещества распределились следующим образом: скипидар без пинена, Δ^3 -карен, α -пинен, β -пинен, лимонен, камфен.

Т а б л и ц а 1

Эффективность контактного действия различных монотерпенов и скипидара без пинена на личинок большого листовичного пилильщика при $P = 95\%$

Соединения	Время 100%-ной гибели, мин		
	М	V%	ε%
Скипидар без пинена	2,18	23,85	5,50
Δ ³ -карен	2,69	41,26	5,20
α-пинен	4,10	19,27	2,44
β-пинен	5,73	43,63	5,58
Лимонен	8,63	62,34	8,34
Камфен	15,54	60,36	8,04

(табл. 1). Наибольшая токсичность из взятых соединений обнаруживается у скипидара без пинена, а из монотерпенов у Δ³-карена. Полученные данные сравнительной токсичности отдельных монотерпенов согласуются с работами других исследователей [2, 5].

Для листовичной мухи наивысшая эффективность контактного действия установлена также у скипидара без пинена, а монотерпеновые соединения по степени токсичности практически равнозначны (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Эффективность действия различных монотерпенов и скипидара без пинена на личинок листовичной мухи при $P = 95\%$

Соединения	Время 100%-ной гибели, мин		
	М	V	ε%
Скипидар без пинена	6,79	32,70	5,89
Δ ³ -карен	9,72	45,58	9,36
β-пинен	10,31	46,27	7,27
Камфен	12,01	63,20	8,66
α-пинен	12,72	42,77	9,83

Примечание. Опытов с лимоненом не проводили.

Для изучения фумигантного действия терпенов и скипидара без пинена личинки большого листовичного пилильщика были помещены в те же чашки Петри на металлическую сетку, отделяющую вредителей от фильтровальной бумаги, смоченной 1 мл соответствующего соединения.

Результаты опыта вновь свидетельствуют о высоких токсических свойствах скипидара без пинена, а из монотерпенов наивысшая эффективность фумигантного действия обнаружена у β-пинена, в степени токсичности остальных монотерпенов существенных различий нет (табл. 3).

Результаты экспериментов позволяют сделать следующие выводы.

1. Терпеновые фракции живицы и скипидар без пинена обладают высокой контактной и фумигантной токсичностью по отношению к хвоегрызущим насекомым, а также к обитателям шишек и семян.

2. Обитатели шишек, в частности личинки мухи, более устойчивы к испытанным веществам, чем открыто живущие, например личинки большого листовичного пилильщика. Очевидно, обитатели шишек, ведущие скрытый образ жизни, в известной мере адаптированы к воздействию эфирных масел.

Таблица 3

Эффективность фумигантного действия различных монотерпенов и скипидара без пинена на личинок большого лиственничного пилильщика при $P = 95\%$

Соединения	Время 100%-ной гибели, ч			Оценка расхождения с контрольными данными	
	М	V%	ε%	t	t _d
Скипидар без пинена	2,60	63,85	15,38	2,0	8,46
β-пинен	2,34	32,48	5,98	2,0	7,57
α-пинен	3,01	43,85	7,64	2,0	6,05
Камфен	3,17	50,79	11,36	2,0	5,24
Лимонен	3,22	41,61	9,32	2,0	5,45
Δ ³ -карен	3,49	43,27	8,02	2,0	5,15
Контроль*	12,58	54,21	8,59	—	—

* Личинки погибли из-за отсутствия пищи.

3. Некоторые монотерпены, например Δ³-карен, а также скипидар без пинена, представляющие в значительной степени неиспользуемые продукты лесохимического производства, могут найти применение в качестве относительно безопасных для окружающей среды (по сравнению с ядохимикатами) средств защиты леса от вредителей.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гримальский В. И. Устойчивость сосновых насаждений против хвоегрызущих вредителей. М., «Лесная промышленность», 1971, с. 68—93. [2]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов. Новосибирск, «Наука», Сиб. отд., 1975, с. 108—115. [3]. Никитин В. М. Химия терпенов и смоляных кислот. М.—Л., Гослесбумиздат, 1952. [4]. Положенцев П. А., Золотов Л. А. Токсичность живицы и лубяной жидкости сосны для короедов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 4. [5]. Рожков А. С., Массель Г. И., Животова М. М. Токсические и репеллентные свойства смолистых веществ лиственницы по отношению к дендрофильным насекомым. — В сб.: Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1973. [6]. Руднев Д. Ф., Смелянец В. П., Акимов Ю. А., Лиштванова Л. Н. Значение защитных веществ в устойчивости сосны против вредителей. — «Лесное хозяйство», 1969, № 12.

Поступила 2 марта 1977 г.

УДК 539.621 : 631.31

КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПО МЕТАЛЛУ НА ЛЕСОКУЛЬТУРНЫХ ПЛОЩАДЯХ

А. Ф. ПРОНИН, Г. И. ЛАРИН, Ю. И. КОЛЕСНИКОВ

Московский лесотехнический институт, Ухтинский индустриальный институт
Загорская лесная МИС Гослесхоза СССР

Показано, что на всех категориях лесокультурных площадей коэффициент трения скольжения почвы по металлу увеличивается с повышением влажности почвы. Приведены значения коэффициентов трения скольжения почвы по металлу на целине, вырубке и лесной редине.

Значение коэффициента трения скольжения почвы по металлу необходимо знать для расчета вредных сопротивлений почвообрабатывающим орудиям, учитываемых первым членом рациональной формулы

акад. В. П. Горячкина, а также при определении удельного сопротивления почвы по формуле [6]

$$K_1 = \frac{P - fQ}{F}, \quad (1)$$

где K_1 — удельное сопротивление почвы, кгс/см²;
 P — тяговое сопротивление орудия, кгс;
 f — коэффициент трения скольжения почвы по металлу;
 Q — вес орудия, кгс;
 F — площадь поперечного сечения пласта, см².

Изучением коэффициента трения скольжения почвы по металлу на окультуренных почвах сельскохозяйственного пользования занимались П. У. Бахтин [1], В. П. Горячкин [2], В. А. Желиговский [3], Г. Н. Синеоков [7], М. Х. Пигулевский [4], Н. В. Щучкин [8] и др. Были получены значения этого коэффициента на почвах различной окультуренности, в зависимости от агрофона, влажности, твердости.

В лесохозяйственном производстве на неокультуренных почвах подобными исследованиями занимались мало. Известны коэффициенты трения скольжения почвы по металлу, полученные Ю. И. Полупарневым [5] для супесчаной почвы, залежи и невозобновившейся вырубке.

Для объективной оценки удельного сопротивления на лесокультурных площадях этих данных недостаточно. К тому же, пользуясь разрозненными фиксированными значениями коэффициентов трения скольжения почвы по металлу, можно получить искаженные значения удельного сопротивления неокультуренной почвы.

Нами изучены коэффициенты трения скольжения почвы по металлу в Московской области на неокультуренной дерново-подзолистой почве среднесуглинистого механического состава. Характеристика участков, на которых проведены испытания, дана в табл. 1.

Таблица 1

Номер участка	Характеристика участка и почвы	Влажность почвы, %
1	Вырубка свежая. Состав насаждений 5Е5Б. Количество пней 550 шт./га, их диаметр 30 см. Почва неокультуренная среднесуглинистая	24,4—49,2
2	Поле картофельное. Почва окультуренная среднесуглинистая	24,8—32,4
3	Целина около участка № 2. Почва неокультуренная среднесуглинистая	20,7—25,8
4	Лес. Состав насаждений 10Б. Количество пней 675 шт./га. Почва неокультуренная среднесуглинистая	13,3—16,9
5	Лес. Состав насаждений 10Б. Количество пней 400—500 шт./га, их диаметр 35—45 см. Почва неокультуренная среднесуглинистая	9,5—19,7
6	Лесопитомник. Саженьцы лиственных пород 4—5 лет. Почва окультуренная среднесуглинистая	26,8—29,2
7	Лесопитомник. Саженьцы ели 4—5 лет. Почва окультуренная среднесуглинистая	17,1—18,9
8	Лесопитомник. Молодняк лиственных пород высотой 2—3 м. Состав насаждений 8Б2Лп. Почва окультуренная среднесуглинистая	22,3—25,9

Коэффициент трения скольжения почвы по металлу определяли с помощью прибора «Наклонная плоскость» в горизонтах почвы: 0—10, 10—20 и 20—30 см. Давление на контакте почва — сталь составило 0,010—0,012 кгс/см². Пробы почвы на влажность брали из тех же горизонтов, в которых определяли коэффициент трения. Влажность почвы устанавливали в соответствии с ГОСТом 2911—54 «Плуги общего назначения. Методы полевых испытаний». Повторность опытов 3—4-кратная.

На рис. 1 показана зависимость коэффициента трения скольжения почвы по металлу от влажности почвы на нераскорчеванных вырубках (участок 1). Во всех изученных горизонтах почвы коэффициент трения увеличивается с повышением влажности почвы. Так, в горизонте почвы 0—10 см, в исследованном диапазоне влажности от 29,8 до 41,2%, это увеличение оказалось равным 3%. В горизонте почвы 10—20 см при повышении влажности почвы от 24,5 до 49,2% коэффициент трения скольжения почвы по металлу возрастает от 0,60 до 0,75, т. е. на 25%.

В целом, без учета разделения на горизонты почвы, на нераскорчеванных вырубках зависимость коэффициента трения скольжения почвы по металлу f от влажности почвы $W\%$ может быть описана уравнением прямой линии

$$f = 0,0086 W + 0,358. \quad (2)$$

Коэффициент трения скольжения на среднесуглинистой неокультуренной почве в зависимости от ее влажности имеет следующие значения: 15% — 0,48; 20% — 0,52; 25% — 0,58; 30% — 0,61; 35% — 0,65; 40% — 0,69.

В целях изучения динамики коэффициента трения скольжения при изменении окультуренности дерново-подзолистой почвы были проведены опыты на участках 2, 3 и 4, непосредственно примыкающих друг к другу и идентичных по механическому составу почвы.

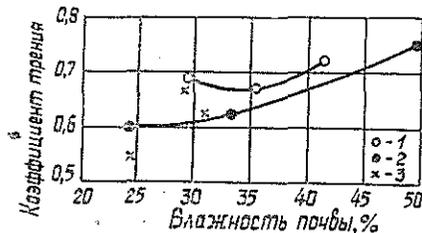


Рис. 1.

1 — горизонт почвы 0—10 см; 2 — 10—20 см; 3 — 20—30 см.

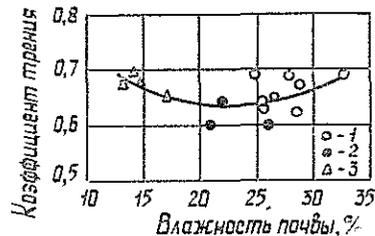


Рис. 2.

1 — участок № 2; 2 — участок № 3; 3 — участок № 4.

На рис. 2 показана зависимость коэффициента трения скольжения почвы по металлу от влажности окультуренной и неокультуренной дерново-подзолистой почвы. В диапазоне влажности почвы от 13 до 32% коэффициент трения скольжения варьирует в пределах 0,63—0,69. Таким образом, для данных условий коэффициент трения скольжения почвы по металлу, при влажности среднесуглинистой почвы 20—30%, на целине или не покрытой лесом лесной площади в среднем на 8—10% выше, чем на нераскорчеванных вырубках.

При изменении влажности почвы от 9,5 до 19,7% в чистом березовом насаждении (участок 5) коэффициент трения скольжения увеличивается от 0,46 до 0,58 (рис. 3).



Рис. 3

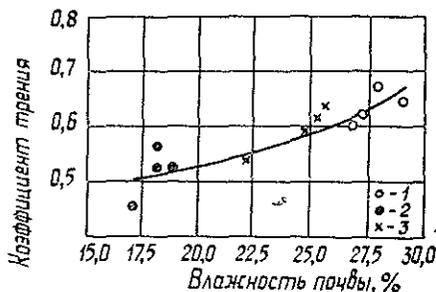


Рис. 4.

1 — участок № 6; 2 — участок № 7; 3 — участок № 8.

Изучена также зависимость коэффициента трения скольжения почвы по металлу от влажности окультуренной дерново-подзолистой почвы в лесопитомнике. Данные испытаний приведены на рис. 4. Опыты показывают, что, независимо от возраста саженцев и их породы, коэффициент трения скольжения увеличивается с повышением влажности почвы. Так, в лесопитомнике, на участках 6, 7 и 8, при изменении влажности среднесуглинистой дерново-подзолистой почвы от 17 до 29% эта величина возросла от 0,50 до 0,68.

Следовательно, на всех категориях лесокультурных площадей коэффициент трения скольжения почвы по металлу возрастает с увеличением влажности почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бахтин П. У. Динамика физико-механических свойств почвы в связи с вопросами их обработки. — «Труды Почвенного института им. Докучаева», 1954, т. 14. [2]. Горячкин В. П. Собр. соч. в 3-х т. «Колос», 1969. [3]. Желиговский В. А. Новый метод и прибор для определения коэффициента трения скольжения. — «Труды ТСХА», 1945, вып. 33. [4]. Пигулевский М. X. Основы и методы исследования физико-механических свойств почвы. — «Труды Ленинградского отделения ВАСХНИЛ». Л., 1936, вып. 44. [5]. Полупарнев Ю. И. Исследование кинематики пахотных агрегатов и тяговых сопротивлений плугов на вырубках. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Воронеж, 1965. [6]. Пронин А. Ф. Удельное сопротивление почвы и научные основы, определяющие структуру парка почвообрабатывающих машин. Автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. с.-х. наук. М., 1967. [7]. Синеков Г. Н. Прибор для определения коэффициента трения. — «Сельхозмашина», 1936, № 10. [8]. Щучкин Н. В. Физико-механические свойства почвы и тяговое сопротивление плугов. — Сборник научно-исследовательских работ ВИСХОМ. Вып. 4. Почвообрабатывающие машины. М., Машгиз, 1949.

Поступила 25 апреля 1977 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.11

О РАСЧЕТНОЙ ВЕЛИЧИНЕ
ПРОДОЛЬНОЙ СИЛЫ В БЕССТЫКОВОМ ПУТИ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Изложена приближенная методика определения расчетной величины продольной сжимающей силы из условия обеспечения допустимых поперечных смещений рельсо-шпальной решетки.

При определении расчетной (по условию нормальной эксплуатации) температурной сжимающей силы в бесстыковом пути Е. М. Бромберг предложил исходить из величины допустимой поперечной деформации рельсо-шпальной решетки [3]. Величина допустимых деформаций для пути широкой колеи составляет (в первом приближении) 0,02 см на прямых участках и 0,04 см на кривых участках. Используя материалы экспериментов на стенде ЦНИИ МПС, Е. М. Бромберг установил значения расчетной (критической) силы для отдельных, широко распространенных конструкций пути широкой колеи.

Определим расчетную продольную силу аналитически при следующих предположениях.

1. Рельсо-шпальную решетку заменим балкой эквивалентной жесткости EI . Балка имеет начальные неровности, равные по величине неровностям оси пути, методика определения которых приведена в работе [4]. Кривая начальных неровностей разбивается на участки, расположенные между точками перегиба (рис. 1). В пределах каждого такого участка неровность аппроксимируем синусоидой

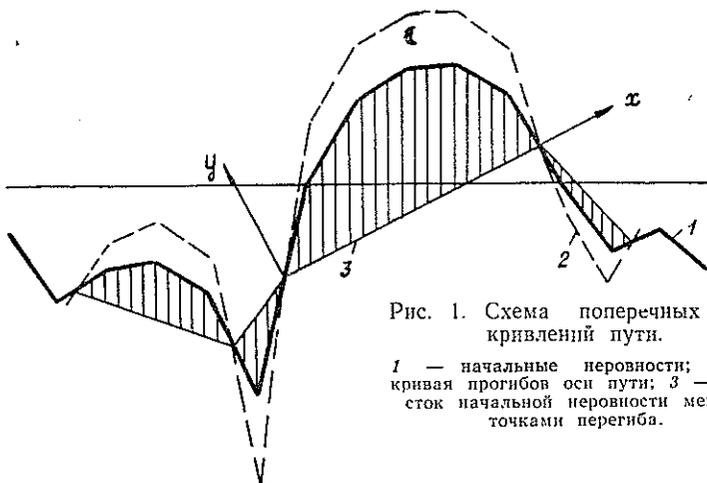


Рис. 1. Схема поперечных искривлений пути.

1 — начальные неровности; 2 — кривая прогибов оси пути; 3 — участок начальной неровности между точками перегиба.

$$y_x = f_0 \sin \beta x, \quad (1)$$

где y_x — ордината неровности на данном участке (в системе координат x, y);

f_0 — стрела прогиба неровности (в этой же системе);

$$\beta = \frac{\pi}{l};$$

l — длина неровности.

2. Продольная сжимающая сила P приложена на геометрической оси пути, положение которой определяем по методу наименьших квадратов. Возможный эксцентриситет продольной силы не рассматриваем.

3. Сосредоточенные реактивные силы и моменты, приложенные на шпалах, заменим распределенной нагрузкой интенсивностью m и q соответственно. Зависимость q и m от величины поперечной деформации пути нелинейная:

$$q = q_0 + cy^a; \quad (2)$$

$$m = m_0 + Hy'^b. \quad (3)$$

На начальной стадии смещений, что имеет место при определении величины расчетной силы ($0 \leq y \leq 0,06$ см), уравнения (1) и (2) аппроксимируем выражениями

$$q = q_0 + c_1 y + c_2 y^2 + c_3 y^3; \quad (4)$$

$$m = Hy'. \quad (5)$$

4. Прогибы оси рельсо-шпальной решетки на начальной стадии смещений совпадают по форме с кривой начальных неровностей, т. е. изогнутая ось пути может быть разбита на отдельные участки, расположенные между точками перегиба кривой начальных неровностей (рис. 1, пунктир). Эта предпосылка, которая наиболее существенна для последующего расчета, подтверждается данными экспериментов по выбросу пути на стенде АЛТИ (рис. 2)*.

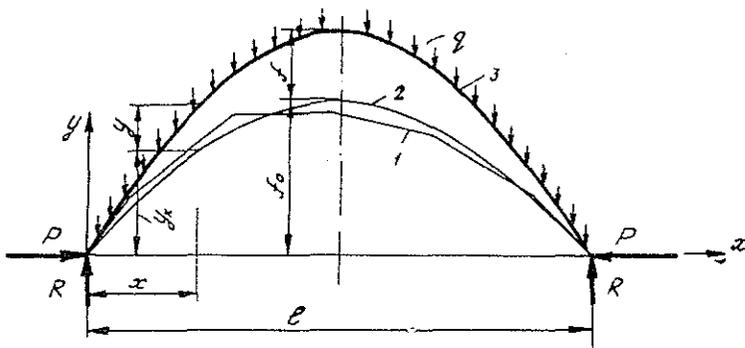


Рис. 2. Расчетная схема.

1 — фактическая начальная неровность; 2 — неровность, аппроксимированная синусоидной; 3 — кривая прогибов.

* Опыты проведены летом 1976 г. Путь на стенде имел следующие характеристики: рельсы Р24, шпалы — деревянные, крепления — костыльные, балласт — песчаный слабоуплотненный, колея — 750 мм. Поперечные деформации рельсов при нагреве пути замерялись с точностью $\pm 0,01$ см.

5. Дифференциальные уравнения продольно-поперечного изгиба

$$y^{IV} = -k^2 y'' - \bar{q} + \frac{\bar{m}}{dx} - k^2 y_x, \quad (6)$$

где

$$k^2 = \frac{P}{EI}; \quad \bar{q} = \frac{q}{EI}; \quad \bar{m} = \frac{m}{EI},$$

составляем в отдельности для каждого участка пути, расположенного между точками перегиба кривой начальных неровностей (рис. 1), при следующих краевых условиях: $y(0) = y''(0) = y(l) = y''(l) = 0$.

6. Уравнение (5) решаем по методу последовательных приближений. Рассмотрим только первое приближение, для которого кривая прогибов в пределах каждого участка аппроксимирована синусоидой

$$y = f \sin \beta x, \quad (7)$$

где f — стрела прогиба оси пути при действии сжимающей силы.

Расчетная схема показана на рис. 2.

Дифференциальное уравнение, составленное с учетом принятых предпосылок, имеет вид

$$y^{IV} = -k^2 (y'' + y_x') - a_0 - a_1 y - a_2 y^2 - a_3 y^3 + h y', \quad (8)$$

где

$$a_0 = \frac{q_0}{EI}; \quad a_1 = \frac{c_1}{EI}; \quad a_2 = \frac{c_2}{EI}; \quad a_3 = \frac{c_3}{EI}; \quad h = \frac{H}{EI}.$$

При интегрировании используем приближения (1) и (7)

$$y = \frac{k^2}{\beta^2} (f + f_0) \sin \beta x - \frac{h}{\beta^2} f \sin \beta x - \left(a_0 + \frac{a_2 f^2}{2} \right) \frac{x^4}{24} - \\ - \frac{4a_1 f + 3a_3 f^3}{4\beta^4} \sin \beta x + \frac{a_3 f^3}{324\beta^4} \sin 3\beta x + D_1 \frac{x^3}{6} + D_2 \frac{x^2}{2} + D_3 x + D_4. \quad (9)$$

Постоянные интегрирования находим из нулевых граничных условий:

$$D_1 = \left(a_0 + \frac{a_2 f^2}{2} \right) \frac{l}{2};$$

$$D_2 = \frac{a_2 f^2}{8\beta^2};$$

$$D_3 = -\frac{a_2 f^2}{32\beta^4};$$

$$D_4 = -\left(a_0 + \frac{a_2 f^2}{2} \right) \frac{l^3}{24} - \frac{a_2 f^2}{16\beta^2} l.$$

Подставив эти выражения в уравнение (9), определим стрелу прогиба изогнутого участка f при $x = \frac{l}{2}$

$$f = \frac{k^2}{\beta^2} (f + f_0) - \frac{hf}{\beta^2} - \frac{l^2}{\beta^2} \left[\frac{5\pi^2 a_0}{384} + \frac{a_1 f}{\pi^2} + \right. \\ \left. + a_2 f^2 \left(\frac{5\pi^2}{768} + \frac{1}{16\pi^2} + \frac{1}{64} \right) - a_3 \frac{61f^3}{81\pi^2} \right]. \quad (10)$$

Выразим P из уравнения (10), вычислив одновременно значения постоянных множителей при коэффициентах a_0, a_1, a_2, a_3 . Преобразовывая, получим

$$P = \frac{f\pi^2 EI}{l^2(f+f_0)} + H \frac{f}{f+f_0} + \frac{l^2}{f+f_0} [0,1285q_0 + 0,1013c_1 f + 0,0862c_2 f^2 + 0,0763c_3 f^3]. \quad (11)$$

Уравнение (11) определяет величину расчетной силы. Оно состоит из трех слагаемых. Первое

$$P_1 = \frac{f\pi^2 EI}{l^2(f+f_0)}$$

характеризует сопротивление рельсо-шпальной решетки изгибу, второе

$$P_2 = H \frac{f}{f+f_0}$$

— сопротивление промежуточных креплений повороту рельсов относительно шпал, третье

$$P_3 = \frac{l^2}{f+f_0} (0,1285q_0 + 0,1013c_1 f + 0,0862c_2 f^2 + 0,0763c_3 f^3)$$

— сопротивление балласта поперечному перемещению шпал.

Результаты расчетов по уравнению (11) хорошо сходятся с данными экспериментов.

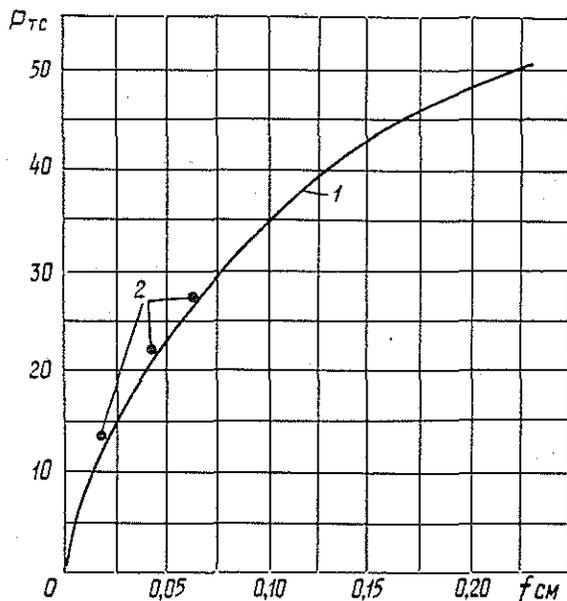


Рис. 3.

1 — экспериментальная кривая; 2 — расчетные точки.

На рис. 3 приведен график зависимости $P(f)$ в зоне выброса для одного из опытов на стенде АЛТИ. Участок пути длиной 48 м расположен между бетонными упорами, препятствующими удлинению рельсов при нагревании. Величину поперечных перемещений фиксировали через каждые 10°C нагрева. Крепления костыльные, поэтому $m \approx 0$. Сопротивление поперечному сдвигу выражено уравнением

$$q = 0,24 + 1,56y^{0,23}. \quad (12)$$

На начальной стадии смещений ($0 \leq y \leq 0,06$ см) уравнение (12) аппроксимировано зависимостью

$$q = 0,24 + 41,337y - 875,422y^2 + 6673,196y^3. \quad (13)$$

Так как горизонтальным перемещениям сопутствовал подъем пути, при котором нарушался контакт подошвы шпала с балластом, то при расчетах принято $q_0 = 0$.

На рис. 3 экспериментальные точки соединены плавной линией. Расчетные точки хорошо совпадают с экспериментальной кривой $P(f)$. Аналогичное совпадение имело место и для других опытов на стенде АЛТИ.

Опыты на пути широкой колеи нами не производились. Материалами, приведенными в работе [3], воспользоваться трудно, так как они не содержат данных о размерах неровностей, соответствующих исходным предпосылкам. Поэтому нами сделано ориентировочное сравнение только для опыта № 5 ($P_p = 196$ тс), для которого в работе [2] приведен график деформаций рельсо-шпальной решетки в горизонтальной плоскости. Ориентировочная длина неровности в зоне выброса (между точками перегиба) составляет 500—520 см, стрела прогиба — 0,68 см. Сопротивление пути поперечному сдвигу принято по данным работы [3], а сопротивление промежуточных скреплений повороту рельсов — по данным работы [1]. Результаты расчетов при $f = 0,02$ см приведены в табл. 1.

Таблица 1

Момент закручивания гаек, кгс · см	H тс	Расчетные значения, тс			
		P_1	P_2	P_3	P
$l=500$ см					
1000	1528	1,9	48	135,8	181,3
1200	1822	1,9	52	135,8	184,8
$l=510$ см					
1000	1528	1,8	43,6	141,3	186,7
1200	1822	1,8	52,1	141,3	195,2
$l=520$ см					
1000	1528	1,8	46,3	147	195
1200	1822	1,8	52,1	147	201

Они хорошо совпадают с экспериментальным значением. Для участков пути с неровностями большой длины основное сопротивление искривлению пути создается сопротивлением балласта поперечному сдвигу и сопротивлением скреплений повороту рельсов. Однако для неровностей небольшой длины (150—300 см) основное сопротивление может быть создано сопротивлением искривлению пути и сопротивлением скреплений повороту.

Таким образом, расчетная величина критической силы в температурно-напряженном пути той или иной конструкции может быть достаточно точно найдена по уравнению (11). Отметим, что оно применимо не только для участков пути, расположенных на прямой, но и для участков на закруглениях в плане, если параметры начальных неровностей найдены в соответствии с предпосылками, приведенными выше.

Для определения условий применения температурно-напряженно-го пути решим уравнение (11) относительно f_0

$$f_0 = \frac{f\pi^2 EI}{P^2} + H \frac{f}{P} + \frac{P}{P} \eta - f, \quad (14)$$

где

$$\eta = 0,1285q_0 + 0,1013c_1 f + 0,0862c_2 f^2 + 0,0763c_3 f^3.$$

Уравнение (14) определяет зависимость $f_0(l)$ при заданной величине температурной сжимающей силы P . Например, для пути, уложенного рельсами Р50, примем $P = 200$ тс. Тогда стрелы прогиба различных неровностей для рассмотренного выше примера составляют (табл. 2):

Таблица 2

Длина неровности, см	100	150	200	300	400	500	600
Стрела прогиба, см	0,35	0,28	0,28	0,35	0,48	0,64	0,85

Если на данном участке пути неровности той или иной длины имеют стрелу прогиба меньше значений, приведенных в табл. 2, то это допустимо, если больше — то необходимо произвести рихтовку.

Из условия $\frac{df_0}{dl} = 0$ определим длину неровности, для которой допустимое значение f_0 минимально

$$l_1 = \sqrt[3]{\frac{f\pi^2 EI}{\eta}}. \quad (15)$$

Соответствующее значение f_{01} найдем, подставив выражение для l_1 в уравнение (14)

$$f_{01} = \frac{1}{P} (2\sqrt[3]{f\pi^3 EI \eta} + Hf). \quad (16)$$

Для рассмотренного примера $l_1 = 172$ см, $f_{01} = 0,274$ см.

Нормами содержания пути широкой колеи установлен отвод неровности рельсов 1 мм на 1,2 м. Стрела прогиба такой неровности

$$[f_0] = 0,5l_1 i = 0,5i \sqrt[3]{\frac{f\pi^2 EI}{\eta}}, \quad (17)$$

где i — уклон неровности, а длина $[l]$ определяется по уравнению (14).

В нашем примере $[f_0] = 0,72$ см, $[l] = 550$ см.

Таким образом, фактические неровности в действующем пути должны иметь длину не меньше $[l]$. Только в этом случае будет обеспечена надежная устойчивость температурно-напряженного пути и его нормальная эксплуатация в заданных температурно-климатических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Альбрехт В. Г., Бромберг Е. М., Иванов К. Е., Лещенко В. Н., Першин С. И., Шульга В. Я. Бесстыковой путь и длинные рельсы. М., «Транспорт» 1967, с. 49. [2]. Бромберг Е. М. Экспериментальное изучение устойчивости бесстыкового пути. — «Труды ВНИИЖТа», 1962, вып. 244, с. 129—163. [3]. Бром-

берг Е. М. Устойчивость бесстыкового пути. М., «Транспорт», 1966. [4]. Морозов С. И., Попов М. В. Начальные неровности рельсо-шпальной решетки. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5, с. 57—61.

Поступила 12 мая 1977 г.

УДК 625.572

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В НЕСУЩЕМ КАНАТЕ С ЗАКРЕПЛЕННЫМИ КОНЦАМИ ПРИ ОБРЫВЕ И СТОПОРЕНИИ ГРУЗА

И. И. СЛЕПКО

Хмельницкий технологический институт

Получено выражение для определения коэффициента приведения массы каната к середине пролета. Согласно уравнению Лагранжа и геометрической стороне задачи расчета гибких нитей, получено нелинейное дифференциальное уравнение свободных поперечных колебаний несущего каната с жестко закрепленными концами и приведен метод его решения. Рассмотрены характерные режимы работы несущих канатов подвесных лесотранспортных установок: обрыв чокеров при максимальном натяжении подъемного каната и стопорение груза к каретке.

Исследованию динамических усилий в несущих канатах посвящены работы [1, 2, 7, 8], в которых канат рассматривается как идеально упругая абсолютно гибкая нить.

В данной статье исследуются динамические усилия в несущем канате однопролетной установки с жестко закрепленными концами в предположении, что главной форме колебаний каната соответствует упругая линия статического провеса от собственного веса, распределенного по хорде пролета, и от сосредоточенной силы P .

Поскольку для инженерных расчетов канатов необходимо иметь только максимальные динамические усилия, то силами сопротивления и внутреннего трения пренебрегаем.

Для аналитического описания колебаний несущего каната воспользуемся уравнением Лагранжа

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial K}{\partial q_i} + \frac{\partial N}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

где K — кинетическая энергия системы;
 N — потенциальная энергия системы;
 Q_i и q_i — обобщенные силы и координаты;
 t — время.

Кинетическая энергия несущего каната с сосредоточенным грузом весом P , как одномассовой системы

$$K = \frac{M \dot{y}_d^2}{2}, \quad (2)$$

где M — приведенная масса системы;
 \dot{y}_d — скорость движения приведенной массы.

Согласно [6], приведенная масса системы

$$M = \left[\int_0^l m(z) y^2(z) dz + \sum m_i y^2(z_i) \right] : y^2(a), \quad (3)$$

где $m(z)$ — распределенная масса; для несущего каната $m = \frac{q}{g}$ (q — вес 1 пог. м каната, g — ускорение свободного падения);

$y(z)$ — главная форма колебаний каната;

m_1 — масса сосредоточенного груза;

$y(z_i)$ — провес каната в точке приложения i -того груза;

$y(a)$ — провес каната в точке приведения массы.

Примем середину пролета несущего каната за точку приведения масс, поскольку положению груза посередине пролета соответствует максимальное натяжение каната.

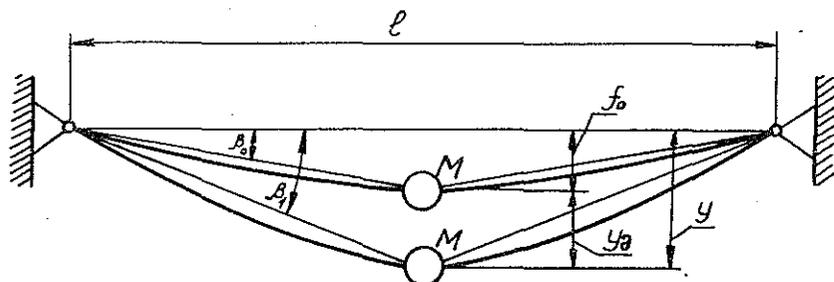


Рис. 1. Схема провисания несущего каната при статических и динамических нагрузках.

Исходя из изложенного, для несущего каната с опорами на одном уровне (рис. 1) имеем [4]

$$y(a) = \left(P + \frac{ql}{2}\right) \frac{l}{4T}; \quad (4)$$

$$y(z) = \frac{P + ql}{2T} z - \frac{qz^2}{2T}, \quad (4a)$$

где l — длина пролета установки;

z — координата сечения;

T — натяжение каната.

На основании выражений (3), (4) и (4a) получим

$$M = \frac{ml}{3} (1 + \xi + 0,4\xi^2) + m_1 = k_m ml + m_1, \quad (5)$$

где m_1 — масса груза весом P .

Отсюда коэффициент приведения массы к середине каната

$$k_m = \frac{1}{3} (1 + \xi + 0,4\xi^2), \quad (5a)$$

где

$$\xi = \frac{1}{2 + \frac{4P}{ql}}. \quad (5b)$$

Из выражений (5a) и (5b) следует, что k_m зависит от величины груза P . При $P = 0$ $k_m = \frac{8}{15}$, что соответствует значению k_m по В. Г. Рекачу [7], а при $P \gg ql$ получим $k_m = \frac{1}{3}$, что соответствует значению k_m по Л. Кэбу [9].

Потенциальная энергия системы

$$N = T_0 \Delta S + C \frac{\Delta S^2}{2} - Q y_d, \quad (6)$$

где T_0 — монтажное (статическое) натяжение каната;
 Q — вес системы, приведенный к середине несущего каната,

$$Q = Mg = P + k_m q l; \quad (6a)$$

y_d — приращение провеса несущего каната посередине пролета при его динамическом нагружении;

ΔS — абсолютное удлинение каната;

C — продольная жесткость каната как агрегата.

Из геометрической стороны задачи теории расчета гибких нитей [4] имеем

$$\Delta S = S_d - S_0, \quad (7)$$

где S_0 — статическая длина несущего каната;

S_d — длина каната при его динамическом нагружении.

Рассматривая несущий канат, нагруженный сосредоточенной силой, как двухпролетную нить, нагруженную собственным весом, и учитывая, что длина каната в пролете L , согласно [5], равна

$$L = \frac{l}{\cos \beta} + \frac{q^2 l^3}{24 T^2} \cos \beta, \quad (8)$$

где β — угол наклона хорды пролета, получим

$$\Delta S = \left[\left(\frac{1}{\cos \beta_1} - \frac{1}{\cos \beta_0} \right) + \frac{q^2 l^2}{96} \left(\frac{\cos \beta_1}{T_d^2} - \frac{\cos \beta_0}{T_0^2} \right) \right] l, \quad (9)$$

где β_0 и β_1 — углы наклонов хорд пролетов (рис. 1); они определяются из выражения

$$\frac{1}{\cos \beta} = \sqrt{1 + \left(\frac{2y}{l} \right)^2}, \quad (10)$$

y — провес каната

$$y = f_0 + y_d; \quad (10a)$$

f_0 — статический провес каната посередине пролета; согласно формулам (4) и (6a),

$$f_0 = \frac{Ql}{4T_0}; \quad (10б)$$

T_d — динамическое усилие в несущем канате.

Учитывая, что для несущих канатов $\frac{f_0}{l} \ll 0,1$, получим

$$\frac{1}{\cos \beta} \approx 1 + \frac{2y^2}{l^2}. \quad (11)$$

Если пренебречь вторым членом в правой части равенства (9), то на основании формулы (11)

$$\Delta S \approx \frac{2y_d}{l} (2f_0 + y_d). \quad (12)$$

Из формул (6), (12) и (10б) получим

$$N = 2 \left[\frac{T_0}{l} + 4C \left(\frac{f_0}{l} \right)^2 \right] y_n^2 + 8C \frac{f_0}{l^2} y_n^3 + 2C \frac{1}{l^2} y_n^4. \quad (13)$$

Уравнение свободных поперечных колебаний несущего каната с жестко закрепленными концами на основании выражений (1), (2) и (13) примет вид

$$y_n'' + k^2 y_n = -\mu (3f_0 y_n^2 + y_n^3), \quad (14)$$

где

$$k^2 = 4 \frac{T_0 + 4C \left(\frac{f_0}{l} \right)^2}{Ml}; \quad \mu = 8 \frac{C}{Ml^3}.$$

Поскольку уравнение (14) удовлетворяет всем условиям теоремы Пуанкаре для автономных систем, его решаем в виде ряда

$$y_n = \sum_{n=0}^{\infty} \mu^n y_n(t). \quad (15)$$

Раскладывая в ряд по малому параметру μ квадрат искомой частоты p , найдем

$$p^2 = k^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \mu^n h_n. \quad (16)$$

Подставляя выражения (16) и (15) в (14) и ограничиваясь двумя членами ряда, получим уравнения для определения функций y_0 , y_1 , y_2 и постоянных h_1 и h_2

$$\left. \begin{aligned} \ddot{y}_0 + p^2 y_0 &= 0; \\ \ddot{y}_1 + p^2 y_1 &= h_1 y_0 - y_0^2 (3f_0 + y_0); \\ \ddot{y}_2 + p^2 y_2 &= h_2 y_0 + h_1 y_1 - (2f_0 + y_0) 3y_0 y_1. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Начальные условия зависят от режима работы установки. Рассмотрим характерные режимы работы несущих канатов подвесных лесотранспортных установок.

I. Обрыв чокеров (стропов) при максимальном натяжении тягово-подъемного каната.

После обрыва чокера несущий канат совершает свободные колебания, которые описываются уравнением (14) с начальными условиями:

$$y_n|_{t=0} = y_m; \quad \dot{y}_n|_{t=0} = 0, \quad (18)$$

где y_m — провес каната в момент обрыва чокера.

Решая систему уравнений (17) с начальными условиями (18), получим во втором приближении

$$\begin{aligned} y_n(t) &= y_m \cos pt + \mu \frac{y_m^2}{2p^2} f_0 \left\{ \left[2 + \frac{\mu y_m}{16p^2} (58f_0 + 11y_m) \right] \times \right. \\ &\times (\cos pt - 1) + \left[1 + \frac{\mu y_m}{4p^2} (8f_0 - 5y_m) \right] (\cos 2pt - 1) \left. \right\} + \\ &+ \frac{\mu y^3}{32p^2} \left[1 + \frac{\mu f_0}{p^2} (6f_0 + 3y_m) \right] (\cos 3pt - 1) + \\ &+ \frac{\mu^2 y^4}{32p^4} \left[f_0 (\cos 4pt - 1) + \frac{y_m}{32} (\cos 5pt - 1) \right], \quad (19) \end{aligned}$$

$$\text{где } p^2 = k^2 + \frac{3}{4} \mu y_m^2 \left[1 - \frac{2\mu}{p^2} \left(5f_0^2 - f_0 y_m + \frac{1}{64} y_m^2 \right) \right]. \quad (20)$$

Ускорение движения приведенной массы

$$\begin{aligned} \ddot{y}_d(t) = -p^2 y_m & \left\langle \left[1 + \frac{\mu y_m f_0}{2p^2} \left[2 + \frac{\mu y_m}{16p^2} (58f_0 + 11y_m) \right] \right] \cos pt + \right. \\ & + \frac{2\mu y_m f_0}{p^2} \left[1 + \frac{\mu y_m}{4p^2} (8f_0 - 5y_m) \right] \cos 2pt + \frac{9\mu y_m^2}{32p^2} \left[1 + \frac{3\mu f_0}{p^2} (2f_0 + \right. \\ & \left. \left. + y_m) \right] \cos 3pt + \frac{\mu^2 y^3}{32p^4} \left[16f_0 \cos 4pt + \frac{25}{32} y_m \cos 5pt \right] \right\rangle. \quad (21) \end{aligned}$$

Динамическая сила, действующая на канат,

$$P_d = M \ddot{y}_d(t). \quad (22)$$

В случае, если $P_d > P$, где P — сила, вызывающая провес y_m , то динамическое натяжение каната будет больше статического и равно:

$$T_d = \frac{(Mg + P_d) l}{4(f_0 + y_{d \max})} = \frac{M(g + \ddot{y}_d) l}{4(f_0 + y_{d \max})}. \quad (23)$$

II. Стопорение груза к каретке (удар груза о каретку).

Динамические усилия в несущем канате исследуют при допущении, что:

- 1) скорость движения груза при его подъеме равна скорости навивки тягового каната на барабан лебедки;
- 2) колебания несущего каната до удара груза о каретку отсутствуют, и в момент стопорения груза лебедка выключается;
- 3) удар груза о каретку считаем прямым центральным неупругим.

После стопорения груза к каретке несущий канат совершает свободные колебания, вызванные импульсом мгновенной силы, которые описываются уравнением (14) с начальными условиями:

$$y_{d/t=0} = 0 \text{ и } \dot{y}_{d/t=0} = -u, \quad (24)$$

где u — общая скорость соударяющихся тел в конце удара;

$$u = \frac{m_1}{M} v, \quad (25)$$

v — скорость подъема груза.

Решая систему уравнений (17) с начальными условиями (24), получим в первом приближении

$$\begin{aligned} y_d(t) = -\frac{u}{p} & \left[\sin pt + \frac{1}{2} \mu f_0 \frac{u}{p^3} (3 - 4\cos pt + \cos 2pt) + \right. \\ & \left. + \frac{1}{32} \mu \frac{u^2}{p^4} (3 \sin pt - \sin 3pt) \right], \quad (26) \end{aligned}$$

$$\text{где } p^2 = k^2 + \frac{3}{4} \mu \left(\frac{u}{p} \right)^2. \quad (27)$$

Решая уравнение (27) относительно p , получим

$$p^2 = \frac{k^2}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{3\mu u^2}{k^4}} \right). \quad (28)$$

Максимальный провес каната получим при $pt = \frac{3}{2} \pi$

$$y_{\max} = \frac{u}{p} \left(1 + \mu f_0 \frac{u}{p^3} + \frac{1}{8} \mu \frac{u^2}{p^4} \right). \quad (29)$$

Ускорение движения груза

$$\ddot{y}_x = up \left[\sin pt + 2\mu f_0 \frac{u}{p^3} (\cos 2pt - \cos pt) + \right. \\ \left. + \frac{3}{32} \mu \frac{u^2}{p^4} (3 \sin 3pt - \sin pt) \right]. \quad (30)$$

При $pt = \frac{3}{2} \pi$

$$\ddot{y}_x = -up \left(1 + 2\mu f_0 \frac{u}{p^3} + \frac{3}{8} \mu \frac{u^2}{p^4} \right). \quad (31)$$

Динамические усилия в несущем канате можно определить по формуле (22).

Нами рассчитано динамическое усилие в несущем канате при стопорении груза при следующих исходных данных: канат 23Н-160В ГОСТ 3077-69; $l = 500$ м; $P = 3$ тс; $v = 2$ м/с; $Q_k = 0,3$ тс — вес каретки; $T = 17$ тс; $E = 1,2 \cdot 10^6$ кгс/см². Вычисленное значение $T_d = 18,7$ тс. Коэффициент динамичности осевых усилий в несущем канате в этом случае $k_d = 1,1$, что согласуется с данными проф. Н. М. Белой [3]. Исследования показали также, что для несущих канатов большой длины с достаточной для практики точностью коэффициент динамичности усилий, возникающих в канате, можно определить по формуле

$$k_d = 1 + \frac{4 \frac{C}{T_0} \left(\frac{f_0}{l} \right)^2}{1 + \frac{Q_{np}}{pv} \sqrt{f_0 g \left[1 + 4 \frac{C}{T_0} \left(\frac{f_0}{l} \right)^2 \right]}}. \quad (32)$$

Проведенные исследования позволяют определить динамические усилия в несущих канатах подвесных лесотранспортных установок, а также изучить их зависимость от конструкционных и эксплуатационных параметров установки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алябьев В. И. Динамический расчет несущих канатов однопролетных трелевочно-погрузочных установок. — «Труды ЦНИИМЭ», 1964, № 53. [2]. Анасьев А. А. О колебаниях несущих канатов кабельных кранов при разгрузке. — В сб.: Вопросы теории и расчета подъемно-транспортных машин, № 43. Машгиз, 1957. [3]. Белая Н. М. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития и совершенствования. — В сб.: Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах. Ужгород, «Карпаты», 1969. [4]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки. М., «Лесная промышленность», 1964. [5]. Качурин В. К. Теория висячих систем. М.—Л., Госиздат литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. [6]. Киселев В. А. Строительная механика. М., Стройиздат, 1969. [7]. Рекач В. Г. Приложение теории колебаний гибких нитей к расчету подвесных канатных дорог. — «Труды МИСИ», 1939, № 2. [8]. Скобей В. В., Михайлов А. А. Динамический расчет трелевочно-погрузочных установок с несущим канатом переменной длины КПУ-2. — «Труды ЦНИИМЭ», 1964, № 58. [9]. Käb L. Angenaherte Bestimmung der Massenkräfte infolge der Schwingung einer an gespannten Seil hängender Last. — «Bauingenieur», 1933, № 33/34.

УДК 531.232 : 621.85

ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСМИССИИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ В ПОЛНОПРИВОДНОМ ЛЕСОВОЗНОМ АВТОМОБИЛЕ

В. Е. ПОПОВ

Сибирский технологический институт

Рассмотрена зависимость нагруженности трансмиссии от несимметричности ее конструкции. Приведен теоретический и экспериментальный материал, показывающий влияние жесткости валов и шин на распределение крутящих моментов в силовом приводе.

В нашей стране и за рубежом неуклонно растет интерес к исследованию специальных полноприводных автомобилей в связи с повышением потерь энергии в сложной конструкции системы привод — движитель.

Кроме кинематического рассогласования, на распределение крутящих моментов существенно влияет несимметричность конструкции силового привода колесного движителя (рис. 1). Известно [2, 4], что асимметричность трансмиссии вызывает перегрузку одних колес и недогрузку других, что, в свою очередь, приводит к повышению расхода энергии двигателя, нагружению и износу трансмиссии и шин дополнительными моментами, снижая возможность использования всего сцепного веса при реализации необходимой силы тяги.

Для выяснения влияния несимметричности конструкции трансмиссии на распределение крутящих моментов кафедрами тяговых машин СибТИ и МЛТИ было проведено тензометрирование трансмиссии трехосного лесовозного автомобиля КраЗ-255Л в условиях Красноярского леспромхоза производственного объединения Красноярсклеспром.

При тензометрировании использовали фольговые тензорезисторы розеточного типа, ртутные токосъемники ТРАК-4 с встроенными в них отметчиками частоты вращения, тридцатиканальный осциллограф Н-010М, стабилизатор напряжения и другую стандартную аппаратуру, скомпонованную по безусилительной схеме. Измеряли крутящие моменты и частоту вращения на первичном валу раздаточной коробки и выходных валах к переднему и среднему ведущим мостам, а также на всех полуосях ведущих колес. Образец осциллограммы приведен на рис. 3. Крутящие моменты записывали при трогании, разгоне и установившемся движении по асфальтобетонному шоссе с нормальным и сниженным давлением воздуха в шинах по бортам задней тележки. Трогание осуществляли на I и II передачах. Во время опытов нормальная нагрузка на все колеса по бортам и на ведущие мосты задней тележки поддерживалась одинаковой. Номинальная нагрузка на весь автомобиль составляла 21 000 кгс. Испытания проводили также на сменяемых грунтах, однако оказалось, что влияние кинематического рассогласования и несимметричности привода больше всего при движении по дорогам с твердым покрытием.

На рис. 1 изображена схема привода. Момент внутренних сил упругости на любой ветви такой трансмиссии [1]

$$M_i = C_i \psi_i, \quad (1)$$

где M_i — крутящий момент на i -той ветви;
 C_i — угловая жесткость валопроводов i -той ветви;
 ψ_i — угол закручивания валов i -той ветви.

Рис. 1. Расчетная схема трансмиссии трехосного автомобиля (типа КраЗ).

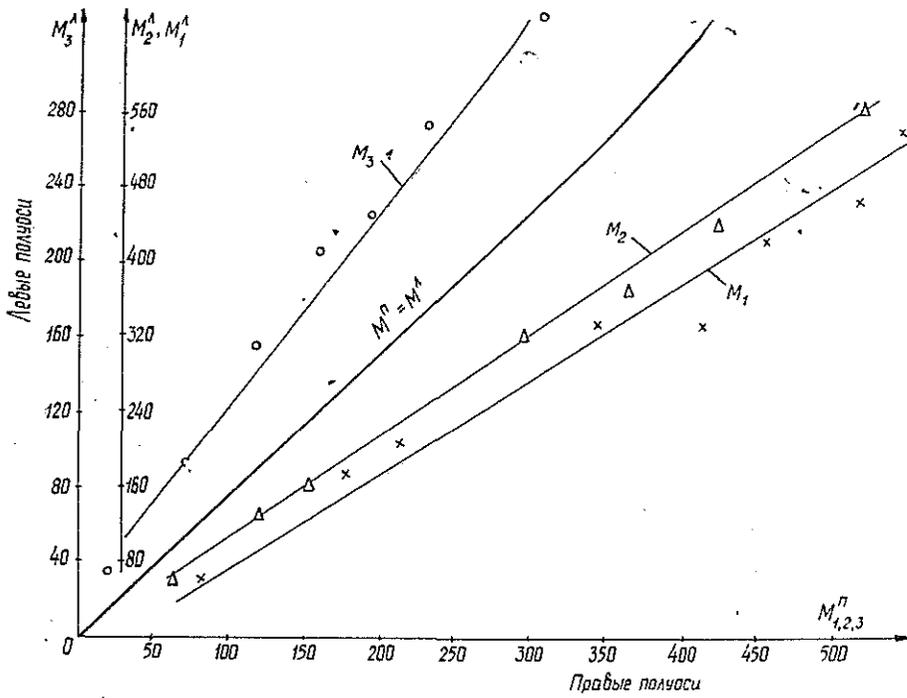
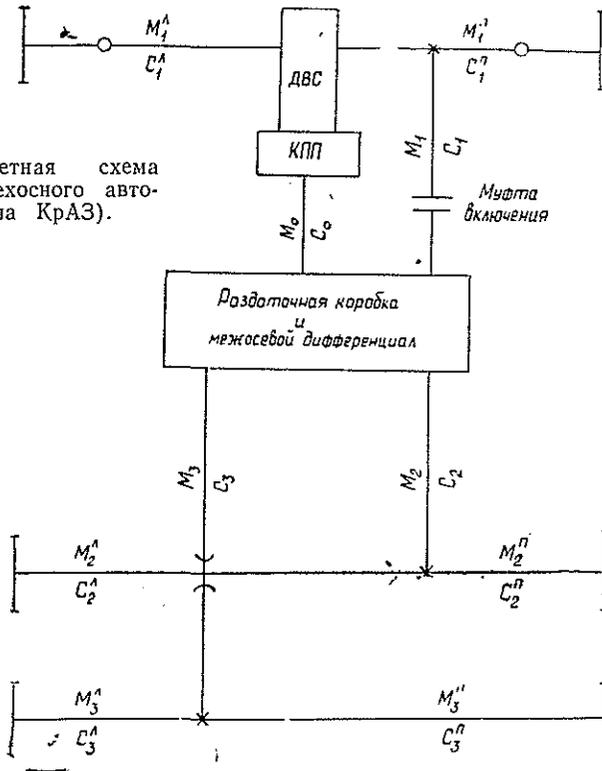


Рис. 2. Взаимосвязь крутящих моментов правых и левых полуосей.

Из формулы для определения угла закручивания вала

$$\psi_i = \frac{M_i l_i}{G_i I_{pi}}$$

и выражения (1) угловая жесткость

$$C_i = \frac{G_i I_{pi}}{l_i}, \quad (2)$$

где G_i — модуль сдвига;
 I_{pi} — момент сопротивления кручению вала;

$$I_{pi} = \frac{\pi d_i^4}{32};$$

l_i — длина вала.

Взаимосвязь крутящих моментов и жесткостей на левой и правой полуосях определится соотношением

$$\frac{M_i^n}{C_i^n} = \frac{M_i^l}{C_i^l}. \quad (3)$$

При одинаковой жесткости полуосей ($C_i^n = C_i^l$) крутящие моменты на них должны быть также равны. В действительности же диаметр и материал полуосей любого моста одинаковы, а длина разная, следовательно, жесткость их также различна. Отсюда следует, что крутящие моменты на полуосях различной длины не равны.

В табл. 1 приведены основные результаты эксперимента, характер распределения крутящих моментов представлен на рис. 2.

Данные таблицы и графика наглядно показывают неравномерность распределения средних величин крутящих моментов при трогании и установившемся движении по несимметричным валопроводам, трансмиссии трехосного автомобиля.

Так, короткие полуоси (рис. 1 и 3), несмотря на межколесный симметричный дифференциал, оказались нагруженными большими кру-

Тип привода в задней тележке	Крутящие моменты,				
	M_1^n	M_1^l	M_2^n	M_2^l	M_3^n
Дифференциальный	655	484	965	816	816
	412	306	432	392	386
	350	293	671	539	520
	204	185	124	104	94
Блокированный	480	374	754	670	570
	225	210	239	179	128
Дифференциальный	282	243	375	315	240
	177	169	156	128	73
Блокированный	99	76	45	34	29
	542	580	832	745	980
Блокированный	223	249	135	95	106
	508	430	932	240	900
Дифференциальный	223	217	159	138	142

Примечание. В числителе данные для случая трогания с места; в знамена-

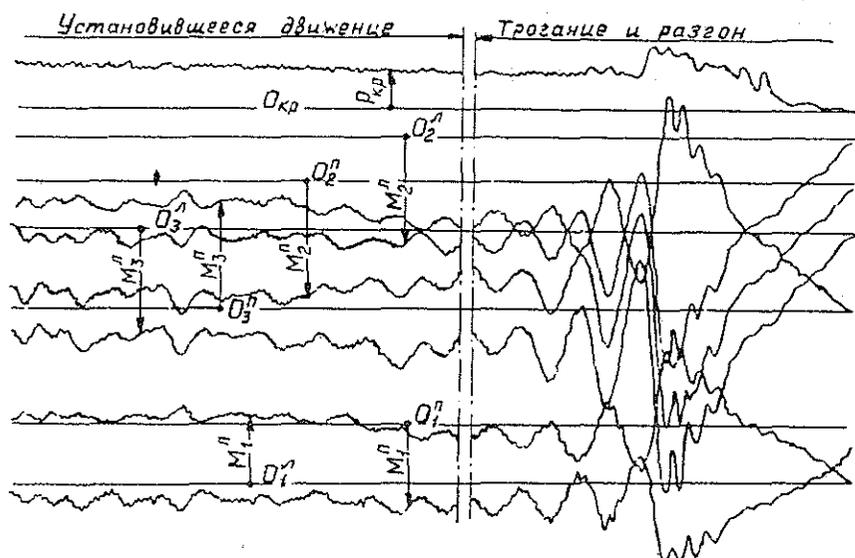


Рис. 3. Образец записи крутящих моментов на осциллограмме. Движение по асфальтобетонному шоссе с нормальным давлением воздуха в шинах.

Тарировочные масштабы: $P_{кр} = 239,68$ кгс/мм; $M_1^п = 11,35$ кгс/мм; $M_1^п = 10,76$ кгс/мм; $M_2^п = 11,14$ кгс/мм; $M_2^п = 10,64$ кгс/мм; $M_3^п = 10,62$ кгс/мм; $M_3^п = 10,44$ кгс/мм.

тящими моментами, чем длинные. Аналогично распределились крутящие моменты и по ведущим мостам. Данные табл. 1 показывают, что крутящий момент среднего ведущего моста при дифференциальном приводе мостов задней тележки в 1,45 раза, а при блокированном

Таблица 1

кгс · м				Тяговое усилие, кгс	Давление воздуха в шинах
$M_3^п$	Передний мост M_1	Средний мост M_2	Задний мост M_3		
977	1139	1781	1793	5512	Нормальное
428	718	824	814	3691	
630	643	1210	1150	2883	
121	389	233	215	1285	
760	854	1424	1330	3107	
198	435	408	326	1977	
285	495	690	525	2540	
82	246	284	155	904	
34	173	79	63	350	
880	1122	1577	1860	4559	
98	462	230	204	1392	
780	938	1672	1680	4490	
169	440	297	211	1435	

теле — для установившегося движения.

1,8—2,2 раза больше, чем моменты на заднем мосту. В работах [1, 3] отмечено, что средний мост блокированного привода оказывается нагруженным крутящим моментом в 1,7 раза большим, чем задний.

Изменение жесткости шин приводит к изменению распределения крутящих моментов на полуосях (табл. 1). Уменьшение жесткости в любой ветви вызывает уменьшение крутящего момента.

Согласно формуле (3), величина крутящих моментов зависит не только от уменьшения радиусов качения колес в результате снижения давления воздуха в шинах, но и жесткостей валопроводов трансмиссии и шин. Колеса, привод к которым осуществляется самым коротким карданным валом и полуосью, согласно данным эксперимента, имеют больший крутящий момент и начинают первыми реализовывать силу тяги, что приводит к перераспределению моментов. Средние величины крутящих моментов несколько сглаживают и недостаточно четко характеризуют неравномерность распределения крутящих моментов между длинными и короткими валопроводами. Отношение мгновенных значений моментов по полуосям в отдельных случаях достигало 1,5—1,85.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бочаров Н. Ф., Гусев В. И., Семенов В. М., Соловьев В. И., Филюшкин А. В. Транспортные средства на высокоэластичных движителях, М., «Машиностроение», 1974. [2]. Галевский Е. А. Исследование нагруженности трансмиссии полноприводного автомобиля при трогании. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, М., 1971. [3]. Коротыношко Н. И. Исследование тягово-мощностного баланса и проходимости многоприводного автомобиля в связи с разработкой унифицированных семейств транспортных средств разного типа назначения и класса грузоподъемности. Дис. на соиск. учен. степени докт. техн. наук, М., НАМИ, 1968. [4]. Смирнов Г. А., Леликов О. П., Галевский Е. А., Купреянов А. А., Рязанцев В. И. Экспериментальное исследование нагруженности трансмиссии полноприводного четырехосного автомобиля. — «Автомобильная промышленность», 1968, № 12.

Поступила 30 мая 1977 г.

УДК 621.43

О РАСХОДЕ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГОЗАТРАТАХ НА ПРИВОД ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ТЕПЛОВОЗА ТУ7

А. В. ДУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приводятся данные о дополнительном расходе мощности и энергозатратах на привод вспомогательных агрегатов тепловоза ТУ7, которые необходимо учитывать при анализе тягово-скоростных качеств и топливной экономичности тепловозов.

Мощность дизеля 1Д12-400 расходуется на преодоление сопротивлений в агрегатах силовой передачи, сопротивлений движению поезда и на привод вспомогательных агрегатов дизеля, тепловоза и гидроредачи.

Согласно ГОСТу 14846—69, характеристики дизеля определяют с установленными на нем воздухоочистителем, генератором и водяным насосом. Затраты мощности на привод этих агрегатов, а также потери мощности, обусловленные установкой воздухоочистителя, учитываются

эффективным КПД двигателя. Дополнительные затраты мощности на привод вентилятора, компрессора и агрегатов, обслуживающих гидропередачу, не учитываются.

Расход мощности на привод вспомогательных агрегатов при номинальном числе оборотов, как показывают подсчеты, может достигать 18% эффективной мощности дизеля. Поэтому при выборе мощности дизеля, оценке тягово-скоростных качеств, топливной экономичности и других показателей тепловоза необходимо знать дополнительные затраты мощности на привод всех вспомогательных агрегатов и пользоваться эксплуатационными внешними скоростными характеристиками.

Эксплуатационная мощность дизеля, передаваемая на силовую передачу,

$$N_3 = N_e - N_{в.а} = N_e \left(1 - \frac{N_{в.а}}{N_e} \right) = N_e (1 - \beta),$$

где N_e — эффективная мощность, развиваемая двигателем в условиях, регламентируемых для снятия внешней скоростной характеристики;

$N_{в.а}$ — мощность, затрачиваемая на привод вспомогательных агрегатов;

β — коэффициент, учитывающий затраты мощности на привод вспомогательных агрегатов

$$\beta = \frac{N_{в.а}}{N_e} = \frac{N_e - N_3}{N_e} = 1 - \frac{N_3}{N_e}.$$

Так как номенклатура и параметры вспомогательных агрегатов могут быть различны, то при установке одного и того же двигателя на различные тепловозы величина коэффициента β может быть неодинаковой.

От дизеля 1Д12-400 (ТУ7) отбирается мощность на привод двух поршневых одноступенчатых компрессоров ВВ $\frac{0,7}{8}$, осевого 8-лопастного вентилятора системы охлаждения УК-2М (диаметр вентиляторного колеса 1100 мм) и питательного центробежного насоса гидропередачи. Остальные вспомогательные агрегаты гидропередачи (насос смазки, первичный и вторичный датчики числа оборотов) потребляют незначительную мощность, которую в расчетах можно не учитывать.

Согласно данным завода-изготовителя, при номинальных оборотах дизеля ($n = 1600$ об/мин) затрачивается на привод: питательного насоса гидропередачи — 12,8 л. с. ($n_n = 4000$ об/мин), одного компрессора при расчетной производительности ($0,7$ м³/мин) — 8,6 л. с. ($n_k = 720$ об/мин) и вентилятора системы охлаждения — 41,7 л. с. ($n_v = 1780$ об/мин). В расчетах принято, что оба компрессора работают на «атмосферу», потребляя, согласно данным испытания, 50% мощности, расходуемой при работе с полной нагрузкой.

Для удобства расчетов, мощности, затрачиваемые на привод этих агрегатов при различных скоростных режимах, удобно привести к номинальным оборотам дизеля.

С учетом передаточных чисел и КПД передач отдельных вспомогательных агрегатов получены следующие формулы для определения мощности, приведенной к $n = 1600$ об/мин и потребляемой двумя компрессорами N_k , вентилятором N_v и питательным насосом гидропередачи N_n ,

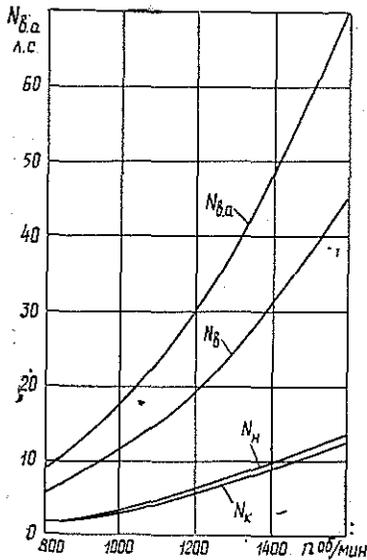


Рис. 1. Затраты мощности на привод компрессоров N_k , питательного насоса гидропередачи N_n и вентилятора N_v тепловоза ТУ7 в зависимости от числа оборотов вала дизеля.

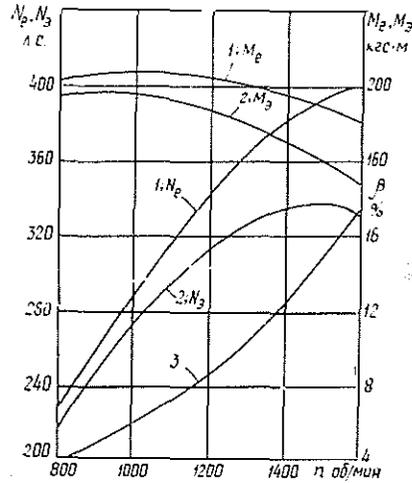


Рис. 2. Скоростная характеристика дизеля 1Д12-400.

1 — без вспомогательных агрегатов; 2 — с вспомогательными агрегатами; 3 — зависимость коэффициента β от числа оборотов вала дизеля.

$$N_k = 12 \left(\frac{n}{1600} \right)^3; \quad N_v = 45 \left(\frac{n}{1600} \right)^3; \quad N_n = 3,18 \left(\frac{n}{10^3} \right)^3 \text{ л. с.}, \quad (1)$$

где n — текущие обороты вала дизеля в мин.

На рис. 1 приведены затраты мощности на привод вспомогательных агрегатов в зависимости от числа оборотов вала дизеля. Как видно, наибольшая мощность расходуется на привод вентилятора — $N_v = 45$ л. с., или около 11% $N_{e \max}$. Суммарные затраты мощности на привод вспомогательных агрегатов при $n = 1600$ об/мин $N_{в.а.} = 70$ л. с., или около 18% $N_{e \max}$.

Эти затраты мощности, как показали данные обработки, растут с увеличением числа оборотов по закону кубической параболы и аппроксимируются уравнением ($n = 800 \div 1600$ об/мин)

$$N_{в.а.} = 1,71 \cdot 10^{-8} n^3 \text{ л. с.} \quad (2)$$

На рис. 2 приведены графики зависимостей N_e , N_z , M_e , M_z и β от n для дизеля 1Д12-400. Из графиков следует, что коэффициент β не является постоянной величиной, как иногда отмечается в литературе, а увеличивается с ростом числа оборотов и изменяется в пределах $\beta = 3,9 \div 17,5\%$ ($n = 800 \div 1600$ об/мин).

Компрессоры и вентилятор системы охлаждения имеют повторно-кратковременные режимы работы и у тепловоза ТУ7 снабжены устройствами для автоматического отключения. Поэтому в практических расчетах при определении действительно затрачиваемой мощности на привод этих агрегатов необходимо ввести поправочные коэффициенты.

Так как питательный насос гидропередачи не отключается, то

$$N'_{в.а} = (\alpha N_v + \gamma N_k + N_{II}), \quad (3)$$

где α , γ — опытные коэффициенты, учитывающие отношение времени работы вентилятора и компрессоров к продолжительности работы тепловоза.

Значения этих коэффициентов для тепловоза ТУ7 пока не установлены. До получения опытных данных на основании экспериментов с тепловозами промышленного транспорта* можно ориентировочно принимать $\alpha = 0,6$ и $\gamma = 0,3$.

Очевидно, что затраты мощности на привод вспомогательных агрегатов оказывают влияние на КПД и топливную экономичность тепловоза. Общее представление об энергозатратах, связанных с обслуживанием этих агрегатов, дают графики зависимостей $G_T(n)$, построенные на основании опытов ВНИТИ при работе дизеля с нагрузкой (на стоповом режиме) и на холостом ходу (рис. 3). Как видно, затраты топлива на привод вспомогательных агрегатов для каждого скоростного

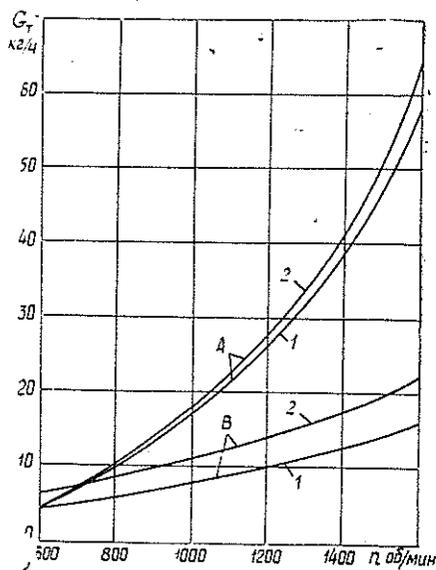


Рис. 3. Часовой расход топлива дизелем 1Д12-400 при работе с нагрузкой (кривые А) и на холостом ходу (кривые В) в зависимости от числа оборотов вала дизеля. 1 — без вспомогательных агрегатов; 2 — с вспомогательными агрегатами.

режима определяются как разность ординат, заключенных между соответствующими кривыми 1 и 2 при работе дизеля с нагрузкой и на холостом ходу. При $n = 1600$ об/мин и работе дизеля с нагрузкой на привод вспомогательных агрегатов затрачивается 7 кг топлива в час, или 11% G_{Tmax} , а на холостом ходу — 6,3 кг, или 29% G_{xmax} . При снижении оборотов эти расходы топлива уменьшаются. Итак, затраты мощности и энергозатраты на привод дополнительных агрегатов, установка которых при снятии характеристик двигателя не предусматривается ГОСТом 14846—69, могут существенно повлиять на выходные характеристики дизеля. Эти затраты необходимо учитывать при анализе тягово-скоростных, энергетических и других показателей теп-

* Шелест П. А. Тяговые расчеты тепловозов промышленного транспорта. М., «Транспорт», 1972.

ловозов УЖД. Для тепловоза ТУ7 при таком анализе рекомендуется использовать формулы (1)—(3) и графики зависимостей, приведенные на рис. 1—3.

Поступила 5 марта 1976 г.

УДК 634.0.323

О НАХОЖДЕНИИ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ КОМЛЯ ПРИ РАБОТЕ МАНИПУЛЯТОРА ВТМ

Ю. А. СЕДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Находятся оптимальная траектория комля при погрузке падающего дерева на коник ВТМ, закон изменения угла падения дерева и силы, приложенные к дереву, из условия минимума работы сил.

Цель настоящей статьи — определить оптимальную траекторию движения точки захвата манипулятором комля при повале дерева на приемное устройство, установленное на машине [1]. Траектория предполагается плоской.

Введем обозначения:

- x, y — текущие координаты комля;
- ξ — расстояние от комля до центра тяжести дерева;
- φ — угол наклона оси дерева к вертикали;
- α — уклон местности;
- M — масса дерева;
- I — момент инерции дерева относительно оси вращения;
- \bar{F} — тяговое усилие манипулятора.

Предположим, что сила сопротивления воздуха \bar{R} приложена в центре давления на расстоянии ζ от комля, направлена перпендикулярно оси дерева и по модулю равна

$$R = k v^2,$$

где v — скорость центра давления;
 k — коэффициент пропорциональности.

Движение дерева может быть описано уравнениями Лагранжа второго рода.

При сделанных допущениях эти уравнения дают следующую систему:

$$\left. \begin{aligned} M \{ \ddot{x} - \xi [\ddot{\varphi} \cos(\varphi - \alpha) - \dot{\varphi}^2 \sin(\varphi - \alpha)] \} &= F_x + R \cos(\varphi - \alpha) - M g \sin \alpha; \\ M \{ \ddot{y} - \xi [\ddot{\varphi} \sin(\varphi - \alpha) + \dot{\varphi}^2 \cos(\varphi - \alpha)] \} &= F_y + R \sin(\varphi - \alpha) - M g \cos \alpha; \\ I \ddot{\varphi} - M \xi [\ddot{x} \cos(\varphi - \alpha) + \ddot{y} \sin(\varphi - \alpha)] &= M g \xi \sin \varphi - k \zeta R, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $R = k \{ \dot{x}^2 + \dot{y}^2 - 2\zeta \dot{\varphi} [\dot{x} \cos(\varphi - \alpha) + \dot{y} \sin(\varphi - \alpha)] + \zeta^2 \dot{\varphi}^2 \}$.

Система (1) может быть решена каким-либо приближенным методом, например методом Рунге — Кутты, при следующих граничных условиях:

$$\left. \begin{aligned} x(0) = x_0; \quad \dot{x}(0) = u_0; \quad x(t_1) = x_1; \quad \dot{x}(t_1) = u_1; \\ y(0) = y_0; \quad \dot{y}(0) = v_0; \quad y(t_1) = y_1; \quad \dot{y}(t_1) = v_1; \\ \varphi(0) = \varphi_0; \quad \dot{\varphi}(0) = \omega_0; \quad \varphi(t_1) = \varphi_1; \quad \dot{\varphi}(t_1) = \omega_1; \\ F_x(0) = F_{x0}; \quad F_y(0) = F_{y0}; \quad F_x(t_1) = F_{x1}; \quad F_y(t_1) = F_{y1}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В качестве примера рассмотрим частный случай, когда правые части системы (1) допускают осреднение за время движения дерева [2], т. е.

$$\left. \begin{aligned} \tilde{Q}_x &= \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} Q_x dt = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} (F_x + R_x) dt - Mg \sin \alpha = \\ &= \tilde{F}_x + \tilde{R}_x - Mg \sin \alpha; \\ \tilde{Q}_y &= \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} Q_y dt = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} (F_y + R_y) dt - Mg \cos \alpha = \\ &= \tilde{F}_y + \tilde{R}_y - Mg \cos \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где t_1 — время падения дерева.

Для этого случая найдем уравнение оптимальной траектории комя в виде

$$\left. \begin{aligned} x &= \xi \sin(\varphi - \alpha) + \frac{at^2}{2} + C_1 t + C_2; \\ y &= -\xi \cos(\varphi - \alpha) + \frac{bt^2}{2} + C_3 t + C_4. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

После подстановки (4) в (1) с учетом (3) имеем

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{1}{M} (\tilde{F}_x + \tilde{R}_x - Mg \sin \alpha); \\ b &= \frac{1}{M} (\tilde{F}_y + \tilde{R}_y - Mg \cos \alpha); \\ (I - M\xi^2) \dot{\varphi}^2 &= 2M\xi \left[a \sin(\varphi - \alpha) - b \cos(\varphi - \alpha) - \right. \\ &\quad \left. - g \cos \alpha - \frac{\tilde{R}\xi}{M\xi} \varphi \right] + C_5, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $C_1 \div C_5$ — постоянные интегрирования.

Интегрируя последнее равенство системы (5), получим

$$t = \int_{\varphi_0}^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{A \sin(\varphi - \alpha) - B \cos(\varphi - \alpha) - C \cos \varphi - D\varphi + C_5}}, \quad (6)$$

где $A = 2 \frac{M\xi a}{I_c}$; $B = 2 \frac{M\xi b}{I_c}$; $C = 2 \frac{M\xi g}{I_c}$; $D = \frac{R\xi}{I_c}$; $I_c = I - M\xi^2$.

Будем считать, что $\bar{F}(F_x, F_y)$ — кусочно-непрерывная функция времени. Определим недостающие неизвестные величины из условия минимума работы сил, приложенных к дереву, т. е.

$$\int_0^{t_1} Q^* dt = \min, \quad (7)$$

где $Q^* = Q_x \dot{x} + Q_y \dot{y} + Q_\varphi \dot{\varphi}$.

Подставив (4) и (6) в (7), получим интеграл вида

$$\psi = \int_0^{t_1} \Phi(t_1, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5) dt = \min.$$

Минимум здесь отыскивается либо внутри, либо на границе области L изменения параметров t, C_k . Если минимум находится строго внутри области L , действуем по обычному классическому методу

$$\frac{\partial \psi}{\partial t_1} = 0; \quad \frac{\partial \psi}{\partial C_k} = 0; \quad 1 \leq k \leq 5. \quad (8)$$

В противном случае решается задача условного экстремума. Из решения шести алгебраических уравнений (8) найдем неизвестные постоянные интегрирования C_k и время падения дерева t_1 . Приближенно t_1 можно оценить неравенством [1]

$$t_1 \leq 5,07 \sqrt{\frac{l}{gh_c}} \quad (G \sim Mg, h_c \sim \xi).$$

Таким образом, будет полностью определен закон движения дерева.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Орлов С. Ф., Помогаев С. А., Жуков А. В., Артамонов Ю. Г., Александров В. А. Расчет и проектирование специальных лесных машин. Л., Изд-во ЛТА, 1973. [2]. Седов Ю. А. Исследование динамики направленной валки дерева при постоянном тяговом усилии. — В сб.: Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса. Вып. 4. Л., ЛТА, 1975, с. 29—32.

Поступила 17 марта 1977 г.

УДК 625.57

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НЕСУЩИХ КАНАТОВ ПОДВЕСНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

Н. В. МАТИИШИН

Львовский лесотехнический институт

Экспериментально получены коэффициенты остаточной работоспособности несущих канатов, позволяющие установить, какое количество древесины можно транспортировать после появления в канате обрывов проволок на пряди.

В условиях комплексного ведения лесного хозяйства в горной местности канатные лесотранспортные установки являются наиболее целесообразным, а в ряде случаев и единственно возможным средством механизации внутрилесосечного транспорта леса [1].

Сотрудниками кафедры строительной механики ЛЛТИ совместно с автором обследовано 136 канатных лесотранспортных установок, работающих на лесозаготовительных предприятиях комбинатов Прикарпат-

лес, Закарпатлес и Черновицлес. Установлено, что несущие канаты, не отработавшие предусмотренного нормами срока эксплуатации, часто списывают из-за отсутствия данных об остаточной работоспособности. При демонтаже несущих канатов на старой лесосеке их осматривают; в случае обнаружения трех—четырёх обрывов проволок на пряди производственники, желая избежать замены канатов в процессе освоения новой лесосеки, не рискуют устанавливать их, поскольку остаточная работоспособность неизвестна.

В зависимости от условий эксплуатации, состояния ходовых частей кареток, типов канатов и других факторов выносливость несущих канатов различна и сроки их службы колеблются от 10 до 35 мес.

В настоящей работе рассмотрено, какое количество древесины можно перевезти по несущему канату, имеющему известное, установленное осмотром, число обрывов проволок на одной пряди.

Для определения остаточной работоспособности несущих канатов проанализирован характер появления обрывов проволок в зависимости от количества проходов каретки при испытании канатов на выносливость.

Исследования проводили на специально разработанной двухпролетной пробегной установке [3] при следующих режимах: скорость движения каретки $V=1,5$; 2,5 и 3,3 м/с, запас прочности образцов на растяжение $n=2,9$; 3,9 и 5, каретка двухкатковая, диаметр катков 120 мм, твердость их ободов НВ = 220—240. Испытания проводили при наличии башмака промежуточной опоры и без него.

Была исследована работа канатов 25-Н-180В ГОСТ 3077—55 и 25,5-Г-В-СС-Н-160 ГОСТ 2688—69. Общее количество испытанных образцов — 87 шт., их длина 11,7 м.

Опыты прекращали при появлении пяти обрывов проволок на одной пряди и не менее чем в двух местах по длине хода каретки [2].

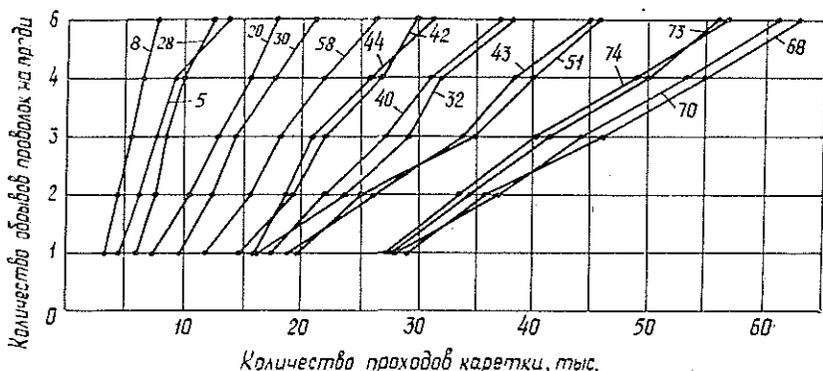


Рис. 1. График зависимости числа обрывов проволок на пряди от количества проходов каретки.

5 — канат ГОСТ 3077—55; $n=3,9$; $V=2,5$ м/с; 8 — то же; $n=5,0$; $V=2,5$ м/с; 20 — то же; $n=2,9$; $V=2,5$ м/с; 28 — то же; $n=3,9$; $V=2,5$ м/с; 30 — канат ГОСТ 2688—69; $n=3,9$; $V=2,5$ м/с; 32 — то же; $n=2,9$; $V=2,5$ м/с; 40 — то же; $n=5$; $V=2,5$ м/с; 42 — то же; $n=5$; $V=2,5$ м/с; 43 — то же; $n=2,9$; $V=2,5$ м/с; 44 — то же; $n=5$; $V=2,5$ м/с; 51 — то же; $n=2,9$; $V=2,5$ м/с; 58 — то же; $n=3,9$; $V=2,5$ м/с; 68 — то же; $n=3,9$; $V=2,5$ м/с; 70 — то же; $n=3,9$; $V=2,5$ м/с; 73 — то же; $n=3,9$; $V=1,5$ м/с; 74 — то же; $n=3,9$; $V=1,5$ м/с.

На рис. 1 показана зависимость числа обрывов проволок на пряди от количества проходов каретки для отдельных образцов. Из графика видно, что при всех режимах исследований канатов обоих типов эта зависимость приближается к линейной.

Для оценки остаточной работоспособности введено понятие коэффициента износа

$$K_i = \frac{I_i}{I_0}, \quad (1)$$

где I_i — количество проходов каретки до появления i -того обрыва проволоки на одной пряди;

I_0 — общее количество проходов каретки до достижения норм выработки.

В результате статистической обработки коэффициентов износа при появлении каждого (от одного до пяти) обрыва проволок на прядях в двух местах по длине хода каретки для всех испытанных образцов получены значения коэффициентов износа, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество обрывов проволоки на пряди	1	2	3	4	5
K_i	0,42	0,57	0,7	0,85	1
α_i	1,38	0,75	0,43	0,18	0

Остаточная работоспособность каната определяется по формуле

$$I_{0i} = \alpha_i I_i, \quad (2)$$

где $\alpha_i = \frac{1}{K_i} - 1$ — коэффициент остаточной работоспособности несущих канатов.

Значения коэффициентов остаточной работоспособности несущих канатов для каждого (от одного до пяти) обрыва проволок на пряди также приведены в табл. 1.

На практике вместо количества проходов каретки I более удобно пользоваться объемом транспортируемой древесины Q . Тогда формула (1) примет вид

$$Q_{0i} = \alpha_i Q_i, \quad (3)$$

где Q_{0i} — объем древесины, который можно транспортировать по несущему канату после появления i -того обрыва проволок на пряди;

Q_i — количество древесины, перевезенной по несущему канату до появления i -того обрыва проволок на пряди.

При условии $Q_{0i} \geq Q_n$ полный запас древесины на лесосеке Q_n может быть перевезен по несущему канату, имеющему i обрывов проволок на пряди.

Для оценки целесообразности монтажа несущего каната, имеющего i обрывов проволок на пряди, на лесосеке с запасом древесины, превышающим остаточную работоспособность каната, введено понятие остаточной стоимости несущего каната

$$C_{0i} = \alpha_i C_n, \quad (4)$$

где C_{oi} — остаточная стоимость несущего каната, имеющего i обрывов проволок на пряди;

C_k — стоимость нового несущего каната.

Монтаж несущего каната, имеющего i обрывов проволок, на новой лесосеке экономически целесообразен в случае превышения остаточной стоимости этого каната над стоимостью трудозатрат, вызванных заменой несущего каната на одной лесосеке с учетом экономического убытка, связанного с простоем установки.

Покажем применение изложенной методики оценки на примере.

Необходимо решить вопрос о целесообразности монтажа несущего каната, имеющего 4 обрыва проволок на пряди, по которому уже перевезено 15 000 м³ древесины, на лесосеке с запасом древесины 4000 м³. Стоимость нового несущего каната такой же длины 1600 р. Стоимость трудозатрат, связанных с заменой несущего каната на одной лесосеке, по данным предприятия, составляет 200 р.

По табл. 1 находим $\alpha_i = 4 = 0,18$. Остаточная работоспособность каната

$$Q_{04} = 0,18 \cdot 15000 = 2700 \text{ м}^3.$$

Поскольку остаточная работоспособность каната оказалась меньше запаса древесины на лесосеке, то этот канат целесообразно установить на новой лесосеке с запасом древесины меньшим остаточной работоспособности. При отсутствии такого варианта решим вопрос об экономической целесообразности монтажа его на данной лесосеке. Остаточная стоимость несущего каната

$$C_{04} = 0,18 \cdot 1600 = 288 \text{ р.}$$

Как видим, остаточная стоимость несущего каната превышает стоимость трудозатрат, связанных с его заменой. Следовательно, установка этого каната на данной лесосеке экономически оправдывается.

После перевозки на новой лесосеке около 2700 м³ древесины необходимо демонтировать старый канат без дополнительного осмотра, поскольку его дальнейшая эксплуатация может привести к обрыву.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки. М., «Лесная промышленность», 1964. [2]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Технические условия использования канатов подвесных лесотранспортных установок и повышения сроков их службы. Львов, 1975. [3]. Матишин Н. В., Прохоренко А. Г., Авт. свид. № 387254. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 27.

Поступила 1 февраля 1977 г.

УДК 634.0.378.34

ОБ ОСТАНОВКЕ ПЛОТОВ В РЕЖИМЕ ПОСТОЯННОЙ ТОРМОЗНОЙ МОЩНОСТИ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

На конкретном примере рассматривается методика определения инерционных характеристик плота, расчета его скоростей и ускорений, а также состава сил в системе тормозной агрегат — плот при остановке плота в режиме постоянной тормозной мощности.

В работах [3, 4, 7, 8] рассмотрены гидродинамические процессы остановки плотов в условиях, когда тормозная сила была постоянна на всем пути активного торможения плота или же возрастала ступенчато, например при включении якорей в тормозную работу.

В настоящей работе рассматривается процесс остановки плота в условиях, когда в начале остановки к плоту прикладывается постоянная тормозная мощность, т. е. постоянная величина произведения тормозной силы F на техническую скорость движения плота v . Этот режим торможения представляет значительный практический интерес, поскольку постепенное возрастание тормозной силы предохраняет такелажные связи плота от сколько-нибудь значительных динамических нагрузок и предупреждает их возможное разрушение.

Исследуемый режим торможения плота может быть осуществлен устройством по изобретению [5], существо которого изложено в работе [6].

Путь активного торможения плота в рассматриваемом случае разбиваем на три этапа:

на первом переменная скорость движения плота v изменяется от скорости его подхода к причалу, за который закреплено тормозное устройство, v_n до скорости течения в реке v_p , (имея в виду $v_n > v_p$);

на втором скорость плота уменьшается от v_p до скорости, при которой тормозная сила F близка к расчетной несущей способности продольных такелажных связей плота. Обозначим эту скорость через v_* ;

на третьем плот тормозится постоянной тормозной силой, близкой к несущей способности такелажных связей плота от скорости v_* до полной остановки.

Для анализа процесса остановки используем уравнение неравномерного движения плота

$$M(1+n) \frac{dv}{dt} = \mp r_1 (v - v_p)^2 - F + R_i, \quad (1)$$

где M — масса плота;

n — коэффициент совокупного влияния на процесс торможения присоединенных масс и нестационарности процесса;

$\frac{dv}{dt}$ — ускорение плота;

v — техническая скорость движения плота;

v_p — скорость речного потока на участке остановки плота;

r_1 — приведенное сопротивление воды движению плота (на первом этапе со знаком минус, на втором и третьем — плюс);

F — тормозная сила;

R_i — влечение плота от уклона.

Умножив обе части уравнения (1) на скорость плота v и приняв условие

$$Fv = C_N = \text{const},$$

будем иметь

$$Mv(1+n) \frac{dv}{dt} = \mp r_1 (v - v_p)^2 v + R_i v - C_N, \quad (2)$$

откуда

$$dt = \frac{Mv(1+n) dv}{\mp r_1 (v - v_p)^2 v + R_i v - C_N}. \quad (3)$$

Примем указанное уравнение за исходное и решим его для первых двух этапов активного торможения плота.

Как известно из [1], для первого этапа остановки значение коэффициента n можно принять постоянным и определить по формуле

$$n = \tilde{n} = -0,137 + 0,413 \frac{B}{\sqrt[3]{\frac{\gamma_d}{\gamma} LBT}} + 27,16 \exp\left(-\frac{4,6B}{\sqrt[3]{\frac{\gamma_d}{\gamma} LBT}}\right), \quad (4)$$

где L, B, T — соответственно длина, ширина, и осадка плота;

γ_d, γ — соответственно объемная масса древесины в плоту и плотность воды.

Таким образом, для первого этапа

$$t = M(1 + \tilde{n}) \int_{v_n}^v \frac{v dv}{-r_1(v - v_p)^2 v + R_i v - C_N}. \quad (5)$$

Для плота габаритами $415 \times 80 \times 1,8$ м, буксируемого по Северной Двине, имеем $M = 2,18 \cdot 10^6$ кгс·с²/м; $\tilde{n} = 0,81$; $r_1 = 19,42 \cdot 10^3$ кгс·с²/м² (определено по методу, изложенному в работе [2]), $R_i = 1530$ кгс (при $i = 0,00007$). Далее примем $v_p = 1,5$ м/с, $v_n = 1,9$ м/с, и тогда численное интегрирование уравнения (5) при значениях $C_N = 30 \cdot 10^3$ кгс·м/с и $C_N = 40 \cdot 10^3$ кгс·м/с дает следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

Тормозная мощность C_N , кгс·м/с	Длительность процесса торможения, с, при достижении плотом скорости, м/с							
	1,85	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50
$30 \cdot 10^3$	12,06	24,29	36,61	48,92	61,15	73,18	84,95	96,38
$40 \cdot 10^3$	9,21	18,45	27,68	36,85	45,89	54,76	63,41	71,80

Анализ этих табличных данных позволяет сказать, что на первом этапе остановки плот движется равномерно ускоренно.

Значения ускорений и тормозных расстояний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тормозная мощность C_N , кгс·м/с	Ускорение плота, м/с ²	Тормозный путь первого этапа S_1 , м
$30 \cdot 10^3$	-0,00416	141
$40 \cdot 10^3$	-0,00555	122

На втором этапе активного торможения, согласно [1],

$$n = n_1 + n_2 \frac{v_0}{v_{11}}, \quad (6)$$

где v_0 — скорость обтекания плота потоком;

$$v_0 = v_{p_1} - v;$$

v_{11} — техническая скорость движения плота в начале второго этапа торможения, в нашем случае $v_{11} = v_{p_1}$;

$$n_1 = 0,469 \frac{B}{\sqrt[3]{\frac{\gamma_d}{\gamma} LBT}} + 0,369;$$

$$n_2 = 0,564 \frac{B}{\sqrt[3]{\frac{\gamma_d}{\gamma} LBT}} + 0,648.$$

Таблица 3

Тормозная мощность C_N , кгс · м/с	Длительность процесса торможения, с, при достижении плотом скорости, м/с											
	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00	0,90	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
$30 \cdot 10^3$	19,71	39,66	59,95	80,64	101,59	122,93	144,09	164,71	174,64	184,17	193,22	201,72
$40 \cdot 10^3$	14,48	29,08	43,83	58,69	73,59	88,39	102,88	116,78				

Для выбранного в примере плота при $v_{p_1} = 1,5$ м/с будем иметь

$$n = 0,664 + 1,26(1,5 - v). \quad (7)$$

Тогда из (2) получаем

$$t = \int_{1,5}^v \frac{2,18 \cdot 10^3 [1,664 + 1,26(1,5 - v)] v dv}{19,42 \cdot 10^3 (1,5 - v)^2 v + 1,53 \cdot 10^3 v - C_N}. \quad (8)$$

Верхний предел интегрирования здесь определяется несущей способностью такелажных связей плота. В работе [4] было установлено, что для рассматриваемого плота она может быть принята $60 \cdot 10^3$ кгс. Тогда верхний предел интегрирования для $C_N = 30 \cdot 10^3$ кгс · м/с; $v = \frac{30 \cdot 10^3}{60 \cdot 10^3} = 0,5$ м/с и для $C_N = 40 \cdot 10^3$ кгс · м/с $v = \frac{40 \cdot 10^3}{60 \cdot 10^3} \approx 0,70$ м/с.

Результаты решения интеграла (8) сведены в табл. 3.

Анализ этой таблицы показывает, что и на втором этапе активного торможения в режиме постоянной тормозной мощности имеет место равномерно ускоренное движение плота. Значения ускорений и тормозного пути на этом этапе сведены в табл. 4.

Таблица 4

Тормозная мощность C_N , кгс · м/с	Ускорение плота, м/с ²	Полный тормозной путь на втором этапе S_2 , м
$30 \cdot 10^3$	-0,00495	202
$40 \cdot 10^3$	-0,00684	128

На третьем этапе остановка плота осуществляется постоянной по величине тормозной силой. Имея это в виду, а также с несущественной погрешностью принимая

$$M_{01} = M(1 + n) = M(1 + \tilde{n}) = \text{const},$$

интегрирование уравнения (1) позволяет написать

$$t = \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P_3}} \text{arth} \sqrt{\frac{r_1}{P_3}} (v_{p_1} - v) - C_1, \quad (9)$$

где

$$P_3 = F - R_t.$$

Постоянную интегрирования C_1 определяем из условия, что при $v = v_*$ (где v_* — скорость плота в конце второго этапа) $t = 0$. Тогда

$$C_1 = - \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P_3}} \text{arth} \sqrt{\frac{r_1}{P_3}} (v_{p_1} - v_*) = - \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P_3}} K_3. \quad (10)$$

При заданных величинах v_{p_1} и v_* , входящих в выражение (10), можно принять величину K_3 за постоянную и, следовательно, написать

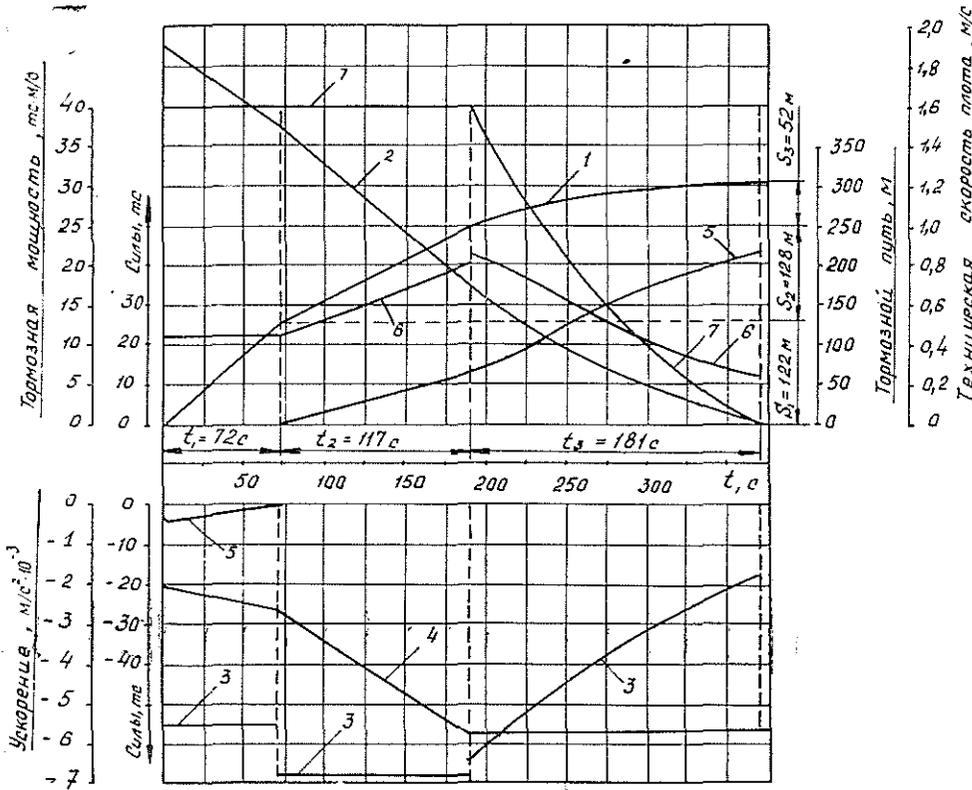


Рис. 1. Пример кинематических и динамических характеристик процесса торможения плота постоянной тормозной мощностью.

1 - $s = f_1(t)$; 2 - $v = f_2(t)$; 3 - $\frac{dv}{dt} = f_3(t)$; 4 - $F = f_4(t)$; 5 - $r_1(v_{p1} - v)^2 = f_5(t)$;
 6 - $M_{01} \frac{dv}{dt} = f_6(t)$; 7 - $Fv = f_7(t)$.

$$t = \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P_3}} \left[\operatorname{arth} \sqrt{\frac{r_1}{P_3}} (v_{p1} - v) - K_3 \right]. \quad (11)$$

После несложных преобразований получаем формулы для определения скорости плота

$$v = v_{p1} - \sqrt{\frac{P_3}{r_1}} \operatorname{th} \left(\frac{\sqrt{r_1 P_3}}{M_{01}} t + K_3 \right), \quad (12)$$

и его ускорения

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{P_3}{M_{01}} \frac{1}{\operatorname{ch}^2 \left(\frac{\sqrt{r_1 P_3}}{M_{01}} t + K_3 \right)} \quad (13)$$

в функции от текущего времени t , где время исчисляется от начала этапа.

Из выражения (11), приравняв $v = 0$, получим формулу расчета полной длительности третьего этапа остановки

$$t_3 = \frac{M_{01}}{\sqrt{r_1 P_3}} \left(\operatorname{arth} \sqrt{\frac{r_1}{P_3}} v_{p_1} - K_3 \right). \quad (14)$$

Тормозной путь плота на рассматриваемом этапе определится как

$$S = \int v dt, \quad (15)$$

что после подстановки выражения (12) и интегрирования дает

$$S = v_{p_1} t - \frac{M_{01}}{r_1} \ln \operatorname{ch} \left(\frac{\sqrt{r_1 P_3}}{M_{01}} t + K_3 \right) + C_2. \quad (16)$$

При $t = 0$ $S = 0$, поэтому постоянная интегрирования

$$C_2 = \frac{M_{01}}{r_1} \ln \operatorname{ch} K_3$$

и, следовательно,

$$S = v_{p_1} t - \frac{M_{01}}{r_1} \ln \frac{\operatorname{ch} \left(\frac{\sqrt{r_1 P_3}}{M_{01}} t + K_3 \right)}{\operatorname{ch} K_3}. \quad (17)$$

Результаты решения приведенных формул для плота, буксируемого по р. Северной Двине, взятого ранее в качестве примера при $C_N = 40$ кгс·м/с, даны на рис. 1. Все величины, изображенные на графике, представлены в функции от текущего времени, начало отсчета которого совпадает с началом активного торможения плота.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Митрофанов А. А., Чекалкин К. А. Результаты исследования на моделях неустановившегося поступательного движения плотов. — Труды АЛТИ. Исследование по механизации лесоразработок и транспорту леса. Архангельск, 1972, вып. 33, с. 58—65. [2]. Худоногов В. Н. Гидродинамическое взаимодействие плотов с внешней средой. Красноярск, Книжное изд-во, 1966, с. 225. [3]. Чекалкин К. А. К теории расчетов средств остановки плотов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1963, № 1, с. 82—93. [4]. Чекалкин К. А. Об оптимальном режиме торможения плотов при остановках в пунктах прибытия. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 1, с. 45—51. [5]. Чекалкин К. А. Устройство для остановки плотов. Авт. свид. № 523849. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1976, № 29. [6]. Чекалкин К. А. К вопросу о техническом совершенствовании способов остановки плотов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 4. [7]. Черкасов Г. М. К теории движения буксируемых плотов. Казань, Татгосиздат, 1949, с. 100. [8]. Щербатов В. А. Управление плотами при буксировке в речных условиях. — «Техническая информация ЦНИИлесосплава», 1962, № 134, с. 34.

Поступила 15 декабря 1976 г.

УДК 634.0.378.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАДЕНИЯ БРЕВЕН НА ВОДУ

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Теоретическими и натурными экспериментальными исследованиями установлены зависимости, позволяющие обосновывать параметры лесосплавных устройств, связанные с явлениями брызгообразования и волнообразования, наблюдаемыми при падении бревен на воду. Получены формулы для расчета силы удара круглого цилиндра о воду.

Одно из перспективных направлений механизации и автоматизации сортировки бревен на лесосплавных рейдах и в бассейнах лесоперерабатывающих предприятий — разработка и внедрение устройств, в которых бревна сортируют над водой и затем сбрасывают в отсек (гидролоток), соответствующий данной сортовой группе бревен. Для правильного выбора параметров таких устройств необходимо знать, наряду с другими факторами, качественный и количественный характер явлений, имеющих место при падении бревен на воду, в том числе скорость погружения бревна, гидродинамическую реакцию воды, высоту и скорость распространения волн, возникающих при падении бревна. Приняты следующие допущения:

- 1) бревно — жесткий круглый цилиндр с одинаковой плотностью по всему объему;
- 2) поток, обтекающий цилиндр, плоский потенциальный;
- 3) вода — идеальная жидкость и перед погружением бревна находится в покое. Весомостью воды и тела при ударе пренебрегают.

Быстрое погружение цилиндра на глубину, равную половине диаметра, рассматриваем одновременно как глассирование поверхности, контур которой имеет форму окружности, с переменной скоростью в направлении горизонтальной оси и быстрое вертикальное погружение тоже с переменной скоростью.

При использовании гипотезы Вагнера [1] (о падении тел на воду) и нелинейной теории глассирования [2] получены теоретические формулы для определения смоченной полуширины поверхности удара при падении

$$c = 2r \sqrt{1 - \cos \alpha}; \quad (1)$$

переменной ударной присоединенной массы

$$\lambda_{уд} = 2\pi r^2 l (1 - \cos \alpha); \quad (2)$$

скорости погружения бревна

$$V = \frac{V_0}{1 + 2\mu_{ц}(1 - \cos \alpha)}; \quad (3)$$

силы удара

$$R_{уд} = C_{уд} \rho d l \frac{V^2}{2}; \quad (4)$$

скорости волны подпора, образующейся при падении бревна,

$$C_{в.п} = \eta_{в.п} \frac{V_0}{2(1 + 2\mu_{ц})}; \quad (5)$$

высоты фонтана воды, возникающего при смыкании каверны,

$$h_{ф} = \eta_{ф} \frac{2V_0^2}{g(1 + 2\mu_{ц})^2}. \quad (6)$$

В формулах (1) — (6) r , d , l — соответственно радиус, диаметр и длина бревна;

V_0 — скорость касания бревна поверхности воды;

α — мгновенный угол килеватости (атаки);

ρ и $\rho_{ц}$ — соответственно массовая плотность воды и коэффициент присоединенной массы для полностью погруженного в безграничную воду цилиндра;

$C_{уд}$ — коэффициент удара;

$$C_{уд} = 2\pi \left(1 - \frac{2\mu_{ц}(1 - \cos \alpha)}{1 + 2\mu_{ц}(1 - \cos \alpha)} \right); \quad (7)$$

$\eta_{в.п}$, $\eta_{ф}$ — эмпирические коэффициенты;

g — ускорение силы тяжести.

Анализ полученных формул показывает, что коэффициент удара и сила удара максимальны в момент касания поверхности воды, а к моменту погружения бревна на глубину, равную его радиусу, удар практически заканчивается и начинается движение, сходное с движением бревна по инерции [3] и последующим всплыванием [4].

Для проверки теоретических результатов нами проведены экспериментальные исследования* на лесосплавных рейдах Керчево (р. Кама) и Пенье (р. Б. С. Двина) при скорости течения в реке $\sim 0,2$ м/с. Бревна в коре диаметром от 15,5 до 54,5 см по комлю и относительным весом $\delta = 0,59 \div 0,85$ поднимали в горизонтальном положении электрокраном на высоту 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м (рис. 1) и сбрасывали в коридор из бонов (глубина воды более 4 м, ширина коридора — 1,5 м). Процесс падения, брызго- и волнообразования фиксировали с торца бревна киноаппаратом «Киев-16-2С». Покадровую обработку киноплёнки вели на экране. С точностью до 0,1 мм измеряли координаты вершины траектории брызговой струи и гребня волны. За ось абсцисс принимали линию пересечения свободной поверхности с плоскостью торца, за ось ординат — верти-

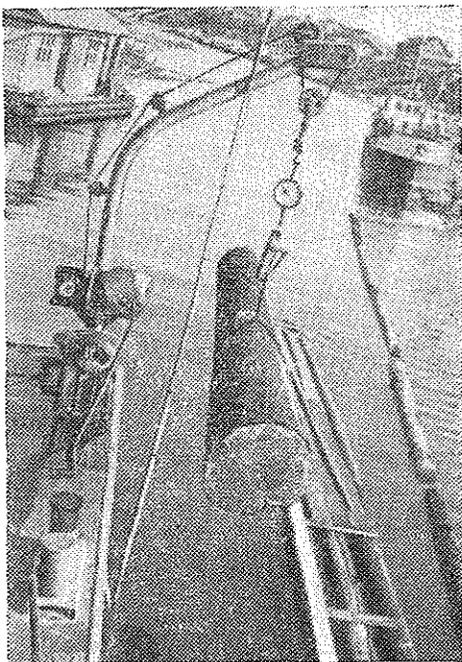


Рис. 1. Экспериментальная установка.

* В экспериментах принимали участие студенты АЛТИ А. Д. Капинос и А. И. Кушлевич.

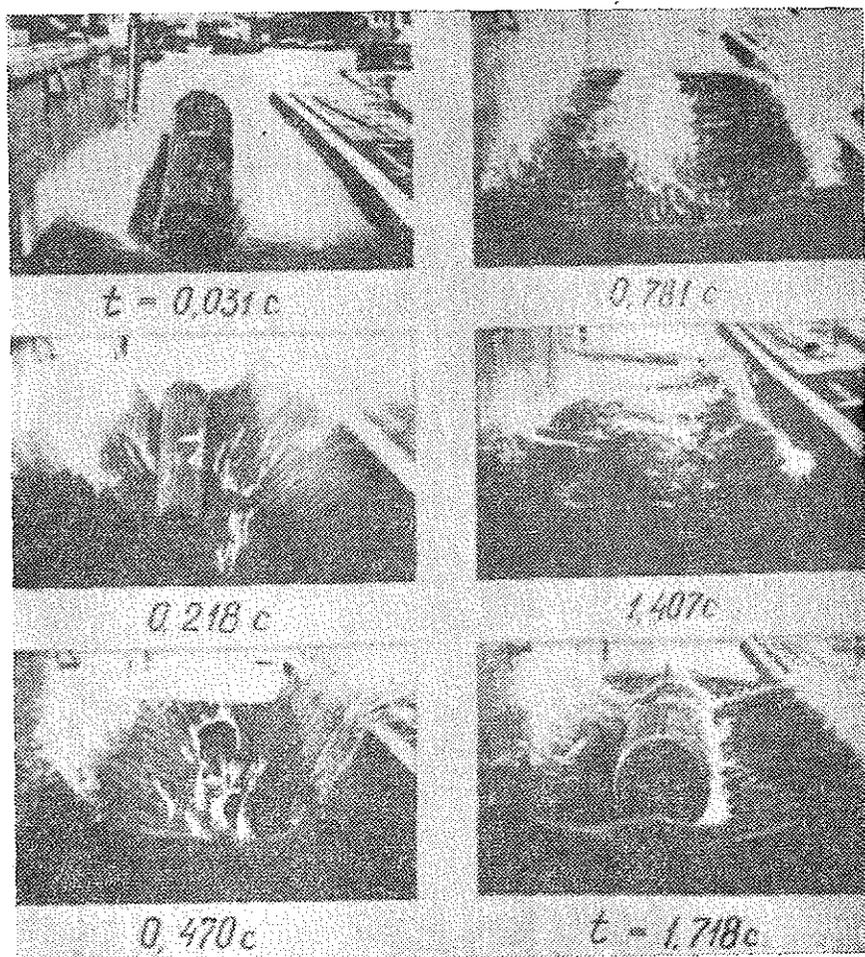


Рис. 2. Кадры киносъемки процесса падения бревна на воду.

кальную линию, проходящую через крайнюю точку горизонтального диаметра торца (правую или левую). Линейный масштаб изображения на экране определяли по измеренному горизонтальному диаметру торца в момент соприкосновения с поверхностью воды. Все характерные линейные величины измеряли в вертикальной плоскости торца.

Экспериментальные исследования показали, что процесс падения бревен в воду сопровождается интенсивным брызго- и волнообразованием, которые могут оказать существенное воздействие на конструкции и влиять на технологический процесс, например сортировки бревен.

На кадрах киносъемки (рис. 2) показан процесс падения бревен в воду из исходного горизонтального положения.

В момент соприкосновения с поверхностью воды из зоны контакта выбиваются тонкие струи воды, летящие с большой скоростью под малым углом наклона к горизонту. По мере погружения бревна поверхность удара расширяется, траектория струй становится круче, у основания их создается волна подпора, которая как бы уносит на своей вершине брызговую струю из зоны падения бревна в направлении, нормальном к его продольной оси. По мере удаления брызги падают под действием силы тяжести, а волна продолжает двигаться с несколько сглаженным гребнем, постепенно распадаясь. За погруженным бревном массы воды смыкаются, образуя фон-

тан с султаном из брызг и пены на вершине. Затем массы воды фонтана падают, образуя волну смятия, распространяющуюся из зоны падения во все направления. При всплывании бревна и его качке на поверхности появляется новая система волн, но уже с меньшей высотой и скоростью распространения.

Для определения движения брызговой струи рекомендуется использовать уравнения движения тела, брошенного под углом α_0 к горизонту с начальной скоростью \bar{V}_{oc} в потенциальном поле силы тяжести.

Уравнение траектории полета частиц жидкости в струе

$$y = \frac{K_y}{K_x} \left(\bar{t}g \bar{\alpha}_0 - \frac{gx}{2K_x \bar{V}_{oc}^2 \cos^2 \bar{\alpha}_0} \right) x. \quad (8)$$

Проекция скорости на оси координат

$$\left. \begin{aligned} V_{cx} &= K_x \bar{V}_{oc} \cos \bar{\alpha}_0; \\ V_{cy} &= K_y (\bar{V}_{oc} \sin \bar{\alpha}_0 - gt). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Полная скорость частиц в струе

$$V_c = \sqrt{V_{cx}^2 + V_{cy}^2}. \quad (10)$$

Угол наклона ее вектора к горизонту β

$$\beta = \arctg \left[\frac{K_y}{K_x} \left(\bar{t}g \bar{\alpha}_0 - \frac{gt}{\bar{V}_{oc} \cos \bar{\alpha}_0} \right) \right]. \quad (11)$$

В этих формулах t — текущее время;

\bar{V}_{oc} и $\bar{\alpha}_0$ — осредненное значение начальных скоростей и угла наклона струи за время погружения бревна на половину диаметра;

K_x и K_y — эмпирические коэффициенты, учитывающие изменение структуры струи и сопротивление воздуха.

По теории глиссирования с учетом потенциального обтекания при погружении

$$\bar{V}_{oc} = \bar{V} \left(\sin \bar{\alpha}_0 + \operatorname{ctg} \frac{\bar{\alpha}_0}{2} \right), \quad (12)$$

где осредненная скорость погружения

$$\bar{V} = \frac{4V_0}{\pi \sqrt{1 + 4\mu_{II}}} \arctg \sqrt{1 + 4\mu_{II}}. \quad (13)$$

В результате обработки экспериментальных материалов установлено, что для восходящей ветви струи K_x и K_y примерно постоянны и аппроксимируются зависимостями:

$$K_x = 0,951 \operatorname{Fr}^{-0,563} \quad (14)$$

при среднем квадратическом отклонении $\sigma = \pm 0,094$ и ошибке $\varepsilon = \pm 0,023$;

$$K_y = 1,278 \operatorname{Fr}^{-0,633} \quad (15)$$

при $\sigma = \pm 0,081$ и $\varepsilon = \pm 0,020$.

Здесь и далее число Фруда

$$Fr = \frac{V_0}{\sqrt{dg}}$$

Кроме того,

$$\frac{K_y}{K_x} \operatorname{tg} \bar{\alpha}_0 \approx 1 \quad (16)$$

при $\sigma = \pm 0,082$ и $\epsilon = \pm 0,021$.

В приближенных расчетах, например, высоты ограждающих стенок гидротка, можно пользоваться формулой

$$y = -0,017 + 0,889x \quad \text{м} \quad (17)$$

при $\sigma = \pm 0,060$ м и $\epsilon = \pm 0,006$ м,

здесь x и y — координаты наивысшей точки струи.

Высоту волны подпора $h_{в.п}$ и скорость ее $C_{в.п}$ при расчете сооружений можно считать постоянными. Для сплавляемых бревен независимо от их удельного веса

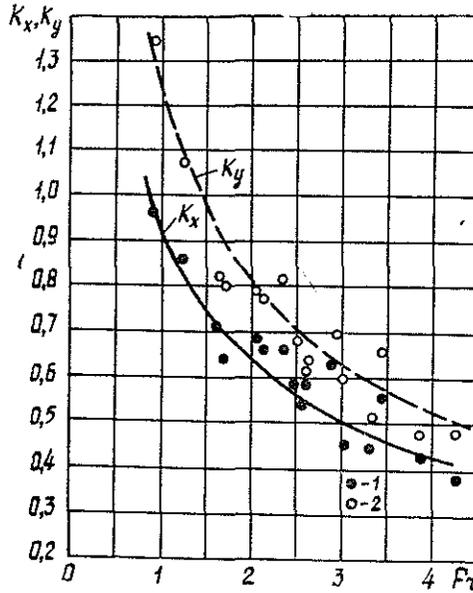


Рис. 3. Зависимости $K_x = f_1(Fr)$ и $K_y = f_2(Fr)$.

1 — для K_x ; 2 — для K_y .

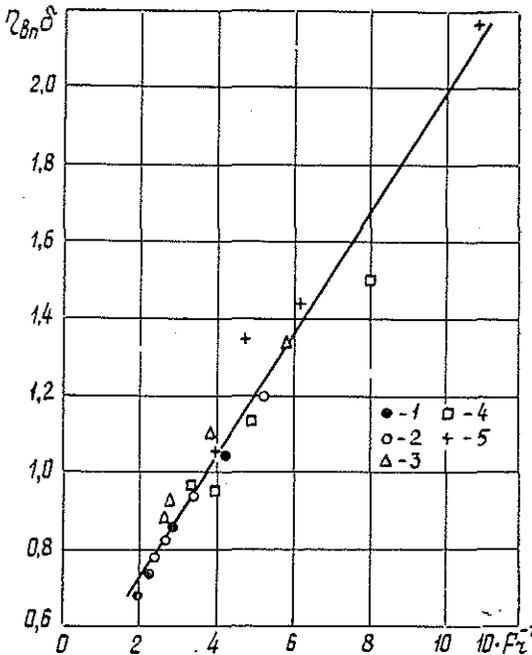


Рис. 4. Зависимость $\eta_{в.п} \delta = f(Fr)$.

1 — диаметр бревна 15,5 см; 2 — 21 см; 3 — 25,5 см; 4 — 39 см; 5 — 54,5 см.

$$h_{в.п} = (1,24 - 0,86H + 0,235H^2) Hd \text{ м} \quad (18)$$

при $\sigma = \pm 0,025$ м и $\varepsilon = \pm 0,006$ м,
где H — расстояние от продольной оси бревна до свободной поверхности по вертикали.

Эмпирический коэффициент $\eta_{в.п}$ (5) для вычисления скорости $C_{в.п}$ определяют по формуле

$$\eta_{в.п} \delta = 0,431 + 1,541 Fr^{-1} \quad (19)$$

при $\sigma = \pm 0,075$ и $\varepsilon = \pm 0,017$,

где δ — относительный вес бревна (в рассматриваемом случае $\delta = \frac{1}{\mu_{п}}$).

Эмпирический коэффициент $\eta_{ф}$ для вычисления высоты подъема основных масс воды в фонтане смыкания (6) определяется по формуле

$$\eta_{ф} = 2,495 (Fr \delta)^{-1,257} \quad (20)$$

при $\sigma = \pm 0,134$ и $\varepsilon = \pm 0,030$.

Следует иметь в виду, что отдельные брызговые струи и капли при смыкании каверны могут достигать большой высоты.

Высота волны смыкания подчиняется зависимости

$$h_{в.с} = (1,48 - 1,01H + 0,27H^2) Hd \text{ м} \quad (21)$$

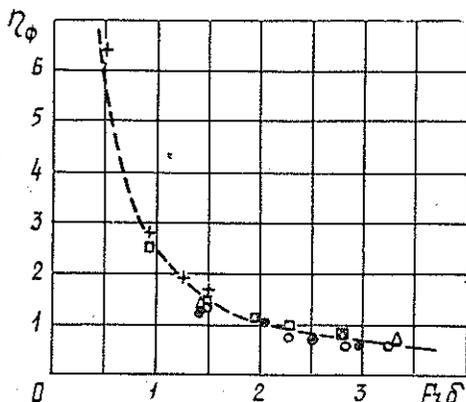
при $\sigma = \pm 0,026$ м и $\varepsilon = \pm 0,006$ м.

Скорость ее

$$C_{в.с} = 1,376 \sqrt[4]{Hd} \text{ м/с} \quad (22)$$

при $\sigma = \pm 0,035$ м/с и $\varepsilon = \pm 0,008$ м/с.

В формулы (18), (21) и (22) H и d подставляют в метрах.



На рис. 3, 4, 5 приведены аппроксимирующие кривые и экспериментальные точки.

Результаты исследований могут быть использованы для обоснования параметров лесосплавных устройств, а также при решении вопросов, связанных с падением цилиндрических тел на воду.

Рис. 5. Зависимость $\eta_{ф} = f(Fr \delta)$.
Обозначения экспериментальных точек см. на рис. 4.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вагнер Г. Посадка гидросамолетов. Сборник по аэро- и гидродинамике под ред. проф. В. Л. Александрова. М.—Л., ОНТИ НКТП СССР, Госмашметиздат, 1933, с. 189—209. [2]. Федяевский К. К., Войткунский Я. И., Фаддеев Ю. И. Гидромеханика. Л., «Судостроение», 1968, с. 568. [3]. Харитонов В. Я. Движение бревен в воде по инерции. — Техническая информация по результатам научно-исследовательских работ. АЛТИ, 1970, с. 7. [4]. Харитонов В. Я., Манухин Г. А. К вопросу о подводном перемещении бревен при сортировочно-сплоточных работах на сплавных рейдах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1964, с. 70—76.

Поступила 17 сентября 1976 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 634.0.812

ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Б. С. ЧУДИНОВ, В. И. СТЕПАНОВ, А. В. ФИНКЕЛЬШТЕЙН

Сибирский технологический институт

Предложен метод определения предела гигроскопичности древесины при отрицательных температурах, приведена диаграмма равновесной влажности древесины для положительных и отрицательных температур.

Ранее [4] нами было отмечено, что при замерзании влаги в древесине неизбежно снижение предела ее гигроскопичности $W_{\text{пр}}$ при уменьшении температуры t в области ниже 0°C . Снижение $W_{\text{пр}}$ тем значительнее, чем меньше температура древесины. В дальнейшем рядом авторов [5] это теоретическое положение было подтверждено экспериментально.

Равновесная влажность древесины W_p с понижением температуры возрастает, если при этом постоянна относительная влажность окружающего воздуха φ , т. е. величина W_p имеет противоположную тенденцию по сравнению с $W_{\text{пр}}$. Такое поведение W_p вытекает из теории адсорбции и тоже экспериментально подтверждено [6].

Из рис. 1 видно, что при $\varphi < 1$ изотермы сорбции располагаются тем выше, чем ниже температура воздуха; но когда воздух становится насыщенным ($\varphi \rightarrow 1$), то точки, характеризующие предел гигроскопичности, находятся тем ниже, чем меньше температура.

Пределом гигроскопичности называется максимальная влажность древесины клеточных стенок при увлажнении ее в насыщенном влагой воздухе [3]. Уместно поставить вопрос, насколько это определение предела гигроскопичности, справедливое и достаточно полное при положительных температурах, пригодно в области отрицательных температур. Ниже показано, что при $t < 0^\circ\text{C}$ оно становится неполным вследствие появления возможности одновременного существования в системе древесина — воздух третьей фазы (льда) и поэтому нуждается в уточнении.

Мы предлагаем более общее определение $W_{\text{пр}}$, пригодное при любой температуре, включая отрицательные: пределом гигроскопичности называется равновесная влажность древесины клеточных стенок при увлажнении ее в воздухе, парциальное давление водяных паров в котором равно упругости пара над водой при положительных температурах или над льдом при отрицательных температурах.

Известно, что относительная влажность воздуха

$$\varphi = \frac{p_n}{p_n^*}, \quad (1)$$

где p_n и p_n^* — соответственно парциальное давление пара в воздухе и давление насыщенного пара при одной и той же температуре.

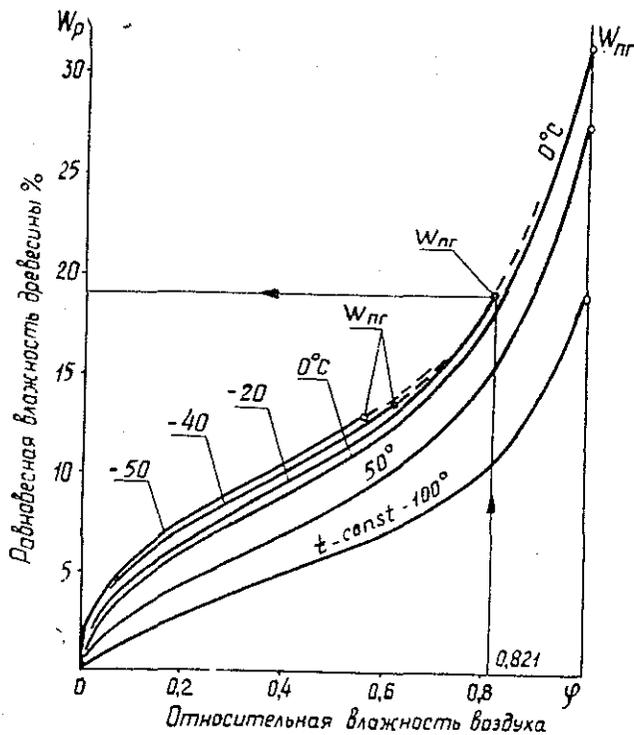


Рис. 1. Изотермы сорбции древесины.

Поскольку давление насыщенного пара над водой p_v и над льдом p_l различно при любой температуре, то при одном и том же давлении пара в воздухе p_n относительную влажность можно вычислять по следующим формулам:

$$\varphi_v = \frac{p_n}{p_v}; \quad (2)$$

$$\varphi_l = \frac{p_n}{p_l}. \quad (3)$$

Так как $p_v > p_l$, то $\varphi_l > \varphi_v$ (разумеется, при одинаковой температуре; $t < 0^\circ\text{C}$).

Необходимо решить вопрос, какое значение φ принимать — φ_v или φ_l . Видимо, чтобы сохранить при положительных и отрицательных температурах на изотермах сорбции единую систему отсчета, необходимо при $t < 0^\circ\text{C}$ принимать φ_v . Но следует считать, что предел гигроскопичности древесины в области ниже 0°C наступает при $\varphi_l = 1$, а не при $\varphi_v = 1$. Кстати, в литературе указано, что при $t < 0^\circ\text{C}$ обе системы отсчета равноправны, приведены диаграммы состояния воздуха, построенные по φ_v и φ_l , а также даны таблицы значений p_v вплоть до температуры $t = -40^\circ\text{C}$ [1].

Чтобы пояснить сказанное, определим предел гигроскопичности древесины при -20°C . Из таблиц упругости насыщенного пара [1] находим, что при данной температуре $p_v = 0,940$, а $p_l = 0,722$ мм рт. ст. Ранее было отмечено, что $W_{пр}$ наступает, когда $p_n = p_l = 0,722$ мм рт. ст. При этом в древесине (над менисками гигроскопической воды) влажность воздуха, вычисленная по формуле (3),

$$\varphi_{\text{л}} = \frac{0,772}{0,772} = 1,$$

а по формуле (2)

$$\varphi_{\text{в}} = \frac{0,772}{0,940} = 0,821.$$

Если теперь на изотерме сорбции $t = -20^{\circ}\text{C}$ провести линию $\varphi_{\text{вк}} = \text{const} = 0,821$ (рис. 1), то точка их пересечения дает численное значение равновесной влажности древесины, равное 19% (показано стрелками на рис. 1).

Из приведенного анализа вытекает принципиально отличный от традиционного метод точного определения предела гигроскопичности древесины или любого другого гигроскопического капиллярно-пористого тела при $t < 0^{\circ}\text{C}$, сущность которого заключается в следующем. Располагая известными таблицами упругости пара над переохлажденной водой с плоским мениском и над льдом, а также изотермами сорбции при различных отрицательных температурах, подсчитывают для каждой из них относительную влажность $\varphi_{\text{вк}}$, при которой наступает истинный предел гигроскопичности. Если на диаграмме равновесной влажности древесины от найденных значений $\varphi_{\text{вк}}$ провести прямые до пересечения с соответствующими изотермами, а от точек их пересечения — прямые, параллельные оси абсцисс (рис. 1), на ось ординат, то получим значения истинных пределов гигроскопичности.

Воспользовавшись результатами расчетов, а также известными значениями $W_{\text{пр}}$ [2] в области положительных температур, мы построили график $W_{\text{пр}} = f(t)$, охватывающий как положительные, так и отрицательные температуры (рис. 2).

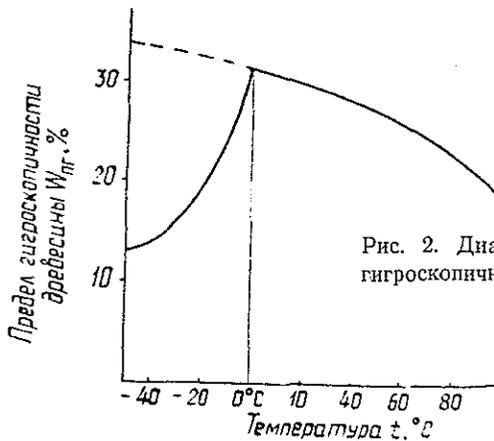


Рис. 2. Диаграмма предела гигроскопичности древесины.

Из рис. 2 видно, что если в области $t > 0^{\circ}\text{C}$ с понижением температуры значения $W_{\text{пр}}$ повышаются, то в области $t < 0^{\circ}\text{C}$ кривая $W_{\text{пр}}$ ведет себя иначе. Такое поведение $W_{\text{пр}}$ было нами предсказано [4]. Изотермы сорбции, включая $t = -40$ и -50°C , мы получили посредством экстраполяции известных изотерм при более высоких температурах.

Поскольку сорбция продолжается за пределами $W_{\text{пр}}$, то изотермы были несколько продолжены (пунктирные линии на рис. 1) за пределы значений $\varphi_{\text{вк}}$ на том основании, что при этом кристаллизации воды еще не происходит.

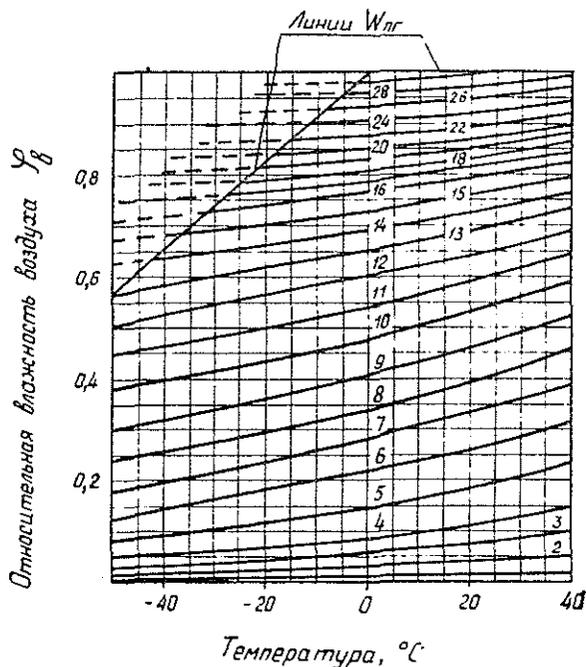


Рис. 3. Диаграмма равновесной влажности древесины.

Воспользовавшись изотермами сорбции (рис. 1), мы получили диаграмму равновесной влажности древесины в области отрицательных температур (рис. 3), совместив эту диаграмму с аналогичной в области положительных температур из работы [2]. Поскольку диаграмма получена путем экстраполяции, то ее следует считать приближенной. Однако для практического использования, она пригодна, так как других аналогичных диаграмм в области отрицательных температур пока нет; возможная ошибка определения значений W_p и $W_{пг}$ по этой диаграмме составляет $\pm 0,5\%$, что находится в пределах точности экспериментального определения и естественной изменчивости этих показателей для древесины различных пород. Экспериментальная проверка предлагаемой диаграммы, конечно, не исключена.

Обращает на себя внимание, что на диаграмме, построенной в системе координат $t-\varphi$ линия истинных значений $W_{пг}$ при отрицательных температурах оказывается прямой, также как и при положительных температурах, но наклоненной к оси температур.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ладженский Р. М. Кондиционирование воздуха. М., Пищепромиздат, 1952. [2] Серговский П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М., «Лесная промышленность», 1975. [3] Уголев Б. Н. Древесноведение с основами лесного товароведения. М., «Лесная промышленность», 1975. [4] Чудинов Б. С. Теория тепловой обработки древесины. М., «Наука», 1968. [5] Шубин Г. С., Щедрина Э. Б. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1971, № 10, с. 13. [6] Hedlin C. P. Forest Products Journ., 1967, 17, 43.

УДК 674.05

КПД БИПЛАНЕТАРНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

В. К. ЛОБАСТОВ, А. И. ЛУКАШЕНКОВ

Брянский технологический институт
Новозыбковский станкостроительный завод

Предложен метод определения КПД бипланетарных механизмов приводов рабочих органов деревообрабатывающих станков с учетом переменного коэффициента трения по линии зацепления зубчатых колес, позволяющий выбирать оптимальные варианты схем и геометрических параметров по критерию эффективности на стадии проектирования.

Планетарные и бипланетарные механизмы приводов рабочих органов деревообрабатывающих станков определяют эффективность и экономичность их работы. Рациональное конструирование планетарных и бипланетарных механизмов с максимально возможным КПД в немалой степени определяет их стоимость, а также эксплуатационные затраты оборудования.

В данной работе приведен метод определения КПД бипланетарного исполнительного механизма деревообрабатывающих станков путем непосредственного расчета потерь на трение в кинематических парах, позволяющий выбирать оптимальные геометрические параметры на стадии проектирования. При выводе расчетных зависимостей приняты следующие обозначения: P_{bt} — шаг по основной окружности; r_b — радиус основной окружности; r_w — радиус начальной окружности; d_{tw} — угол зацепления; ε_j — коэффициент перекрытия; u — передаточное отношение зубчатой передачи.

КПД бипланетарного исполнительного механизма [6] (рис. 1) найдем по выражению

$$\eta = 1 - \Sigma\psi = 1 - (\psi_{1H} + \psi_{1-2} + \psi_{2H} + \psi_{2-3} + \psi_{3H} + \psi_{4-5} + \psi_{5H} + \psi_{5'-6} + \psi_{6H}), \quad (1)$$

где ψ_{1H} — коэффициент потерь в подшипниках водила H ;

$\psi_{1-2}, \psi_{2-3}, \psi_{4-5}, \psi_{5'-6}$ — коэффициенты потерь в зацеплениях зубчатых колес 1—2; 2—3; 4—5; 5'—6 соответственно;

$\psi_{2H}, \psi_{3H}, \psi_{5H}, \psi_{6H}$ — коэффициенты потерь в опорах зубчатых колес 2, 3, 5—5', 6 соответственно.

При определении коэффициентов потерь считаем известными силу сопротивления резанию $P_{рез}$ (технологическая нагрузка станка), усилия в зацеплениях зубчатых колес, реакции в опорах зубчатых колес, угловые скорости звеньев. Коэффициенты потерь в опорах водила ψ_{1H} найдем исходя из того, что в качестве опор применены подшипники качения. Моменты трения в двух подшипниках водила H

$$M'_{тH} = Q'_H r'_{тH}; \quad M''_{тH} = Q''_H r''_{тH},$$

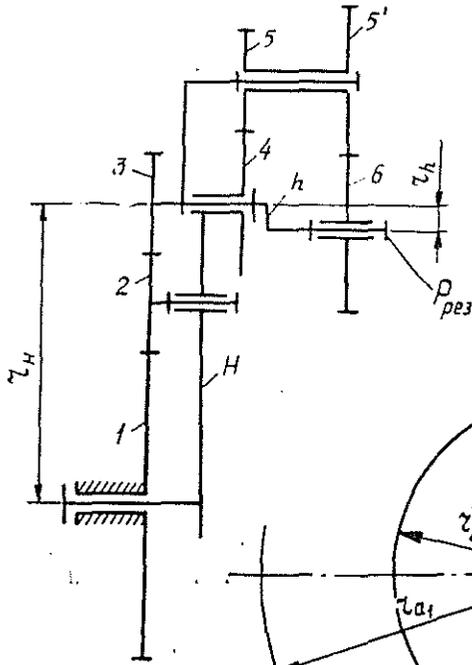


Рис. 1. Схема бипланетарного механизма.

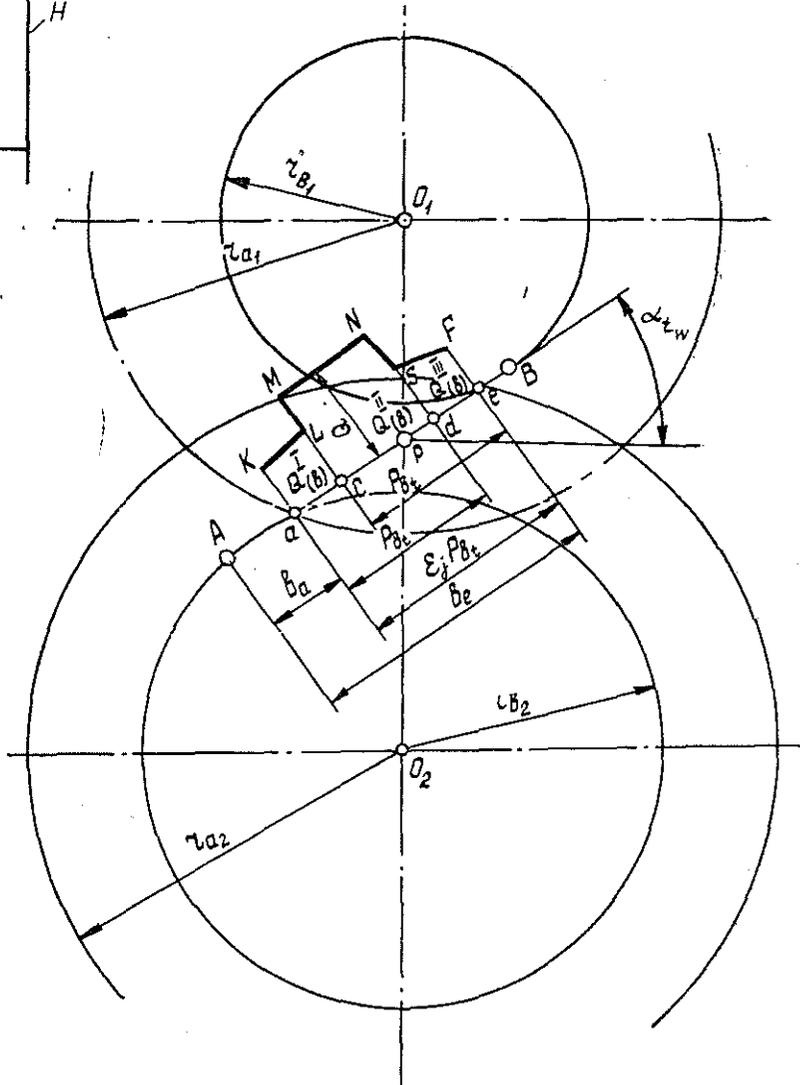


Рис. 2. Схема зацепления пары зубчатых колес и картина распределения усилий по линии зацепления.

где Q'_{H_1}, Q''_{H_1} — реакции в подшипниках;
 $r'_{\tau H_1}, r''_{\tau H_1}$ — радиусы кругов трения в опорах водила H .

Моменты трения в опорах водила H приводим к посадочным поверхностям подшипников вала водила [1]

$$M'_{\tau H} = \frac{Q'_{H_1} \mu''_{\tau H_1} d'_{H_1}}{2}; \quad M''_{\tau H} = \frac{Q''_{H_1} \mu''_{\tau H_1} d''_{H_1}}{2}, \quad (2)$$

где $\mu'_{\tau H_1}, \mu''_{\tau H_1}$ — приведенные коэффициенты трения (находят по таблицам работы [2]);

d'_{H_1}, d''_{H_1} — диаметры посадочных поверхностей вала.

С учетом равенства (2) коэффициент потерь в опорах водила H

$$\psi_{1H} = \frac{Q'_{H_1} \mu'_{\tau H_1} d'_{H_1} + Q''_{H_1} \mu''_{\tau H_1} d''_{H_1}}{2M_H}, \quad (3)$$

где M_H — момент на водиле H (на ведущем звене бипланетарного механизма).

При определении коэффициентов потерь в зацеплениях зубчатых колес $\psi_{1-2}, \psi_{2-3}, \psi_{4-5}, \psi_{5-6}$ считаем, что нагрузка равномерно распределяется между несколькими парами зубьев, находящихся одновременно в контакте. Для пары зубчатых колес бипланетарных механизмов принимаем коэффициент перекрытия в пределах $1 < \epsilon_j < 2$. В этом случае изменение нагрузки, действующей на зуб, между характерными точками линии зацепления a, c, d, e изобразим ломаной линией $KLMNS$ (рис. 2). Здесь ac, de — зоны двухпарного зацепления; cd — зона однопарного зацепления.

Обозначив нагрузку, действующую в зацеплении зубчатых колес на участках ac, cd, de , соответственно $Q^I_{(b)}, Q^{II}_{(b)}, Q^{III}_{(b)}$, запишем

$$\left. \begin{aligned} Q^I_{(b)} &= Q[q_a - \beta(b_a - b)]; & Q^{II}_{(b)} &= \text{const}; \\ Q^{III}_{(b)} &= Q[q_e - \beta(b_e - b)], \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где Q — нагрузка, действующая в зацеплении зубчатых колес, при условии работы одной пары зубьев;
 b, b_a, b_c, b_d, b_e — отрезки линии зацепления, определяющие расстояние точки контакта профилей зубьев до точки касания линии зацепления с основной окружностью ведущего колеса.

Коэффициент β определяем по зависимости [3]

$$\beta = \frac{1 - q_a - q_e}{(\epsilon_j - 1) P_{bt}},$$

здесь q_a, q_e, q_c, q_d — коэффициенты нагрузки в рассматриваемых точках линии зацепления.

По данным работы [3] $q_a = q_e = 0,431$; $q_c = q_d = 0,569$.

Отрезки b, b_a, b_c, b_d, b_e находим по данным работы [3]

$$\left. \begin{aligned} b &= r_b \operatorname{tg} \alpha_{t_w}; & b_a &= b_e - \epsilon_j P_{bt}; \\ b_c &= b_e - P_{bt}; & b_d &= b_c - (\epsilon_j - 1) P_{bt}. \end{aligned} \right\}$$

Работа сил трения на каждом из участков линии зацепления

$$dA'_\tau = \psi'_{(b)} Q'_{(b)} dx,$$

где $\psi'_{(b)}$ — мгновенное значение коэффициента потерь.

Работа сил трения за цикл (при перемещении, равном шагу зацепления)

$$A_T = \int_{b_a}^{b_c} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^I dx + \int_{b_c}^{b_p} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^{II} dx + \int_{b_p}^{b_d} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^{III} dx + \int_{b_d}^{b_c} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^{IV} dx.$$

Мгновенный коэффициент потерь в данной точке контакта профилей зубьев на линии зацепления определяем по зависимости [3]

$$\psi'_{(b)} = \frac{f_{(b)} (b - r_b \operatorname{tg} \alpha_{t \omega})}{f_{(b)} b \pm r_b} \cdot \frac{u \pm 1}{u}. \quad (5)$$

В формуле (5) знак минус в знаменателе — для точки контакта профилей зубьев, лежащей за полюсом зацепления; знак минус в числителе — для внутреннего зацепления зубчатых колес.

Воспользуемся зависимостью, предложенной в работе [4], для определения переменных коэффициентов трения в высших парах

$$f_{(b)} = \frac{0,131}{\sqrt{0,00665 P_0 + 15} \cdot v_{\Sigma} \sqrt{0,001 P_0 + 0,00004 (v - 100)} \rho_{np}^{0,3}} e^{-0,8 \left(v_{ск} - \frac{2 \cdot 10^3}{P_0 \operatorname{tg} \alpha} \right)},$$

где P_0 — контактное напряжение в высшей паре по Герцу, кгс/см²;

ρ_{np} — приведенный радиус кривизны профилей зубьев;

v — кинематическая вязкость масла, сСт;

v_{Σ} — суммарная скорость качения профилей зубьев, м/с;

$v_{ск}$ — относительная скорость скольжения профилей зубьев колес, м/с;

e — основание натурального логарифма.

Суммарная скорость качения профилей зубьев

$$v_{\Sigma} = (\omega_2 \pm \omega_1) \frac{r_{\omega_1} \cdot r_{\omega_2}}{r_{\omega_1} + r_{\omega_2}},$$

здесь ω_1, ω_2 — угловые скорости колес.

Скорость скольжения профилей зубьев

$$v_{ск} = (\omega_2 + \omega_1) l_k,$$

где l_k — расстояние от полюса (точка P) до точки контакта профилей зубьев по линии зацепления.

Работа сил трения за цикл, отнесенная к работе движущих сил на том же перемещении, определяет коэффициент потерь в зацеплениях зубчатых колес

$$\psi_3 = \frac{A_T}{A_{дв}} = \frac{\int_{b_a}^{b_c} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^I dx + \int_{b_c}^{b_p} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^{II} dx + \int_{b_p}^{b_d} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^{III} dx + \int_{b_d}^{b_c} \psi'_{(b)} Q_{(b)}^{IV} dx}{M_2}. \quad (6)$$

При определении коэффициентов потерь $\psi_{1-2}, \psi_{2-3}, \psi_{4-5}, \psi_{5'-6}$ в формулу (6) необходимо подставить параметры соответствующих зубчатых колес. Коэффициенты потерь в опорах зубчатых колес 2, 3, 5—5', 6 находим аналогично коэффициенту потерь в опорах H

$$\psi_{2H} = \frac{Q'_{2H} \mu'_{\tau 2H} d'_{2H} + Q''_{2H} \mu''_{\tau 2H} d''_{2H}}{M_2}; \quad (7)$$

$$\psi_{3H} = \frac{Q'_{3H} \mu'_{\tau 3H} d'_{3H} + Q''_{3H} \mu''_{\tau 3H} d''_{3H}}{M_3}; \quad (8)$$

$$\psi_{5h} = \frac{Q'_{5h} \mu'_{\tau 5h} d'_{5h} + Q''_{5h} \mu''_{\tau 5h} d''_{5h}}{M_5}; \quad (9)$$

$$\psi_{6h} = \frac{Q'_{6h} \mu'_{\tau 6h} d'_{6h} + Q''_{6h} \mu''_{\tau 6h} d''_{6h}}{M_6}, \quad (10)$$

где $Q_{2H}, Q_{3H}, Q_{5h}, Q_{6h}$ — реакции в опорах колес;

$\mu_{\tau 2H}, \mu_{\tau 3H}, \mu_{\tau 5h}, \mu_{\tau 6h}$ — приведенные к посадочным поверхностям валов коэффициенты трения подшипников;

$d_{2H}, d_{3H}, d_{5h}, d_{6h}$ — диаметры посадочных мест подшипников колес 2, 3, 5, 6;

M_2, M_3, M_5, M_6 — крутящие моменты на валах зубчатых колес 2, 3, 5, 6.

Приведем пример определения КПД бипланетарного механизма, выполненного по схеме (рис. 1), с помощью представленных в табл. 1 данных.

Таблица 1

$P_{рез}$	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	$z_{5'}$	z_6	$m_{1-2} =$ $= m_{2-3} =$ $= m_{4-5} =$ $m_{5'-6}, \text{ мм}$	r_H мм	r_h мм	ω_H 1/с
400 кгс	64	17	16	20	20	15	20	3	171	75	31

Результаты расчетов коэффициентов потерь и КПД даны в табл. 2.

Таблица 2

ψ_{1-2}	ψ_{1H}	ψ_{2H}	ψ_{3H}	ψ_{4-5}	ψ_{5h}	$\psi_{5'h}$	ψ_{6h}	η_p
0,014	0,0024	0,022	0,04	0,002	0,006	0,006	0,0036	0,93

При определении реакции в кинематических парах бипланетарного механизма учитывали пространственную схему нагружения, инерционные силы. Силовой расчет выполнен по структурным группам [2].

Расчетный КПД бипланетарного механизма с поступательно движущимся звеном 6 равен 0,93, что говорит о высокой экономичности бипланетарных приводов станков. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили полученное в результате теоретических расчетов значение КПД бипланетарного механизма.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бейзельман Р. Д., Цыпкин Б. В. Подшипники качения. Справочник. М.—Л., 1959. [2]. Гавриленко В. А. и др. Теория механизмов. М., 1973.

[3]. Грин Ю. А. Определение потерь на трение в эвольвентном зацеплении с учетом переменности коэффициента трения и нагрузки на зубья. — «Труды ИМАША АН СССР», М., 1955, т. XIV, вып. 56. [4]. Дроздов Ю. Н. Исследование сил трения в условиях качения со скольжением тел в масляной среде. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1964. [5]. Парадеев В. Д., Лобастов В. К. Метрический синтез бипланетарных приводов рабочих органов деревообрабатывающих станков. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 6.

Поступила 1 марта 1977 г.

УДК 621.822

ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОЧЕВИНОЙ

В. А. ШАМАЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Приведены результаты исследований по использованию древесины, модифицированной мочевиной, в качестве подшипников скольжения, работающих в водной среде. Показана работоспособность таких втулок на граблях механической очистки сточных вод.

Эффективность применения подшипников из прессованной древесины во многом зависит от конструкции и конкретных условий работы узла. Втулки, изготовленные из ДП, полученной по способу П. Н. Хухрянского [3], имеют невысокую формоустойчивость в среде с переменной влажностью и температурой. Однако, изменяя конструкции втулок, можно сделать их формоустойчивыми. Это втулки с радиальным расположением волокон [2], торцового гнущья [1] и ряд других; они могут работать на водной смазке, если объем их жестко фиксирован [1, 2].

В проблемной научно-исследовательской лаборатории прессованной древесины разработан способ повышения формоустойчивости прессованных деталей из древесины путем пропитки ее водными растворами мочевины. При этом возрастает пластичность материала и древесина значительно легче подвергается деформации. После пропитки и сушки плотность древесины ρ (кг/м³) повышается из-за привеса мочевины

$$\rho = \frac{P_0 + \Delta P c}{V_0 + \Delta V}, \quad (1)$$

где P_0 — вес древесины перед пропиткой, кг;

ΔP — привес раствора мочевины, кг;

c — концентрация раствора, доли единицы;

V_0 — объем древесины перед пропиткой, м³;

ΔV — увеличение объема после пропитки и сушки, м³.

Для оптимальной концентрации раствора мочевины, равной 25%, увеличение объема составляет 15%. Подставляя эти величины в уравнение (1), получим

$$\rho = 0,855\rho_0 + 0,213 \frac{\Delta P}{V_0}, \quad (2)$$

здесь ρ_0 — плотность древесины перед пропиткой.

Степень прессования пропитанной древесины

$$\varepsilon = 1 - \frac{P_0 + 0,716Pc}{\rho(V_0 + \Delta V)}, \quad (3)$$

где P — вес древесины после пропитки.

Для модификации древесины мочевиной (методика описана в работе [4]) используют как лиственные породы (береза, осина, ольха), так и хвойные (сосна).

В результате модификации древесина приобретает повышенную стабильность во внешней среде. Достигается это тем, что при термообработке мочевины переходит в неплавкие нерастворимые продукты, закупоривающие капилляры древесины, и частично связывается с компонентами древесины, образуя смолоподобные конденсаты [5].

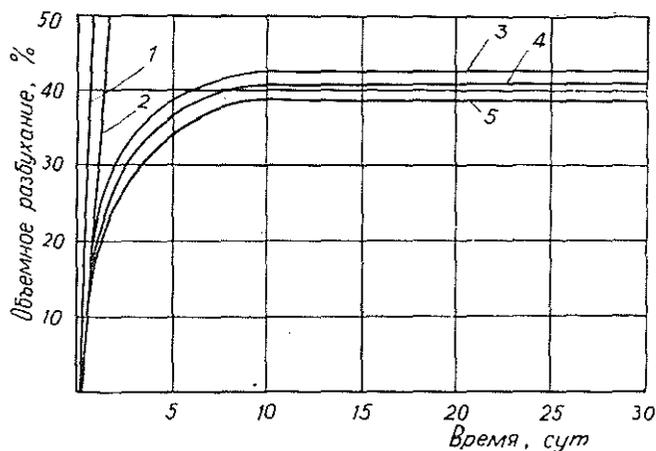


Рис. 1.

1 — древесина березы, полученная по способу П. Н. Хухрянского; 2 — модифицированная древесина березы без термообработки; 3, 4, 5 — модифицированная древесина соответственно осины, березы, сосны с термообработкой.

Термическая обработка при 170°C снижает водопоглощение и линейное разбухание модифицированной древесины в 2—2,5 раза. На рис. 1 показано объемное разбухание в воде обработанной мочевиной древесины с термообработкой и без нее. Наименьшее значение объемного разбухания имеет модифицированная древесина сосны и березы (соответственно 39 и 41%). Объемное разбухание модифицированной древесины без термообработки почти не отличается от разбухания обычной прессованной древесины. При насыщении древесины водой развиваются значительные силы, определяемые как силы разбухания. Испытания показали, что силы разбухания модифицированной древесины значительно ниже, чем немодифицированной ДП.

Из рис. 2 видно, что силы разбухания древесины, модифицированной мочевиной, значительно меньше, чем древесины других модификаций. Так, за первые сутки силы разбухания не превышают 2 кгс/см², а за 30 суток достигают 42 кгс/см². При высыхании модифицированная мочевиной древесина возвращается к объему до разбухания, т. е. ведет себя как натуральная древесина.

Поскольку модифицированная мочевиной древесина обладает повышенной формоустойчивостью и небольшими силами разбухания, было высказано предположение о возможности изготовления из такой

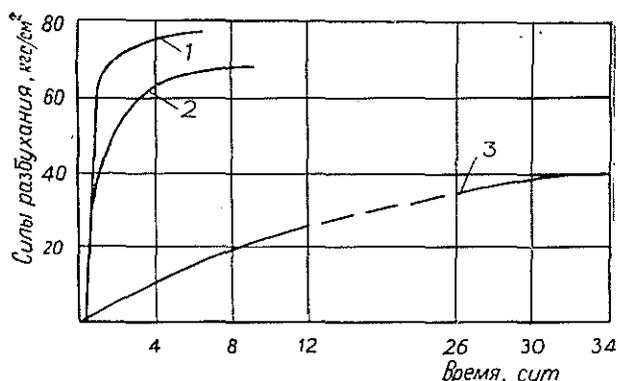


Рис. 2. Кинетика сил разбухания прессованной древесины березы.

1 — получена по способу П. Н. Хухрянского; 2 — модифицирована аммиаком; 3 — модифицирована мочевиной.

древесины втулок, работающих в условиях высокой влажности и в водной среде.

Как известно, втулки контурного прессования, полученные с предварительным пропариванием, не могут работать во влажных условиях, потому что они теряют форму, разбухают и заклинивают вал. В том случае, когда заклинивания вала не происходит идет интенсивный износ втулки вследствие большого давления втулки на вал. В эксперименте втулки контурного прессования изготавливали из модифицированной мочевиной древесины. С целью рационального использования сосновых жердей от рубок ухода в качестве объекта прессования была выбрана сосна.

Изготовленные втулки имели плотность 1150—1250 кг/м³ и следующие размеры: наружный диаметр 78 мм, внутренний диаметр 60 мм, длина 90 мм. Натяг составлял 1 мм, диаметральный зазор 0,8 мм.

Производственные испытания были проведены на механических граблях Воронежской правобережной части аэрации. Условия работы узла следующие: скорость вращения 0,04 м/с, нагрузка на подшипник 0,5 кгс/см², смазка—вода (сточные воды).

В серийных граблях установлены втулки из древеснослоистого пластика марки ДСП-В, изготовленные путем вырезания колец из листового пластика. Половина трущейся поверхности втулок работает на торец, а половина вдоль волокон. Срок службы втулок из ДСП-В — 5000 ч или 2 года эксплуатации. За этот срок полностью изнашиваются втулки и на 30% — шейка вала. Втулки находятся в постоянном контакте со сточными водами, в которых присутствует абразив (песок). Даже при низких скоростях вращения и малой нагрузке происходит абразивный износ втулок из ДСП-В, так как такие втулки не могут восстанавливать свои размеры по мере износа.

Когда на механических граблях были установлены втулки из модифицированной древесины, износ уменьшился. Это можно объяснить тем, что, разбухая частично в воде (рис. 1), втулки прижимаются к валу и таким образом исключается попадание абразива в зону трения. Поскольку силы разбухания невелики (рис. 2), не происходит заклинивания вала и усиленного износа как вала, так и втулки.

На рис. 3 показана кинетика износа втулок из ДСП-В (кривая 1) и модифицированной древесины (кривая 2). Для втулки из ДСП-В су-

ществует практически прямолинейная зависимость износа от времени; для втулок из модифицированной древесины износ появляется спустя 2000 ч эксплуатации.

При трении на водной смазке древесина начинает разбухать в воде по радиусу втулки и первоначальный зазор 0,8—1,2 мм уменьшается до нуля. Силы разбухания падают и объем древесины больше не увеличивается. В это время (1—2 суток) происходит приработка втулки к валу и обильная смазка подшипниковой пары водой.

После того как будет выбран весь зазор, поступление воды извне прекращается и смазка осуществляется лишь за счет воды, находящейся в древесной втулке. Постоянный приток смазки в зону трения происходит за счет проникания воды сквозь торцы втулки.

Если вода содержит абразивные частицы, то попадание их в зону трения в период приработки ухудшает условия трения и приводит к перерезанию отдельных волокон древесины. Поэтому начальный период приработки рекомендуется проводить в чистой воде.

После разбухания попадание абразивных частиц исключается. Этот период характеризуется низким коэффициентом трения и малым износом древесной втулки. Вал при этом полируется.

Износ подшипника в процессе работы ведет в конечном счете к появлению зазора между втулкой и валом. Этот период (третий) характеризуется наибольшим износом втулки и, если содержание абразива в воде высокое, — износом вала. Поэтому рекомендуют при появлении достаточно большого зазора заменять втулку новой. В этом случае срок службы вала практически не ограничен. Срок службы подшипника, в основном, определяется длительностью второго периода работы.

Силы разбухания в этот период должны действовать достаточно долго, чтобы обеспечить длительный прижим трущейся поверхности втулки к валу, и в то же время не должны превышать некоторой критической величины, приводящей к заклиниванию вала и усиленному износу втулки. Это равновесие достигается за счет назначения соответствующей величины зазора.

Для втулок из модифицированной древесины с наружным размером 78 мм и внутренним диаметром 55 мм оптимальная величина зазора 0,8—1,2 мм.

Проведенные испытания показали, что втулки из модифицированной древесины при равном сроке службы с серийными втулками практически не изнашивают вал, а стоимость их в 2,7 раза ниже стоимости втулок из ДСП-В.

В результате производственных испытаний втулки из модифицированной мочевиной древесины сосны внедрены в механических граблях на Воронежской правобережной станции аэрации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Прейс Г. А., Гохман М. Б. Исследование и технология втулок, работающих в воде. — В сб.: Технология и организация производства. М., 1967, № 1, с. 102—104. [2]. Решетняк В. В. Экспериментальные исследования различных способов повышения формоустойчивости деталей из прессованной древесины — В сб.: Пластификация и модификация древесины. Рига, «Зинатне», 1970, с. 309—313. [3].

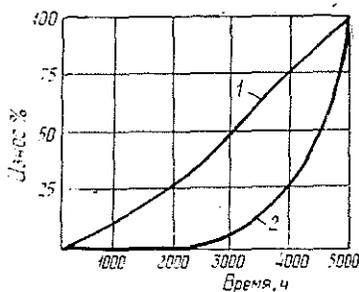


Рис. 3.

Хухрянский П. Н. Прессование древесины. М., «Лесная промышленность», 1964. [4]. Шамаев В. А., Ельков Л. В., Самодуров И. С. Некоторые свойства пластифицированной мочевиной прессованной древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1. [5]. Шамаев В. А., Попова Н. И., Берзиньш Г. В. Химические изменения древесины осины при модифицировании ее мочевиной. — «Химия древесины», 1976, № 4.

Поступила 21 февраля 1977 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

К ВОПРОСУ О НАПРЯЖЕНИЯХ У КРОМОК РАМНЫХ ПИЛ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИЛЫ

Е. М. БОРОВИКОВ, И. В. МИЛЬЧЕНКО, А. Е. РЫЖОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены данные исследования напряжений в натянутых полотнах рамных пил с различным поперечным сечением под действием горизонтальной составляющей сил резания. Дано сравнение напряжений, полученных экспериментом, со значениями напряжений, вычисленных расчетом.

В литературе [2—5] приведен ряд положений и теоретических выкладок по определению напряжений в полотнах рамных пил при действии горизонтальной составляющей сил резания. Однако в указанных источниках нет экспериментальных данных, подтверждающих справедливость теоретических выкладок, поэтому представляло интерес провести экспериментальные исследования по определению величины и характера напряжений, возникающих в полотнах рамных пил при различной величине горизонтальной силы P_x с учетом зажима полотен прокладками.

Наблюдения проводили на экспериментальной установке [1]. Использовали невальцованные пилы длиной 1400 мм с шагом зубьев 26 мм и размером поперечных сечений 174 (79×2,2) мм²; 264 (120×2,2) мм²; 294 (129×2,27) мм² и 312 (151,5×2,06) мм². Угловые параметры плеченных зубьев соответствовали ГОСТу 5524—65. Для устранения возможных смещений пилы в захватах ее закрепляли специальными стопорами. Зажим пилы осуществляли березовыми прокладками сечением 480 (160×30) мм². Степень обжатия пилы прокладками $P_{пр}$ равна 0,700 и 1400 кгс. Усилие зажима прокладок регистрировалось тензорезисторами по прибору ИД-63. Величина прикладываемого силового воздействия контролировалась динамометром ДОСМ-1 и составляла 100, 200, 300, 400 и 500 кгс. Величина натяжения полотна пилы составляла 6000 кгс и контролировалась прибором ИД-63 с помощью тензорезисторов, наклеенных на стембель верхнего захвата. Пилы устанавливали в захватах, оси которых совпадали со средней линией ширины пилы. Место приложения нагрузки P_x к пиле, распределенной на длине 200 мм, выбирали с учетом создания максимальных изгибающих моментов в плоскости наибольшей жесткости. Захваты при установке пил в пильную рамку располагали по середине прорезей верхней и нижней поперечин. Напряжения у кромок пилы, возникающие под действием нагрузки P_x в натянутом силой в 6000 кгс полотне пилы регистрировались тензорезисторами, сигнал с которых усиливался аппаратурой ТА-5 и фиксировался осциллографом Н-700. Регистрация возможных поперечных смещений пилы в месте приложения нагрузки P_x осуществлялась двумя индикаторами часового типа. Место наклейки тензорезисторов на полотно пилы, установка индикаторов и прокладок показаны на рис. 1.

Результаты измерений напряжения от действия горизонтальной нагрузки в полотнах пил с разным поперечным сечением и разной степенью зажатия полотна пил прокладками в месте наклейки тензорезисторов представлены на рис. 2. Данные этих графиков позволя-

ют заключить, что напряжения у кромок пил с увеличением нагрузки P_x изменяются по линейному закону. Напряжения у зубчатой кромки и обуха пил разные по знаку и примерно одинаковые по величине. С увеличением поперечного сечения полотна пил и увеличением степени зажатия их прокладками напряжения у кромок уменьшаются. Величина напряжений при зажатии пил прокладками до 700 кгс снижается более чем в 1,3 раза. При дальнейшем увеличении зажатия до 1400 кгс напряжения у кромок уменьшаются до 1,2 раза. Пилы во всех вариантах нагружения оставались в плоском состоянии, и поперечного смещения, которое должно было регистрироваться индикаторами, не наблюдалось.

Для сравнения полученных данных с расчетными определим эти же напряжения по формуле из работы [4]. Для участка AB нормальные напряжения от изгибающих моментов с учетом распределенности нагрузки можно определить по формуле

$$\sigma = \frac{Qlx}{I_y} - \frac{P_x c (l-x)x}{lI_y} - \frac{Rb(l-z)x}{2lI_y} \quad (1)$$

Первый член, учитывающий напряжение в пиле от силы натяжения, опускается, так как необходимо определить напряжения от действия горизонтальной силы. Опускается также последний член, так как касательная сила отсутствует. Тогда

$$\sigma = \frac{P_x c (l-z)x}{lI_y} \quad (2)$$

где P_x — горизонтальная сила, действующая на режущую кромку пилы, кгс;

c — расстояние от нижних прокладок до линии действия горизонтальной силы P_x , мм;

l — расстояние между прокладками, мм;

z — расстояние от нижних прокладок до точек, в которых измеряются напряжения, мм;

x — расстояние от нейтральной оси полотна пилы до точек, в которых определяются напряжения, мм;

I_y — момент инерции сечения полотна пилы, мм⁴.

Сразу следует отметить, что в этой формуле вообще не учтено влияние сжатия прокладок (прокладки приняты как жесткие опоры). Результаты расчетов представлены на рис. 2. Как видно из графиков, расчетные значения от действия горизонтальной силы P_x ближе тяготеют к экспериментальным напряжениям в полотнах пил, уста-

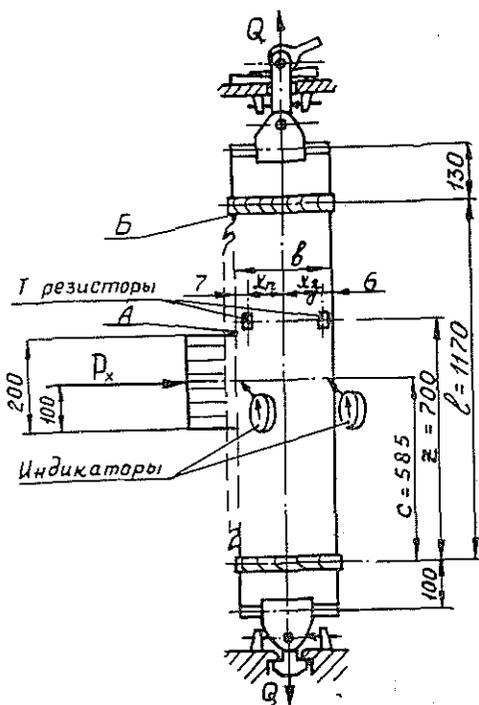


Рис. 1. Схема измерения напряжений в рамной пиле.

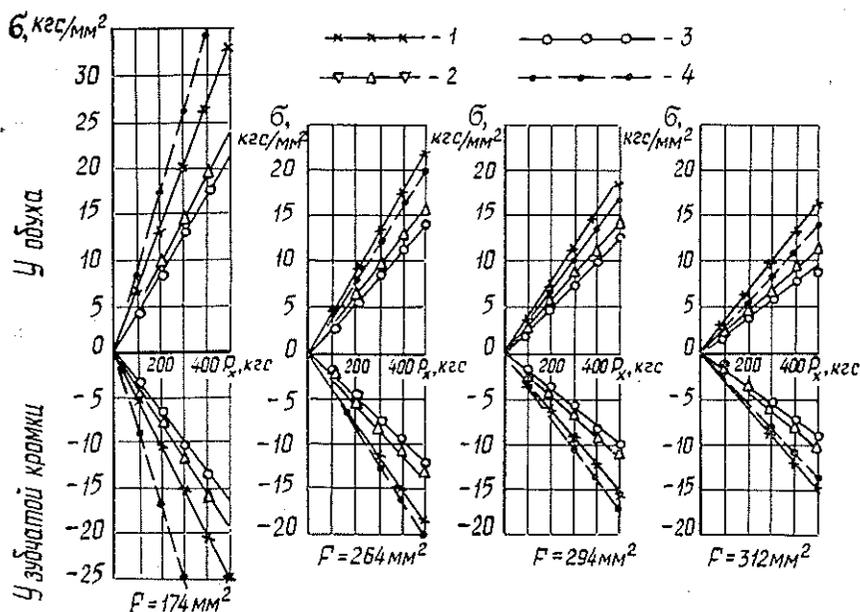


Рис. 2. Зависимость напряжений у кромок пил, натянутых силой в 6000 кгс, с различным поперечным сечением под действием различной величины горизонтальной составляющей силы резания от различной степени зажатия пил прокладками.

1 — $P_{пр} = 0$ кгс; 2 — $P_{пр} = 700$ кгс; 3 — $P_{пр} = 1400$ кгс; 4 — расчетная кривая.

новленных без прокладок. Напряжения в полотнах пил, зажатых прокладками, расходятся с расчетными значениями, поэтому при пользовании формулой, предложенной в работе [4], необходимо учитывать это расхождение. Влияние степени зажатия полотна пилы прокладками на напряжения у кромок может быть учтено поправочным коэффициентом K , определяемым по формуле

$$K = \frac{\sigma_a}{\sigma_m},$$

где σ_a — напряжения, определяемые экспериментально;
 σ_m — напряжения, определяемые расчетным путем.

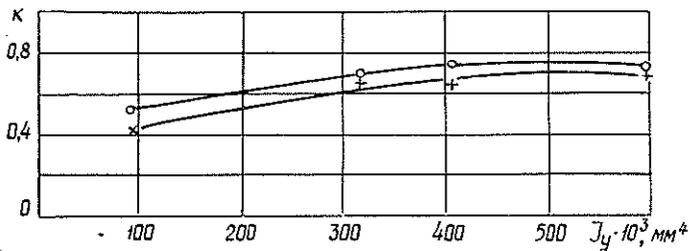


Рис. 3.

Зависимость поправочного коэффициента от момента инерции рассматриваемого сечения полотна пилы показана на рис. 3. Таким же путем могут быть получены поправочные коэффициенты и для других сечений пил при других исследуемых условиях.

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Напряжения у кромок пилы, возникающие при действии горизонтальной силы, изменяются по линейному закону.

2. Напряжения у кромок пилы от действия горизонтальной силы с увеличением поперечного сечения пил уменьшаются.

3. С увеличением степени зажатия полотна прокладками напряжения от действия горизонтальной силы уменьшаются.

4. При использовании имеющихся расчетных формул для определения напряжений в сечении полотна пилы от действия горизонтальной силы необходимо учитывать степень зажатия пил прокладками.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боровиков Е. М., Рыжов А. Е. Экспериментальное определение напряжений в рамной пиле при пилении. «Труды АЛТИ», 36, Архангельск, 1972. [2]. Грубе А. Э. Станки и инструмент. Т. 2. М.—Л., Гослесбумиздат, 1949. [3]. Дешевой М. А. Механическая технология дерева. Ч. 2. Л.—М., ОНТИ НКТП СССР, 1936. [4]. Прокофьев Г. Ф. Устойчивость рамных пил. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 6. [5]. Хасдан С. М. Устойчивость рамных пил. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960.

Поступила 29 сентября 1975 г.

УДК 674.815-41

НЕКОТОРЫЕ УСЛОВИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УТОЛЩЕННЫХ ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

А. А. ЛЕОНОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются условия получения огнезащитных древесноволокнистых плит плотностью 550—750 кг/м³, толщиной 10—15 мм. Плиты изготавливают с применением вспенивающихся композиций на основе феноло-формальдегидных смол новолачного типа и эпоксиодно-новолачных блоксополимеров. Антипирен выполняет функции пластификатора в начальной стадии прессования.

В начале 60-х годов в Депосите (США) было начато строительство завода, ныне принадлежащего фирме Celotex, по изготовлению сухим способом древесноволокнистых плит нового типа. Этим было положено начало очень интересному направлению производства утолщенных древесноволокнистых плит средней плотности, которое получило быстрое распространение.

В последнее время разработан способ получения огнезащитных древесноволокнистых плит (О-ДВП) плотностью 500—700 кг/м³ с применением вспенивающихся композиций на основе термопластичных и терморезактивных полимеров [4, 6, 7]. Плиты оказались перспективными для ряда отраслей народного хозяйства. В настоящей статье рассматриваются условия их изготовления.

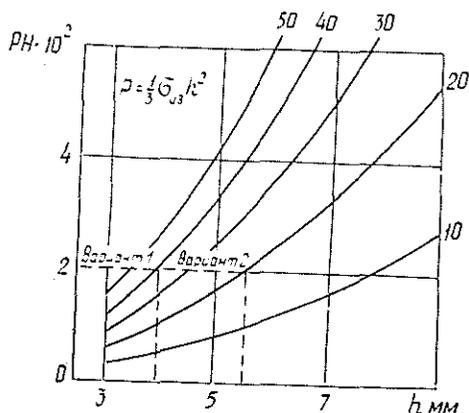


Рис. 1. Зависимость разрушающей нагрузки при изгибе от толщины плит различной прочности (цифры у кривых — прочность при изгибе, МПа).

Согласно нормативным требованиям [9], прочность плит при изгибе должна составлять 13—20 МПа, что обеспечивается расходом карбамидо- или феноло-формальдегидных смол около 10% в пересчете на сухое вещество.

Снижение плотности плит сопровождается закономерным снижением их прочности и жесткости.

Разрушающая нагрузка при изгибе плиты определяется не только ее прочностью $\sigma_{из}$, но и квадратом толщины h . Зависимость эта приведена на рис. 1. Из нее, в частности, видна равнозначность О-ДВП, имеющих $\sigma_{из} = 40$ МПа, толщиной 4 мм (вариант 1) и $\sigma_{из} = 20$ МПа, толщиной 5,5 мм (вариант 2).

Требование равножесткости оценивается условием $E_1 J_1 = E_2 J_2$, где E — модуль упругости, J — момент инерции, пропорциональный h^3 . Повышение толщины плит еще благоприятнее отражается на обеспечении условия эквивалентности материалов по жесткости.

При использовании вспенивающихся композиций требуется, чтобы их стоимость компенсировалась сокращением расхода древесного волокна на эквивалентную единицу продукции. По мере приближения стоимости древесного волокна к стоимости вспенивающихся композиций (или удешевления последних) создаются предпосылки для выполнения этого требования. В случае О-ДВП, где используется обработанное огнезащитным составом древесное волокно, имеющее бóльшую стоимость по сравнению с исходным, экономическая эффективность мероприятий по снижению плотности плит повышается.

Вспенивающиеся композиции состоят из полимера или олигомерной смолы, газообразователя и некоторых целевых добавок. Впервые газонаполненные пластмассы для целлюлозных пластиков использовал А. А. Берлин с сотрудниками [1]. Применение пенопластов или вспененных гранул как наполнителя не дает сколько-нибудь заметного результата в древесных плитах, изготавливаемых со связующим [8].

Эффект упрочнения достигается в том случае, если композиция вспенивается в процессе прессования ДВП. Внутреннее давление приведет к взаимодиффузии структур контактирующих волокон [3]. Древесное волокно должно размягчаться раньше плавления полимера (для термопластов) или отверждения его (для реактопластов). В противном случае давление вспенивающейся композиции окажется недостаточным для того, чтобы деформировать древесное волокно, и механизм образования плиты сведется к спеканию гранул или склеива-

нию частиц волокна без развития межволоконного взаимодействия в том смысле, как его понимают применительно к образованию ДВП.

При введении некоторых антипиренов температура размягчения древесного волокна понижается. Для исходного древесного волокна ее значение составляет 220—230°C [2], а наиболее распространенные вспенивающиеся композиции имеют рабочий интервал 100—180°C. При использовании антипирена на основе фосфорной кислоты и мочевины [5] эффект пластификации волокна начинает проявляться при температуре несколько большей, чем температура плавления мочевины (133°C), частично входящей в антипирен в свободном состоянии.

Таблица 1

Показатели	Древесное волокно		Изменение показателей, %
	огнезащищенное	исходное	
Плотность, кг/м ³	585	587	—
Прочность при изгибе, МПа	23,8	14,6	63
Водопоглощение, %			
через 2 ч	14,3	36,0	152
" 24 ч	40,4	67,1	66
Набухание, %			
через 2 ч	2,1	4,2	100
" 24 ч	6,9	14,6	112

Снижение температуры размягчения древесного волокна при огнезащитной обработке — существенное условие получения О-ДВП пониженной плотности. Важно, чтобы антипирен как пластификатор переставал работать к моменту завершения горячего прессования. Это достигается за счет взаимодействия с компонентами древесного волокна при нагревании. В табл. 1 приведены данные о положительной роли антипирена — продукта конденсации фосфорной кислоты и мочевины, взятых в молярном соотношении 1:1,5 с введением 1 моля свободной мочевины [5]. Плиты толщиной 10 мм прессовали при температуре 180°C, используя вспенивающуюся композицию ФФ (фенолформальдегидная смола новолачного типа, газообразователь ЧХЗ-57, уротропин, расход композиции — 10%). Плиты, изготовленные при том же расходе композиции ФФ, но из исходного древесного волокна, обладают более низкими показателями. Важно отметить высокую формостабильность О-ДВП, возможные деформации и коробления их в условиях переменной влажности незначительны. Модули упругости при статическом изгибе О-ДВП пониженной плотности и стандартных твердых ДВП находятся на одном уровне.

Роль вспенивающихся композиций не сводится только к созданию внутреннего давления. В процессе прессования они должны активно взаимодействовать с компонентами древесного волокна и отверждаться. Иллюстрацией выполнения данного условия служат показатели свойств О-ДВП с различным распределением вспенивающейся композиции на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера в древесноволокнистом ковре (табл. 2, расход композиции — 15%). Повышение качества при сплошном перемешивании вызвано главным образом взаимодействием композиции и древесных волокон. При вспенивании композиции увеличивается поверхность контакта между ними, а это эквивалентно повышению расхода связующего.

Высокая адгезия вспенивающихся композиций на основе фенолформальдегидных смол новолачного типа или эпоксидно-новолачных блоксополимеров к огнезащищенным древесным волокнам подтверждает

Таблица 2

Показатели	Сплошное перемешивание	Трехслойный сэндвич с наружными слоями из древесных волокон
Плотность, кг/м ³	700	710
Прочность при изгибе, МПа	39,3	21,3
Водопоглощение, %		
через 2 ч	8,1	26,4
" 24 ч	37,0	56,6
Набухание, %		
через 2 ч	2,2	5,6
" 24 ч	4,4	10,8

ется результатами испытаний образцов твердых О-ДВП, склеенных с применением указанных композиций. Прочность на разрыв составляет 2,4—2,8 МПа, и разрушение происходит исключительно по склеенному материалу. Изготовленные с применением указанных композиций О-ДВП имеют более высокие показатели по сравнению с плитами той же плотности, отпрессованными с применением пенополистирола бисерного. Результаты исследования таких плит приведены нами в кратком сообщении [3].

Для качества плит большое значение имеет выбор газообразователя. Он должен обеспечивать вспенивание композиции при температуре несколько большей, чем температура размягчения (плавления) ее, и процесс вспенивания должен завершаться до наступления желатинизации. Это условие для пенопластов на основе эпоксидно-новолачных блоксополимеров и сформулировано в брошюре М. С. Тризно и В. В. Барсовой [10]. В случае О-ДВП на данное условие накладывается ограничение, обусловленное взаимодействием композиции с древесным волокном. Процесс вспенивания должен завершаться до развития процесса взаимодействия композиции с компонентами древесного волокна или (и) до развития структурирования.

Применительно к О-ДВП, изготовленным с введением 20% (от массы древесного волокна) вспенивающейся композиции на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера 6Э18Н60, содержащего 4,5% газообразователя, влияние температуры разложения газообразователя на показатели плит плотностью 730 ± 20 кг/м³ иллюстрируют следующие данные (табл. 3).

Таблица 3

Газообразователь	Температура его разложения, °С	Прочность при изгибе плит, МПа	Водопоглощение плит, %	Набухание плит, %
ЧХЗ-57	95	66,1	20,2	3,5
ЧХЗ-23	135	46,6	25,6	3,5

Плавление блоксополимера происходит при температуре порядка 80°C. Газообразователь ЧХЗ-57 отвечает рассматриваемому условию. В случае применения газообразователя ЧХЗ-23 интервал между плавлением композиции и ее вспениванием составляет более 50°C. За этот промежуток получают развитие процессы взаимодействия композиции с древесным волокном и структурирования ее. Образующийся газ не выполняет своих функций, более того, он может разрушать появившиеся связи.

Продолжительность прессования должна быть достаточной для завершения процессов внутри плиты. На практике для ускорения прогрева древесноволокнистого ковра прессование проводят в поле токов высокой частоты [9]. Благодаря участию вспенивающихся композиций, основные процессы межволоконного взаимодействия завершаются на стадии горячего прессования при температуре греющих плит пресса 180°C в течение 1,0—1,5 мин/мм. Необходимость в последующей термообработке плит отпадает.

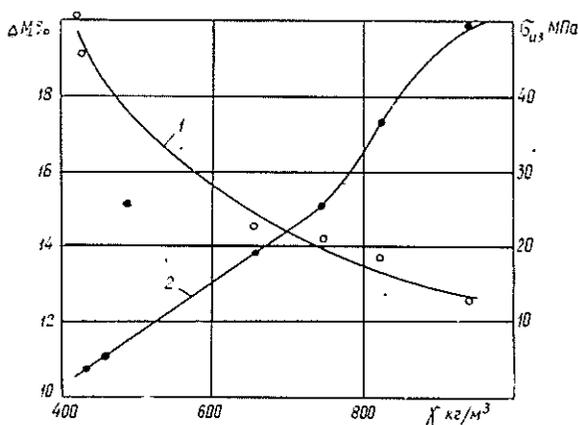


Рис. 2. Зависимость потери массы при испытании в огневой трубе (1) и прочности при изгибе (2) от плотности утолщенных О-ДВП (содержание вспенивающейся композиции 7%, содержание фосфора в древесном волокне 3,5%).

Влияние плотности на прочность и огнезащитность плит иллюстрирует рис. 2. По мере снижения плотности горючесть возрастает, поэтому вопрос о необходимом уровне огнезащитной обработки плит различной плотности должен быть решен экспериментально и с учетом предъявленных к материалу требований по группе горючести.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Берлин А. А. Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров. М., Госхимиздат, 1954, 190 с. [2]. Леонович А. А. Изучение свойств дефибраторного волокна при нагревании. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 5, с. 143—147. [3]. Леонович А. А. О снижении плотности древесноволокнистых плит сухого способа производства. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 5, с. 161—163. [4]. Леонович А. А. Способ изготовления плит из древесного волокна. Авт. свид. № 481456. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1975, № 31. [5]. Леонович А. А. Антипирен и способ его приготовления. Авт. свид. № 517491. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1976, № 22. [6]. Леонович А. А., Дзюбин В. А., Мерсов Е. Д. и др. Композиция для изготовления древесноволокнистых плит. Авт. свид. № 49148. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1975, № 42. [7]. Леонович А. А., Дзюбин В. А., Бровкина В. И. и др. Композиция для изготовления древесноволокнистых плит. Авт. свид. № 506511 — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1976, № 10. [8]. Мартинович Ф. С., Вахранев Г. С. Легкие плиты из мелких отходов древесины и пенополистирола. — «Механическая технология древесины». Минск, 1973, вып. 3, с. 64—69. [9]. Обедшеская Г. Н. Полутвердые древесноволокнистые плиты за рубежом. Обзор. М., 1975, 20 с. [10]. Тризно М. С., Барсова В. В. Пенопласты ПЭН — новый тип пенопластов. Л., 1974, 24 с.

Поступила 1 февраля 1977 г.

УДК 634.0.812 : 634.0.85

О ВЛИЯНИИ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ НА ТОЧНОСТЬ СИЛОВОЙ СОРТИРОВКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

А. Д. ГОЛЯКОВ

Архангельский лесотехнический институт

На основе экспериментальных данных о неравномерном распределении влаги по толщине досок и рассеивании влажности пиломатериалов в партии проведены теоретические исследования точности их силовой сортировки на различных стадиях технологического процесса лесопиления.

При силовой сортировке прочность досок прогнозируют по их модулям упругости. Точность силовой сортировки зависит от точности определения модулей упругости сортиментов.

Общеизвестно, что модуль упругости древесины находится в зависимости от ее влажности [7]

$$E_w = E_{12} - \alpha (W - 12), \quad (1)$$

где E_w — модуль упругости древесины при любой влажности W , не превышающей предела гигроскопичности (28—30%);

E_{12} — модуль упругости древесины при влажности 12%;

α — постоянный коэффициент (для изгиба $\alpha = 2$ тыс. кгс/см² %).

Существующие сортировочные машины не регистрируют влажность пиломатериалов поштучно и не корректируют на нее результаты испытания досок. Отклонение влажности отдельных досок в момент силовой сортировки от номинальной приводит к завышению или занижению их модулей упругости и связанных с этим ошибок в установлении сортности. Ошибка в определении модуля упругости доски при отсутствии учета ее влажности

$$\varepsilon = \frac{E_w - E_n}{E_n} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где E_n — модуль упругости древесины при номинальной влажности, на которую настроена машина.

Сортировочные машины, внедряемые на лесоэкспортных предприятиях Архангельска, предполагается использовать на сортировке пиломатериалов, высушенных до транспортной влажности. В этом случае за номинальную будет принята влажность 20%. Однако после сушки пиломатериалов нормативными режимами даже в камерах фирмы Валмет (которые имеют лучшие аэродинамические характеристики [6] и связанную с этим равномерность просыхания древесины) отклонения влажности отдельных досок от средней значительны: по нашим наблюдениям* среднее квадратическое отклонение $\sigma = 3 \div 4\%$ (табл. 1). При средней влажности 21% отдельные доски имеют минимальную влажность 12% ($W_{cp} - 3\sigma = 21 - 3 \cdot 3$) и максимальную 30% ($21 + 3 \cdot 3$).

Средние значения модуля упругости древесины в пиломатериалах и стандартных образцах при статическом изгибе практически одинако-

* В работе принимал участие студент О. И. Нагибин.

Таблица 1

Место определения влажности	Сечение пиломатериала, мм	Количество образцов, шт.	Результаты статистической обработки			
			Средняя арифметическая влажность $W_{\text{ср}}$, %	Среднее квадратическое отклонение σ , %	Коэффициент изменчивости V , %	Показатель точности P , %
Лесопильный цех	50×150	15	67,40	13,72	20,39	5,24
ТМУ* (пиломатериалы после камерной сушки)	63×150	30	23,97	3,47	16,55	3,02
ТМУ (пиломатериалы после камерной сушки)	50×150	19	22,14	4,07	18,38	4,22
ТМУ (пиломатериалы после атмосферной сушки)	50×125	22	25,73	4,51	17,52	3,73

* ТМУ — торцовочно-маркировочная установка.

вы [2]. Для вычисления возможных ошибок в определении модулей упругости при силовой сортировке пиломатериалов транспортной влажности после камерной сушки воспользуемся средним значением модуля упругости сосны [7] $E_{12} = 123$ тыс. кгс/см², полученным при испытаниях малых стандартных образцов.

По формуле (1) находим $E_{21} = 105$ тыс. кгс/см², $E_{30} = 87$ тыс. кгс/см².

Максимальные ошибки при определении модулей упругости

$$\epsilon'_{\max 1} = \frac{E_{12} - E_{21}}{E_{21}} \cdot 100 = \frac{123 - 105}{105} \cdot 100 = +17,15\%;$$

$$\epsilon'_{\max 2} = \frac{E_{30} - E_{21}}{E_{21}} \cdot 100 = \frac{87 - 105}{105} \cdot 100 = -17,15\%.$$

Допускаемые ошибки при любой сортировке обычно принимают равными 5%. По нашим же данным, даже при вероятности 0,95 ($W_{\text{ср}} \pm 2\sigma$) ошибка при определении модулей упругости пиломатериалов находится в пределах $\pm 11,9\%$. Аналогичные результаты можно получить и при силовой сортировке пиломатериалов после атмосферной сушки, если их сушат не до равновесной влажности.

Кроме ошибки ϵ' , при силовой сортировке после сушки возможна ошибка ϵ'' из-за неравномерного распределения влаги по толщине досок.

В табл. 2 представлены результаты исследования послышной влажности досок на Соломбальском ЛДК, средняя влажность которых приведена в табл. 1. Схема деления образцов (выпиленных на расстоянии 40—50 см от торцов досок) на сушильные секции приведена на рис. 1.

После камерной сушки пиломатериалов при средней влажности сечений 20 и 22% (табл. 1) влажность периферийных слоев составляла примерно 15 и 19%, а центральных — 30% (табл. 2). Эюра модуля упругости древесины по толщине доски (рис. 2, б) имеет вид, обратный эюре влажности (рис. 2, а). Для упрощения расчетов примем распределение модуля упругости прямолинейным (пунктир на рис. 2, б). В этом случае жесткость доски с неравномерным распределением вла-

Таблица 2

Сечение пиломатериала, мм	Вид сушки	Номер слоя, начиная от внутренней пласти, по порядку	Количество образцов, шт.	Результаты статистической обработки			
				Средняя арифметическая влажность W , %	Среднее квадратическое отклонение σ , %	Коэффициент изменчивости V , %	Показатель точности P , %
63×150	Камерная	1	26	15,08	5,73	38,03	7,45
		2	30	23,30	10,51	45,11	8,23
		3	30	29,00	11,52	39,71	7,25
		4	30	29,10	12,32	42,33	7,72
		5	30	24,31	9,74	40,05	7,31
		6	29	15,83	6,55	41,41	7,68
50×150	" "	1	40	18,84	3,76	19,84	3,14
		2	40	28,18	9,06	32,16	5,09
		3	40	30,10	12,27	40,77	6,44
		4	40	26,75	8,58	32,08	5,07
		5	40	18,28	3,48	19,05	3,01
50×125	Атмосферная	1	32	21,54	3,22	14,93	2,64
		2	32	24,47	2,96	12,08	2,17
		3	32	24,87	3,85	15,48	2,74
		4	30	25,70	4,07	15,83	2,89
		5	32	21,39	3,45	16,11	2,85

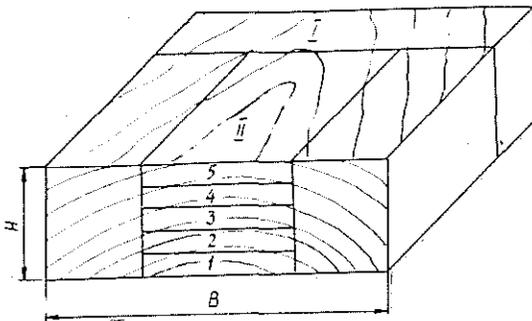
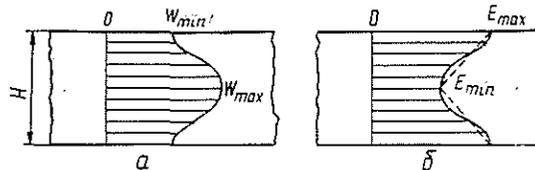


Рис. 1.

I — секция для определения средней влажности сечения доски (к табл. 1); *II* (1, 2, 3, 4, 5) — секции для определения полойной влажности (для досок толщиной 63 мм — 6 секций); *H* — толщина доски; *B* — ширина доски.

Рис. 2. Схемы распределения влажности (а) и модуля упругости (б) древесины по толщине доски после сушки.



ги по толщине можно определить аналитически как жесткость слоистой балки [5]. Модуль упругости доски

$$E_w = E_{min} \left[1 + \frac{3}{4} \left(\frac{E_{max}}{E_{min}} - 1 \right) \right]. \quad (3)$$

При $E_{min} = E_{30}$ и $E_{max} = E_{15}$

$$E_{15/30} = E_{30} \left[1 + \frac{3}{4} \left(\frac{E_{15}}{E_{30}} - 1 \right) \right].$$

По формуле (1) находим

$$E_{15} = 123 - 2(15 - 12) = 117 \text{ тыс. кгс/см}^2,$$

следовательно,

$$E_{15/30} = 87 \left[1 + \frac{3}{4} \left(\frac{117}{87} - 1 \right) \right] = 109 \text{ тыс. кгс/см}^2.$$

Различие модулей упругости доски в момент сортировки и после выравнивания влажности 21% по сечению

$$\varepsilon''_{15/30} = \varepsilon''_{max} = \frac{E_{15/30} - E_{21}}{E_{21}} \cdot 100 = \frac{109 - 105}{105} \cdot 100 = 3,8\%.$$

Ошибка $\varepsilon'' \leq 3,8\%$ вполне допустима, но в 50% случаев она увеличивает общую ошибку

$$\varepsilon_{max} = 17,5 + 3,8 = 21\%.$$

При сортировке пиломатериалов после атмосферной сушки ошибка ε'' не существенна.

По нашим расчетам, величина пересортицы при силовой сортировке пиломатериалов транспортной влажности составляет 15—20%.

Влияние влажности на точность силовой сортировки пиломатериалов можно снизить следующим образом.

1. Улучшить качество сушки пиломатериалов до транспортной влажности путем совершенствования способов сушки.

2. Сортировать пиломатериалы при меньшем значении номинальной влажности, когда они высушиваются более равномерно. По данным Е. С. Богданова [1], при средней влажности партии пиломатериалов 19—20% среднее квадратическое отклонение $\sigma = 2 \div 4\%$, а при $W_{ср} = 12\%$ значение $\sigma = 0,62 \div 1,18\%$; эту тенденцию к уменьшению можно заметить и из данных табл. 1.

3. Сортировать пиломатериалы сырыми.

При распиловке сплавного сырья в лесопильном цехе Соломбальского ЛДК (табл. 1) влажность пиломатериалов была выше 30% в течение всего года (мы проводили измерения в марте). Так как изменения влажности за пределом гигроскопичности не влияют на механические свойства древесины, то при силовой сортировке за номинальную может быть принята влажность 30%. В этом случае ошибки определения модуля упругости отдельных досок из-за различной их влажности исключаются.

Здесь возможна ошибка в вычислении модуля упругости из-за колебаний температуры пиломатериалов. Пользуясь данными А. М. Боровикова [3], можно определить, что при отклонениях температуры древесины от номинальной на 5—10°C при $W = 30\%$ ошибки в определении модулей упругости составляют всего $3 \div 6\%$.

Исследования [4] показали, что температуру древесины в бревне, а следовательно, и пиломатериалов в лесопильном цехе можно прогнозировать. На этой основе можно корректировать работу сортировочной машины, вводя в нее не только сезонные, но и суточные температурные поправки, и тем самым снижать вероятность температурной ошибки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богданов Е. С. Характер распределения влажности в партиях пиломатериалов. — «Научные труды ЦНИИМОДа», Архангельск, 1973, вып. 29. [2]. Борисенко Н. Ф. Исследование механических свойств чистой (без пороков) древесины

в хвойных пиломатериалах, оцененных силовым методом. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1975. [3]. Боровиков А. М. Упругость, вязкость и пластичность древесины. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1970, № 9. [4]. Курицын В. И., Вецнер С. И. Приближенное определение температуры мерзлой древесины. — «Механическая обработка древесины». Реф. информ., 1975, № 11. [5]. Песочкий А. Н., Голяков А. Д. К вопросу о силовой сортировке заготовок для слоистых деревянных конструкций. — «Научные труды ЛТА», Л., 1972, № 146. [6]. Пухов А. К., Меркушев И. М. Аэродинамические характеристики лесосушильных камер непрерывного действия. — «Научные труды МЛТИ», М., 1975, вып. 67. [7]. Уголев Б. Н. Древесноведение с основами лесного товароведения. М., 1975.

Поступила 31 января 1977 г.

УДК 628.517.2

ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК

А. С. ЧУРИЛИН, Ю. А. МАТЫЦИН

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты лабораторных испытаний различных типов звукоизолирующих конструкций. Исследована возможность использования дифракционных решеток шевронного и пилообразного профилей в качестве заполнителя стенок. Получены удовлетворительные результаты, предполагающие возможность широкого применения испытанных звукоизолирующих конструкций в целях шумоглушения промышленного оборудования.

Звукоизоляция промышленного оборудования — один из самых эффективных современных методов шумоглушения. Этот метод предусматривает создание герметичной преграды на пути распространения воздушного шума, что достигается устройством стен, выгородок, кожухов, кабин.

Известные звукоизолирующие конструкции кожухов и кабин, применяемые для шумоглушения деревообрабатывающего оборудования, в частности, станков строгальной группы [1] имеют целый ряд недостатков. Они пожароопасны, громоздки, неудобны в обслуживании, включают дорогие и дефицитные элементы, что препятствует широкому использованию метода звукоизоляции в условиях деревообработки.

Цель настоящей работы — исследовать возможности применения в звукоизолирующих конструкциях заполнителя дисперсионного принципа действия, а также дифракционных устройств, в частности, системы наклонных уголкового отражателей [2].

Для эксперимента были изготовлены две модели звукоизолирующих конструкций с заполнителями шевронного профиля и в виде системы наклонных уголкового отражателей.

Заполнитель шевронного профиля (ЗШП) представлял собой одну из модификаций известной звукопоглощающей конструкции дисперсионного принципа действия; изготовили его из пластин (материал — картон толщиной 0,6 мм), V-образно изогнутых и расположенных параллельно друг другу в каркасе (рис. 1, 2, а). В процессе эксперимента варьировали геометрические параметры ЗШП: шаг шевронных элементов h (расстояние между кромками граней); величину двугранного угла γ , образованного полуплоскостями V-образно изогнутых пластин; значение отношения l ЗШП от поверхности стального листа. Ширина грани шевронных элементов $d = 125$ мм.

Заполнитель в виде наклонного уголкового отражателя (НУО), изготовленный из картона толщиной 0,6 мм, представлял собой периодическую систему наклонных уголкового отражателей (профиль НУО показан на рис. 2, б). В процессе исследова-

ний менялся угол наклона оси уголка β к плоскости стального листа (при вариации β изменялся соответственно шаг наклонных зубьев h). Заполнитель НУО располагался вплотную к поверхности листа и на отnose l от поверхности.

Акустические характеристики опытных образцов различных звукоизолирующих конструкций исследовали методом камер высокого и низкого давления. Усиленный широкополосный звуковой сигнал от генератора белого шума через звуковые колонки излучался в камеру высокого давления (реверберационную камеру). В помещении возникло диффузное поле (уровень звука $L_A = 100$ дБ). Прошедший через исследуемую конструкцию звуковой сигнал фиксировался микрофоном в камере низкого давления (заглушенной камере) и подвергался с помощью спектрометра частотному анализу. Уровни звукового давления измеряли в ближнем и дальнем поле (микрофон устанавливали соответственно на расстоянии 0,2 и 1 м от поверхности исследуемой конструкции). Измерения проводили с помощью аппаратуры датской фирмы «Брюль и Кьер». Вели наблюдения за постоянством температуры и влажностью воздуха в камерах.

Из рис. 3, 4 видно, что вес ЗШП можно существенно уменьшить (в 4 раза) с незначительной потерей звукоизоляции конструкции — при увеличении h с 20 мм до 80 мм при $\gamma = \text{const} = 20^\circ$. ЗИ практически не изменяется на низких и средних частотах и уменьшается на 3—6 дБ в области высоких частот. Данный факт следует учесть при выборе оптимального варианта звукоизолирующей конструкции в виде стального листа с ЗШП (рис. 3, кривая 5). Изменение величин β и l существенно влияет на звукоизолирующие свойства конструкции в виде стального листа с НУО (рис. 5), причем более резко выражена зависимость ЗИ от β , чем ЗИ от l .

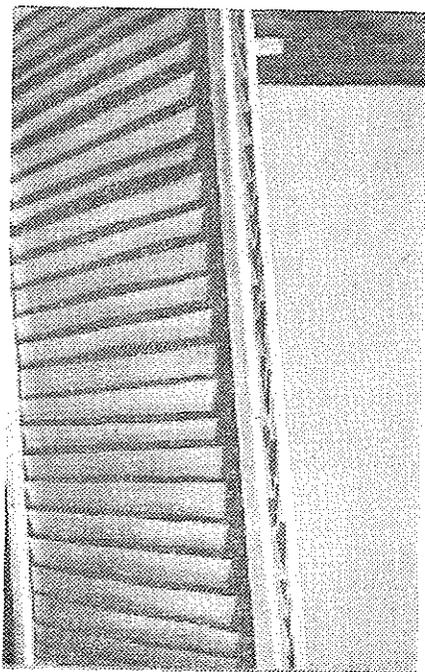
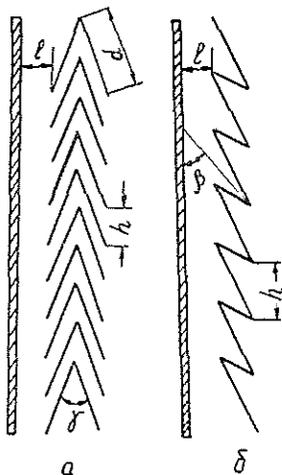


Рис. 1. Опытный образец заполнителя дисперсионного принципа действия.

Рис. 2. Схематическое изображение сечений экспериментальных моделей звукоизолирующих конструкций.

a — стальной лист и звукопоглотитель шевронного профиля; b — стальной лист с системой наклонных угольковых отражателей.



Из графиков следует, что звукоизолирующая конструкция в виде стального листа с НУО наиболее эффективна.

Удовлетворительные акустические характеристики исследованных моделей звукоизолирующих конструкций предполагают возможность широкого использования указанных типов устройств для шумоглушения про-

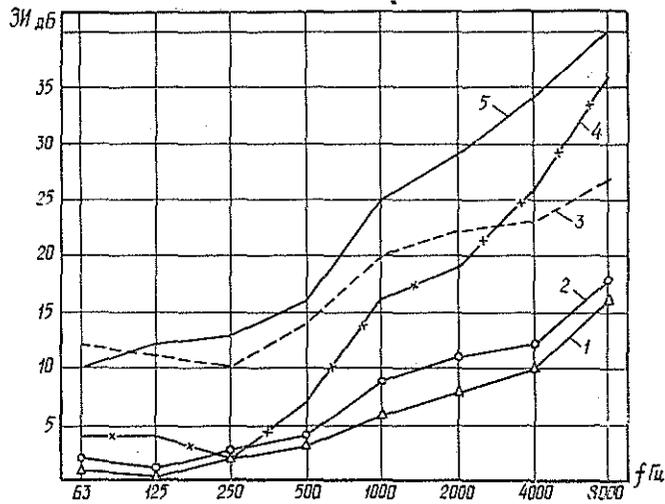


Рис. 3. Частотные характеристики звукоизоляции (ЗИ) различных материалов и конструкций.

1 — картон толщиной 0,6 мм; 2 — пенополиуретан толщиной 50 мм; 3 — стальной лист толщиной 1 мм; 4 — двойная стенка из картона с воздушным промежутком 150 мм, внутри пенополиуретан толщиной 50 мм на отnose 50 мм от каждой из стенок; 5 — наполнитель шевронного профиля вплотную к стальному листу ($\gamma = 20^\circ$, $h = 80$ мм, $l = 0$).

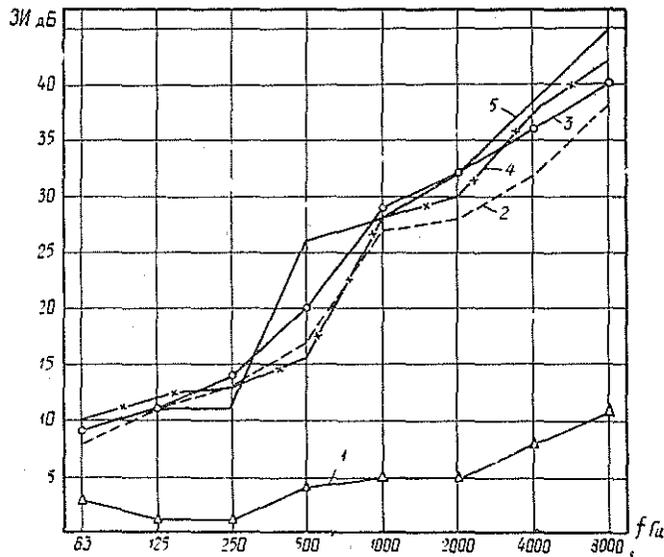


Рис. 4. Влияние геометрических параметров на звукоизолирующие свойства конструкции в виде стального листа с ЗШП.

1 — ЗШП ($\gamma = 20^\circ$, $h = 20$ мм, $l = 0$); 2 — стальной лист с ЗШП ($\gamma = 45^\circ$, $h = 40$ мм, $l = 0$); 3 — то же, но $h = 20$ мм; 4 — стальной лист с ЗШП ($\gamma = 20^\circ$, $h = 40$ мм, $l = 0$); 5 — то же, но $h = 20$ мм.

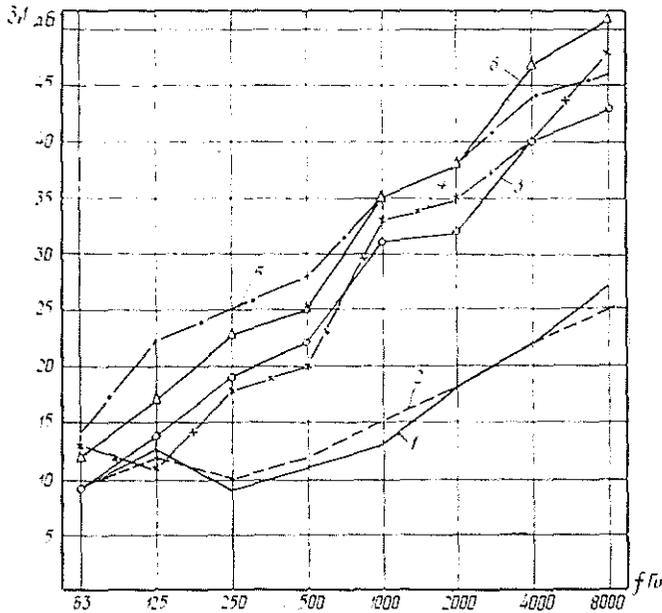


Рис. 5. Влияние геометрических параметров на звукоизолирующие свойства конструкции в виде стального листа с НУО.

1 — НУО ($\beta=10^\circ$); 2 — то же, но $\beta=30^\circ$; 3 — стальной лист с НУО ($\beta=10^\circ$, $l=0$); 4 — то же, но $l=30$ мм; 5 — стальной лист с НУО ($\beta=30^\circ$, $l=0$); 6 — то же, но $l=30$ мм.

мышленного оборудования методами звукоизоляции и экранирования. Наконец, ЗШП и НУО, выполненные из огнестойкого картона толщиной 1—2 мм, можно применять в качестве заполнителя в двух- и многослойных ограждениях.

Следует сказать еще об одном важном преимуществе дифракционных заполнителей по сравнению с пористыми абсорбентами — их меньшей чувствительности к пыли.

На базе исследованных конструкций сотрудниками кафедры охраны труда ЛТА разработаны звукоизолирующие кожухи и кабины на станки строгальной группы. Данные устройства введены в проекты шумоглушения деревообрабатывающих цехов на ряде предприятий.

Исследованные типы звукоизолирующих конструкций с заполнителями дифракционно-дисперсионного принципа действия (ЗШП, НУО) обладают высокими акустическими характеристиками и выгодно отличаются от известных конструкций тем, что заполнитель изготавливается из пожаробезопасного недефицитного и дешевого материала.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Чижевский М. П., Черемных Н. Н. Снижение шума при механической обработке древесины. М., «Лесная промышленность», 1975. [2]. Чурилин А. С., Матыцин Ю. А. Применение дисперсионных звукопоглощающих конструкций для шумоглушения. — Информационный листок № 1298, ЛенЦНТИ, 1975.

Поступила 18 октября 1976 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.15/16

РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЙ МАССОПРОВОДОВ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ

Н. Н. КАЛИНИН, А. И. КИПРИАНОВ, М. А. СИДОРОВ, Ю. В. ХРАМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Предложены обобщенное критериальное уравнение и номограмма для расчета сопротивлений массопроводов, полученные на основании результатов реологических исследований и экспериментального определения потерь напора на трение при движении волокнистых суспензий целлюлозно-бумажного производства.

Нами предпринята попытка использовать результаты реологических исследований, о которых сообщалось ранее [1, 2], при обработке и обобщении экспериментального материала по определению потерь напора на трение при движении водных суспензий целлюлозы и древесной массы.

Потери напора определяли при течении суспензий целлюлозы и древесной массы концентрацией 1,0—3,0% в трубе из нержавеющей стали диаметром 43 мм и длиной 3,7 м. Полученные экспериментальные данные представлены в виде уравнения

$$\tau = \frac{\Delta p \cdot d}{4l} = \tau_0 + k \left(\frac{8\omega}{d} \right)^n, \quad (1)$$

где τ — полное напряжение сдвига, Н/м²;
 τ_0 — предельное напряжение сдвига, Н/м²;
 Δp — потери напора на трение, Н/м²;
 d — диаметр трубы, м;
 l — длина трубы, м;
 ω — скорость, м/с;
 k, n — реологические параметры, характеризующие меру консистенции жидкости (концентрацию суспензии) и степень неньютоновского поведения ее.

Значения этих параметров при течении исследованных типов суспензий постоянны в пределах отношения $3 \leq \frac{\omega}{d} \leq 60$ и приведены в табл. 1.

С учетом полученных коэффициентов по формуле

$$Re' = \frac{\omega^{2-n} d^n \rho}{k 8^{n-1}} \quad (2)$$

рассчитаны значения критерия Рейнольдса и представлена обобщенная итоговая характеристика движения волокнистых суспензий (рис. 1).

Согласно предлагаемой методике, потери напора на трение в массопроводах при движении суспензий концентрацией до 3,0% в пре-

Таблица 1

Концентрация суспензии, %	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>
	для типа суспензии							
	Сульфитная беленая целлюлоза		Сульфитная небеленая целлюлоза		Сульфатная небеленая целлюлоза		Древесная масса	
1,0	0,66	0,24	0,63	0,38	0,58	0,66	0,55	0,71
1,5	0,38	2,65	0,36	3,18	0,34	4,35	0,32	4,42
2,0	0,29	6,75	0,27	7,50	0,28	8,50	0,26	9,35
2,5	0,26	13,40	0,23	15,80	0,25	18,30	0,24	20,80
3,0	0,23	21,80	0,20	29,60	0,21	31,70	0,20	34,00

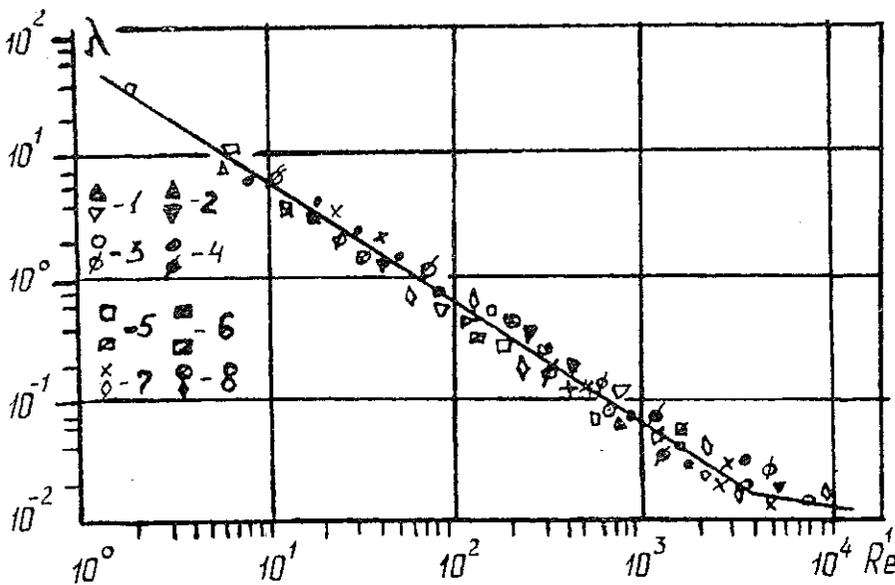


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от обобщенного критерия Рейнольдса для волокнистых суспензий концентрации 1,0—3,0%.

1, 2 — древесная масса концентрацией 1,5 и 3,0 % при движении по трубе из оргстекла (1) и стальной трубе (2); 3, 4 — сульфатная небеленая целлюлоза концентрацией 1,0 и 2,0 %; 5, 6 — сульфитная небеленая целлюлоза концентрацией 1,5 и 2,5 %; 7, 8 — сульфитная беленая целлюлоза концентрацией 2,0 и 3,0 %.

делах указанных выше отношений $\frac{\omega}{d}$ можно вычислить по уравнению Дарси — Вейсбаха

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2 \rho}{2}, \quad (3)$$

где ρ — плотность суспензии, кг/м³.

Предварительно необходимо рассчитать обобщенный критерий Рейнольдса по формуле (2) и коэффициент трения по рис. 1 в зависимости от конкретных условий гидротранспорта и типа волокнистой суспензии.

Быстрый укрупненный расчет сопротивлений массопроводов при движении суспензий целлюлозы и древесной массы (концентрацией до

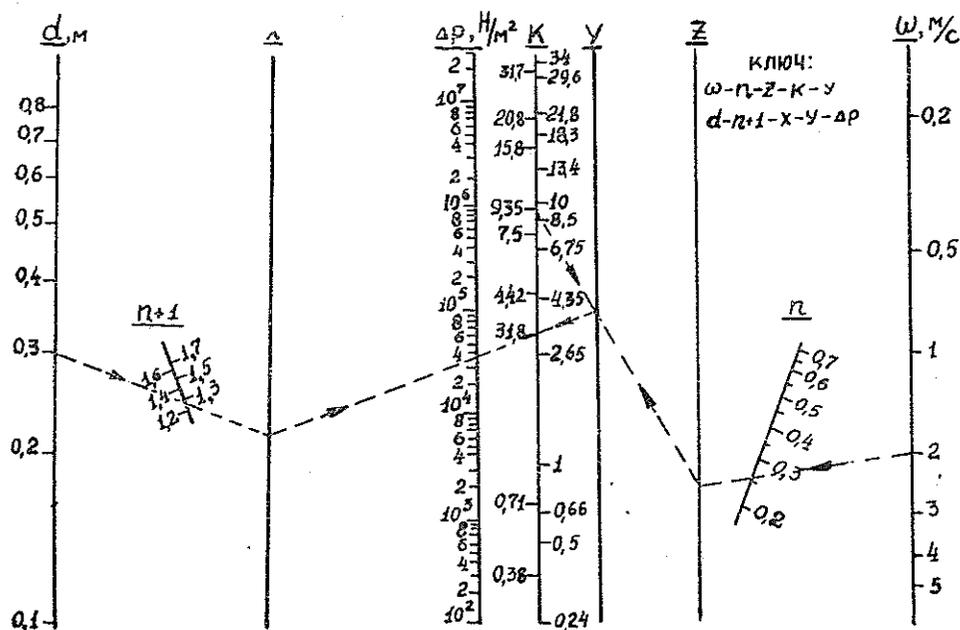


Рис. 2.

3,0%) возможен и по номограмме (рис. 2), построенной нами на основании полученных экспериментальных данных.

На номограмме потери напора даны в ньютонах на 1 м^2 на 100 м длины трубопровода (нержавеющая сталь), вычисления производили с помощью ключа к номограмме. Необходимые значения коэффициентов n и k приведены в табл. 1.

В качестве примера на номограмме показана последовательность определения потерь напора на трение для суспензии древесной массы концентрацией 2,0%, движущейся по трубопроводу диаметром 300 мм со скоростью 2 м/с.

Номограмму можно использовать для расчета потерь напора не только четырех исследованных типов суспензий, но и для других с известными реологическими параметрами n и k , которые определяют на ротационном или трубном вискозиметре.

Сравнение промышленных и литературных данных [3] о сопротивлении массопроводов с соответствующими расчетными значениями, определенными по номограмме, позволяет сделать вывод о возможности использования ее в качестве одного из практических методов расчета систем гидротранспорта волокнистых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Калинин Н. Н., Киприанов А. И., Сидоров М. А., Храмов Ю. В. Реологическая модель волокнистой суспензии древесного происхождения. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 2. [2]. Калинин Н. Н., Киприанов А. И., Сидоров М. А., Храмов Ю. В. Исследование факторов, влияющих на величину предельного напряжения сдвига волокнистых суспензий целлюлозно-бумажного производства. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 4. [3]. Климов В. И. Гидротранспорт волокнистых материалов в целлюлозно-бумажном производстве. М., «Лесная промышленность», 1971, с. 280.

УДК 634.0.844.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ И ФИКСИРУЕМОСТИ В ДРЕВЕСИНЕ ПРЕПАРАТА «ДОНАЛИТ УА»

В. Н. СОЗОНОВА, Д. А. БЕЛЕНКОВ

Уральский лесотехнический институт

Показано, что препарат «Доналит УА» обладает достаточно высокой токсичностью для пленчатого домового гриба. Токсичность фтора в составе этого препарата уменьшается.

Мышьяксодержащие антисептики широко применяют для защиты древесины [4—6, 8, 11, 12].

В настоящей работе дана оценка токсичности и фиксируемости препарата «Доналит УА» биологическим способом, путем исследования изменения вероятности защиты древесины [1—3].

Препарат использовали в виде водных растворов. Образцы (5×5×5 мм) древесины заболони сосны пропитывали препаратом под вакуумом при остаточном давлении 30 мм рт. ст. по режиму: 2 мин — разряжение; 5 мин — выдерживание при разряжении; 2 мин — доведение давления до атмосферного; 15 мин — выдерживание образцов в растворе препарата при атмосферном давлении. При таком режиме пропитки поглощение раствора антисептика составляло 170%.

После пропитки и выдерживания в сыром состоянии образцы постепенно подсушивали до комнатно сухого состояния и затем стерилизовали сухим жаром (100 + 2°C) в течение 30 мин.

Испытания проводили одновременно в двадцати колбах. В одну колбу с культурой гриба на помост, обросший мицелием гриба, устанавливали 50 образцов, пропитанных различными растворами одного препарата (по 5 образцов с выдержкой и без выдержки в сыром виде от каждого из пяти содержаний препарата) и 10 контрольных без антисептика. Каждое содержание препарата в древесине и вариант выдержки после пропитки были испытаны на ста образцах, размещенных в 20 колбах.

На культурах гриба образцы выдерживали 15 сут, затем их переносили в чашках Петри во влажные биксы еще на 15 сут. После этого образцы разделяли на разрушенные и не пораженные грибом.

Относительное количество не разрушенных грибом образцов было принято за вероятность защиты древесины от разрушения.

Результаты оценки токсичности препарата «Доналит УА» для пленчатого домового гриба приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Исследования показали, что «Доналит УА» обладает достаточно высокой токсичностью для пленчатого домового гриба и может быть успешно применен для защиты древесины от гниения.

Доза этого антисептика, защищающая древесину заболони сосны от разрушения пленчатым домовым грибом с вероятностью 0,95, равна 0,326% содержания сухого препарата к сухому весу древесины. Если древесину после пропитки выдержать в сыром состоянии не менее месяца, то токсичность препарата несколько повышается и защищающая доза составит 0,252%. Поскольку в изучаемом препарате содержится 35% фтористого натрия, при обеспечении указанной выше защиты древесины в ней находилось от 0,114 до 0,088% фтористого натрия. Сравнивая эти цифры с дозами фтористого натрия, полученными ранее (0,05—0,06%) [7], видим, что в составе препарата «Доналит УА» фтористый натрий теряет свою токсичность в 2—1,6 раза. Эти данные ставят под сомнение обоснованность введения фтористого натрия в состав этого антисептика. По данным Б. П. Чуракова [10], при смешении фтористого натрия с бихроматом натрия (2:1) токсичность

Таблица 1

Концентрация раствора, %	Содержание сухого препарата в древесине, %	Логарифм содержания препарата в древесине	Количество образцов после испытания		Вероятность защиты	Пробиты
			разрушено	не разрушено		
0,0125	0,0246	- 2,3909	89	11	0,11	3,72
			98	2	0,02	2,92
0,025	0,05	- 2,6990	46	54	0,54	5,1
			82	18	0,18	4,08
0,05	0,095	- 2,9777	32	68	0,68	5,40
			60	40	0,40	4,74
0,1	0,195	- 1,2900	11	89	0,89	6,23
			16	84	0,84	6,00
0,2	0,400	- 1,6021	—	100	1	7,35*
			3	97	0,97	6,90
После вымывания в течение пяти суток						
0,05	0,0825	- 2,9165	87	13	0,13	3,87
			86	14	0,14	3,92
0,1	0,169	- 1,2297	80	20	0,20	4,17
			71	29	0,29	4,45
0,2	0,34	- 1,5315	5	95	0,95	6,65
			24	76	0,76	6,71
0,3	0,507	- 1,7050	1	99	0,99	7,35*
			7	93	0,93	6,47
0,4	0,668	- 1,8248	—	100	1	—
			1	99	0,99	7,35*

Примечание. Во всех случаях было взято 100 образцов. В числителе данные для древесины, выдержанной в сыром виде после пропитки в течение 36 сут; в знаменателе — для подсушенной после пропитки. Состав препарата: 35% фтористого натрия; 35% бихромата натрия; 30% двузамещенного арсената натрия. Звездочкой обозначен условный пробит. Предполагается, что один образец был слабо разрушен грибом.

фтора не снижается и данные полностью совпадают с указанными выше дозами [7].

С целью получения фиксации препарата «Доналит УА» в древесине после пропитки образцы разделяли на две группы. Одну группу сразу же помещали во влажную камеру на 36 сут, затем подсушивали до комнатно сухого состояния; другую часть образцов сразу же подсушивали до комнатно сухого состояния. Перед испытанием на культурах гриба все образцы были промыты водой в течение 5 сут. с последующей подсушкой древесины до комнатно сухого состояния. Результаты испытания приведены в табл. 1.

Дозы антисептика, защищающие древесину с вероятностью 0,95, были определены по пробит-графикам (рис. 2). Как видно из этого рисунка, для подсушенной древесины после пропитки доза равна 0,558%, а для древесины, выдержанной в сыром виде, 0,368%. Эти дозы и результаты испытания высоких содержаний препарата (0,34 и 0,507% в табл. 1) показывают, что вымывание древесины в течение пяти суток сопровождается существенной потерей препарата. Так, для древесины, выдержанной 36 сут в сыром виде, доза изменилась с 0,252 до 0,368%, то есть возможная после вымывания потеря препарата составила 0,116% сухой соли к весу сухой древесины. Для древесины,

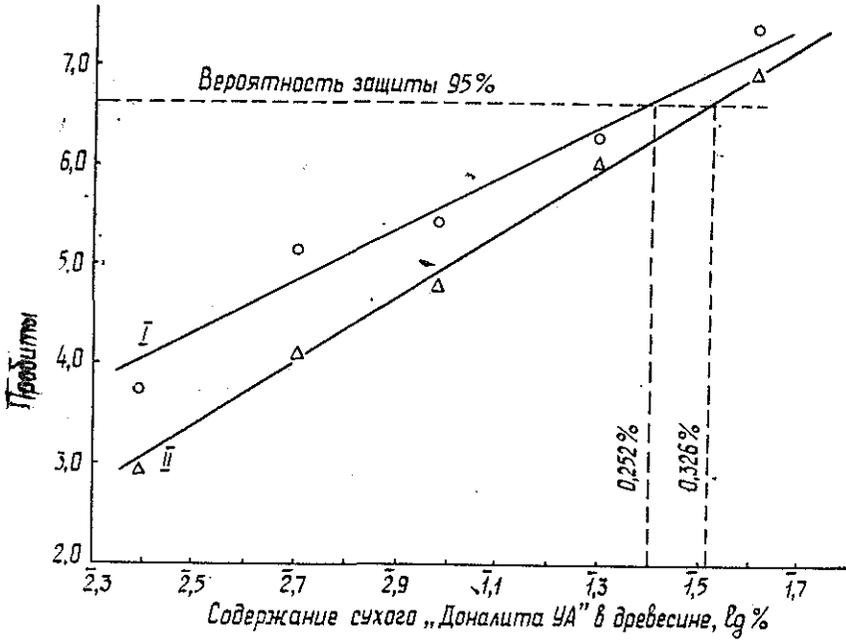


Рис. 1. Пробитированные кривые эффекта действия препарата «Доналит УА» на пленчатый домовый гриб.

I — образцы после пропитки выдержаны сырыми 36 сут; II — образцы после пропитки подсушены.

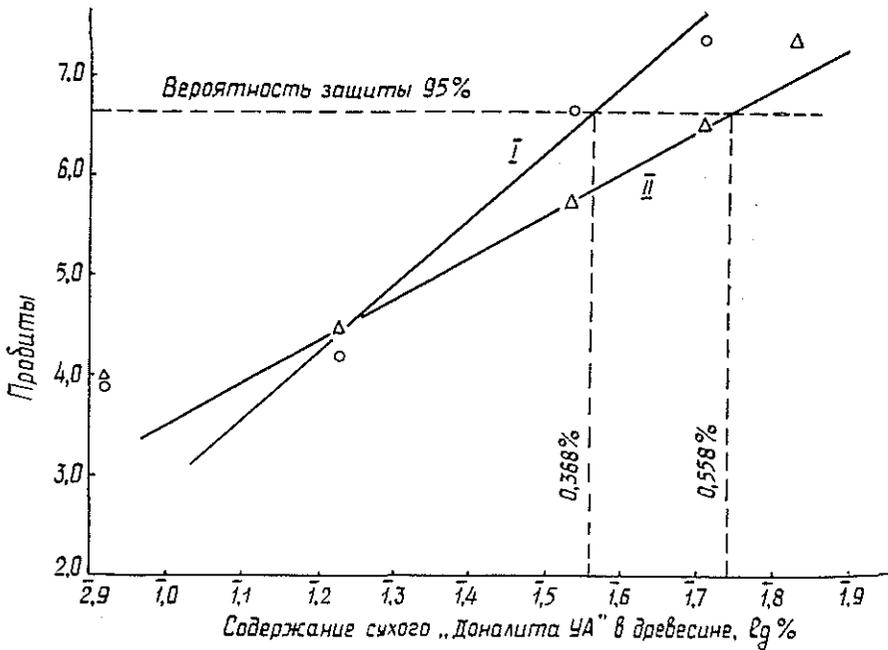


Рис. 2. Пробитированные кривые эффекта действия на пленчатый домовый гриб препарата «Доналит УА» после вымывания образцов в течение 5 сут.

I — образцы после пропитки выдержаны сырыми 36 сут; II — образцы после пропитки подсушены.

которую не выдерживали после пропитки в сыром виде, дозы изменились с 0,326 до 0,558% и потеря препарата составила 0,232%, то есть увеличилась в два раза.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что древесину, пропитанную препаратом «Доналит УА», перед использованием следует выдерживать в сыром виде не менее месяца, хотя и этот срок не гарантирует полной фиксации введенных в древесину химических веществ. Постепенное вымывание препарата из древесины в процессе эксплуатации приведет к преждевременному выходу из строя деревянных конструкций, значительно сократив срок их службы.

На рис. 2 необычно положение пробит-графиков и расположение точек, характеризующих защищенность древесины после вымывания при малых содержаниях препарата (0,0825 и 0,169% в табл. 1). Это привело к тому, что пробит-графики в нижней части пересеклись, а точки с самым малым количеством препарата расположены значительно выше кривых, то есть показывают более высокую вероятность защиты, чем можно ожидать после вымывания древесины в течение пяти суток. Это явление, возможно, объясняется тем, что скорость процесса фиксации мышьяковых препаратов в сырой древесине, довольно высокая в начальный период, затем очень быстро уменьшается [11]. При таком ходе процесса с малыми дозами препарата относительное количество зафиксированного вещества большое; это приводит к непропорциональному вымыванию препарата из древесины, что выразится в пересечении пробит-графиков в нижней части и необычно высоком положении эмпирических точек, соответствующих минимальному содержанию препарата в древесине.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Беленков Д. А. К обоснованию наиболее выгодного уровня вероятности защиты древесины для оценки токсичности антисептиков. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1966, № 4. [2]. Беленков Д. А. Метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 2. [3]. Беленков Д. А. О применении пробит-анализа для оценки токсичности антисептиков на древесине. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 2. [4]. Горшин С. Н., Телятникова Б. И. К вопросу о производстве мышьяксодержащих антисептиков для древесины. — В сб.: Вопросы защиты древесины. Киев, 1972. [5]. Кальнин М. М. Оценка эффективности некоторых антисептиков, применяемых в Латвийской республике для консервирования древесины. — В сб.: Вопросы защиты древесины, М.—Л., ГЛБИ, 1961. [6]. Калинин А. Я., Русиня Н. А. и др. Консервирование опор сельских ЛЭП. Продукты переработки древесины сельскому хозяйству. Рига, «Зинатне», 1973. [7]. Селецкая В. А., Беленков Д. А. Оценка токсичности некоторых солей плавиковой кислоты для плечатого домового гриба *Coniophora cerebella* Schroet. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 2. [8]. Фломина Е. Е., Горшин С. Н. Зависимость фиксации соединений, образующихся в древесине, пропитанной препаратом типа МХМ, от различных факторов. — «Научные труды ЦНИИМОДа». Архангельск, 1971, вып. 26. [9]. Чураков Б. П. Изыскание новых трудновываемых антисептиков для защиты от гниения деревянных строительных конструкций. Дис. на соиск. учен. степени канд. сельскохозяйств. наук. Свердловск 1970. [10]. Dahlgren S. E. The course of fixation of Cu-Cr-As wood preservatives. BW. P.A. Annual convention, 1972. [11]. Kimberg W. Holz als Prolund Werkstoff. Bd. 14.5, 186, 1956.

Поступила 1 февраля 1977 г.

УДК 547.565.2 : 634.0.867.39.9

ПИРОКАТЕХИН ИЗ ТОПОЧНОЙ КИСЛОЙ ВОДЫ

Т. И. ПРОХОРЧУК, Э. М. ЦАЦКА, А. С. ГОЛОВНИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследован групповой состав растворимой смолы топочной кислой воды. Изучена возможность выделения пирокатехина из этой кислой воды с помощью тетрабората натрия.

Единственный промышленный объект, производящий топочную кислую воду, — энергохимкомплекс Вахтанского канифольно-экстракционного завода, который перерабатывает проэкстрагированный осмол в смеси с подрубом дровяной древесины разных пород. Данная работа проведена с целью изучения потенциальных возможностей этой кислой воды с точки зрения содержания в ней пирокатехина и целесообразности его выделения предложенным ранее способом [1].

В течение пяти лет на энергохимкомплексе Вахтанского КЭЗа отбирали пробы кислой воды (КВ), которые анализировали по основным показателям и на содержание ортодиоксибензолов (ОДБ) объемным методом (табл. 1). Найдено, что концентрация ОДБ в КВ составляла 0,5—0,7%.

Таблица 1

Характеристика вахтанской кислой воды

Год отбора пробы КВ	Плотность воды, г/см ³	Содержание в КВ, %				Содержание в РС, %	
		органических веществ	растворимой смолы	летучих кислот	ортодиоксибензолов	суммарных фенолов	ортодиоксибензолов
1970	1,100	33,16	23,83	2,43	0,70	10,24	2,93
1971	1,112	34,03	25,92	2,94	0,54	10,00	2,09
1972	1,088	27,48	21,39	3,20	0,45	9,62	2,11
1973	1,100	27,55	23,08	2,71	0,53	8,59	2,32
1974	1,105	27,74	20,68	3,24	0,54	7,11	2,64

Для выяснения группового состава растворимой смолы (РС) и определения в ней содержания ОДБ КВ разделяли на эфирорастворимую (экстракт) и не растворимую в эфире (эфировода) части путем ее экстракции диэтиловым эфиром в объемном отношении 1:3. Полученный экстракт, составлявший 8—9% от веса исходной КВ, подвергнут вакуум-разгонке на кипящей водяной бане при остаточном давлении 15—20 мм рт. ст.

В результате получена кислота-сырец (отгон) с выходом около 30%, содержащая 58—62% летучих кислот в пересчете на уксусную, и остаток. Последний достигал 57—60% от веса экстракта и содержал 6—10% летучих кислот и 2—4% воды (табл. 2). Полученные данные в совокупности с результатами анализа эфироводы позволили составить баланс распределения РС и летучих кислот при экстракции. Установлено, что в заданных условиях серным эфиром извлекается 17—18% РС от исходного содержания в КВ и 64—65% летучих кислот.

Исследование эфирорастворимой и не растворимой в эфире частей КВ позволило охарактеризовать групповой состав РС. В эфироводе

Таблица 2

Результаты экстракции кислой воды и характеристика полученных фракций

Год отбора пробы кв	Количество, % от исходной кв. экстракта эфироводы		Характеристика эфироводы			Количество, % от экстракта,		Характеристика экстракта			
	8,8	89,7	Плотность, г/см ³	Органические вещества, %	Растворимая смола, %	Летучие кислоты, %	отгона	остатка	Кислотность отгона, %	Влажность остатка, %	Летучие кислоты в ОЭ, %
1970	8,8	89,7	1,091	24,54	21,72	0,94	31,2	58,7	61,0	3,19	10,27
1971	8,2	90,0	1,086	29,00	23,92	1,27	30,6	59,8	61,8	1,95	6,73
1972	7,9	90,1	1,083	22,43	20,44	1,44	30,0	57,2	58,3	4,12	6,21

Таблица 3

Вещества, не растворимые в эфире, %	Кислоты, %			Вещества, реагирующие со щелочью, %			Нейтральные, %
	Эфирорастворимые	Бутилолорастворимые	Всего	Фенолы I	Эфирорастворимые	Бутилолорастворимые	
1,3	24,0	16,6	40,6	—	43,8	4,9	48,7
5,8	22,6	13,8	36,4	26,2	7,1	8,6	50,2
1,8	24,7	10,6	35,3	18,1	5,4	7,2	48,6
					9,2	7,7	3,7

Вариант 1

Вариант 2

Примечание. В числителе данные для веществ, выделенных из осадка; в знаменателе — для веществ, выделенных из раствора.

определено содержание суммарных оксикислот через их бариевые соли и левоглюкозана — поляриметрически. Найдено, что оксикислоты составляют 35,5% от РС, а левоглюкозан — 26,0%.

Остаток экстракта (ОЭ) был подвергнут групповому разделению на фенолы, кислоты и нейтральные вещества щелочным методом по двум вариантам: для пробы 1970 г. щелочной раствор подкисляли разбавленной соляной кислотой с последующей экстракцией эфиром и бутиловым спиртом; для проб 1971—1972 гг. — предварительно продували углекислым газом, а затем обрабатывали раствором соляной кислоты.

Результаты представлены в табл. 3, из данных которой видно, что получены близкие суммарные величины по количеству основных групп веществ.

Определено содержание ортодиоксибензолов в фенолах 1 (31,65 и 41,0%) и фенолах 2 (30,15 и 37,80% соответственно), выделенных по второму варианту. В пересчете на РС вещества, реагирующие со щелочью и обычно принимаемые за суммарные фенолы, составляют 10%, в том числе ОДБ — 2,1%.

Данные по групповому составу РС вахтанской КВ представлены в табл. 4, из которой видно, что исследованная часть растворимой смолы достигает 80%.

Таблица 4

Эфирорастворимая часть РС, %				Не растворимая в эфире часть РС, %			
Нелугучие кислоты	Вещества, реагирующие со щелочью		Нейтральные	Итого	Суммарные оксикислоты	Левоглюкозан	Итого
	Всего	В том числе ОДБ					
7,0	10,0	2,1	0,4	17,4	35,5	26,0	61,5

Выполненный анализ пяти проб кислой воды показал, что колебания в ее составе сравнительно невелики, т. е. данная КВ представляет достаточно стабильное сырье, содержащее около 0,5% ОДБ, что соответствует 2,1—2,6% от РС.

Таблица 5

Результаты выделения пирокатехина из кислой воды

Количество кислой воды, взятое на анализ, г	Весовое соотношение ОДБ и тетрабората натрия	Количество ОДБ, %		Количество ОДБ, % от исходного в КВ	
		в концентрате	в оставшихся фенолах	извлеченное	оставшееся
500	1:2	42,6	22,1	55,1	23,5
500	1:2	41,2	26,6	54,2	23,9
500	1:3	46,5	18,8	60,1	20,8
532	1:4	45,5	11,3	71,4	13,0
500	1:4	45,8	10,3	75,2	12,5
557	1:5	46,2	13,6	74,7	15,1

Пирокатехин из вахтанской КВ был выделен описанным ранее тетраборатным методом [1]. Весовой расход тетрабората натрия по отношению к содержащимся в навеске КВ ортодиоксибензолам варьировал от 2:1 до 5:1 (табл. 5). С увеличением количества реагента степень извлечения ОДБ возрастала с 54 до 75% от исходного содержания его в КВ, причем повышение расхода более 4:1 практически не имело смысла. Содержание ОДБ в концентрате изменялось менее значительно — от 41 до 46%.

Концентраты пирокатехина и суммарные фенолы, оставшиеся после выделения ОДБ, были проанализированы методом газожидкостной хроматографии (табл. 6) при следующих условиях: хроматограф ЛХМ-8Д, модель 3 с пламенно-ионизационным детектором; неподвижная фаза — 15% тридокс от хромосорба «W» (80/100 меш); газ-носитель — аргон, расход 2,4 л/ч; программирование температуры колонки в интервале 100—218°C со скоростью 2 град/мин.

Таблица 6

Состав концентратов пирокатехина, выделенных из кислой воды

Компонент	Количество компонента, % от суммы элюированных компонентов, при расходе тетрабората натрия по отношению к ортодиоксибензолам		
	1:1	2:1	3:1
Фенол	—	1,4	0,6
О-крезол	—	2,7	0,9
М+п-крезолы	3,7	8,8	7,2
2,4-ксиленол	—	—	0,3
Гваякол	—	0,7	0,6
4-метилгваякол	—	0,7	—
Пирокатехин	84,4	73,5	70,5
4-метилпирокатехин	11,9	12,2	12,0
Диметилловый эфир пирагаллола	—	—	7,9
		14,3	9,6
	96,3	85,7	82,5

Результаты анализа показали, что с увеличением расхода реагента содержание пирокатехина и 4-метилпирокатехина в концентрате несколько снижается, а количество примесей (одно- и трехатомные фенолы) возрастает; в оставшихся фенолах количество одноатомных увеличивается, а двухатомных — падает, что закономерно. Следовательно, повышение расхода тетрабората натрия наряду с увеличением степени извлечения ОДБ в определенной мере ухудшает качество концентрата.

Таким образом, нами исследован (примерно на 80%) групповой состав растворимой смолы топочной кислой воды, получаемой на энергохимкомплексе Вахтанского КЭЗа. Установлено, что концентрация ортодиоксибензолов в этой кислой воде составляет около 0,5%, что соответствует примерно 2% от веса растворимой смолы. Показана возможность получения из кислой воды тетраборатным методом концентрата пирокатехина, содержащего до 46% основного продукта при степени извлечения 75%.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Прохорчук Т. И., Цацка Э. М., Левандо Л. К. Выделение пирокатехина из топочной кислой воды от пиролиза коры. — «Лесохимия и подсочка». Реф. инф., 1975, № 3, с. 13—14.

Поступила 26 июля 1976 г.

УДК 634.0.86

ОПТИМИЗАЦИЯ НАТРОННО-КИСЛОРОДНОЙ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЛИСТВЕННИЦЫ

Б. Е. ФОМИН, И. Е. АРАКИН, Р. З. ПЕН

Сибирский технологический институт, НПОбумпром

Приведены результаты оптимизации режимов двухступенчатой натронно-кислородной варки лиственницы в лабораторных условиях.

Математические модели процесса натронно-кислородной варки целлюлозы из древесины лиственницы, описанные нами ранее [2, 3], предполагалось использовать для оптимизации режимов варки методами математического программирования. Однако наиболее важные

выходные параметры, как показал анализ результатов, относительно слабо коррелируют, что сильно осложняет как выбор целевой функции и системы нелинейных ограничений, так и поиск решения задачи. В данной ситуации представляется целесообразным свертывание информации путем синтеза обобщенного параметра оптимизации $W(X) = f(y_j, \delta_j)$ с переходом к более простой задаче математического программирования, имеющей нелинейную целевую функцию $W(X) \rightarrow \max$ и систему линейных ограничений на интервалы варьирования независимых переменных X_i .

В качестве обобщенного параметра оптимизации использовали сумму нормализованных выходных параметров ([1], с. 570)

$$W_n(X) = \frac{\sum_{j=1}^p \delta_j \frac{y_{jn} - y_j^{(-)}}{y_j^{(+)} - y_j^{(-)}}}{\sum_{j=1}^p \delta_j}; \quad 0 \leq W(X) \leq 1, \quad (1)$$

где $y_j^{(+)}$ и $y_j^{(-)}$ — соответственно лучшее и худшее значения j -го выходного параметра из числа всех 74 наблюдений, описанных ранее [2, 3];

δ_j — вес j -го параметра;

p — число выходных параметров, включенных с ненулевыми весами в обобщенный параметр $W(X)$.

Натронно-кислородную целлюлозу можно использовать в небеленом и беленом виде для выработки некоторых видов упаковочных, технических, писчих и печатных бумаг. Исходя из требований, предъявляемых к каждому из этих видов бумаги, рассмотрим три варианта выбора весов δ_j .

Наибольшие веса $\delta_j = 1$ присваивали выходу полуфабриката и тем показателям качества, которые регламентированы нормами ГОСТа на соответствующий вид продукции; остальным показателям присваивали меньшие веса в соответствии с их важностью при оценке качества готовой продукции. Необходимая для вычисления $W(X)$ исходная информация приведена в табл. 1.

Зависимость $W(X)$ от шести переменных факторов варки X_i аппроксимировали полиномами второй степени общего вида

$$\hat{W}(X) = b_0 + \sum_{i=1}^6 b_i X_i + \sum_{i=1}^6 b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} b_{ij} X_i X_j \quad (2)$$

отдельно для каждого из двух вариантов варки — с применением едкого натра и с применением кальцинированной соды в качестве щелочного реагента на кислородной ступени. Среднеквадратические ошибки $s\{W\}$, определенные в каждой серии из 16 одинаковых варок, приведены в табл. 1. Дисперсионный анализ выявил адекватность математических моделей [3] реальному процессу при 5%-ном уровне значимости для всех рассмотренных вариантов.

Обозначения независимых переменных (факторов варки) X_i и их единицы измерения приведены в табл. 2. Оптимальные условия натронно-кислородной варки с содой во второй ступени найдены путем решения следующих задач квадратичного программирования:

$$W^*(X) = \max_x \hat{W}(X);$$

$$55 \leq X_1 \leq 65; \quad 140 \leq X_2 \leq 160; \quad 20 \leq X_3 \leq 60;$$

$$0,50 \leq X_4 \leq 1,00; \quad 10 \leq X_5 \leq 20; \quad 10 \leq X_6 \leq 20.$$

При оптимизации режима варки с едким натром на кислородной ступени были другие ограничения на интервалы варьирования температуры и расхода щелочи:

$$110 \leq X_2 \leq 130;$$

$$0,35 \leq X_4 \leq 0,75.$$

Решения всех задач приведены в табл. 2, а результаты контрольных варок по оптимальным режимам (средние значения для двух варок по каждому режиму) — в табл. 3. Поскольку в вариантах 1а и 1б оптимальные режимы оказались очень близкими, при проведении контрольных варок они были объединены.

Таблица 2

Номер варианта задачи	Значения переменных факторов X_p , отвечающие решению задач оптимизации			
	Температура кислородной ступени X_2 , °C	Продолжительность кислородной варки при максимальной температуре X_3 , мин	Концентрация щелочного реагента кислородной ступени X_4 , %	Начальное давление кислорода X_6 , кгс/см ²
1а	140	60	0,70	18
1б	140	60	0,65	18
1в	140	60	0,65	17
2а	110	52	0,75	15
2б	110	52	0,75	15
2в	130	32	0,75	15

Примечание. Во всех случаях выход массы после натронной ступени $X_1 = 65\%$, жидкостный модуль кислородной ступени $X_5 = 20$.

Таблица 3

Номер варианта задачи	Свойства целлюлоз, сваренных по оптимальным режимам (обозначения и единицы те же, что в табл. 1)									
	Y_1	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	$W(X)$
1а	} 37,2	44,0	11,7	395	24,7	6920	640	100	3,25	0,705
1б										0,716
1в	36,6	46,6	13,0	431	23,0	6855	566	94	3,10	0,682
2а	} 46,8	50,5	10,3	380	22,1	6900	421	87	2,90	0,706
2б										0,713
2в	43,7	48,3	9,8	331	25,3	7250	510	80	3,00	0,711

Полученные результаты не позволяют отдать предпочтение какому-либо из рассмотренных способов варки — с едким натром или с содой во второй ступени: целлюлозы, сваренные по оптимальным режимам, характеризуются практически одинаковыми комплексными показателями качества W .

Очевидно, окончательное решение о выборе режимов варки следует принимать на стадии проектирования, с учетом конкретного аппаратного оформления технологического процесса и с использованием экономических параметров оптимизации.

Авторы выражают благодарность сотруднику вычислительного центра НПОбумпрома Т. А. Сижоре за помощь в выполнении большого объема вычислений на ЭВМ «Минск-32».

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Растрингин Л. А. Системы экстремального управления. М., 1974, 630 с.
[2]. Фомин Б. Е., Аракин И. Е., Пен Р. З. Натронно-кислородная варка целлюлозы из лиственницы с применением кальцинированной соды на кислородной ступени. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 2. [3]. Фомин Б. Е., Аракин И. Е., Пен Р. З. Натронно-кислородная варка целлюлозы из лиственницы с применением едкого натра на кислородной ступени. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 3.

Поступила 13 декабря 1976 г.

УДК 66.048 : 668.473

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАСАДОК ПРИ РЕКТИФИКАЦИИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА

А. А. МАРИЕВ, Б. С. ФИЛИППОВ, Б. Д. БОГОМОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены экспериментальные данные по гидравлическому сопротивлению и эффективности насыпной седлообразной насадки «Инталокс» и регулярных пластинчатых насадок — Z-образной и с прорезями зубчатой формы.

Талловое масло — многокомпонентный термически нестойкий продукт. Необходимое условие его разделения методом ректификации на высококачественные талловую канифоль и талловые жирные кислоты — обеспечить максимальную разделяющую способность аппаратов при минимальном гидравлическом сопротивлении. Один из путей увеличения выхода целевых продуктов и улучшения их качества — использование в ректификационных аппаратах высокопроизводительных регулярных насадок [2, 9, 10]. Среди разработанных в последнее время конструкций регулярных насадок массообменных аппаратов выделяются пластинчатые насадки, отличающиеся низким гидравлическим сопротивлением, несложностью изготовления и недефицитностью используемого при этом листового материала [3].

Для исследования рабочих характеристик при ректификации таллового масла нами были выбраны две пакетные пластинчатые насадки, различающиеся конфигурацией листов и конструктивными решениями искусственных шероховатостей: Z-образная [4] и насадка с горизонтальными прорезями зубчатой формы [6].

Свойства пластинчатых насадок изучали методом «вертикальной вырезки»: в модели устанавливали контактные устройства нормального размера, но в меньшем количестве, чем в промышленном аппарате [7]; при этом условия протекания процесса в модели приближаются к промышленным.

Пластинчатая Z-образная насадка представляет собой пакеты зигзагообразной формы листов с круглыми отверстиями диаметром 5 мм, расположенными по треугольнику с шагом 12 мм. Угол наклона Z-образных участков к вертикали равен 30°. Исследованию подвергали одиночный элемент насадки высотой 1 м; толщина листов 1 мм.

Насадка с прорезями зубчатой формы состоит из плоских вертикальных листов. Ширина прорезей 20 мм, высота 10 мм. На верхней

кромке прорезей расположено по 2 зубца размером 4×4 мм, равноотстоящих друг от друга и от боковых кромок прорезей. Шаг между прорезями по вертикали 20 мм, по горизонтали 25 мм. Перемычки листового материала между соседними по горизонтали прорезями расположены таким образом, чтобы избежать избирательного течения жидкости. В колонку помещали пакет насадки высотой 1 м. Расстояние между листами в пакете 7 мм; толщина листов 1 мм.

Для сравнения была взята насыпная седлообразная насадка «Инталокс» (размером 25 мм), применяемая в промышленных колоннах ректификации таллового масла. В колонку было загружено 85 элементов насадки.

Геометрические характеристики изучаемых образцов насадок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Единицы измерения	Численные значения показателей для насадки		
		пластинчатой		седлообразной
		Z-образной	с прорезями зубчатой формы	
Эквивалентный диаметр канала для прохода паров	м	0,0308	0,0151	0,0103
Доля свободного сечения	м ² /м ²	0,980	0,920	0,807
Удельная поверхность	м ² /м ³	47	163	233
Периметр канала для прохода паров	м/м ²	127	243	313

Насадки исследовали на лабораторной ректификационной установке АРН-2, оборудованной дополнительно отборником проб конденсата паровой фазы из горловины куба. Рабочая емкость куба 1,9 л. Диаметр колонки 50 мм, высота ректифицирующей части 1060 мм. Величину электрической нагрузки спирали обогрева кожуха определяли в предварительных опытах с тем, чтобы температура стенки колонки была постоянна и близка к температуре кипения продукта при рабочем давлении.

В качестве исходной смеси использовали дистиллят колонны-1 установки ректификации таллового масла Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината. Показатели дистиллята: плотность при 20°C 928,5—943,0 кг/м³; кислотное число 170,5—178,1 мг КОН/г; содержание смоляных кислот 13,0—20,6%, жирных кислот 66,7—77,5%, неомыляемых веществ 9,5—12,7%.

Опыты проводили при бесконечном флегмовом числе. Нагрузку колонки по фазам изменяли в пределах 0,02—0,58 кг/м².с. Разгонку начинали с максимальной нагрузки, ступенчато снижая ее к концу опыта. В установившихся режимах, когда при данной фиксированной тепловой нагрузке куба не происходило перераспределения температур по высоте колонки и когда устанавливалось постоянное значение гидравлического сопротивления, фиксировали параметры режима и производили отбор проб дистиллята и конденсата паров из куба. Продолжительность стабилизации режима составляла 1—2 ч. Объем разовых проб был в пределах 2—8 мл. Пробы анализировали методом потенциометрического титрования по специально разработанной нами экспрессной методике [1].

Эффективность массообмена оценивали по разделению ключевой пары компонентов: жирные кислоты — труднолетучие неомыляемые вещества со средней молярной массой 330 кг/кмоль. Для построения равновесной зависимости использовали данные работы [8]. При расчете критерия Рейнольдса для обеих фаз в качестве определяющего линейного размера принимали эквивалентный диаметр соответствующего материального потока.

При проведении экспериментов учитывали, что, во-первых, ректификационная колонка диаметром 50 мм имеет собственное гидравлическое сопротивление, величиной которого нельзя пренебрегать, особенно при изучении регулярных насадок. Во-вторых, значение удельной поверхности стенки колонки, равное 80 м²/м³, сопоставимо с величиной поверхности исследованных насадок. Насадочные тела седлообразной

насадки соприкасались со стенкой колонки, стенка орошалась жидкостью и таким образом являлась поверхностью раздела фаз.

Данные по гидравлическому сопротивлению насадок приведены в табл. 2, из которой видно, что полученные в лабораторных опытах значения коэффициентов сопротивления λ для седлообразной насадки согласуются с промышленными данными. Гидравлическое сопротивление седлообразной насадки на порядок выше сопротивления пластинчатой насадки, которое начинает заметно возрастать с достижением турбулентного режима движения паров при $Re_p > 2500$. Гидравлическое сопротивление насадки с прорезями зубчатой формы наименьшее среди исследованных насадок ($\lambda = 0,13 \div 0,17$), каналы этой насадки прямые в отличие от зигзагообразных каналов Z-образной насадки ($\lambda = 0,38 \div 0,45$).

Таблица 2

Коэффициенты сопротивления λ в уравнении Дарси — Вейсбаха в зависимости от гидродинамических режимов движения фаз

Критерий Рейнольдса		λ
в паровой фазе Re_p	в жидкой фазе $Re_{ж}$	
Седлообразная насадка		
80	0,16	4,30
185	0,38	4,23
290	0,58	5,84
413	1,92	6,28
455	0,79	6,04
495	3,15	6,08
813	8,95	6,44
858	3,08	6,16
Z-образная насадка		
Насадка с прорезями зубчатой формы		
1520	7,8	0,38
187	0,46	0,05
2050	10,5	0,45
375	0,92	0,06
2280	11,7	0,43
690	1,68	0,13
2580	13,2	0,45
1070	2,60	0,14
3200	16,4	1,10
1800	4,40	0,14
4400	22,6	5,60
2130	5,20	0,17
—	—	—
2700	6,57	0,57

Примечание. В фигурные скобки заключены данные обследования промышленных колонн.

В качестве показателя эффективности насадки использовали коэффициент массопередачи, отнесенный к поверхности насадки. Коэффициент массопередачи для седлообразной насадки рассчитывали по

экспериментальным данным, учитывая массообмен через поверхность раздела фаз на насадке и на стенке колонки,

$$m_{\Sigma} = K_{Y_{\Sigma}} \cdot \Sigma F \cdot \Delta y_{\text{ср.}\Sigma} = m_{\text{нас}} + m_{\text{ст}} = K_Y \cdot F_{\text{нас}} \cdot \Delta y_{\text{ср.нас}} + K_{Y_{\text{ст}}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta y_{\text{ср.ст}}, \quad (1)$$

где m_{Σ} , $m_{\text{нас}}$, $m_{\text{ст}}$ — количество компонента (неомыляемых веществ), передаваемого через поверхность раздела фаз соответственно суммарную, на насадке, на стенке колонки, кг/с;

$K_{Y_{\Sigma}}$, K_Y , $K_{Y_{\text{ст}}}$ — соответственно коэффициент массопередачи, рассчитанный по экспериментальным данным, для суммарной поверхности раздела фаз; истинный коэффициент массопередачи для седлообразной насадки; экспериментально найденный коэффициент массопередачи для колонки без насадки, кг/(м²·с·кг/кг);

ΣF , $F_{\text{нас}}$, $F_{\text{ст}}$ — поверхность раздела фаз соответственно суммарная, на насадке, на стенке колонки, м²;

$y_{\text{ср.}\Sigma}$, $\Delta y_{\text{ср.нас}}$, $\Delta y_{\text{ср.ст}}$ — средняя движущая сила процесса массообмена, протекающего через поверхность раздела фаз соответственно суммарную, на насадке, на стенке колонки, кг/кг.

Если учесть, что средние движущие силы процесса в колонке с насадкой и без насадки примерно равны, то уравнение для расчета истинного коэффициента массопередачи для седлообразной насадки принимает вид

$$K_Y = \frac{K_{Y_{\Sigma}} \cdot \Sigma F - K_{Y_{\text{ст}}} \cdot F_{\text{ст}}}{F_{\text{нас}}} \quad (2)$$

Зависимости коэффициента массопередачи от гидродинамического режима движения паровой фазы по лабораторным и производствен-

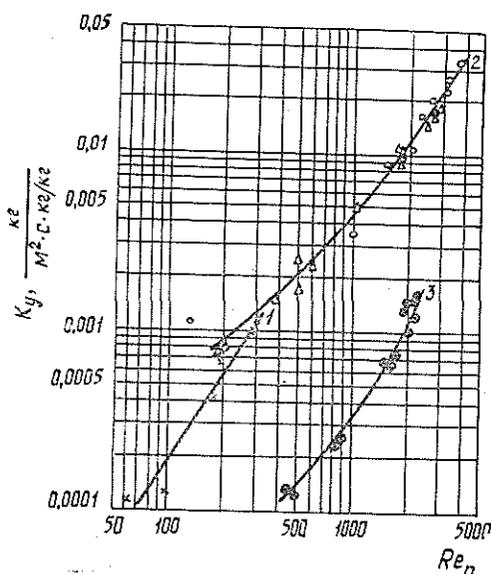


Рис. 1.

1 и 2 — седлообразная насадка соответственно по лабораторным и производственным данным; 3 — пластинчатые насадки по лабораторным данным: о — Z-образная; Δ — насадка с прорезями зубчатой формы.

ным данным приведены на рис. 1, из которого видно, что значения K_y для седлообразной насадки по данным лабораторной ректификации в колонке диаметром 50 мм выше соответствующего показателя этой насадки в промышленной колонне диаметром 850 мм. Это можно объяснить масштабным эффектом, связанным с ухудшением распределения фаз в поперечном сечении аппарата большого диаметра с насыпной насадкой.

Коэффициент массопередачи для регулярных пластинчатых насадок примерно на порядок выше, чем для седлообразной насадки. Низкая эффективность насыпных насадок, в том числе седлообразной, объясняется тем, что в насадках этого типа жидкость движется лишь по так называемой активной части геометрической поверхности, насадки. Расчет по зависимости, приведенный в работе [5], показывает, что при наибольшей плотности орошения в промышленных колоннах ректификации таллового масла, равной $0,63 \text{ кг/м}^2\text{с}$ ($Re_{ж} = 8,95$), доля активной поверхности седлообразной насадки составляет всего 12,4%. Геометрическая поверхность регулярных насадок используется практически полностью.

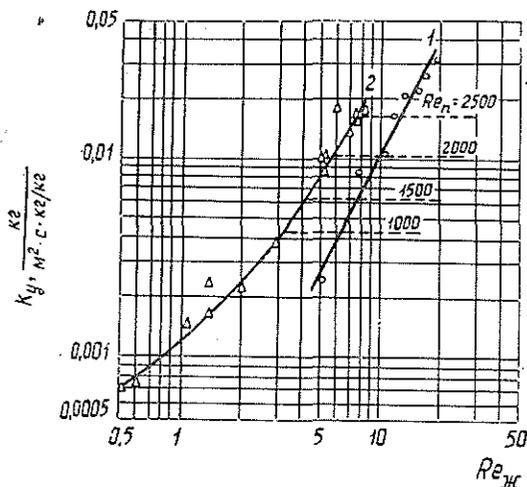


Рис. 2. Зависимость коэффициента массопередачи от гидродинамического режима течения жидкой фазы по пластинчатым насадкам.

1 — Z-образная насадка; 2 — насадка с прорезями зубчатой формы.

Коэффициенты массопередачи для обеих пластинчатых насадок при одинаковых режимах движения паровой фазы принимают близкие значения, однако насадка с прорезями зубчатой формы эффективнее Z-образной при меньших нагрузках по жидкости (рис. 2). Течение жидкой фазы по этой насадке даже при минимальной плотности орошения сопровождается эффектом образования капель на имеющихся в прорезях зубцах. При этом внутри капли возникают турбулентные пульсации, капли отрываются и разрушаются при ударе о нижнюю кромку прорези, что интенсифицирует процесс.

Степень пригодности изученных насадок для аппаратов ректификации таллового масла характеризуется удельным гидравлическим сопротивлением — потерей давления на единицу переноса массы. Для седлообразной насадки этот показатель велик и при $Re_{ж} = 850$ составляет 1,0—1,2 кПа. Большая часть энергии паровой фазы при движении ее через эту насадку расходуется бесполезно — на расширение и сжатие потока и на преодоление сопротивления беспорядочно засы-

панных в аппарат насадочных тел. Регулярные насадки более экономичны, соответствующий показатель для них при таком же режиме колеблется в пределах 0,02—0,03 кПа.

Таким образом, регулярные пластинчатые насадки целесообразно использовать в аппаратах ректификации таллового масла. Это позволит снизить гидравлическое сопротивление и повысить производительность аппаратов, уменьшить термическую деструкцию карбоновых кислот за счет разделения таллового масла в мягких условиях. При этом увеличится выход наиболее ценных фракций и улучшатся их качественные показатели.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Марнев А. А., Филиппов Б. С., Богомолов Б. Д. Экспрессное определение группового состава талловых продуктов. — «Лесохимия и подсочка». Реф. информ. М., 1976, № 8 (ВНИПИЭИлеспром). [2]. Марнев А. А., Филиппов Б. С. О полноте использования смоляных кислот при ректификации таллового масла. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 1. [3]. Марценюк А. С. Разработка и применение регулярных насадок в противоточных пленочных массообменных аппаратах. М., ЦНИИТЭИпищепром, 1975. [4]. Насадки для вакуумных массообменных процессов колонных аппаратов. Типы и основные параметры. ОСТ 26—01—1029—74. [5]. Рамм В. М. Абсорбция газов. М., 1966. [6]. Регулярная пластинчатая насадка. Авт. свид. № 440147. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1974, № 31. [7]. Стабников В. Н. Моделирование ректификационных установок. — «Труды Киевского ТИПИ», 1961, вып. 24. [8]. Трофимов А. Н., Бочарников Е. В. Упругость паров нейтральных веществ и карбоновых кислот талловых продуктов. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1973, № 6. [9]. Трофимов А. Н., Бочарников Е. В., Узлов Г. А., Тобурдановская Л. А., Коган В. Б. Оценка эффективности ректификации таллового масла. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1974, № 1. [10]. Узлов Г. А., Жукова И. П. Баланс сырья и продуктов на установке для ректификации таллового масла. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1973, № 2.

Поступила 4 августа 1977 г.

УДК 676.017

О ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ МАКРОСТРУКТУРЫ БУМАГИ

Б. П. ЕРЬХОВ, Д. М. ФЛЯТЕ

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что наиболее чувствительным к макроструктуре параметром целлюлозно-бумажных материалов является низкочастотный динамический модуль сдвига, измеренный методом свободных крутильных колебаний.

Общепринятые стандартные методы разрушающих испытаний бумаги по сути дела оценивают ее структуру, обусловленную вкладом структур различного уровня (молекулярного, надмолекулярного, макроструктур и т. д.). Естественно, что удельный вклад каждой из структур эти методы не фиксируют, и в этом смысле они могут быть отнесены к интегральным методам оценки макроструктуры.

Формализованные аппараты теорий гетерофазных материалов на базе так называемой статистической геометрии и линейной вязкоупругости в низкочастотной области нагружения [3] также описывают их свойства на макроуровне, или «супер-структуру» (по зарубежной терминологии). При этом идентифицирование структурного вязкоупру-

того низкочастотного параметра и его корреляция с различными уровнями структур также исключаются из рассмотрения. Следует добавить, что если измерительные абсолютные деформации бумажных материалов сравнимы с размерами составляющих их отдельных макрочастей, то с еще большей надежностью можно предположить, что при этом будет фиксироваться именно супер-структура материала.

Известно, что макроструктура бумаги обусловлена разнообразием технологических факторов [6], поэтому для сравнительного анализа чувствительности к структуре различных разрушающих и неразрушающих параметров необходимо число этих факторов снизить до разумного минимума. Только в этом случае можно считать, что такой сравнительный анализ интегральных параметров произведен корректно.

Цель данной работы — сопоставить изменение разрушающих и неразрушающих показателей бумаги при вариации степени помола и массы 1 м^2 .

Исследованию были подвергнуты отливки, изготовленные из сульфитной белой целлюлозы марки А-1 с различной степенью помола — 15; 24; 41; 60; 81°ШР при постоянной массе 1 м^2 , равной 80 г (1 серия), а также отливки из той же целлюлозы при постоянной степени помола 41°ШР с вариацней массы 1 м^2 — 40; 60; 80; 100; 200 г (2 серия). Целлюлозу предварительно замачивали в воде, а затем размешивали в быстходной мешалке. Распушенная на волокна целлюлоза при 1%-ной концентрации массы поступала в ролл, в котором производился дополнительный роспуск волокон без присадки размольной гарнитуры, а затем осуществлялся размоля массы до определенной степени помола. Отлив производился на листоотливном аппарате «Рапид—Кётген» с площадью сетки $S = 0,0314 \text{ м}^2$ ($\varnothing 20 \text{ см}$). Прессовали и сушили на сушильной части аппарата. Бумажные отливки кондиционировали при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 65% по ГОСТу 13523—68.

Приведенные ниже значения всех показателей неразрушающих и разрушающих методов испытаний получены как среднее арифметическое для десяти определений.

Вначале производили неразрушающие испытания, а затем разрушающие. В качестве стандартных показателей использовали: сопротивление разрыву P на разрывной машине типа РМБ-30 по ГОСТу 13525.1—68; удлинение до разрыва ΔY по ГОСТу 13525.1—68; разрывную длину X ; сопротивление раздиранию R_d на приборе РБ по ГОСТу 13525.3—68; сопротивление излому N на приборе типа И-1 по ГОСТу 13525.2—68; сопротивление продавливанию Z по ГОСТу 1325.8—68; толщину бумаги d на микрометре ТМБ-5 по ГОСТу 13199—67; объемную массу m_v по ГОСТу 13199—67.

В качестве неразрушающих показателей использовали низкочастотный модуль сдвига G_p , измеренный методом крутильных колебаний для ленточного образца [4], и высокочастотный модуль сдвига, измеренный по методу крутильных колебаний образца в виде плоской мембраны [2].

Принцип, лежащий в основе неразрушающего метода, заключается в следующем. Круглый плоский образец зажимается в горизонтальном положении по внешнему контуру радиуса R_2 , а с помощью специального штампа-осциллятора, снабженного коромыслом, по контуру образца радиуса $R_1 < R_2$ создается синусоидально изменяющийся закручивающий момент, заставляющий работать плоскую мембрану-образец в условиях эффективного сдвига. Специальное электронное устройство позволяет в резонансном режиме или в режиме автовозбуждения определять резонансную частоту крутильных колебаний ν_p связанную с высокочастотным модулем сдвига G следующей формулой:

$$G = A\nu_p^2,$$

где A — постоянный коэффициент, учитывающий геометрию образца и момент инерции колеблющейся системы.

Если коэффициент A для данной серии опытов остается неизменным, то сама величина ν_p^2 может быть интегральным показателем супер-структуры исследуемого материала на звуковых частотах.

Результаты 1-й серии опытов представлены в табл. 1, а 2-й — в табл. 2. В обеих таблицах приведены также рассчитанные значения доверительных интервалов по 10 параллельным образцам.

Таблица 1

Численные значения интегральных параметров при вариации степени помола отливков

Степень помола, ошп	d мм	$m_{\phi} \times 10^3$ кг/м ³	P Н	ΔY мм	X м	R_a мН	N ч.д.л.	Z кПа	$G_0 \times 10^3$ Н/м ²	v_p^2 Гц ²
15	0,145	0,55	+3,33 13,32 -3,52	+0,2 0,54 -0,09	+310 1230 -330	+253 1999 -157	+0 2 -1	+12,7 31,4 -6,9	0,7	+5 26000 -4
24	0,120	0,67	+1,37 38,8 +1,37	+0,2 1,5 +0,2	+120 3480 -140	+196 2274 -118	+14 533 -12	+9,8 122,5 -24,5	3,2	+36 28900 -2
41	0,095	0,84	+5,15 81,1 -2,7	+0,3 2,6 -0,6	+440 6980 -230	+78 2117 -118	+78 930 -45	+51,9 320,5 -61,7	7,1	+4 41209 -4
60	0,090	0,89	+4,31 91,7 -8,42	+0,8 2,7 -0,5	+330 8940 -770	+136 1960 -118	+53 892 -64	+19,6 324,4 -50,0	10,0	+16 40804 -9
81	0,085	0,94	+3,33 86,8 -2,54	+0,26 2,44 -0,44	+300 7850 -230	+78 1882 -78	+79 648 -32	+39,2 32863 -34,4	9,0	+4 40400 -9

Таблица 2

Численные значения интегральных параметров при вариации массы 1 м² огнива

Масса 1 м ² , г	d мм	$m_{\phi} \times$ $\times 10^3$ кг/м ²	P Н	ΔY мм	X м	R_a мН	N ч.д.п.	Z кПа	$G_s \times$ $\times 10^3$ Н/м ²	v^2 Гц ² р
40	0,055	0,72	+0,98	+0,2	+170	+39	+41	+32	4,0	+4
			39,2	1,8	6730	1646	356	112		19880
60	0,075	0,80	+4,41	+0,3	+520	+39	+113	+20	5,0	+4
			57,3	2,2	6810	1803	661	220		36100
80	0,095	0,84	+5,15	+0,9	+440	+78	+73	+52	7,1	+4
			81,1	2,6	6970	2117	930	320		41200
100	0,115	0,87	+6,1	+0,5	+440	+204	+143	+39	8,1	+9
			101,0	2,55	7280	2194	1600	387		44500
200	0,225	0,89	+18,2	+0,5	+650	+133	+177	+52	5,0	+4
			175,0	2,5	6240	3552	9360	755		51980
			-19,0	-0,5	-680	-144	-269	-133		

Рис. 1. Изменение показателей макроструктуры бумаги в зависимости от степени помола при постоянной массе 1 м^2 (80 г).

1 — объемная масса m_v ; 2 — разрывной груз P ; 3 — удлинение до разрыва ΔY ; 4 — разрывная длина X ; 5 — сопротивление раздиранию R_a ; 6 — сопротивление излому N ; 7 — сопротивление продавливанию Z ; 8 — динамический модуль сдвига G_0 ; 9 — квадрат резонансной частоты плоской мембраны ν_p^2 .

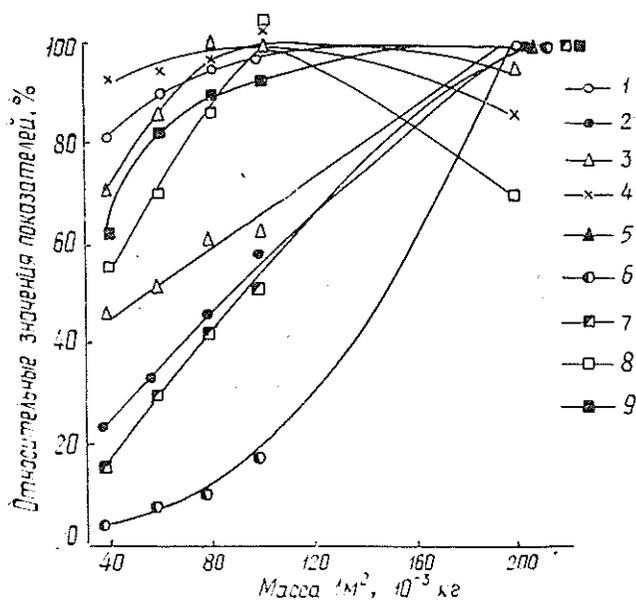
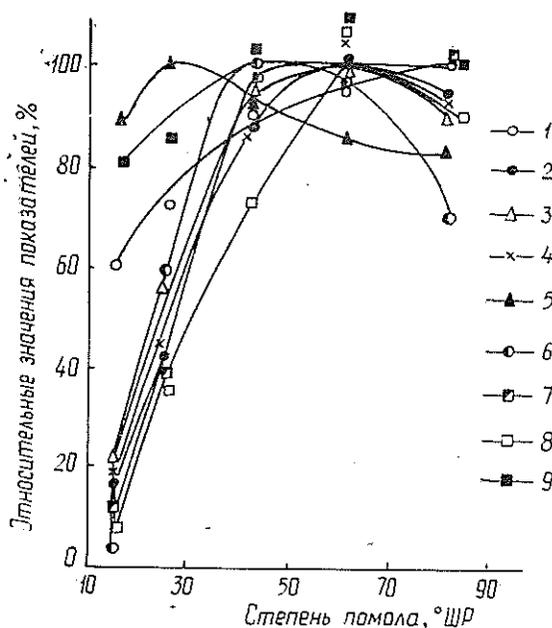


Рис. 2. Изменение показателей макроструктуры бумаги в зависимости от массы 1 м^2 при постоянной степени помола (41°ШР). Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Для удобства сравнительного анализа всех девяти показателей макроструктуры в зависимости от степени помола бумажной массы по данным табл. 1 построены графики их изменения в процентах по отношению к максимальному значению каждого из параметров (рис. 1). Также построены графики (рис. 2) по данным табл. 2 при постоянной степени помола 41°ШР .

По первой серии опытов на основе данных табл. 1 и рис. 1 можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее чувствительны к макроструктуре исследуемых отливок: разрывной груз, удлинение до разрыва, разрывная длина, сопротивление излому и динамический модуль сдвига. Диапазон их изменения (в процентах) приблизительно одинаков.

2. Наименьшей чувствительностью к макроструктуре обладает сопротивление раздиранию.

3. Сопротивление продавливанию хорошо фиксирует изменение макроструктуры только при низких степенях помола (до 40°ШР). При дальнейшем ее возрастании до 80°ШР этот показатель не изменяется.

4. Сопротивление излому N является характеристикой усталостных испытаний и его величина в значительной мере обусловлена выбором места перегиба. По-видимому, этим обстоятельством можно объяснить несовпадение его максимума с экстремумами для остальных четырех показателей (P , ΔY , X , G_0).

5. Из неразрушающих параметров наиболее чувствительная характеристика к макроструктуре — низкочастотный динамический модуль сдвига.

6. Кривые для разрывной длины, разрывного груза, удлинения до разрыва и динамического модуля сдвига изменяются симбатно.

По второй серии опытов на основе данных табл. 2 и рис. 2 можно заключить следующее.

1. С изменением массы 1 м² отливок разрывная длина при прочих равных условиях изменяется незначительно [6]. На характер этой зависимости влияет изменение объемной массы.

2. Кривые для G_0 , X и ΔY изменяются практически симбатно, однако чувствительность к макроструктуре низкочастотного динамического модуля сдвига максимальна.

3. Все остальные характеристики с увеличением массы 1 м² в выбранном диапазоне возрастают, не обладая характерными максимумами.

Представленные материалы позволяют подтвердить высказанные ранее [1, 5] соображения о наибольшей чувствительности к макроструктуре целлюлозно-бумажных материалов низкочастотного модуля сдвига, являющегося неразрушающим параметром, ответственным за количество контактов в единице объема.

Авторы приносят благодарность дипломанту А. В. Григорьеву за участие в эксперименте и обработку полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бланк М. Г., Ерыхов Б. П., Фляте Д. П. Исследование процесса старения бумаги разрушающими и неразрушающими методами. — «Бумажная промышленность», 1973, № 5, с. 5—6. [2]. Ерыхов Б. П. Способ определения динамического модуля сдвига пленочных материалов. Авт. свид. № 462112. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1975, № 8. [3]. Ерыхов Б. П. Основы теории и практики использования вязкоупругих характеристик для исследования продукции целлюлозно-бумажных производств и древесных материалов. Автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. техн. наук. Л., 1973, 41 с. [4]. Ерыхов Б. П., Фляте Д. М. Применение метода крутильных колебаний для определения упругих характеристик бумаги. В кн.: Вопросы долговечности документа. Л., «Наука», 1973, с. 77—81. [5]. Ерыхов Б. П., Комаров В. И., Фляте Д. М. Исследование адеструктивными методами влияния проклеивающих веществ на механическую прочность бумаги. — В сб.: Химия и технология бумаги, вып. 1. ЛГУ, 1973, с. 51—56. [6]. Фляте Д. М. Свойства бумаги. М., 1976, с. 275—304.

Поступила 28 декабря 1976 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 674.038.3 : 621.86.063.2

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ АВТОКУБАТУРНИКОВ НА БАЗЕ ГРЕЙФЕРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Б. А. ТАУБЕР, Н. А. МОЖЕГОВ

Московский лесотехнический институт

Дан анализ работы грейферных механизмов в связи с измерением объема зачерпнутой ими пачки сортиментов.

В настоящее время обмер и учет круглых лесоматериалов, перевозимых по железным дорогам нашей страны, производят вручную по таблицам ГОСТа 2708—44. По результатам контрольных проверок точность такого учета не превышает $\pm 6—7\%$.

В ряде крупных ЛПК отгружаемую древесину обмеряют геометрическим способом, используя расчетную зависимость.

$$V = B \cdot H \cdot l \cdot K_n, \quad (1)$$

где H и B — высота и ширина пакета круглого леса в вагоне;

l — длина круглых лесоматериалов;

K_n — коэффициент полндревесности;

V — объем круглых лесоматериалов, m^3 .

В данной статье рассмотрен разработанный в отраслевой лаборатории МЛТИ способ определения объема пакетов круглых лесоматериалов с помощью грейферного автокубатурника в процессе погрузки древесины.

Суть метода состоит в совмещении операций погрузки и учета. Объем пачки круглых лесоматериалов находят исходя из площади заполнения зева грейфера F , длины лесоматериалов L и коэффициента полндревесности K_n

$$V = F \cdot L \cdot K_n. \quad (2)$$

Площадь заполнения зева грейфера бревнами вычисляют на основании трех параметров: номинальной площади сечения зева грейфера F_0 , угла недозахода (перезахода) челюстей φ и уровня заполнения $H_{ур}$

$$F = f(F_0, \varphi, H_{ур}). \quad (3)$$

Рассмотрим схему действия автокубатурника для грейфера, зев которого очерчен по эллипсу (рис. 1). На рис. 1 обозначено: H — высота зева; h — уровень заполнения грейфера; B — расстояние между полюсами эллипса; φ_n — угол недозахода челюстей грейфера; φ_n — угол перезахода челюстей грейфера.

Исходной величиной является F_0 . Если площадь поперечного сечения пакета бревен F меньше номинальной, то образуется угол перезахода φ_n ; если $F \geq F_0$, то образуется угол недозахода φ_n [1]. Связь между φ_n и F запишется так:

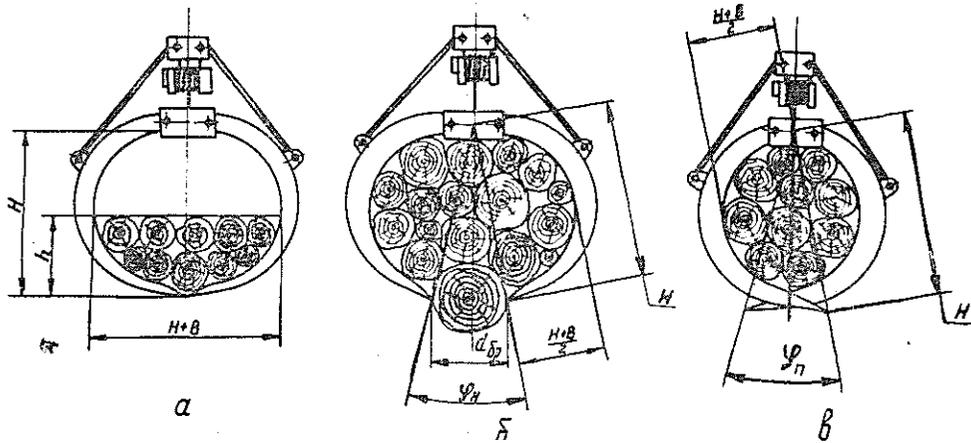


Рис. 1.

$$F = F_0 + \frac{H^2}{2} \sin \varphi. \quad (4)$$

Если номинальная площадь сечения зева грейфера представляет собой круг ($B = 0$), то

$$F = F_0 + \frac{2F_0}{\pi} \sin \varphi. \quad (5)$$

В случае перезахода имеем

$$F = \frac{\pi H(H+B)}{4} - \frac{(2H^2 + BH) \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}}{4} - \frac{H(H+B)}{4} \left[\pi + \varphi_n - 2 \operatorname{arctg} \frac{H+B}{H} \operatorname{ctg} \frac{\varphi_n}{2} - \sin \left(\pi + \varphi_n - 2 \operatorname{arctg} \frac{H+B}{H} \operatorname{ctg} \frac{\varphi_n}{2} \right) \right]. \quad (6)$$

Если номинальная площадь грейфера представляет собой круг ($B = 0$), то

$$F = \frac{\pi H^2}{4} - \frac{2H^2 \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}}{4} - \frac{H^2}{4} (2\varphi_n - \sin 2\varphi_n). \quad (7)$$

Если угол недозахода челюстей грейфера равен нулю, что возможно для грейферов конструкции ВМГ-5 и ВМГ-10 при уровне заполнения $h \leq H$, то площадь заполнения зева грейфера F в зависимости от h можно определить из номинальной площади сечения зева грейфера F_0 . Из рис. 1, а имеем

$$F = 2 \int_{h=0}^H \left(1 + \frac{B}{H} \right) \sqrt{Hh - h^2} dh. \quad (8)$$

После интегрирования получим

$$F = \frac{\pi(H^2 + BH)}{4} - (H^2 + BH) \left[\frac{(Hh^3 - h^4)^{\frac{1}{2}}}{H^2} - \frac{(Hh - h^2)^{\frac{1}{2}}}{2H} - \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left(\frac{H-h}{h} \right)^{\frac{1}{2}} \right]. \quad (9)$$

Для случая $B = 0$

$$F = \frac{\pi H^2}{4} - H^2 \left[\frac{(Hh^3 - h^4)^{\frac{1}{2}}}{H^2} - \frac{(Hh - h^2)^{\frac{1}{2}}}{2H} - \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{H-h}{h} \right]$$

или после дальнейших преобразований

$$F = \frac{H^2}{4} \arccos \frac{H-2h}{H} - (H-2h) \sqrt{Hh-h^2}. \quad (10)$$

Уровень заполнения рейфера можно определять двумя способами: а) прямым щупом (через линейное перемещение); б) угловым щупом (через угловое перемещение).

Для случая б

$$h = L \sin \theta, \quad (11)$$

где L — плечо щупа ($L \geq H$);

θ — угол поворота щупа.

Решив (11) совместно с (9) и (10), получим окончательные выражения для площади заполнения зева рейфера в зависимости от поворота щупового измерителя

$$\begin{aligned} B > 0 \quad F &= (H^2 + BH) \left[\frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left(\frac{H-L \sin \theta}{L \sin \theta} \right)^{\frac{1}{2}} + \right. \\ &+ \left. \frac{(HL \sin \theta - L^2 \sin^2 \theta)^{\frac{1}{2}}}{2H} - \frac{(HL^3 \sin^3 \theta - L \sin^4 \theta)^{\frac{1}{2}}}{H^2} \right]; \\ B = 0 \quad F &= \frac{\pi H^2}{4} - (H - 2L \sin \theta) \sqrt{HL \sin \theta - L^2 \sin^2 \theta} - \\ &- \frac{H^2}{4} \arccos \frac{H - 2L \sin \theta}{H}. \quad (12) \end{aligned}$$

Если в устройстве применены средства обмера (датчики) с пропорциональным выходом, то немаловажное значение приобретает возможность аппроксимации функции прямой линией.

Введем следующие обозначения: α — максимальный угол недозахода челюстей; φ — текущий угол недозахода; Δ — абсолютное значение погрешности аппроксимирования; δ — относительное значение погрешности аппроксимирования.

Уравнение прямой аппроксимирования функции (5) имеет следующий вид:

$$F = F_0 + \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{2F_0 \cdot \sin \alpha}{\pi}. \quad (13)$$

Абсолютную погрешность аппроксимации Δ найдем, решив совместно уравнения (5) и (13)

$$\Delta = \frac{2F_0}{\pi} \left(\sin \varphi - \frac{\varphi}{\alpha} \sin \alpha \right). \quad (14)$$

Максимальную относительную погрешность аппроксимации вычислим, исследовав функцию (14) на экстремум

$$\delta_{max} = \frac{\sin \frac{\varphi}{2} \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right)}{\pi + \sin \varphi}. \quad (15)$$

$$r_i = r_0 - M \left\{ \frac{(2H^2 + BH) \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}}{4} - \frac{\varphi_n \cdot H(H+B)}{4} + \right. \\ \left. + \frac{H(H+B)}{4} \operatorname{arctg} \frac{H+B}{H} \operatorname{ctg} \frac{\varphi_n}{2} - \frac{H(H+B)}{4} \sin \left[\pi + \varphi_n - \right. \right. \\ \left. \left. - 2 \operatorname{arctg} \left(\frac{H+B}{H} \operatorname{ctg} \frac{\varphi_n}{2} \right) \right] \right\}; \quad (20)$$

$$r_i = r_0 + M(H^2 + BH) \left[\frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{2} \sin \left(\frac{\pi - 2\theta}{4} \right)}{\sin \frac{1}{2} \theta} - \right. \\ \left. - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin^{\frac{3}{2}} \theta \cdot \sin \left(\frac{\pi - 2\theta}{4} \right) \right]. \quad (21)$$

В результате длительной эксплуатации кулачкового механизма, а также из-за неправильного изготовления его, как правило, возникают погрешности обмера. По ГОСТу 2708—44 погрешность обмера круглой древесины не должна превышать $\pm 3\%$.

Необходимое условие для обеспечения относительной погрешности 3% определим из уравнения

$$\Delta \leq 0,03r_0 + 0,015M(H^2 + BH) \left[1 - \operatorname{arctg} \sqrt{2} \sin \frac{\pi - 2\theta}{\sin^{\frac{1}{2}} \theta} - \right. \\ \left. - \frac{1}{\sqrt{2}} \sin^{\frac{3}{2}} \theta \cdot \sin \left(\frac{\pi - 2\theta}{4} \right) \right], \quad (22)$$

где Δ — ошибка в изготовлении кулачка.

Подсчеты показали, что для обеспечения условия (22) необходимо изготовить кулачок не ниже пятого класса точности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Таубер Б. А. Рейферные механизмы (Теория, расчет и конструкция). Изд. 2-е доп. М., «Машиностроение», 1967.

Поступила 6 апреля 1977 г.

УДК 634.031

К РАСЧЕТУ ПРОЕКТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Г. В. ДАНИЛОВ, В. В. САБОВ

Ухтинский индустриальный институт

Предложен метод расчета проектной производительности валочно-пакетирующей широкозахватной машины с непрерывным рабочим процессом с учетом случайности лесонасаждений.

В Ленинградской лесотехнической академии предложена [3] принципиальная схема широкозахватной машины фронтального типа с непрерывным рабочим процессом. Высокая производительность дости-

гается тем, что все технологические операции (валка, пакетирование и т. д.) совмещены во времени при непрерывном движении машины.

Один из вопросов, которые приходится решать при проектировании таких машин, — расчет реально ожидаемой производительности с учетом случайного распределения деревьев по лесосеке.

Данная статья посвящена расчету проектной производительности широкозахватной валочно-пакетирующей машины фронтального типа с непрерывным рабочим процессом.

Среднетeorетическая производительность такой машины

$$\Pi = \frac{q_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{ср}}$ — средний запас леса на 1 га, м³;

$T_{\text{ср}}$ — среднее время обработки 1 га лесопокрытой площади, ч.

Однако в формулах типа (1) не учтено время ΔT , затрачиваемое оператором на дополнительное маневрирование и установочные операции при встрече машины с каждой парой деревьев, расположенных в пределах фронта L машины. Взаимное положение этих деревьев имеет следующую особенность: расстояние между проекциями их центров сечений на ось, перпендикулярную фронту машины, меньше суммы радиусов этих сечений в плоскости срезания. В дальнейшем для краткости такие деревья будем называть «трудными».

Очевидно, с учетом дополнительного времени на обработку трудных деревьев уточненная производительность меньше среднетeorетической. Рассмотрим стохастическую модель процесса, поскольку

ΔT — случайная величина, порождаемая случайным событием — встречей машины с парой трудных деревьев. Опишем эту модель на языке теории вероятностей и теории массового обслуживания.

Введем следующие основные допущения:

а) сечение дерева в месте среза — круг, диаметр D которого есть нормально распределенная случайная величина [2, 4] с математическим ожиданием $M[D] = m_D$ и стандартным отклонением $\sigma[D] = \tau_D$;

б) центры сечений деревьев распределены случайным образом по обрабатываемой площади и образуют равномерное пуассоновское поле с плотностью $\lambda = \text{const}$.

Определим суммарное дополнительное время на обслуживание всех трудных деревьев, встретившихся на единице площади,

$$\Delta T_{\Sigma} = \sum_{i=0}^W \Delta T_i, \quad (2)$$

где W — дискретная случайная величина: число трудных деревьев на единице площади;

ΔT_i — дополнительное время обслуживания i -того ($i = 1, 2, \dots, W$) трудного дерева, $\Delta T_0 = 0$.

Следовательно, с учетом уравнения (2) уточненная производительность

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{q_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} + M[\Delta T_{\Sigma}]}, \quad (3)$$

где $M[\Delta T_{\Sigma}]$ — математическое ожидание величины ΔT_{Σ} .

В предположении независимости величин ΔT_i и W , согласно тождеству Вальда, получим

$$M[\Delta T_{\Sigma}] = M[\Delta T_i] \cdot M[W] = \mu M[W], \quad (4)$$

здесь $M[W]$ — математическое ожидание случайной величины W ;

μ — математическое ожидание дополнительного времени обслуживания одного трудного дерева

$$\mu = M[\Delta T_i]. \quad (5)$$

Величина μ зависит от конструкции машины.

Для отыскания $M[W]$ спроектируем все точки (центры сечений деревьев), расположенные в бесконечной полосе шириной, равной ширине машины L , на ось, перпендикулярную фронту машины.

Полученный таким образом одномерный поток проекций (как нетрудно доказать, используя допущение б) является простейшим с интенсивностью λL . Тогда, учитывая, что каждая точка с вероятностью p может оказаться трудной, получим [1], что W распределена по закону Пуассона

$$P(W = m) = \frac{(\lambda L p^1/L)^m}{m!} e^{-\lambda L p^1/L} = \frac{(\lambda p)^m}{m!} e^{-\lambda p} \quad \left. \vphantom{P(W = m)} \right\} \quad (6)$$

$$m = 0, 1, 2, \dots,$$

где λp — параметр закона Пуассона, причем

$$\lambda p = M[W]. \quad (7)$$

Для вычисления p введем следующие обозначения:

$$X = \frac{D}{2} + \frac{D}{2}; \quad (8)$$

Y — расстояние между двумя любыми соседними проекциями центров сечений.

В силу допущения а случайная величина X распределена нормально с параметрами

$$M[X] = m_X = m_D; \quad \sigma[X] = \sigma_X = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_D. \quad (9)$$

Случайная величина Y для простейшего потока имеет показательное распределение [1] с плотностью

$$g(y) = \begin{cases} \lambda L e^{-\lambda L y}; & y \geq 0; \\ 0; & y < 0. \end{cases} \quad (10)$$

Тогда, очевидно

$$p = P(Y < X) = P(z < 0), \quad (11)$$

здесь

$$z = Y - X. \quad (12)$$

Следовательно,

$$p = F(z)_{z=0} = F(0), \quad (13)$$

где $F(z)$ — функция распределения случайной величины Z .

В предположении независимости X и Y получим

$$F(z) = \iint_{\Omega} f(X) g(y) dX dy, \quad (14)$$

здесь $f(X)$ — плотность нормального закона с параметрами (9);
 Ω — область интегрирования, определяемая неравенством

$$y - X < z, \quad (y \geq 0). \quad (15)$$

С учетом уравнений (9), (10), (14) и (15) имеем

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_X} \int_{-z}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-m_X}{\sigma_X}\right)^2} \left[\int_0^{z+X} \lambda L e^{-\lambda Ly} dy \right] dX. \quad (16)$$

Вычисляя интегралы в правой части равенства (16), получим

$$F(z) = 0,5 + \Phi\left(\frac{z+m_X}{\sigma_X}\right) - \exp\left[-\lambda Lz - \frac{1}{2}(2\lambda Lm_X - \lambda^2 L^2 \sigma_X^2)\right] \cdot \left[0,5 + \Phi\left(\frac{z+m_X}{\sigma_X} - \lambda L \sigma_X\right)\right], \quad (17)$$

где Φ — функция Лапласа

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{1}{2}u^2} du. \quad (18)$$

Из выражения (17), полагая $z = 0$ и учитывая (9) и (13), найдем

$$p = 0,5 + \Phi\left(\sqrt{2} \frac{m_D}{\sigma_D}\right) - \exp\left(\frac{\lambda^2 L^2 \sigma_D^2}{4} - \lambda L m_D\right) \cdot \left[0,5 + \Phi\left(\sqrt{2} \frac{m_D}{\sigma_D} - \frac{\lambda L \sigma_D}{\sqrt{2}}\right)\right]. \quad (19)$$

Формулы (7) и (19) полностью определяют величину $M[W]$.

Дальнейший количественный анализ позволяет существенно упростить выражение (19). Из физических соображений и с учетом допущения a имеем

$$\frac{m_D}{\sigma_D} > 3 \quad (20)$$

и, следовательно,

$$\Phi\left(\sqrt{2} \cdot \frac{m_D}{\sigma_D}\right) = 0,5. \quad (21)$$

Кроме того, для всех представляющих практический интерес случаев [5]

$$\lambda L \sigma_D \ll 6. \quad (22)$$

С учетом выражений (20)–(22) имеем

$$p = 1 - e^{-\lambda L m_D}. \quad (23)$$

Из равенств (4), (7) и (23), учитывая размерности входящих в них параметров, получаем окончательную формулу:

$$M[\Delta T_z] = \mu \lambda (1 - e^{-\lambda L m_D}), \quad (24)$$

где $M[\Delta T_z]$ — среднее дополнительное время обработки 1 га с учетом случайности лесонасаждения, ч/га;

- μ — среднее дополнительное время обработки одного трудного дерева, ч;
 λ — плотность насаждений, га⁻¹;
 L — ширина разрабатываемой ленты леса, м;
 m_D — средний диаметр дерева в месте среза, м;
 k — размерный коэффициент, $k = 10^{-4}$ га/м².

Рассмотрим конкретный пример. Пусть

$$\mu = 0,05 \text{ ч}; \lambda = 600 \text{ га}^{-1}; L = 10 \text{ м}; m_D = 0,28 \text{ м.}$$

тогда $M[\Delta T_{\Sigma}] = 4,5$ ч/га, т. е. величина дополнительного времени имеет тот же порядок, что и величина «основного» времени $T_{\text{ср}}$.

Уточненную производительность валочно-пакетирующей машины, с учетом случайности лесонасаждений и согласно формулам (3) и (24), подсчитываем по формуле

$$P_{\text{и}} = \frac{q_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} + \mu\lambda(1 - e^{-k\lambda L m_D})}. \quad (25)$$

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. М., 1966. [2]. Костокрыз С. Г., Ковтун И. П. Вероятностный анализ препятствий движению лесотранспорта в условиях лесосек. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 3. [3]. Кочегаров В. Г. Теоретические основы применения широкозахватных валочно-пакетирующих машин с непрерывным рабочим процессом. — Межвузовский сборник научных трудов, Л., ЛТА, 1975, вып. 4. [4]. Митропольский А. К. Элементы математической статистики. Л., 1969. [5]. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлов Г. Г. Справочник таксатора. М., «Лесная промышленность», 1965.

Поступила 10 марта 1976 г.

УДК 674.038.3 : 621.86.063.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛНОДРЕВЕСНОСТИ ПАЧКИ КРУГЛЫХ ДЛИННОМЕРНЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЕЕ В ЗЕВЕ ГРЕЙФЕРНОГО МЕХАНИЗМА

Н. А. МОЖЕГОВ

Московский лесотехнический институт

Рассмотрены вопросы экспериментального определения плотности укладки круглых лесоматериалов для различных положений грейферного механизма. Дана взаимосвязь между плотностью укладки пачки круглого леса и уровнем заполнения зева грейфера и углом недозахода (перезахода) челюстей.

В процессе перевалки круглых лесоматериалов грейферными механизмами коэффициент заполнения зева грейфера и угол недозахода (перезахода) его челюстей, как правило, варьируют. Эта отличительная особенность грейферных механизмов предопределила основную задачу эксперимента: установить взаимосвязь между этими параметрами и полнотой заполнения сформированной пачки.

Для этой цели были подготовлены отдельные пачки модельных бревен одной длины и диаметра, заполнение зева грейфера 10—100%. Пачки зачерпывали и обмеряли автокубатурином. В результате обмера получали объем пачки круглых ле-

соматериалов в складочной мере $V_{скл}$. Объем пачки в плотной мере $V_{плот}$ определяли как сумму объемов отдельных бревен, вычисленных по сложной формуле Губера. Для этого каждое бревно разбивали на 3—4 отрезка одинаковой длины l . На половине каждого отрезка измеряли диаметр бревна d_i и далее по формуле [1]

$$V = (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) \frac{\pi^2 l}{4} \quad (1)$$

определяли объем бревна V . Зная объем пачки в плотной $V_{плот}$ и в складочной $V_{склад}$ мере, нетрудно найти коэффициент полнодревесности K_n

$$K_n = \frac{V_{плот}}{V_{скл}} \quad (2)$$

В связи с тем, что максимальный угол недозахода челюстей грейфера ВМГ-5 на практике не превышает 8—10° (при большем угле бревна начинают выпадать из зева грейфера), в качестве базового был принят грейфер с перезаходом челюстей. Это позволило значительно расширить диапазон исследований.

Одновременно с определением коэффициента полнодревесности пачки измеряли мощность W , затраченную на ее формирование. Для этой цели в электрическую цепь питания силовой лебедки грейфера подключали самопишущий ваттметр Н-348.

В процессе эксперимента зачерпывали пачки при угле перезахода челюстей $\varphi_{пер}$, равном 0, 20, 40 и 60°. Угол перезахода задавался конечным выключателем, установленным на нижней траверсе грейфера. При смыкании челюстей грейфера одна из них в заданном положении нажимала на кнопку выключателя, разрывая цепь питания силовой лебедки. В результате формирование пачки заканчивалось при определенном угле перезахода челюстей. Всего было проделано 24 опыта, общее число наблюдений 504. Результаты наблюдений обработаны по методике А. А. Пижуркина [2].

Исследованиями установлено, что коэффициент полнодревесности пачки зависит от степени заполнения зева грейфера и угла недозахода (перезахода) челюстей. Плотность укладки круглых лесоматериалов по мере заполнения зева грейфера изменяется неравномерно. Так, при заполнении до 60% общей площади зева плотность не меняется. При дальнейшем заполнении до 90% пачка уплотняется, а при заполнении от 90 до 100% плотность пачки опять остается неизменной.

На рис. 1 представлены совмещенные диаграммы мощности, затраченной электроприводом грейфера на формирование различных по объему пачек круглого леса. Правый пик каждой диаграммы при расшифровке не учитывали, так как он соответствует мощности при пусковом токе.

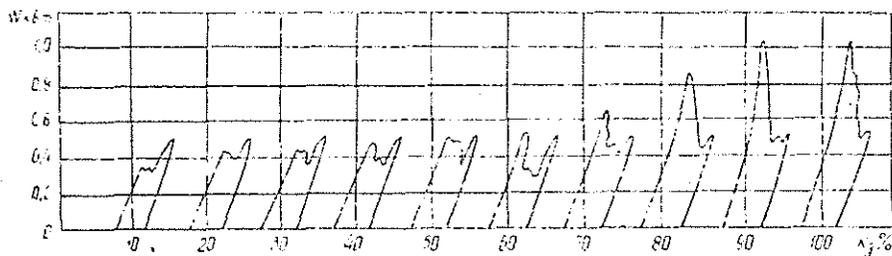


Рис. 1. Совмещенные диаграммы мощности, затраченной электроприводом грейфера на формирование различных по объему пачек круглого леса.

Из рисунка видно, что при заполнении зева грейфера на 10—60% пачка круглого леса в конце ее формирования челюстями не обжимается — левый участок диаграммы плавный без пика. Обжатие пачки происходит при коэффициенте заполнения зева грейфера $K_3 \geq 60\%$; степень обжатия возрастает с увеличением K_3 . Очевидно, что при

этом пачка уплотняется. Наибольшее уплотнение достигается при заполнении зева от 90 до 100%, так как в этом случае пачка обжимается челюстями с усилием, максимально возможным для данного электропривода.

Следовательно, процесс формирования круглого леса в зеве грейферного механизма в зависимости от величины зачерпнутой пачки может произойти в одной из трех зон. В зоне свободной кладки круглого леса пачка не обжимается как в начале, так и в конце ее формирования, а мощность электропривода затрачивается в основном на перестроение бревен. В переходной зоне по мере заполнения зева грейфера пачка уплотняется. Зона обжатого состояния характеризуется наибольшим уплотнением пачки под воздействием максимальной силы обжатия.

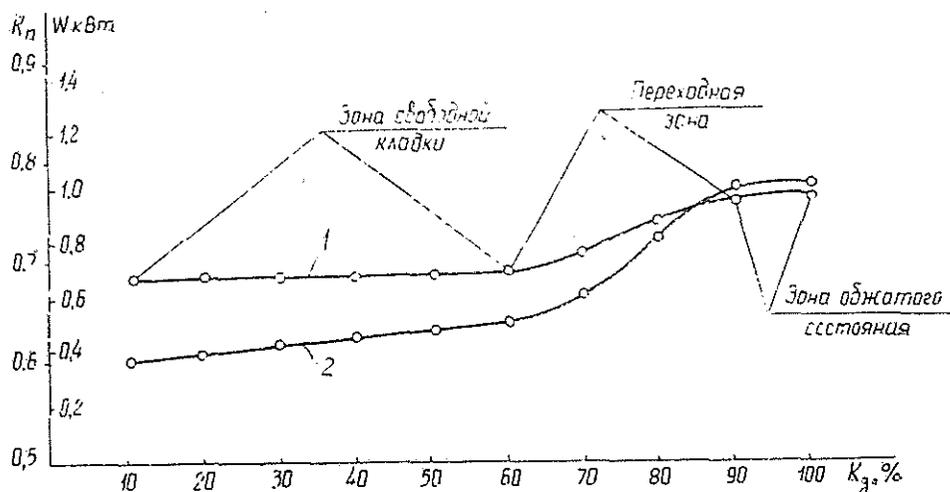


Рис. 2. График изменения коэффициента полнодревесности пачки бревен в зеве грейфера и мощности, затраченной на ее формирование, в зависимости от степени заполнения зева.

$$1 - K_p = f(K_z); \quad 2 - W = f(K_z).$$

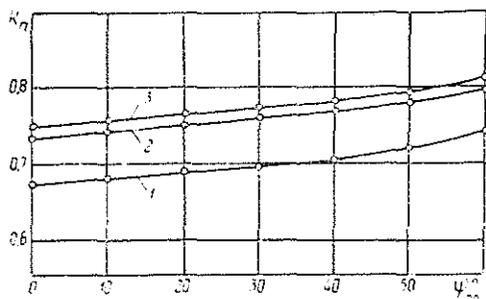


Рис. 3. График изменения коэффициента полнодревесности пачки бревен в зеве грейфера в зависимости от угла перебега челюстей.

$$1 - K_z = 40\%; \quad 2 - K_z = 80\%; \quad 3 - K_z = 100\%.$$

Графики изменения коэффициента полндревесности пачки круглого леса, зачерпнутой грейферным механизмом, и мощности, затраченной на ее формирование, в зависимости от степени заполнения зева грейфера представлены на рис. 2. Как видно из рисунка, плотность пачки изменяется в среднем на 11,7%. Поэтому для правильной работы грейферных автокубатурников при пересчете замеренного уровня на объем необходимо учитывать рассмотренную зависимость.

Как уже указывалось, угол недозахода челюстей грейферных механизмов моделей ВМГ-5 и ВМГ-10 на практике не превышает 8—10°. Изменение коэффициента полндревесности пачки в зеве грейфера при таком режиме работы, как видно из рис. 3, не превышает 0,01. Поэтому при проектировании грейферных автокубатурников корректировкой на недозаход можно пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1977. [2]. Пижурин А. А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. М., «Лесная промышленность», 1972.

Поступила 19 сентября 1977 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.09.003.13

НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВОЕНИЯ
РЕСУРСОВ НИЗКОСОРТНОЙ И МАЛОМЕРНОЙ ДРЕВЕСИНЫ
И ОТХОДОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. П. ПЕТРОВ, А. Н. СМЕЛИК

Ленинградская лесотехническая академия

Предложены показатели народнохозяйственной эффективности и приведена методика их расчета на примере конкретного лесхоза.

Экономическая программа освоения ресурсов низкосортной, маломерной и лиственной древесины и древесных отходов основывается на объективных факторах развития процесса потребления древесины в стране, действующих как в рамках отдельных отраслей лесной промышленности и лесного хозяйства, так и в масштабах народного хозяйства в целом. К этим факторам относятся:

характер исторически сложившихся форм потребления древесины в стране;

состояние и перспективы использования минерального топлива путем расширения добычи эффективных видов топлива и развития средств доставки потребителям;

технический прогресс и уровень развития производительных сил в лесозаготовительной и деревообрабатывающей отраслях, особенно в производствах по глубокой химической и химико-механической переработке древесины;

состояние лесных ресурсов и перспективы повышения их продуктивности.

Названные факторы предопределяют очередность вовлечения в переработку тех или иных групп низкосортной древесины и отходов; причем первоочередному потреблению подлежат те ресурсы, переработка которых в конечные продукты связана с наименьшими затратами общественного труда.

Согласно сказанному, можно выделить несколько этапов в потреблении низкосортной древесины и отходов. На первом этапе (экстенсивное развитие лесной промышленности и лесного хозяйства) в переработку направляются ресурсы кусковых отходов и дрова, при освоении которых традиционные технологические процессы не перестраиваются. Поскольку объемы потребления низкосортного сырья незначительны, интеграция производств на данном этапе характерна только для деревоперерабатывающих отраслей.

В качестве критерия экономической эффективности переработки низкосортной древесины и отходов в данном случае правомерно использовать хозрасчетный механизм, предусматривающий соизмерение текущих затрат S с величиной товарной продукции Z , рассчитанной по действующим оптовым ценам.

Условие эффективности выражается неравенством

$$Z \geq S. \quad (1)$$

Второй этап в развитии потребления древесины (характеризующий современное состояние лесной промышленности и лесного хозяйства) отличается высокими темпами и масштабами развития перерабатывающих производств, специально предназначенных для утилизации лиственной и маломерной древесины и отходов. На данном этапе внутриотраслевая интеграция производств перерастает в межотраслевую, в связи с чем требуется другой подход к оценке эффективности переработки низкосортной древесины и отходов, основанный на учете интересов как заготовителей, так и потребителей древесного сырья.

Названное требование находит выражение в исчислении межотраслевого эффекта на основе соизмерения предельной цены сырья a с нормативной стоимостью его заготовки и транспортирования C

$$a \geq C. \quad (2)$$

Как показали исследования ЛТА [1], этот стоимостный механизм позволяет продуктивно решать задачи выбора эффективных направлений и форм организации переработки низкосортной и лиственной древесины и отходов лесозаготовок и деревопереработки.

Интенсификация лесной промышленности и лесного хозяйства определяет третий этап в развитии потребления древесного сырья, характеризующийся расширением его ресурсов за счет переработки маломерной древесины и отходов, образующихся в лесном хозяйстве. В данном случае специфические особенности лесохозяйственного производства вносят значительные коррективы в построение критерия и определение условий экономической доступности древесного сырья.

К таким особенностям относятся: низкий уровень концентрации ресурсов на осваиваемой территории; пониженные качественные характеристики исходного сырья; получение основной массы древесного сырья в результате рубок ухода; отсутствие специального оборудования для процессов сбора, заготовки и переработки маломерной древесины и лесосечных отходов.

Указанные моменты, снижая хозрасчетную эффективность освоения данных ресурсов, уменьшают границы их экономической доступности в сравнении с освоением подобных ресурсов в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности. С другой стороны, существуют факторы, способствующие увеличению народнохозяйственной эффективности освоения ресурсов маломерной и низкосортной древесины и отходов в лесном хозяйстве.

Во-первых, эффективность рубок ухода нельзя сводить только к хозрасчетной эффективности, поскольку при их проведении, наряду с получением товарной продукции в виде лесоматериалов, реализуется так называемый «лесоводственный эффект».

Во-вторых, эффективность освоения указанных ресурсов усиливается экономией транспортных издержек, возникающей в результате замещения сырья, которое поставляется или должно поставляться из других лесозаготовительных удаленных районов страны.

В-третьих, народнохозяйственная эффективность промышленного освоения маломерной и низкосортной древесины и отходов увеличивается в результате экономии лесных ресурсов и капитальных вложений, вызванной сокращением объемов рубок главного пользования.

С учетом сказанного условия экономической эффективности освоения ресурсов низкосортной древесины и отходов в лесном хозяйстве можно записать так:

$$a + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 \geq C, \quad (3)$$

- где \mathcal{E}_1 — лесоводственный эффект;
 \mathcal{E}_2 — эффект, образующийся в сфере транспорта древесины и продуктов ее переработки;
 \mathcal{E}_3 — эффект, образующийся в сфере потребления и лесозаготовки (косвенно через снижение объемов рубок главного пользования).

Рассмотрим методические подходы к определению названных видов эффекта.

Проявление лесоводственного эффекта многогранно: усиливаются противозерозионные, полезащитные, водорегулирующие, санитарно-гигиенические и рекреационные функции, повышается продуктивность лесов, улучшается их товарная структура. Изменение продуктивности лесов и их товарной структуры можно оценить, используя таксационные таблицы хода роста насаждений, пройденных рубками и без них [3]. Моделирование процессов роста и развития насаждений с соответствующим учетом временного фактора (через дисконтирование затрат и стоимости древесного запаса) позволит выявить эффект как результат хозяйственного воздействия рубок ухода на лес.

Изменения средозащитных функций леса можно оценивать по рекомендациям ВНИИЛМа [2], основываясь на приросте дифференциального дохода, получаемого различными отраслями народного хозяйства, или на величине предотвращенных потерь этого дохода. При этом оценка защитного влияния леса должна носить региональный характер.

Для установления эффекта в сфере транспорта необходимо использовать схемы снабжения древесиной отдельных районов. Экономия от сокращения транспортных расходов при вовлечении в переработку сырья, образующегося в лесном хозяйстве, определится по замыкающим затратам на завоз древесины в тот или иной район.

Эффект в сфере потребления и лесозаготовки проявляется в замене деловых сортиментов, заготавливаемых при главном пользовании, продукцией из древесины, получаемой от рубок ухода. Это позволяет снизить текущие и капитальные затраты на лесозаготовки. Кроме того, благодаря сокращению объемов рубок, возрастает экологическая роль лесных ресурсов в защите окружающей среды.

Народнохозяйственный эффект во всех отмеченных проявлениях найдет реальное выражение при формах организации лесной промышленности и лесного хозяйства, основанных на их экономической интеграции. В условиях ведомственной разобщенности деревообработки, лесозаготовок и лесного хозяйства конкретным выражением этого эффекта может служить повышение цен на круглые лесоматериалы и увеличение бюджетных ассигнований на лесное хозяйство.

Проиллюстрируем механизм оценки народнохозяйственной эффективности освоения ресурсов маломерной и низкосортной древесины и отходов, образующихся при рубках ухода на примере предприятий Ленинградского лесохозяйственного объединения «Лес».

Таблица 1

Виды рубок	Общий объем заготовленной древесины	Деловая древесина		Дроза	Лесосечные отходы	Неликвидная древесина
		Всего	В том числе маломерная*			
Проходные	633,5	428,3	376,8	192,0	65,6	13,2
Прореживание	60,0	18,2	16,7	22,1	4,1	19,7

* К маломерной отнесена древесина с диаметром до 13,5 см.

В 1975 г. общий объем древесины, заготавливаемой лесхозами объединения при проведении прореживаний и проходных рубок, составил 693,5 тыс. м³. Данные о структуре заготавливаемого древесного сырья (тыс. м³) представлены в табл. 1.

Как видно из приведенных данных, основную массу вырубаемой древесины составляет маломерная, дровяная и неликвидная (92,0% от общей массы при проходных рубках и 97,5% при прореживаниях), не отвечающая требованиям ГОСТа для выработки круглых деловых сортиментов. Поэтому в качестве основного направления ее промышленной утилизации принимаем производство технологической щепы.

В зависимости от характера исходного сырья можно применить следующие технологические варианты:

производство технологической щепы из лесосечных отходов на лесосеке передвижной рубительной машиной МРГС-5;

производство технологической щепы из маломерной древесины на верхнем складе передвижной рубительной установкой ДВПА-100;

переработка целых деревьев на лесосеке машиной «Дятел-комбайн» с получением «зеленой щепы».

Экономическую доступность ресурсов определяли по каждому варианту пообъектным методом, сопоставляя полную себестоимость производства щепы в каждом лесхозе с ценой (хозрасчетный эффект) и показателем народнохозяйственной эффективности — согласно неравенствам (1) и (3).

Поясним конкретным примером определения экономической эффективности переработки лесосечных отходов на технологическую щепу для производства плит.

В Бокситогорском лесхозе при проведении проходных рубок на 1 га лесосеки образуется 8 пл. м³ отходов. Общий объем ресурсов лесосечных отходов равен 2 тыс. м³. Состав насаждений 1С4Е2Б3Ос. Цена щепы, рассчитанная с учетом породного состава, составляет 8,9 р./м³. Полная себестоимость производства, включая затраты на сбор, заготовку, переработку лесосечных отходов и транспортировку щепы, в данном лесхозе при расстояниях вывозки от 10 до 60 км равна соответственно 8,8—12,3 р./м³. Следовательно, при расстоянии вывозки щепы до 10 км ресурсы лесосечных отходов в объеме 2 тыс. м³ экономически доступны, так как при этом обеспечивается безубыточность производства щепы. С увеличением расстояния вывозки до 20 км себестоимость щепы возрастает до 9,5 р./м³, следовательно, ресурсы лесосечных отходов оказываются вне зоны доступности, вследствие превышения затрат на их освоение над оптовой ценой щепы.

Рассмотрим теперь, как изменяются границы экономической доступности ресурсов лесосечных отходов с учетом народнохозяйственного эффекта их освоения. Для определения параметров \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 , \mathcal{E}_3 в неравенстве (3) примем следующие нормативы:

величину лесоводственного эффекта оценочно в размере 1 р./м³;

эффект в сфере транспорта древесины в размере дополнительных транспортных издержек на завоз лесоматериалов в Ленинградскую область из тридцати лесозаготовочных районов, равный 2,6 р./м³;

эффект от экономии капитальных вложений в лесозаготовительное производство при нормативных удельных капитальных вложениях $K_n = 15,4$ р./м³ и коэффициенте эффективности $E_n = 0,12$ составляет 1,85 р./м³;

эффект от уменьшения затрат общества на создание кадров лесной промышленности и обеспечение их жильем при перебазировке лесозаготовок в многолесные районы, оцениваемый в 1,5—2 р.

С учетом корректирующей поправки на величину народнохозяйственного эффекта эффективность освоения ресурсов лесосечных отходов в рассматриваемом лесхозе обеспечивается при затратах, не превышающих 15,9 р./м³. В данном случае ресурсы лесосечных отходов могут считаться экономически доступными при расстоянии вывозки до 60 км.

Аналогично определяется доступность ресурсов по остальным технологическим вариантам. Суммируя объемы экономически доступных ресурсов по отдельным лесхозам, устанавливают их общую массу.

Результаты расчетов свидетельствуют, что применение критерия народнохозяйственной эффективности значительно расширяет границы экономической доступности ресурсов. Для проходных рубок при расстоянии вывозки щепы до 60 км практически вся установленная масса реальных ресурсов по трем вариантам выступает как экономически доступная.

При прореживаниях, вследствие более низкой концентрации ресурсов на единице площади, экономически доступные ресурсы составили: по первому варианту — 1,2; по второму — 16; по третьему — 59 тыс. м³.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Лобовиков Т. С., Петров А. П. Экономика комплексного использования древесины. М., «Лесная промышленность», 1976, 160 с. [2]. Методические рекомендации по экономической оценке лесов. М., ВНИИЛМ., 1976, 33 с. [3]. Johnston D. R., Grayson A. J., Bradley R. T. Forest planning. London, 1967, 541 p.

Поступила 13 июня 1977 г.

УДК 628.314.2.003.13

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЫБРОСАМИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Г. С. БУРИН

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматривается взаимосвязь затрат на производство целлюлозно-бумажной продукции и на компенсацию последствий загрязнения водных источников сточными водами. Предлагаются методы экономической оценки мероприятий по предотвращению загрязнения, позволяющие сопоставить затраты на водоохранные мероприятия с предотвращенным ущербом.

Целлюлозно-бумажная промышленность СССР, потребляя ежегодно на производственные нужды более 9 млн. м³ свежей воды, занимает третье место в стране среди отраслей промышленности по водопотреблению и сбросу промышленных сточных вод [2], доля ЦБП в водопотреблении и водоотведении среди других отраслей промышленности составляет около 14%.

Сточные воды, несущие с собой органические и минеральные загрязнители, сбрасываются в водные источники и наносят значительный ущерб народному хозяйству. Мероприятия по предотвращению загрязнения водных источников связаны с созданием комплексных систем, включающих замкнутые циклы водопользования и утилизацию продуктов очистки сточных вод.

Затраты на строительство очистных сооружений, обеспечивающих снижение загрязненности сточных вод до установленных норм, составляют до 12% стоимости всего объекта [2].

В настоящее время экономическая оценка мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников стоками предприятий ЦБП осуществляется по минимуму приведенных затрат [3]

$$Z = C + E_n K, \quad (1)$$

где Z — приведенные затраты на единицу очищенной сточной воды или извлекаемых из нее загрязнителей, р.;

C — себестоимость единицы очищенной сточной воды или извлекаемых из нее загрязнителей, р.;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K — удельные капитальные вложения на мероприятия по предотвращению загрязнения водных источников, р.

Однако такой подход к оценке эффективности данных мероприятий, особенно когда взят курс на создание замкнутых циклов водопользования на предприятиях ЦБП, не всегда способен дать объективную оценку затратам на предотвращение загрязнения водных источников. Приведенные затраты, представленные формулой (1), не позволяют в некоторых случаях (например при рассмотрении вариантов очистки с различным эффектом или при сравнении прямоточных систем очистки и замкнутых систем водопотребления) выявить оптимальный вариант, так как в данном случае экономически не отражается основная цель очистки — максимальное снижение промышленных выбросов в водные источники, а следовательно, и снижение народнохозяйственных затрат, связанных с компенсацией социально-экономических последствий загрязнения.

По-прежнему остается открытым вопрос об определении абсолютной экономической эффективности мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников технологическими выбросами целлюлозно-бумажного производства.

В предлагаемых методах экономической оценки эффективности основополагающим моментом являются теоретические разработки К. Гофмана [1]. Основываясь на сделанных им выводах и учитывая специфику ЦБП, необходимо отметить, что мероприятия по предотвращению загрязнения водных источников предусматривают снижение всех общественно необходимых затрат, связанных с производством целлюлозно-бумажной продукции. Другими словами, мероприятия по предотвращению загрязнения — это необходимая часть каждого технологического процесса, одно из условий эффективности производства того или иного вида продукции. Рассматривая этот производственный процесс в развитии, можно отметить, что с повышением научно-технического уровня меняется отношение к технологическим отходам, наблюдается все возрастающая эффективность мероприятий по предотвращению загрязнения, связанная с комплексным использованием ценных компонентов содержащихся в сточной воде и самой воды.

Анализируя экономическое содержание и специфику взаимосвязи затрат, вызванных загрязнением водных источников, и производственных затрат (рис. 1), стоимость целлюлозно-бумажной продукции I можно выразить суммой затрат живого и овеществленного труда

$$I = I_{пр} + I_k + I_v + I_n, \quad (2)$$

где $I_{пр}$, I_k , I_v , I_n — затраты живого и овеществленного труда соответственно на производство продукции; на компенсацию социально-экономических и экологических последствий загрязнения водных источников технологическими выбросами ЦБП; на возмещение потерь сырья, материалов, энергии; на предотвращение загрязнения.

Группировка затрат по четырем направлениям чисто условна и вызвана спецификой рассматриваемого вопроса.

В настоящее время в себестоимость целлюлозно-бумажной продукции не включаются затраты на компенсацию I_k , а затраты на возмещение потерь сырья I_v учитываются не полностью. Эти затраты несут другие предприятия и отрасли народного хозяйства, потребляющие загрязненную воду. Такое положение создает ложное представление о том, что затраты на компенсацию социально-экономических последствий загрязнения водных источников не являются составной частью стоимости продукции ЦБП, а мероприятия по предотвращению загрязнения водных источников экономически не эффективны.

Включение этих затрат в себестоимость продукции, например, посредством введения платы за сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод [4], позволит не только найти экономическую эффективность мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников, но и экономически более правильно определить затраты на производство целлюлозно-бумажной продукции.

Так как затраты, указанные в формуле (2), могут быть представлены как приведенные, а затраты на производство продукции по базовому и новому вариантам равны ($I_{пр.б} = I_{пр.н}$), формулу для определения сравнительного экономического эффекта от мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников можно представить в виде

$$\mathcal{E}_{п.з.с} = (C_б + E_n K_б + \mathcal{Z}_{к.б}) - (C_n + E_n K_n + \mathcal{Z}_{к.н}) + \Delta P_y, \quad (3)$$

где $(C_б + E_n K_б)$ и $(C_n + E_n K_n)$ — приведенные затраты по базовому и новому вариантам мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников;

$\mathcal{Z}_{к.б}$ и $\mathcal{Z}_{к.н}$ — приведенные затраты на компенсацию социально-экономических последствий загрязнения (ущерб), р.;

ΔP_y — дополнительный эффект от утилизации ценных компонентов, извлекаемых из сточных вод, равный разности $I_{в.н} - I_{в.б}$.

Дополнительный эффект ΔP_y может быть получен в результате использования осадков сточных вод в целлюлозно-бумажном производстве вместо волокнистых и проклеивающих материалов, сточной очищенной воды вместо свежей, а также в других отраслях промышленности.

При определении абсолютной экономической эффективности необходимо учесть, что затраты на предотвращение загрязнения водных источников I_n находятся в обратной зависимости с затратами на возмещение потерь сырья, материалов, энергии I_v и затратами на компенсацию социально-экономических последствий загрязнения водных источников I_k . Это позволяет сделать вывод, что для определения абсолютного экономического эффекта приемлемо выражение

$$\mathcal{E}_{п.з.а} = I_k + I_v - I_n. \quad (4)$$

Преобразовав выражение (4), заменив I_n суммой приведенных затрат, необходимых для проведения мероприятий по предотвращению

загрязнения, а $(I_k + I_b)$ — разностью этих затрат до и после проведения мероприятий (на предотвращенный ущерб — $\Delta\mathcal{E}_{п.у}$ и дополнительный эффект от утилизации ценных компонентов, улавливаемых из сточных вод, — $\Delta\Pi_y$), получим в окончательном виде формулу для определения абсолютного экономического эффекта

$$\mathcal{E}_{п.з} = \Delta\mathcal{E}_{п.у} + \Delta\Pi_y - (C_n + E_n K_n), \quad (5)$$

где $\Delta\mathcal{E}_{п.у}$ — дополнительный социально-экономический эффект от снижения народнохозяйственных затрат на компенсацию последствий загрязнения водных источников (предотвращенный ущерб — $\Delta\mathcal{E}_{р.у} = \mathcal{Z}_{к.б} - \mathcal{Z}_{к.н}$), соответствующий разности затрат до и после проведения мероприятия, р.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гофман К. Социально-экономическая эффективность безотходных и малоотходных технологий. М., 1976. [2]. Заценнлин А. И., Бурин Г. С. Пути повышения эффективности работы очистных сооружений предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. — В сб.: Пути сокращения материальных и трудовых затрат на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности. М., 1976. [3]. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — «Экономическая газета», 1977, № 10. [4]. Проект Методических указаний по введению системы платежей за воду в источнике для промышленности. — «Водные ресурсы», 1974, № 3.

Поступила 22 июня 1977 г.

УДК 634.0.31

К АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Л. А. ПЕТРОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрен реальный процесс и возможные пути дальнейшего развития некоторых типичных для Свердловской области лесозаготовительных предприятий.

В настоящее время вопрос о дальнейших путях и формах организации лесозаготовительных предприятий актуален для отрасли в целом. Для Свердловской области эта проблема обостряется в связи с тем, что объем заготовок уже значительное время стабилизирован и даже наметилась тенденция к его сокращению; можно предположить, что продолжение современной практики лесозаготовки в недалеком будущем приведет здесь к нарастанию ряда нежелательных явлений.

По вопросам, касающимся перспектив развития лесозаготовительных предприятий, существуют различные точки зрения и предложения. В основном они относятся к новым предприятиям, организуемым в не тронутых рубками лесных массивах, на базе новой техники и технологии. Но дело в том, что основная масса лесозаготовительных предприятий, которые будут функционировать в перспективе, это работающие или сооружаемые уже сейчас. Очевидно, что указанные предложения не приложимы к этой массе предприятий, так как в них от-

существует учет сложившихся форм организации производства и их исторической обусловленности.

По-нашему мнению, наиболее точно и четко характеризует реальный процесс и может служить теоретической базой для определения перспектив развития лесозаготовительных предприятий концепция стадийного их развития, сформулированная Т. С. Лобовиковым. Она указывает на наличие в деятельности леспромхозов стадий (этапов), характерных изменением соотношения лесозаготовительных и лесохозяйственных функций и сменой экстенсивных и интенсивных форм ведения хозяйства.

Схема процесса стадийного развития лесозаготовительных предприятий [1] показывает, что период экстенсивного их развития (форсированная рубка спелых и перестойных лесов, ограниченная лесохозяйственная деятельность) сменяется следующей стадией — периодом конверсии экстенсивных форм в интенсивные. В этот период объемы лесозаготовительного и лесохозяйственного производства достигают некоторых взаимосогласованных уровней, что обеспечивает в дальнейшем повышение рубок на базе растущей продуктивности лесов, т. е. наступление периода развития хозяйства на интенсивной основе. С переходом от одной стадии к другой происходит трансформация типа предприятия и прежней качественной формы его организации.

Справедливость концепции нашла подтверждение в проведенных по отдельным регионам исследованиях Н. Р. Гильца, В. В. Ермолович, П. Н. Казакевич, В. Н. Мельничук, Л. М. Чернякевич. Проверка этой концепции в отношении группы предприятий Сибири осуществлена Институтом экономики и организации производства СО АН СССР с

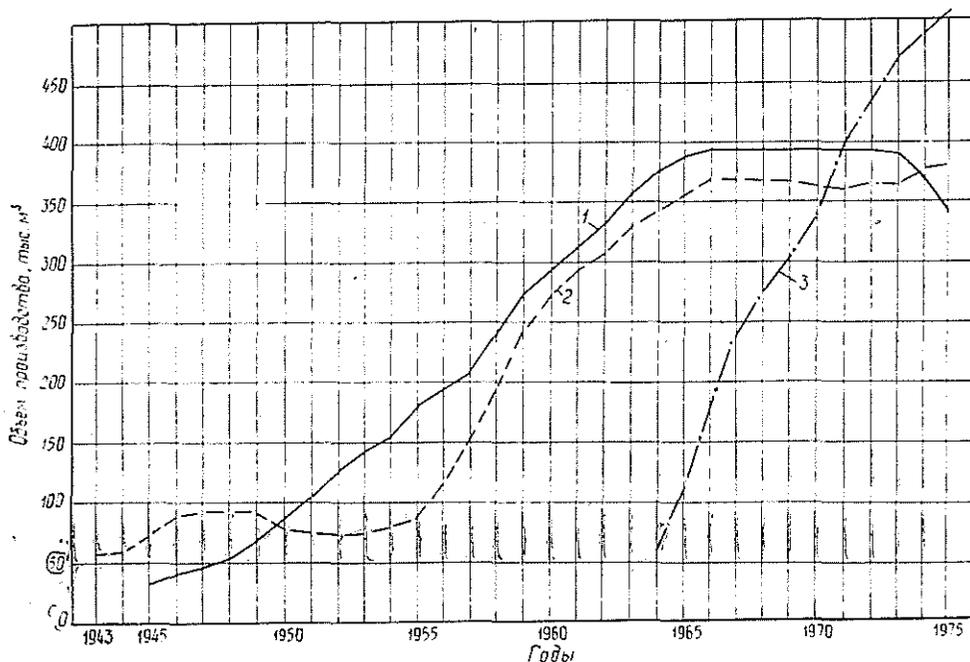


Рис. 1. Динамика объемов производства леспромхозов (исчислена по методу скользящей средней).

1 — Афанасьевский ЛПХ; 2 — Шамарский ЛПХ; 3 — Карабашский ЛПХ.

построением дискретно-непрерывных динамических моделей леспромхозов, дающих возможность прогнозировать их деятельность [3].

Нами изучено развитие группы типичных для Свердловской области леспромхозов: Афанасьевского и Шамарского, основанных в 40-х годах, вполне сложившихся хозяйств; и Карабашского — сравнительно молодого предприятия, работающего с 1963 г. Путь развития этих леспромхозов представлен на рис. 1. Динамика изменения объемов лесозаготовительного производства, лесохозяйственных работ, перерабатывающих производств в этих предприятиях подтверждает наличие этапности в развитии, которая особенно наглядно вырисовывается при графической иллюстрации процесса — изображении трендов рядов динамики объемов производства, полученных в результате сглаживания методом скользящей средней.

Концепция стадийности дает возможность определить положение предприятия на траектории развития с тем, чтобы предвидеть и организовать его перспективу. Так, Афанасьевский ЛПХ находится на II стадии развития, но близок к исчерпанию запасов спелых и перестойных лесов в сырьевой базе; период его деятельности с момента организации 33 года. Шамарский ЛПХ проходит II стадию развития (объем заготовок стабилизирован около 380 тыс. м³), период деятельности 36 лет. Карабашский ЛПХ, существующий 13 лет, вступил в период стабилизации объема лесозаготовок; форсированно осваивает спелые и перестойные насаждения. При сохранении существующих методов лесоэксплуатации возможный срок деятельности рассмотренных предприятий (по остаткам ликвидного запаса спелых и перестойных насаждений в сырьевых базах) составляет: для Карабашского ЛПХ — 21 год, Шамарского — 14 лет, Афанасьевского — 4 года.

Существующая в Свердловской области практика лесозаготовок во многих случаях характерна тем, что леспромхозы ведут рубки до полного исчерпания запасов спелых и перестойных насаждений в сырьевой базе на максимальном уровне, несколько снижая объем заготовок лишь в последние годы, с последующей ликвидацией предприятий как лесозаготовительных. На месте таких леспромхозов возникают предприятия, производственная деятельность которых связана уже с осуществлением лесохозяйственных функций, — лесхозы. При этой схеме в деятельности лесозаготовительного предприятия наступает перерыв до момента достижения насаждениями на вырубленных площадях возраста рубки. Такая картина складывается, очевидно, и в Афанасьевском ЛПХ, запасы спелого леса в котором будут полностью исчерпаны уже через 4 года.

Целесообразность подобного пути развития леспромхозов весьма сомнительна. Связанные с ним нежелательные явления (ликвидация предприятий, их перебазирование, неполная амортизация основных фондов) есть результат того, что развитие предприятий идет по существу стихийно. На рис. 1 обращает на себя внимание растянутасть первой стадии — нарастания объема до максимального уровня. В Афанасьевском ЛПХ этот период длился 21 год, в Шамарском 24 года, в Карабашском 12 лет, что значительно выше этих сроков по проекту. В период излишне затянувшегося нарастания объема заготовок вырубается значительная часть сырьевой базы, что сокращает время эксплуатации на уровне проектной мощности, т. е. период работы предприятий с большей эффективностью. По-видимому, Афанасьевский ЛПХ в ближайшие годы прекратит свою деятельность как самостоятельное лесозаготовительное предприятие. Развитие двух других леспромхозов идет в согласии с концепцией стадийности; состоя-

ние лесных ресурсов позволяет своевременно осуществить необходимую конверсию на основе перехода к интенсивным формам ведения хозяйства. Время для этого еще есть, и нужно правильно организовать дальнейший путь их развития.

В работах, затрагивающих проблему развития ныне действующих предприятий, одни авторы ставят вопрос о продлении сроков действия, другие подчеркивают необходимость замены существующей формы организации производства предприятиями, называемыми «постоянно или длительно действующими» и предлагают для этого ряд мероприятий: дополнительное закрепление сырьевых баз за счет лесов, свободных от эксплуатации в границах лесхоза; присоединение смежных сырьевых баз других предприятий и др. [2, 4]. Но необходимо иметь в виду, что не распределенных между предприятиями лесных массивов в большинстве районов (в том числе и в Свердловской области) практически не существует, и расширение границ одних предприятий за счет прирезания сырьевых баз других ведет к сокращению сроков действия или ликвидации соседних предприятий.

Процесс развития лесозаготовительных предприятий должен быть управляемым. Для каждого леспромхоза на траектории его развития необходимо заранее определить момент, начиная с которого, в силу сокращения ресурсов спелого леса, объем лесозаготовок надлежит снижать до некоторого расчетного уровня с тем, чтобы иметь возможность продолжать лесоэксплуатацию в равномерных, со временем равномерно возрастающих (за счет осуществления комплекса лесоводственных мероприятий) объемах. Таким образом, с этого периода предприятие должно быть трансформировано с учетом исторически сложившейся формы хозяйства и требований, предъявляемых к перспективным типам предприятий.

При анализе динамики потребления древесины в Свердловской области видна тенденция его роста. Учитывая этот факт, а также трудность ввоза древесины для развитой деревообрабатывающей промышленности области и других ее потребителей, ликвидацию лесозаготовительных предприятий следует признать нерациональным путем решения проблемы*.

Необходимо использовать сложившиеся предприятия, их кадры для продолжения деятельности в новых формах интенсивного хозяйствования в лесу, осуществив своевременную их трансформацию. С учетом изложенного, дальнейший путь развития леспромхозов области мыслится нами как трансформация их в комплексные лесные предприятия.

* Разумеется, это не исключает случаев ликвидации отдельных предприятий, продолжение деятельности которых нецелесообразно или невозможно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лобовиков Т. С. Общая концепция развития форм лесного хозяйства и лесной промышленности. — В кн.: Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР. М., 1972, с. 61—69. [2]. Рациональные формы организации предприятий лесозаготовительной промышленности с ограниченными сырьевыми ресурсами по Свердловской области. — Научный отчет СНИИЛП, 1971. [3]. Статистические модели в оптимальном отраслевом планировании. М., «Статистика», 1975, с. 111—125. [4]. Техничко-экономическое обоснование организации Игринского леспромхоза комбината «Удмуртлес» как постоянно действующего предприятия. Л., Гипролестранс, 1973.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.232.33 : 634.0.181.1

ОПЫТ КУЛЬТУР КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ
В УСЛОВИЯХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

П. В. ЛИТВАК, А. П. ЕВДОКИМОВ

Житомирский сельскохозяйственный институт
Ленинградская лесотехническая академия

Изучены особенности роста и развития карельской березы в чистых и смешанных культурах, рассматривается влияние густоты культур на проявление узорчатости древесины и образование форм роста.

Карельская береза уникальна по свойствам древесины среди отечественных древесных пород, но ее промышленное выращивание затруднено недостаточной изученностью эколого-биологических особенностей роста и развития в культуре.

Эти особенности карельской березы были изучены нами в 15-летних (возраст биологический) культурах, созданных П. В. Литваком. Семенной материал получен из Карелии, агротехника выращивания посадочного материала общепринятая [2]. Наибольший интерес представляют культуры Малнинского лесхозага, различные по схеме размещения и смещения, но произрастающие в идентичных лесорастительных условиях (В₂—В₃). Эти культуры созданы посадкой крупномерного материала на дерново-среднеподзолистых пылевато-песчаных почвах.

Пробная площадь 1—0,12 га, культуры созданы посадкой 4-летних саженцев с размещением 3×3 м, сохранность культур — 86%.

Пробная площадь 2—0,12 га, посадка 4-летних саженцев с размещением 3×3 м, междурядья используются как школьное отделение ели 4—5 лет. Сохранность культур — 87%.

Пробная площадь 3—0,02 га, посадка 2-летних сеянцев с размещением 1×0,75 м, сохранность — 32%, отпад вызван в основном механическими повреждениями.

Пробная площадь 4—0,36 га, в чистые 8-летние культуры карельской березы (3×3 м) вводили 3-летнюю ель (1×0,5 м). Сохранность карельской березы — 50%.

Пробная площадь 5—0,09 га, в 10-летние культуры карельской березы посадкой 3-летних сеянцев вводили дуб красный (1,5×0,3 м). Сохранность карельской березы — 46%.

Пробная площадь 6—0,15 га, культуры созданы аналогично пробе 1, сохранность — 56%.

Как известно [3, 4], в семенном потомстве карельской березы происходит расщепление признаков, в результате образуются особи, морфологически идентичные березе бородавчатой (Б). Полиморфность карельской березы обуславливает наличие в культурах, как правило, трех форм роста: высокоствольной (КВ), короткоствольной (КК) и кустообразной. Все эти формы роста, а также условная категория берез с сомнительными (косвенными) признаками карельских (сомн.) были выделены нами в качестве элементов леса, что обусловлено их различной хозяйственной ценностью.

Анализируя полученные данные (табл. 1), можно отметить, что в процессе роста и развития культур происходит дифференциация элементов леса по ярусам, причем первый ярус всегда формирует береза бородавчатая, второй — высокоствольная и короткоствольная формы березы карельской, а ярус подлеска занимает кустообразная форма. Это свидетельствует о пониженной конкурентоспособности, которая, очевидно, является биологической особенностью карельской березы [1]. В редких культурах (относительная полнота 0,18—0,26) участие карельской березы в составе насаждения по числу деревьев максимально (46—53%), и она представлена тремя формами роста: высокоствольной (29—34%), короткоствольной (10—22%) и кустообразной (1—4%). В относительно сомкнутых насаждениях (0,63) отсутствует короткоствольная форма роста и значительно участие особей с косвенными признаками карельской березы. Статистически достоверен больший прирост по диаметру и высоте, а также большая проекция кроны у высокоствольной карельской березы в редких культурах. На этом

Номер пробной площади	Возраст, лет	Ярусы				
		Номер яруса	Состав яруса	Средняя высота, м	Полнота	Запас, м³
1	15	1	10Б	5,1	0,08	2,9
		2	7,4КВ 2,0КК 0,6сомн.	4,1		
2	15	1	10Б	5,2	0,10	3,6
		2	3,9КВ 3,4КК 1,7сомн.	3,2		
3	15	1	10Б	4,6	0,36	10,6
		2	7,7КВ 2,3сомн.	3,6		
4	10	1	6,9Б	4,7	0,07	2,4
		2	3,1КВ 10Е, ед. сомн., КК	2,8		
5	7	1	10Д, кр., ед. Б, КВ, КК	3,8	0,77	20,3
6	15	1	10Б	6,0	0,16	9,2
		2	5,6КВ 4,4КК	4,0		

основании можно сделать вывод, что редкие культуры (3×3 м) способствуют развитию карельской березы и образованию узорчатой древесины, что подтверждает данные других авторов [3, 4]. Существующие рекомендации по созданию относительно редких культур не учитывают, однако, важнейшего суммарного показателя производительности насаждения — запаса стволовой древесины карельской березы, который, по нашим данным, на 40% выше в густых культурах, что объясняется их большей полнотой.

Создание смешанных культур карельской березы с быстрорастущими породами (дуб красный) значительно снижает устойчивость карельской березы. В таких культурах внутривидовая конкуренция между березой бородавчатой и карельской дополняется сильным угнетением со стороны дуба красного. Аналогичные явления происходят в смешанных культурах карельской березы и сосны обыкновенной. Такие культуры были созданы П. В. Литваком в Овручском лесхоззаге (сырая суборь В₄) с размещением 1,5×1,0 м и кулисным смещением 7СЗБ. К 12-летнему возрасту сохранились лишь единичные экземпляры карельской березы, сильно угнетенные сосной.

В смешанных культурах ели и карельской березы отсутствует острая межвидовая конкуренция, что вызвано различием в экологических особенностях этих пород. Ель как теневыносливая порода формирует второй ярус и способствует образованию высокоствольных карельских берез, являясь своего рода подгоном.

Наши исследования роста и развития карельской березы в культуре позволяют сделать следующие выводы.

1. Карельская береза, отличаясь пониженной конкурентоспособностью, в чистых культурах формирует второй ярус насаждения.

2. Редкие культуры способствуют росту и развитию карельской березы, но менее производительны по запасу.

3. Создание смешанных культур карельской березы и быстрорастущих пород (сосна, дуб красный) снижает устойчивость карельской березы.

Таблица 1

Элементы леса						
Номер яруса	Порода	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений на 1 га, м ²	Запас на 1 га, м ³	Число стволов на 1 га, шт.
1	Б	5,1	5,5	0,899	2,9	400
2	КВ	4,5	5,5	0,680	2,2	275
	КК	3,0	4,5	0,242	0,6	150
	Сомн.	3,3	3,0	0,078	0,1	117
1	Б	5,2	5,5	1,030	3,6	408
2	КВ	4,3	4,5	0,432	1,3	283
	КК	3,1	5,0	0,375	1,5	208
	Сомн.	3,3	3,0	0,030	0,5	50
1	Б	4,6	5,0	3,795	10,6	2050
2	КВ	3,6	4,0	1,755	4,7	1450
	Сомн.	3,5	3,0	0,515	1,4	700
1	Б	4,9	5,0	0,521	1,7	252
	КВ	4,1	4,5	0,265	0,7	198
2	Е	2,8	2,5	3,946	11,0	7056
1	Д.кр.	3,8	3,0	7,147	18,6	10439
	Б	4,1	3,5	0,179	0,7	165
	КВ	3,8	4,0	0,306	0,93	253
	КК	2,7	3,5	0,035	0,09	33
1	Б	6,0	9,0	2,099	9,2	325
2	КВ	4,5	5,5	0,533	1,7	221
	КК	3,4	9,0	0,407	1,3	65

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Евдокимов А. П. Влияние густоты культур на проявление признаков карельской березы. — В сб.: Лесное хозяйство, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Вып. 4. Л., 1976. [2]. Литвак П. В. Карельская береза в Украинском Полесье. — «Украинский ботанический журнал», 1968, т. 25, № 1. [3]. Любавская А. Я. Селекция и разведение карельской березы. М., «Лесная промышленность», 1966. [4]. Соколов Н. О. Карельская береза. Петрозаводск, Госиздат КФССР, 1950.

УДК 634.0.561

ТЕКУЩИЙ ПРИРОСТ ОДНОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКОВ ГОРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. М. МЕЖИБОВСКИЙ, А. А. ВЕЛИКОТНЫЙ
ВНИИЛМ

Показаны результаты исследования текущего прироста в средневозрастных и приспевающих елово-лиственных и лиственно-еловых насаждениях в типе леса ельник-кисличник. Установлено, что текущий прирост значительно выше в ельниках с незначительным участием (5—10%) лиственных в составе и в сосново-еловых насаждениях.

В Горьковской области подавляющее большинство ельников расположено в Заозжье. В северо-западной и северной части произрастают одновозрастные ельники,

а на северо-востоке и востоке встречаются условно разновозрастные и разновозрастные.

Исследования проведены в разновозрастных ельниках северо-запада области. Рубки ухода здесь — один из основных видов пользования древесиной. Размер этого пользования зависит от величины текущего прироста. Под влиянием рубок ухода в районе исследования формируются древостой разного состава, и текущий прирост в них неодинаков. Если в настоящее время не формировать древостой такого состава, в котором текущий прирост максимален, то в будущем размер промежуточного пользования будет значительно колебаться.

Для изучения текущего прироста в Пуреховском лесничестве Городецкого лесхоза в типе леса ельник-кисличник (в отдельных случаях в сосняке-кисличнике) было заложено 26 временных пробных площадей. Насаждения, в которых заложены пробные площади, произрастают на супесчаных и легкосуглинистых слабогумусированных почвах, в покрове доминирует кислица, майник двулистный, зеленые мхи, в подлеске встречается рябина обыкновенная, жимолость татарская, подрост — редкий, в окнах — густой, в основном представлен елью. Пробные площади заложены в елово-лиственных, лиственно-еловых, елово-сосново-лиственных, елово-сосновых и для сравнения в сосново-еловых средневозрастных и приспевающих насаждениях; полнота их колеблется от 0,8 до 0,9, в отдельных случаях 0,70—0,75. Доля ели в составе изменяется от 30 до 100%. Все насаждения, в которых заложены пробные площади, пройдены рубками ухода разной интенсивности.

Для получения более полных данных текущий прирост был определен тремя методами: по средним модельным деревьям; по способу М. Л. Дворецкого [3]; по таблицам таксации текущего прироста насаждений В. В. Антанайтиса [1].

При определении текущего прироста на пробной площади брали 15—20 моделей преобладающей породы и 3—5 — второстепенной, кроме того, возрастным буравом измеряли радиальный прирост за последние 20 лет на высоте 1,3 м у стоящих деревьев всех ступеней толщины из расчета 20 — для главной породы и 10 — для второстепенной.

Текущий прирост Z_T по модельным деревьям определяли, используя формулу

$$Z_T = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) \frac{\sum G}{\sum g}, \quad (1)$$

где Z_1, Z_2, Z_n — текущий прирост отдельных деревьев породы;
 $\sum G, \sum g$ — сумма площадей сечений соответственно ступени толщины и моделей.

Текущий прирост по способу М. Л. Дворецкого [3] рассчитывали по формуле

$$Z_T = M_A \left(1 - \frac{\text{ср. } D_{A-n}^2}{\text{ср. } D_A^2} \frac{\text{ср. } H_{A-n}}{\text{ср. } H_A} \right), \quad (2)$$

где M_A — запас сырорастающего леса в настоящее время;
 $\text{ср. } D_{A-n}, \text{ср. } H_{A-n}$ — средний диаметр и средняя высота n лет назад;
 $\text{ср. } D_A, \text{ср. } H_A$ — средний диаметр и средняя высота породы в настоящее время.

Были учтены замечания В. В. Антанайтиса и В. В. Загребеева [2] о недостатках этой формулы и для определения прироста введены запасы, найденные по модельным деревьям. Текущий прирост, определенный по моделям, был принят за контроль. По абсолютным значениям текущего прироста, рассчитанного тремя способами, вычислены проценты текущего прироста. Полученные данные (табл. 1) показали, что наиболее оперативно текущий прирост можно определить, используя таблицы В. В. Антанайтиса [1]; однако для районов Среднего Поволжья их необходимо уточнить, так как сосна в смешанных насаждениях нередко достигает таких больших средних высот и диаметров, что они не укладываются в бонитетные шкалы, являющиеся одной из основ этих таблиц. Кроме того, таблицы на 30—40% завьшают текущий прирост березы в тех насаждениях, где она преобладает в составе. Наибыший текущий прирост за 1971 г. 8,3—11,8 м³/га имеют средневозрастные и приспевающие насаждения ельника-кисличника состава 8Е2Б—10Е+Б, I класса бонитета, полнотой 0,80—0,90.

Вдвое меньше текущий прирост у насаждений с преобладанием березы (состав 7С3Е). Причем в смешанных насаждениях одного типа леса, полноты, класса бонитета и возраста текущий прирост зависит от доли участия пород в составе. Текущий прирост ели с увеличением ее в составе древостоя значительно возрастает.

Текущий прирост и запас сырорастающего леса выше в древостоях состава 10Е+Б. Если принять по данным В. В. Антанайтиса и В. В. Загребеева [2], что способ определения текущего прироста со срубкой 15—20 моделей позволяет вычислить этот показатель с точностью $\pm 10\%$, то по приведенным в таблице данным заметно значительное влияние состава на прирост.

Таблица 1

Номер пробной площади	Состав	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Полнота	Запас сырораствующего леса, м³	Проценты текущего прироста за 1971 г., вычисленные		
								по моделям	по способу М. Л. Дворецкого	по таблице В. В. Антанайтиса
1	8Б	4'	19,4	14,5	I	0,82	180	2,8	2,5	3,4
	2Е	40	19,0	19,0	Ia			1,2	0,8	1,1
2	9Е	44	21,0	23,0	Ia	0,84	265	3,6	3,2	4,6
	1Б	40	19,0	16,0	I			1,0	1,1	1,0
11	7Б	65	24,5	25,0	I	0,85	360	2,6	2,0	3,3
	3Е	63	19,5	20,1	II			1,3	1,0	1,4
4	8Е	64	21,5	21,5	I	0,88	390	2,9	2,1	2,3
	2Б	70	21,0	19,5	II			2,4	2,1	2,4
5	4Е	75	22,0	20,7	I	0,78	330	2,2	2,0	2,1
	6Б	81	24,7	27,2	II			1,6	1,4	2,1
6	10Е	71	25,0	25,0	I	0,81	380	3,5	2,6	2,4
	+Б	68	21,0	22,0	II			0,8	1,0	0,6
7	7Е	68	23,0	19,6	I	0,76	295	3,8	2,7	2,8
	2Б	88	25,5	27,0	II			2,8	2,8	3,0
	1С	64	26,7	33,5	Ia			2,9	2,5	3,0
8	6Е	68	21,0	19,0	I	0,80	305	3,3	2,4	2,3
	2С	64	27,0	34,0	Ia			2,4	2,5	2,7
	2Б	87	25,5	26,0	II			1,1	1,2	1,2
9	6Е	69	24,0	24,1	I	0,87	370	3,4	3,0	3,5
	4С	70	26,0	27,0	I			2,0	2,0	1,9
10*	75С	74	30,0	28,0	Ia	0,88	405	2,0	1,8	1,9
	25Е ед.Б	67	20,0	20,0	II			2,4	2,6	2,8

* Здесь сосняк-кисличник.

В елово-сосновых древостоях (пробная площадь № 9) и сосново-еловых (проба № 10) текущий прирост достоверно выше, чем в древостоях с преобладанием березы, несмотря на то, что в одном случае класс бонитета ели на один ниже, чем у сосны.

Для получения высокого текущего прироста в елово-березовых древостоях необходимо уже к 40-летнему возрасту насаждения снизить участие березы в составе до 10—20%.

В елово-сосново-березовых и сосново-елово-березовых древостоях к этому возрасту березы в составе должно быть не более 5—10%, так как в таких древостоях, как видно из таблицы, текущий прирост наибольший.

При проведении проходных рубок, направленных на создание насаждений с высоким текущим приростом, полноту нельзя уменьшать ниже 0,70, так как текущий прирост снижается во всех древостоях независимо от состава. По нашим данным, это вызвано тем, что кульминация текущего прироста указанных пород была в среднем 20—35 лет назад. Текущий прирост, вычисленный по формуле М. Л. Дворецкого [3], оказался заниженным по сравнению с контролем.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Антанайтис В. В. Таблицы таксации текущего прироста насаждений. М., «Лесная промышленность», 1966. [2]. Антанайтис В. В., Загребев В. В. Прирост леса. М., «Лесная промышленность», 1966. [3]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964.

УДК 632.937

РАСПРОСТРАНЕНИЕ В НАСАЖДЕНИИ ЯЙЦЕЕДА
ТЕЛЕНОМУСА, ВЫПУЩЕННОГО В ОДНОЙ ТОЧКЕ

Т. И. МАШНИНА, Л. И. ЭНТИН

БелНИИЛХ

Излагаются оригинальная методика и результаты опыта по выявлению характера распространения яйцеда теленомуса, выращенного в лаборатории и выпущенного в сосновом насаждении. Приведены также некоторые данные по биологии и фенологии теленомуса и соснового шелкопряда.

В биологической борьбе с вредителями леса используются те же методы и приемы, что и в сельском хозяйстве, в частности, выпуск (колонизация) яйцеда, размноженных в лаборатории. Характер распространения выпущенных в насаждении яйцеда имеет важное практическое значение.

Яйцед *Telenomus verticillatus* Kieffer — эффективный паразит соснового шелкопряда. В лабораторных условиях он успешно размножается в специальных вивариях при температуре $+20-24^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха $80-90\%$. Углеродная подкормка обеспечивает высокую выживаемость и продолжительность жизни самок теленомуса.

В нашем опыте в Ленинском опытном лесхозе БелНИИЛХа яйцед был выпущен в августе 1966 г. в сосновом насаждении с примесью березы (20 рядов сосны, 4 ряда березы). Возраст древостоя 25—30 лет, полнота — $0,7-0,8$, средняя высота — 9 м, средний диаметр — 10 см. В подлеске редко ива, в покрове — осока верещатниковая, плаун, мох дикранум. Тип леса — сосняк мшистый (B_2).

На опытном участке естественная популяция соснового шелкопряда практически отсутствовала. На клеевых экранах размером $0,5 \times 0,5$ м не было зафиксировано ни одной особи яйцеда. Эти обстоятельства обеспечивали чистоту опыта.

От намеченного пункта выпуска в северном, южном, восточном и западном направлениях проводили визиры длиной около 500 м. На них через каждые 25 м устанавливали пикеты с отметкой расстояния от места выпуска.

Непосредственно перед выпуском теленомуса на каждом пикете в кронах сосен развешивали по 3 свежие яйцекладки соснового шелкопряда (всего 194 яйцекладки). Среднее количество яиц в кладке — 59.

Количество теленомуса учитывали с помощью клеевых экранов, которые развешивали по визирам через каждые 50 м перед выпуском яйцеда (всего 32 экрана).

В лаборатории было выращено 345 тыс. особей теленомуса. Регулярно (3 раза в день) их подкармливали водным раствором меда в целях увеличения плодовитости. Выпускали яйцеда в теплую безветренную погоду (средняя температура воздуха в августе 1966 г. была $+18,1^{\circ}\text{C}$, днем достигала $+20-25^{\circ}\text{C}$, а в некоторые дни $+30-33^{\circ}\text{C}$).

Присутствие теленомуса на яйцекладках определяли ежедневным осмотром их. Через 10 дней с момента выпуска теленомуса яйцекладки и клеевые экраны были сняты для лабораторного анализа.

Яйца, выраженные теленомусом, были обнаружены только в двух яйцекладках соснового шелкопряда, расположенных на 50- и 100-метровой отметке в южном направлении. В первом случае яйцекладка была заражена на $7,8\%$, во втором — на $4,3\%$. Средняя зараженность яиц в радиусе 100 м от места выпуска составила $0,2\%$, зараженность всех использованных в опыте яиц — всего $0,05\%$.

Учет показал, что теленомус распространился неравномерно (табл. 1).

Из таблицы видно, что максимальное число особей теленомуса ($69,6\%$) зафиксировано на участке, ограниченном радиусом 200 м. Относительно стран света теленомус распространился более или менее равномерно.

В целях получения более точных данных о распространении теленомуса на пикетах с отметками 50, 100, 150, 200, 250 и 300 м в ноябре 1966 г. были взяты образцы лесной подстилки (всего 60 м^2), которые затем помещали в специальные фотоэлектроды (табл. 1).

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в пределах 200 м от места выпуска в лесной подстилке обнаружено $70,2\%$ особей теленомуса, учтенных фотоэлектродом.

Таблица 1

Расстояние от места выпуска, м	Количество учтенных особей теленомуса по странам света				Всего	
	Север	Юг	Восток	Запад	шт.	%
Клеевые экраны, август 1966 г.						
50	1	3	1	1	18	39,2
100	2	3	4	3		
150	0	0	3	4	14	30,4
200	3	1	2	1		
250	2	2	0	0	5	10,9
300	1	0	0	0		
350	0	0	5	1	9	19,5
400	0	3	0	0		
Итого	9	12	15	10	46	100
Лесная подстилка, ноябрь 1966 г.						
50	3	4	1	2	18	48,6
100	1	0	5	2		
150	1	0	0	0	8	21,6
200	5	1	0	1		
250	0	0	2	3	11	29,8
300	2	1	3	0		
Итого	12	6	11	8	37	100

В июле 1967 г. в это же насаждение вновь было внесено 1760 яиц соснового шелкопряда в 51 яйцекладке. Кладки развешивали по четырем направлениям до 300-метровой отметки. По окончании опыта средняя зараженность яиц теленомусом составила 1,6%.

Учет теленомуса в лесной подстилке позволяет установить общую численность яйцеда, сохранившегося ко времени зимовки в зонах, расположенных на разном расстоянии от места первоначального выпуска (табл. 2).

Таблица 2

Расстояние от места выпуска, м	Площадь зоны, га	Среднее число особей теленомуса в 1 м ² подстилки	Количество особей теленомуса на участке, тыс. шт.
50	0,8	1,25	10
100	3,1	1,00	31
150	4,0	0,13	5,2
200	8,6	0,88	75,6
250	11,0	0,63	69,3
300	17,3	0,75	129,8

Примечание. Под зоной понимается площадь кольца, ширина которого 50 м.

Плотность теленомуса наибольшая на участке, ограниченном радиусом 200 м. На этом же участке, как отмечалось выше, и были обнаружены яйцекладки соснового шелкопряда, зараженные теленомусом. Таким образом, несмотря на довольно высокую численность яйцеда, сохранившегося к началу зимовки (ноябрь), зараженность вывешенных в 1966 и 1967 гг. яйцекладок соснового шелкопряда оказалась очень низкой.

В естественных очагах откладка яиц соснового шелкопряда обычно протекает равномерно и имеет один ясно выраженный пик. Так, по наблюдениям в Новобобовичском стационаре (Злынковский лесхоз Брянской области), 16—20 июля 1967 г. было отложено 12,3% яиц от общего их числа, 21—25 июля — 53,2; 26—31 июля — 29,2; 1—5 августа — 5,6%.

Более или менее равномерно, несколько возрастая в период массовой яйцекладки, происходит также заражение яиц соснового шелкопряда естественным теленомусом.

Так, зараженность яйцекладок, которые собирались в очаге 20, 22 и 29 июля, 2, 3, и 9 августа, составила соответственно 39,9; 49,7; 60,3; 57,6; 75,9 и 54,8%. Отрождение имаго теленомуса из зараженных яиц происходило с возрастающей интенсивностью, снижаясь к началу третьей декады августа (табл. 3).

Таблица 3

Даты	30.VII	1—5.VIII	6—10.VIII	11—15.VIII	16—20.VIII	21—27.VIII
Интенсивность отрождения теленомуса, %	2,7	0,9	5,5	72,7	12,8	5,4

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в основном теленомус имеет одолетний цикл развития. Самки его способны длительное время (с июля — августа по июнь—июль следующего года) ожидать яйцекладку соснового шелкопряда. В связи с тем, что в очагах соснового шелкопряда возможно появление небольшого количества яиц вредителя в мае—июне, некоторая часть популяции теленомуса может дать два поколения в год.

УДК 581.148.2:634.0.181.312

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ЛИСТОПАДА НА ТРАНСПИРАЦИЮ ПОБЕГОВ У ДУБА

А. М. КРАСНИТСКИЙ

Центрально-Черноземный государственный заповедник

Изложены результаты наблюдений за транспирацией побегов дуба черешчатого, сохраняющих зимой отмершие листья, в сравнении с безлистными. Установлено, что облиственные деревья дуба в конце зимы и в ранний весенний период отличаются достоверно повышенной транспирацией.

Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) характеризуется широким варьированием сроков листопада [7]: от обычного осеннего до весеннего, когда сухие побуревшие листья сохраняются на побегах вплоть до начала весеннего сокодвижения [1, 2, 5, 9—13, 18].

Листопад, а также его сроки оказывают прямое воздействие на транспирацию и в целом на водный режим дерева. Несмотря на неоднократные исследования зимней транспирации дуба [3, 4, 6, 8, 14—16] и др.), влияние сроков листопада, и в частности зимующих на побегах листьев, остается до сих пор не изученным.

А. Я. Гордягин [4] установил, что у дуба листовые рубцы слабо защищены зимой, и на их долю приходится больше половины общей транспирации побега. У побегов дуба с зимующими листьями листовые рубцы отсутствуют, и вполне понятен интерес к водному режиму облиственных побегов.

Транспирацию побегов дуба (*Q. robur* L. *precox* Czern.) мы изучали по срезанным побегам. Для этого было заготовлено* 15 здоровых, нормально и соразмерно развитых побегов, на 10 из которых сохранились зимующие листья. У пяти облиственных побегов листья обрезали бритвой по черешку, у остальных листья пронумеровывали тушью. Все побеги и срезанные листья взвешивали на аналитических весах, с точностью до 0,01 г. Побеги ставили в колбы с водой, для чего в резиновых пробках колб проделывали каналы, соответствующие диаметру оснований побегов. Перед этим фиксировали вес колб и налитой в них воды. Свободный доступ воздуха в колбы обеспечивался через инъекционную иглу, проведенную в пробке. Эта игла служила также для добавления в колбы воды, взамен использованной побегами на транспирацию. Колбы с побегами находились в лаборатории в условиях одинакового освещения и при температуре воздуха от +16 до +18°C.

Листья и черешки листьев, опадающие в процессе опыта, учитывали и взвешивали. Колбы с побегами взвешивали ежесуточно утром (в 9—10 ч.). Интенсивность

* Опыт проводили с 16 февраля по 31 марта (44 дня).

транспирации рассчитывали в процентах по отношению к сырому, исходному весу побегов (без листьев)*. Вес листьев, оставшихся на побегах, определяли по их абсолютному весу, с учетом исходной влажности (по влажности срезанных листьев).

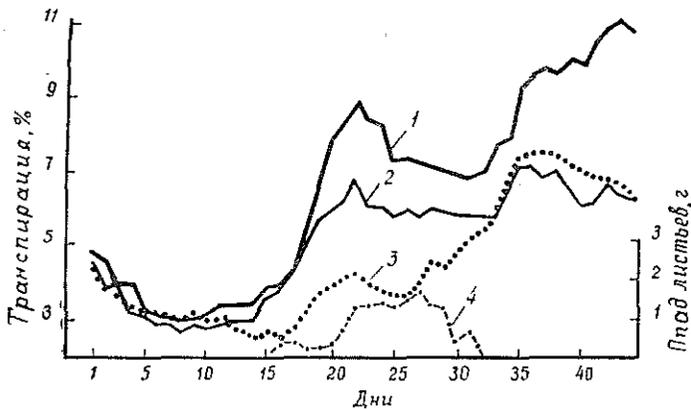


Рис. 1. Суточный ход интенсивности транспирации побегов и опадения листьев с дуба черешчатого.

1 — побеги с листьями; 2 — побеги, на которых листья срезаны; 3 — побеги без листьев; 4 — опадение листьев.

Таблица 1

Состояние побегов	Среднесуточная интенсивность транспирации побегов дуба, % к исходному сырому весу побегов						Коэффициент достоверности различия		
	Число наблюдений <i>n</i>	Среднее арифметическое $\pm M$	Средняя квадратическая ошибка $\pm \sigma$	Средняя квадратическая ошибка среднего значения $\pm m$	Коэффициент вариации <i>V</i> , %				
						I и II	I и III	II и III	
I. Облиственные	44	6,48	2,85	0,430	44,0	} 4,2	} 5,9	} 4,0	
II. С обрезанными листьями	44	5,03	1,70	0,260	33,8				
III. Безлистные	44	4,51	2,14	0,264	47,4				

Примечание. Коэффициенты достоверности различия вычислены по формуле

$$K = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 - m_2^2}} \geq 3,0.$$

Полученные данные составили ряды, которые были выравнены по пяти точкам [17] и в дальнейшем послужили материалом для построения графика (рис. 1) и табл. 1. На графике видно, что у облиственных побегов в течение 16 дней наблюдается постепенное снижение транспирации, составившее более $\frac{1}{4}$ ее исходной величины. В последующие дни (13 дней у облиственных побегов и 6 — у безлистных) транспирация усилилась, достигнув максимума на 22-й день. Затем наступил новый период снижения интенсивности транспирации — длительный у облиственных побегов (9—11 дней) и короткий — у безлистных (4 дня). Последовавший за ним новый подъем интенсивности транспирации закончился почти одновременно у всех

* Настоящее исследование носит сравнительный характер. Поскольку результаты фотосинтеза и дыхания в ходе опыта не могли быть учтены, а интенсивность транспирации рассчитана по исходному сырому весу побега, автор не претендует на абсолютную точность данных.

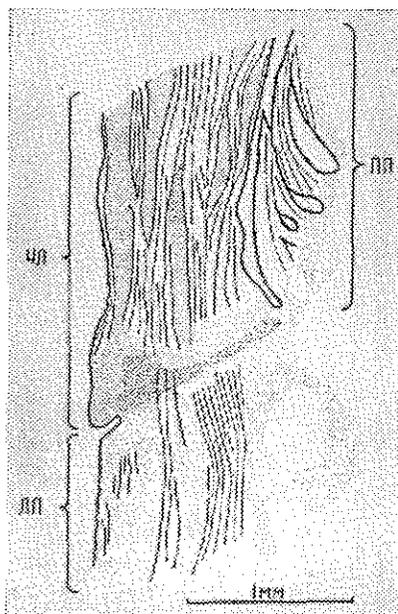


Рис. 2. Продольный срез через основание черешка, листовую подушку и пазушную почку зимнеоблиственного побега дуба.

ПП — пазушная почка; ЧЛ — черешок листа; ЛП — листовая подушка (точечная штриховка указывает на места интенсивной окраски).

трех типов опытных побегов — на 35—36-й день опыта. В дальнейшем у облиственных побегов наблюдался флуктуирующий подъем, а у побегов со срезанными листьями — флуктуирующее падение транспирации; у безлистных побегов — плавное падение интенсивности транспирации. Опыт был закончен по признакам прекращения роста листочков и потери ими тургора (явно выраженных патологических явлений). Цикличность спадов и подъемов интенсивности транспирации, по-видимому, была тесно связана с процессами развития побегов: первый подъем транспирации пришелся на фазу набухания и разворачивания почек, а второй — на фазу развития листового аппарата.

Выявившиеся различия в интенсивности транспирации облиственных и безлистных побегов касаются не только сроков периодических спадов и подъемов, но и их абсолютного значения (табл. 1).

Если в первые 10 дней опыта транспирация обеих групп была относительно сходной, то с начала листопада и до конца опыта у побегов с листьями она была в 1,5—2,0 раза выше, чем у безлистных.

А. Я. Гордягин, характеризуя водовыделительную роль листовых рубцов у дуба зимой, свидетельствует, что ближе к весне транспирация через листовые рубцы заметно падает в связи с их заживлением (образованием защитной ткани). Этим можно объяснить высокую транспирацию облиственных побегов, только что сбросивших листья и несущих на себе свежие, лишенные защитной ткани листовые рубцы.

Интенсивность транспирации побегов, у которых листья срезаны по черешку, занимает промежуточное положение.* Лишь в конце опыта транспирация этих побегов была наименьшей.

Микроскопированием продольных срезов выявлено [11], что черешок зимующих на побеге листьев органически связан с листовой подушкой и видимых анатомических обособлений в зоне сосудистых пучков (на месте разделительного слоя) не наблюдается (рис. 2). Определенные степени зияния устьиц зимующих листьев инфльтрационным методом (по Молишу) показало, что устьица листа свободно инфильтрируют не только ксилол и бензол, но и спирт. Таким образом, при отмирании листа фиксируется максимальное зияние устьиц. Испарение воды может происходить также через очаговые разрушения коррозионного вида на поверхности листа. Эти очаги, обусловленные комплексом биотических и физических факторов, также свободно инфильтрируют спирт в листовую пластинку.

Существование водообмена в системе живой побег — мертвый лист подтверждается экспериментально. В лаборатории (при комнатной температуре +18°C) в эксикатор помещали две серии стаканчиков с облиственными побегами (по четыре стаканчика в каждой серии). В одной серии в стаканчики была налита вода, в другой стаканчики оставались сухими. Для полного насыщения атмосферы эксикатора парами воды** на дно его наливали воду, а испаряющую поверхность увеличивали, покрывая стенки эксикатора фильтровальной бумагой, нижний обрез которой соприкасался с налитой водой. Через каждые 48 ч из эксикатора изымали по одному стаканчику из каждой серии, листья обрезали бритвой по черешку, помещали в бюксы и взвешивали. Затем бюксы с листьями выдерживали в сушильном шкафу до достижения по-

* В силу малого веса черешки обрезанных листьев самостоятельно не опали, а были легко сняты с листовых подушек в конце опыта.

** Этим приемом преследовалась цель снизить транспирацию побегов.

стоянного веса (при температуре $100 \pm 5^\circ\text{C}$). Полученные данные о количестве испарившейся воды, отнесенные к абс. сухому весу листьев, позволили судить о динамике влажности листьев (табл. 2).

Таблица 2

Серия опыта	Абсолютная влажность листьев дуба, %							
	Опыт 4—12 апреля через				Опыт 11—19 апреля через			
	48 ч	96 ч	144 ч	192 ч	48 ч	96 ч	144 ч	192 ч
Стаканчики с водой	24,0	27,4	30,4	38,3	26,5	34,2	41,4	48,9
„ без воды	20,0	26,0	26,0	29,8	24,7	32,9	32,1	44,6
Разница	4,0	1,4	4,1	8,5	1,8	1,3	9,3	4,3

Из данных таблицы видно, что у листьев, помещенных в среду с полным насыщением водяными парами, абсолютная влажность возросла на 14,3—22,4% в условиях влагообеспеченности побегов, и на 19,8—19,9% — при отсутствии влагообеспеченности. Следовательно, листья дуба активно воспринимают атмосферную влагу. В то же время влажность листьев на побегах, поставленных в воду, в итоге была выше. На основании этого можно заключить, что разница обусловлена поступлением воды из влагообеспеченного побега, что свидетельствует о существовании водообмена в системе живой побег — мертвый лист.

Наши наблюдения [10] показали, что деревьям, у которых зимой сохраняются листья, свойственно запаздывание в сроках набухания и распускания почек (на 3—5 дней) по сравнению с безлистными. Однако завершение весенних фенофаз обеих групп в одинаковые сроки четко демонстрирует более высокий темп развития облиственных деревьев, что, возможно, объясняется присущей им повышенной транспирацией. Можно предполагать, что в этих явлениях оказывается существенной роль свежих листовых рубцов и связанные с ними сосущие силы кроны.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Арнольд Ф. К. Русский лес. Т. II, ч. 1. Спб., изд. А. Ф. Маркса, 1893. [2]. Вехов Н. К. Биологические и экологические особенности дуба черешчатого. — В сб.: Культурный дуба, № 24. М., Сельхозгиз, 1954. [3]. Гирник Д. В. О водном режиме древесных пород зимой. — Труды Института леса АН СССР, 1955, т. XXVII. [4]. Гордягин А. Я. К вопросу о зимнем испарении некоторых древесных пород. — Труды общества естествоиспытателей при государственном Казанском университете, т. 50, 1925. [5]. Гулисашвили В. З. Противоречивые особенности в наследственности реликтовых древесных пород и их значение для развития растительных организмов. — «Известия АН СССР», сер. биол., 1958, № 3. [6]. Данилов М. Д. О зимней транспирации однолетних побегов разновозрастных деревьев дуба. — ДАН СССР, 1946, т. 11, № 5. [7]. Деревья и кустарники СССР. Т. II. М.—Л., 1951. [8]. Иванов Л. А. О водном режиме древесных пород зимою. — «Известия Лесного института», 1925, вып. 32. [9]. Кобранов Н. П. Селекция дуба. М., «Новая деревня», 1925. [10]. Краснитский А. М. К характеристике зимней облиственности и безлистности дуба черешчатого. — Труды Центрально-Черноземного гос. заповедника, 1966, вып. X. [11]. Краснитский А. М. Географическая, экологическая и индивидуальная изменчивость сохранения листьев дуба в зимнее время. — «Лесоведение», 1968, № 6. [12]. Малеев В. П. Дуб. Флора СССР, т. V. М.—Л., 1936. [13]. Мачинский А. С. О расах дуба. — В сб. Лесного общества в Ленинграде: Лесоведение и лесоводство, 1927, вып. 4. [14]. Остапович Л. Ф. Транспирация влаги побегами лиственных пород в осенний, зимний и весенний периоды. — «Сообщ. Таджикского филиала АН СССР», 1949, вып. 14. [15]. Рязанцев А. В. Зимняя транспирация древесных пород и ее значение для их географического распространения. — «Изв. Пермского биологического НИИ», 1934, т. 9. [16]. Рязанцев А. В. Участие отдельных элементов поверхности древесных ветвей в процессе зимней транспирации. — В сб. научно-исследовательских работ Пермского СХИ, 1937. [17]. Урбах В. Ю. Математическая статистика для биологов и медиков АН СССР. М., 1963. [18]. Grahl-Urban L. Die Eichen. Hamburg und Berlin, 1959.

УДК 674.031.632.13 : 631.574

ФОРМОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БЕРЕЗНЯКОВ ЦЧО ПО ХАРАКТЕРУ РАСТРЕСКИВАНИЯ КОРЫ

В. К. ПОПОВ, Ю. А. ЛОМОВСКИХ, Р. И. ДЕРЮЖКИН

Воронежский лесотехнический институт

Изучена структура популяции березы в условиях лесостепи ЦЧО по характеру поверхности коры. Выделены отдельные формы березы бородавчатой и пушистой. Рассмотрена динамика соотношения деревьев выделенных форм в зависимости от возраста и условий произрастания насаждений.

В последние годы вопросам изучения внутривидовой изменчивости древесных растений, в частности берез, уделяется большое внимание. Рядом исследователей [2—6, 8] выделены и описаны некоторые их формы по морфологическим признакам. Особенно детально исследована морфология коры деревьев березы.

Внутривидовую изменчивость березы мы изучали в течение 1973—1975 гг. Объектом исследования служили разновозрастные (20—70 лет) березовые насаждения лесостепи ЦЧО, произрастающие в различных лесорастительных условиях (боровые, дубравные, простые и сложные суборевые условия с различной степенью влажности почвы). Всего было заложено 36 пробных площадей. Морфология коры деревьев описана по 12 группам признаков со следующей градацией.

Ряд I. Сложение пробки: 1 — пробка мягкая, напоминает пробку деревьев бархата амурского и пробкового дуба; 2 — пробка плотная.

Ряд II. Характер поверхности и степень растрескивания коры ствола: 1 — поверхность ствола гладкая, кора не растрескивается; 2 — поверхность ствола трещиноватая, растрескивается только пробка, но отдельные участки не отслаиваются; 3 — поверхность ствола трещиноватая, растрескивается только пробка, отдельные участки отслаиваются и скручиваются; 4 — поверхность ствола трещиноватая, растрескивается пробка и первичная кора.

Ряд III. Вид трещин и характер их распределения по стволу: 1 — трещины отсутствуют; 2 — трещины в виде ромбов, расположенных равномерно по стволу; 3 — трещины в виде ромбов, расположенных неравномерно по стволу; 4 — трещины продольные, без рельефного края, расположены равномерно по стволу; 5 — трещины продольные, затрагивающие верхние слои пробки, которые при закручивании разрывают пробку в поперечном направлении, расположены равномерно по стволу; 6 — трещины продольные с рельефным краем, равномерно по стволу; 7 — трещины продольные и поперечные, расположены равномерно по стволу; 8 — трещины те же, расположены неравномерно по стволу.

Ряд IV. Формы трещин в поперечном сечении и формы долей коры: 1 — трещины и доли коры отсутствуют; 2 — трещины треугольной формы, доли коры отсутствуют; 3 — форма трещин та же, доли коры прямоугольные; 4 — трещины треугольной формы, доли коры квадратные; 5 — форма трещин та же, отдельные пробки неопределенной формы, закручены в рулон; 6 — трещины трапецевидной формы, доли коры не образуются; 7 — форма трещин та же, доли коры прямоугольно-трапецевидные.

Ряд V. Длина и ширина вертикальных (продольных) трещин по верхнему краю: 1 — трещины отсутствуют; 2 — длина 0,5—5,0 см, ширина 0,1—0,2 см; 3 — длина та же, ширина 0,3—1,0 см; 4 — длина 6,0—24 см, ширина 0,1—0,2 см; 5 — длина та же, ширина 0,3—1,0 см; 6 — длина та же, ширина 1,1—5,0 см; 7 — длина та же, ширина 5,1—10,0 см; 8 — длина 25—90 см, ширина 1,1—5,0 см.

Ряд VI. Длина и ширина горизонтальных (поперечных) трещин по верхнему краю: 1 — трещины отсутствуют; 2 — образуются неровности при отслаивании (закручивании) верхних слоев пробки; 3 — длина 0,5—2,0 см, ширина 0,1—0,2 см; 4 — длина 2,1—6,0 см, ширина 0,5—2,5 см.

Ряд VII. Глубина трещин, протяженность растрескивания по стволу: 1 — трещины отсутствуют; 2 — глубина трещин 0,01—0,1 см, доходит до кроны; 3 — глубина трещин 1,0—0,5 см, заходит в крону; 4 — глубина та же, доходит до кроны; 5 — глубина 0,6—1,0 см, заходит в крону; 6 — глубина та же, доходит до кроны; 7 — глубина 5—9 см, доходит до середины ствола.

Таблица 1
Кодовые группы по характеру растрескивания коры.

Форма по характеру растрескивания коры	Ряды кодированных признаков												Коэффициент ориентальности форм
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Береза бородавчатая													
Пробковотвоя	1	2	6	2	3	1	6	2	4	4	4	1; 2	0,25
Бумажнокорая	2	3	5	5	4	2	2	6	2	3	3	1; 2; 3	0,50
Гладкокорая	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	1; 2; 3; 4	0,58
Ромбовидногребенчатая	2	4	2	7	7	1	5	5	7	2	2	3; 4; 5	0,17
Мелкоромбовидногребенчатая	2	2	3	6	7	1	3	4	5	4	3	2; 3; 4	0,33
Слонотрещиноватая	2	4	7	8	6	4	5	3	8	3	3	4; 5; 6	0,17
Шероховатогребенчатая	2	2	8	4	2	3	4	7	2	1	4	1; 2	0,33
Мелкотрещиноватая	2	4	7	8	3	3	3	6	6	3	4	2; 3; 4	0,00
Продольногребенчатая	2	4	4	7	8	1	5	5	6	2	3	3; 4; 5	0,08
Штриховидногребенчатая	2	2	4	2	3	1	4	2	3	3	4	1; 2	0,08
Волнистогребенчатая	2	4	7	8	5	3	4	6	6	3	3	2; 3; 4	0,08
Груботрещиноватая	2	4	7	3	6	4	7	7	7	5	1	6	0,41
Береза пушистая													
Гладкокорая	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	1; 2; 3; 4	0,58
Штриховидногребенчатая	2	2	4	2	3	1	4	2	3	3	4	1; 2	0,08
Волнистогребенчатая	2	4	7	8	5	3	4	6	6	3	3	2; 3; 4	0,08

Ряд VIII. Цвет дна и краев трещин: 1 — трещины отсутствуют; 2 — дно трещин и их края от белого до серого цвета; 3 — дно трещин и их края пепельно-серого цвета; 4 — дно трещин пепельно-серого цвета, края — темного; 5 — дно желтовато-рыжего цвета, края — серого; 6 — дно и края серого цвета; 7 — дно и края темного цвета.

Ряд IX. Наличие грубой корки по краям растрескивания (исключая комлевуую часть) и степень расслаивания краев трещин: 1 — трещины отсутствуют; 2 — грубая корка не образуется, края без заметного расслаивания; 3 — то же, расслаивание слабое; 4 — то же, расслаивание среднее; 5 — грубая корка образуется, края трещин без заметного расслаивания; 6 — то же, расслаивание краев слабое; 7 — то же, расслаивание краев среднее; 8 — то же, расслаивание краев сильное.

Ряд X. Сбежистость ствола и классы роста по Крафту: 1 — сбежистость ствола слабая ($q_2=0,73 \div 0,76$), I—II; 2 — сбежистость ствола средняя ($q_2=0,65 \div 0,68$), I—II; 3 — то же, II—III; 4 — то же, III—IV; 5 — сбежистость ствола сильная ($q_2=0,57 \div 0,60$), III—IV.

Ряд XI. Полное проявление характера растрескивания коры ствола деревьев (исключая комлевуую часть) в возрасте: 1 — 10—15 лет; 2 — 16—25 лет; 3 — 26—40 лет; 4 — 41—50 лет.

Ряд XII. Степень растрескивания коры в комлевой части и высота поднятия по стволу грубой корки: 1 — слабая — глубина трещин 0,3—0,6 см, высота поднятия 0,1—0,5 м; 2 — умеренная — глубина трещин 0,7—1,5 см, высота поднятия 0,1—0,5 м; 3 — умеренная — глубина та же, высота поднятая 0,51—1,5 м; 4 — средняя — глубина трещин 1,6—2,9 см, высота 0,3—0,5 м; 5 — средняя — глубина та же, высота поднятия 0,51—1,5 м; 6 — сильная — глубина 3,0—6,0 см, высота поднятия до 8,0 м.

Все отмеченные признаки были закодированы, и по методу [1] составлены кодовые группы для каждой формы (табл. 1). В основу наименования форм и распределения деревьев по характеру растрескивания коры положена работа [7]. В результате проведенных исследований по изучению внутривидовой изменчивости березы по коре нами выделено и описано 12 форм, четыре из которых (бумажнокорая, пробковокорая, штриховиднотрещиноватая, мелкоромбовиднотрещиноватая) отмечены впервые. Для каждой формы вычислен коэффициент оригинальности как отношение суммы оригинальных признаков (в вертикальной колонке признак не повторяется) к общему количеству признаков по форме. Самыми оригинальными оказались гладkokорая, бумажнокорая и груботрещиноватая формы. Очень интересное строение коры имеют мелкоромбовиднотрещиноватая, шероховатотрещиноватая формы. Особым сложением пробки характеризуются деревья пробковокорой формы. Их кора по упругости напоминает кору бархата амурского. Деревья выделенных форм, наряду с четким разграничением по морфологии коры, различны по продуктивности и степени представленности в насаждении, физико-механические свойства древесины неоднородны.

Наиболее широко в насаждениях представлены деревья с гладкой поверхностью коры (21,6—98,9%). В пределах особей с трещиноватой корой в большом количестве встречаются деревья ромбовиднотрещиноватой (10—30%), слонотрещиноватой (5—20%) и шероховатотрещиноватой форм (8—20%). Единичными особями представлены груботрещиноватая, продольнотрещиноватая и пробковокорая формы.

Таким образом, береза бородавчатая и пушистая в условиях ЦЧО по характеру растрескивания коры обладает большой внутривидовой изменчивостью. Здесь выделено и описано 12 форм, в том числе четыре отмечены впервые.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Балковский Б. Е. Цифровой политамический ключ для определения растений. Киев, «Наукова думка», 1964. [2]. Гроздова Н. Б. Формовое разнообразие березы бородавчатой и пушистой в Центральной полосе европейской части СССР. Дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Воронеж, 1961. [3]. Данченко А. М. Внутривидовая изменчивость березы бородавчатой и пушистой в Северном Казахстане. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Свердловск, 1972. [4]. Махнев А. К. Формы березы в лесах Припышминского Зауралья и их таксационно-морфологическая характеристика. — «Труды Института биологии УФАИ СССР», 1965, вып. 47. [5]. Мегалинский П. Н. О некоторых лесоводственных свойствах березы в связи с характером коры. — «Труды ЛТА», 1950, № 68. [6]. Миропов С. В. Особенности роста различных форм березы бородавчатой в Башкирском Зауралье. — Сборник научных трудов аспирантов и соискателей УЛТИ. Ч. 1. Свердловск, 1969. [7]. Федоров А. А., Кирпичников М. Э., Артюшенко З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. М.—Л., 1962. [8]. Чубанов К. Д. Изучение форм берез бородавчатой и пушистой северной части БССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Минск, 1969.

УДК 634.0.362.7:621.319.4

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНДЕНСАТОРА МАГНЕТО ДВИГАТЕЛЯ БЕНЗИНОМОТОРНОЙ ПИЛЫ МП-5 «УРАЛ-2»

И. И. ФЕДОТОВ

Ленинградская лесотехническая академия

По материалам наблюдений за работой бензиномоторных пил МП-5 «Урал-2» в обычных условиях эксплуатации на валке леса дан анализ отказов конденсатора и причин их возникновения; количественная оценка надежности конденсатора; выведена формула, позволяющая определить наработку конденсатора в зависимости от температуры; указаны пути повышения надежности конденсатора.

Необходимость исследования вызвана частыми перебоями в искрообразовании магнето из-за отказа конденсатора МБГЦ-1-600. Нашей целью было: выявление числа отказов и причин их возникновения; оценка надежности конденсатора; разработка рекомендаций по повышенной надежности.

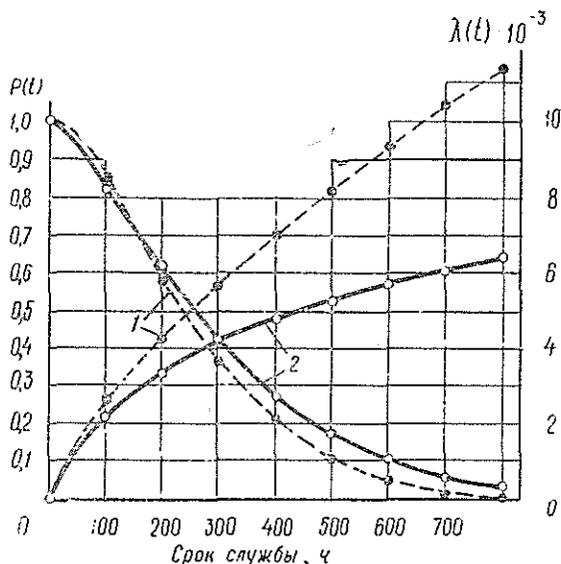
Для решения поставленной задачи проведены наблюдения в рядовых условиях эксплуатации пил на валке леса; выявлено 200 отказов конденсаторов. Средняя наработка — 303 ч; коэффициент вариации 0,703; распределение отказов близко к закону Вейбулла.

Установлено, что из-за низкой наработки конденсатор приходится заменять чаще, чем катушку зажигания, и несоответствие между электрическими характеристиками нового конденсатора и старой катушки вызывает снижение наработки на 12%.

Показатели надежности конденсатора представлены на рис. 1. Кривые $P(t)$ показывают, что к моменту 300-часовой работы пил заменяется 57% конденсаторов и ни один из них не отработал гарантийного срока 7000 ч. Это нельзя объяснить только низким качеством изготовления, явлением вибрации, нарушениями условий эксплуатации и хранения. Одна из основных причин — несоответствие конденсатора режимам работы двигателя и условиям эксплуатации.

Рис. 1. Зависимость вероятности безотказной работы $P(t)$ и интенсивности отказов $\lambda(t)$ конденсатора МБГЦ-1-600 от срока службы и технического состояния катушки зажигания.

1 — конденсатор новый, катушка зажигания старая; 2 — конденсатор и катушка (магнето) новые.



Вероятно, режимы заводских испытаний конденсаторов значительно легче режимов работы двигателя пилы на валке леса, которые постоянно меняются вследствие неоднородности древостоя как по породам, так и по диаметрам. Резкое колебание режимов работы вызывает повышение рабочей температуры и напряжения в катушке зажигания на длительное время. Следовательно, напряжение, при котором возможен пробой изоляции в условиях эксплуатации, вероятно, значительно меньше кратковременного пробивного напряжения, действующего при заводских контрольных испытаниях. Поэтому фактическая наработка конденсатора в 25 раз меньше гарантийной.

Обеспечение фактической наработки 1000 ч против гарантийной 7000 ч позволит сэкономить только на конденсаторах 200 тыс. р. в год.

Следует выделить два вида отказов конденсатора: полный и параметрический. Первый характеризуется нарушением электрической и механической прочности, пробоем изоляции, обрывом вывода, исчезновением металла с обкладок; второй — уходом электрического параметра за допустимые пределы: изменение емкости, выходящее за пределы $\pm 10\%$; увеличение тангенса угла потерь свыше 0,025; снижение сопротивления изоляции между выводами до 1000 МОм. Причины замены конденсаторов: пробой диэлектрика — 31%, снижение емкости — 32%, обрыв вывода — 9%, исчезновение металла с поверхности обкладки — 3%, неустановленные причины — 25%.

Предельная рабочая температура конденсатора $+70^\circ\text{C}$. С повышением температуры ускоряются процессы старения, снижается электрическая прочность и сопротивление изоляции, увеличивается тангенс угла потерь и возможность нарушения герметизации, изменяется емкость и, как правило, резко возрастает поток отказов. При температуре выше $+70^\circ\text{C}$ тангенс угла потерь увеличивается до 1,5 раза, сопротивление изоляции уменьшается до 5 раз и может произойти отказ конденсатора.

Зависимость наработки конденсатора от температуры представлена опытной 2 и аналитической 1 кривыми на рис. 2.

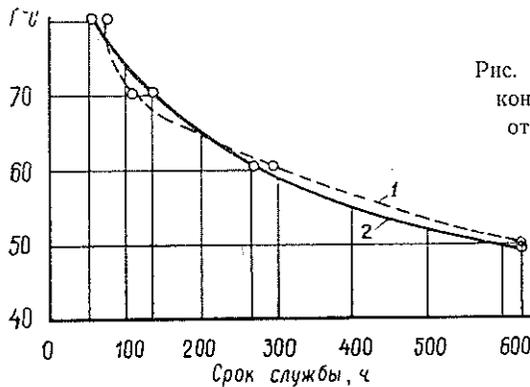


Рис. 2. Зависимость наработки конденсатора МБГЦ-1-600 от рабочей температуры.

Для определения наработки в зависимости от температуры используется параболическая зависимость, так как с равномерным возрастанием температуры наработка меняется ускоренно.

Параметры A, B, C уравнения параболы

$$Y = A + BX + CX^2 \quad (1)$$

можно определить, решая систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} PA + B\Sigma X + C\Sigma X^2 &= \Sigma Y; \\ A\Sigma X + B\Sigma X^2 + C\Sigma X^3 &= \Sigma YX; \\ A\Sigma X^2 + B\Sigma X^3 + C\Sigma X^4 &= \Sigma YX^2, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где P — количество интервалов температуры;

X — среднее значение интервала, $^\circ\text{C}$;

Y — средняя наработка на отказ в интервале, ч.

Подставляя найденные значения A, B, C в уравнение (1), получаем формулу, позволяющую с достаточной точностью определить наработку конденсатора в зависимости от температуры,

$$t = 4374 - 110,6(T^\circ) + 0,71(T^\circ)^2. \quad (3)$$

Если при температуре 20°C наработку конденсатора принять за единицу, то при температуре 50; 60; 70 и 80°C она соответственно уменьшится в 4; 8; 22 и 35 раз. Влияние времени года обнаруживается при анализе представленных на рис. 3 данных спроса конденсаторов (взамен отказавших).

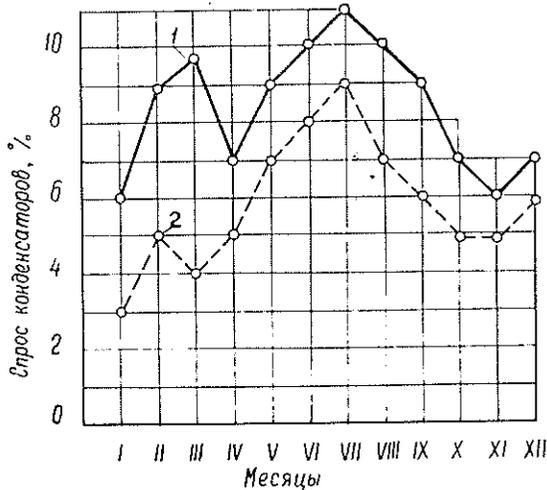


Рис. 3. Зависимость спроса конденсаторов МБГЦ-1-600 от времени года.

1 — общий (полный) спрос; 2 — спрос без учета отказов из-за нарушения зазора между контактами, неисправности свечи.

На снижение надежности конденсатора влияет нарушение зазора между контактами прерывателя. С уменьшением зазора увеличивается время замкнутого состояния контактов. Работа двигателя на недопустимо высоких оборотах при малом зазоре между контактами резко повышает поток отказов конденсатора. Из-за малого зазора между контактами прерывателя возникло 17,8% отказов, из-за неисправности свечи и колпачка (с контактом) свечи — 12,9%.

Для безотказной работы конденсатора необходимо полное соответствие электрических параметров катушки и конденсатора, снижение рабочей температуры, постоянство первоначального зазора между контактами, уменьшение влияния вибрации.

Конденсаторы эксплуатируются в условиях повышенной вибрации пыли и влажности окружающего воздуха. Влага вызывает коррозию металлических частей, увеличение тангенса угла потерь, особенно при повышенных рабочих температурах, снижение электрической прочности и разрушение обкладок конденсатора. Характерные признаки отказов из-за воздействия влаги — исчезновение металла с обкладок, а вибрации — обрыв вывода.

Правильный подбор емкости конденсатора способствует повышению надежности работы магнето зажигания. При излишней емкости конденсатор заряжается и разряжается медленно и искрения в контактах нет. При недостаточной емкости избыточная часть электрических зарядов тока самоиндукции разряжается искрой между контактами, в результате напряжение во вторичной обмотке окажется недостаточным.

Для повышения надежности конденсаторов необходимо: повысить качество их изготовления; снизить рабочую температуру за счет принудительного охлаждения и рациональной компоновки элементов системы зажигания; исключить влияние вибраций путем усовершенствования крепления конденсатора; не допускать работы двигателя на больших оборотах при малом зазоре между контактами прерывателя.

УДК 676.1.022

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ ЕЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ВЫХОД САХАРОВ

С. А. САПОТНИЦКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Выход РВ при сульфитной варке древесины ели при постоянном составе варочной кислоты определяется только выходом целлюлозы. Факторы, способные ускорить растворение нецеллюлозных компонентов древесины (температура, гранулометрический состав сырья, извлечение из него экстрактивных веществ), усиливают в такой же мере реакции окисления и распада сахаров. При этом переход в раствор легкогидролизуемых гемицеллюлоз древесины ели несколько опережает растворение лигнина.

Нами было изучено, влияют ли при сульфитной варке древесины ели степень измельчения древесины, присутствие в ней экстрактивных веществ, наличие в графике варки стадии заварки и конечная температура варки на реальный выход сахаров (РВ).

Таблица 1

Конечная температура, °С	Номер опытов	Продолжительность варки, ч	Твердый остаток	РВ	Примечание
			% от древесины		
Опилки					
120	1	0	92,0	2,5	} Без стадии заварки
120	2	2	71,4	10,2	
120	3	4	62,7	13,0	
120	4	6	56,2	14,8	
120	5	9	60,7	12,7	
} Со стадией заварки, собственно варка 4 ч					
135	6	4	48,0	16,3	} Без стадии заварки
135	7	6	47,0	16,0	
135	8	9	48,7	17,1	
} Со стадией заварки, собственно варка 4 ч					
Щепа					
120	9	9	72,7	10,0	Со стадией заварки, собственно варка 4 ч
120	10	9	55,0	14,4	То же, экстрагированная щепа
135	11	4	53,9	14,0	Без стадии заварки
135	12	4	52,8	14,8	То же, пропитка варочной кислотой 6 сут (20 °С)
135	13	9	54,2	14,7	Со стадией заварки, собственно варка 4 ч
135	14	9	47,5	17,7	То же, экстрагированная щепа

Варки проводили в автоклаве емкостью 5 л с кислотой, содержащей 5,5% в. SO_2 и 0,8% связ. SO_2 , Na-осн. В ряде опытов температуру варки сразу поднимали до конечного значения (120 или 135°C), в других опытах варку проводили по следующему режиму: подъем температуры до 100°C — 2 ч; выдержка при 100°C — 3 ч; подъем температуры до конечного значения — 2 ч; выдержка при конечной температуре — 2 ч. Всего 9 ч.

Для варок использовали несортированные опилки и щепу размером 25×15×5 мм. Экстрактивные вещества извлекали из древесины серным эфиром.

При сульфитной варке опилок (табл. 1), когда практически исключено влияние фактора диффузии, выход РВ при данной температуре определяется продолжительностью собственно варки, и на стадии заварки гемицеллюлозы еще не гидролизуются. Так, например, независимо от того, была стадия заварки или нет, за 4 ч собственно варки при 120°C достигнут практически равный выход твердого остатка и РВ (опыты 3 и 5), а при температуре 135°C (опыты 6 и 8) в случае равного выхода твердого остатка количество РВ при включении стадии заварки возросло всего на 5%.

При сульфитной варке щепы (табл. 1) наибольшее влияние на скорость растворения нецеллюлозных компонентов древесины оказывают экстрактивные вещества. Извлечение этих веществ позволило уже при конечной температуре варки 120°C достичь снижения выхода твердого остатка до 55% против 73% при варке исходной щепы (опыты 9 и 10). Так же, хотя и в несколько меньшей степени, ускоренное растворение нецеллюлозных компонентов древесины наблюдалось и при температуре варки 135°C (опыты 13 и 14).

В то же время увеличение продолжительности пропитки щепы варочной кислотой до 6 сут (температура 20°C) не сказалось на этих показателях (опыты 11 и 12).

Четко определилось влияние гранулометрического состава древесины. При одинаковой продолжительности варки (опыты 8 и 13) для опилок растворение нецеллюлозных компонентов протекало более интенсивно, чем для щепы, так как имевшее место в последнем случае диффузионные явления замедлили этот процесс.

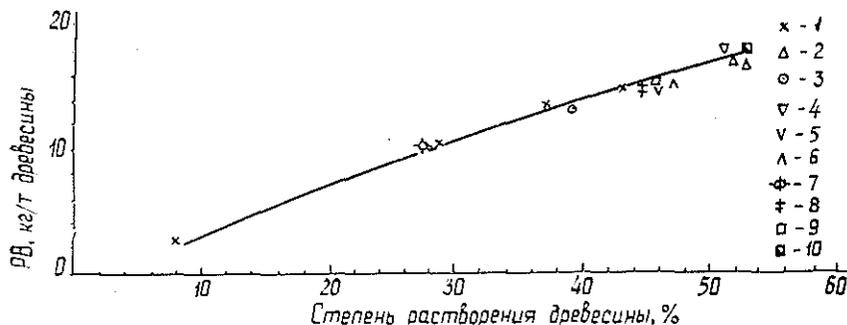


Рис. 1. Зависимость выхода РВ от степени растворения древесины.

1 — опилки без стадии заварки при 120°C; 2 — то же при 135°C; 3 — опилки со стадией заварки при 120°C; 4 — то же при 135°C; 5 — щепы без стадии заварки при 135°C, при нормальной пропитке; 6 — то же при удлиненной пропитке; 7 — щепы исходная со стадией заварки при 120°C; 8 — щепы проэкстрагированная со стадией заварки при 120°C; 9 — щепы исходная со стадией заварки при 135°C; 10 — щепы проэкстрагированная со стадией заварки при 135°C.

Однако если выход РВ (в процентах от древесины), достигнутый при всех вариантах варок, выразить в функциональной зависимости от степени растворения древесины, то, как видно из рис. 1, все исследованные факторы не влияют (или влияют крайне незначительно) на этот показатель. Чем быстрее протекает процесс растворения нецеллюлозных компонентов древесины, тем в такой же мере ускоряются реакции окисления и распада сахаров и поэтому выход РВ описывается общей кривой.

Можно также видеть (рис. 2), что отношение РВ к органическим веществам сульфитного шелока при любом из описанных вариантов варок колеблется в узких границах. По ходу варки, когда растворяется до 25—30% древесины, это отношение несколько возрастает (с 31 до 35%), а затем вновь снижается до первоначальной величины.

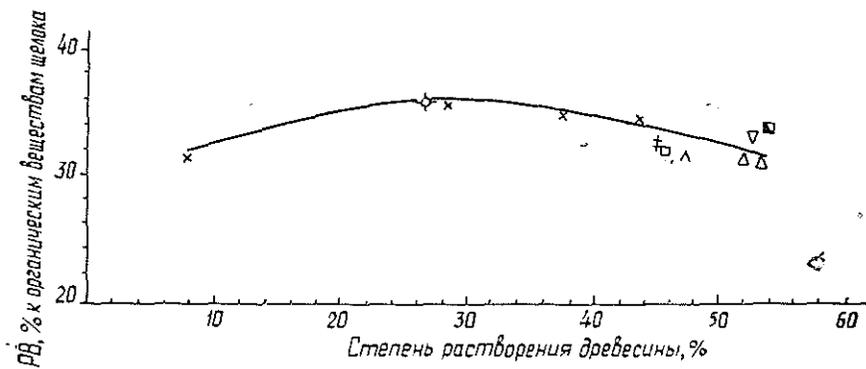


Рис. 2. Зависимость отношения РВ к органическим веществам щелока от степени растворения древесины. Обозначения те же, что на рис. 1.

Это указывает, что переход в раствор легкогидролизуемых гемицеллюлоз несколько опережает растворение лигнина. Наличие перелома кривой на рис. 2 может быть отнесено к развитию реакций окисления и распада сахаров по мере углубления варки.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.44

О КНИГЕ ПО ЛЕСНОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ*

Учебное пособие по лесной фитопатологии предназначено для студентов факультетов биологического профиля, не специализирующихся в области лесного хозяйства. Поэтому автор последовательно, в сжатой форме излагает общие понятия о лесе и дает краткое содержание дисциплин, занимающихся его изучением. В сравнительно небольшом объеме кратко и понятно раскрыты основные характеристики леса (сомкнутость крон, полнота, классы возраста и бонитета, товарность и др.), типы, возобновление, эксплуатация. Положителен и факт наличия сведений о классификации лесной продукции.

Эта вводная часть лекций знакомит читателя с лесом как элементом биосферы и объектом хозяйственной деятельности человека.

Значительное внимание автор уделил общим сведениям о болезнях и повреждениях древесных растений, дал определение понятию «болезнь растения» как сложному процессу, в котором принимают участие растение-хозяин, патоген и окружающая среда, показал анатомические и физиологические изменения в больном растении.

Полезно введение в курс лекций основных сведений по эпифитотии ряда заболеваний лесных пород.

Собственно раздел лесной фитопатологии состоит из пяти глав, в которых раскрыты причины непаразитарных болезней растений, приведены сведения об основных группах фитопатогенных организмов, дана характеристика грибных болезней (микозов) древесных растений и рассмотрены мероприятия по защите древесных растений от болезней.

Отдельная глава посвящена вопросам разрушения и повреждения древесины на лесосеках, складах и постройках.

В книге помещены сведения о микоплазмах и микоплазменноподобных организмах, чего не было в ранее выпущенной учебной литературе по лесной фитопатологии. При описании мер борьбы с болезнями лесных пород Ю. В. Синадский сообщает основные данные по теории фитоиммунитета, методам диагностики и применению в защите растений антибиотиков и других биологически активных веществ.

Рецензируемая книга имеет и некоторые недостатки. К ним следует отнести неудачное применение термина «эпизоотии», так как понятие «эпифитотии» охватывает массовое поражение растений от различных групп патогенов, в том числе вирусов и бактерий. Характеристику патогенов надо было бы расположить по степени усложнения их строения: вирусы — микоплазмы — бактерии — грибы. Не дана характеристика актиномицетов как почвенных патогенов и продуцентов антибиотиков. В подглаве «Болезни ветвей, стволов и корней» не описано широко распространенное заболевание — сосудистый микоз дуба. Имеются опечатки.

Эти недостатки носят частный характер и в целом не снижают значения учебного пособия, которое можно рекомендовать и студентам лесных вузов.

И. Минкевич

Ленинградская лесотехническая академия

* Синадский Ю. В. Курс лекций по лесной фитопатологии. М., Изд-во МГУ, 1977, объем 13,5 печ. л.

УДК 684(08)

ЦЕННАЯ КНИГА *

За последние годы техника и технология мебельной промышленности изменились коренным образом. Созданы новые, более рациональные конструкции мебели, соответствующие высоким показателям лучших зарубежных образцов, широко используются современные прогрессивные материалы. Тем не менее для ускорения темпов дальнейшего технического прогресса в мебельном производстве необходимо решить еще ряд сложных технологических проблем.

В рецензируемой книге освещен весь комплекс взаимосвязанных процессов производства мебели от раскроя материалов до отделки готовых изделий. Приведены режимные параметры технологических процессов и технико-экономические показатели работы передовых предприятий. Все данные научно обоснованы. Книга предназначена для инженерно-технических работников мебельной промышленности, но может быть использована и студентами высших и средних специальных учебных заведений, так как имеющиеся учебники по технологии столярно-мебельных изделий в части оборудования уже устарели. Авторы умело систематизировали информацию, наглядно иллюстрировали ее и рационально изложили в сжатой форме весь важнейший и сложный материал.

Как особую удачу авторов следует отметить изложение ими самых важных данных по техническим характеристикам прогрессивного оборудования. Очень ценно описание современного нестандартного оборудования, разработанного на ряде передовых предприятий. Сложные проблемы мебельного производства можно решить в оригинальном к ним подходе, используя изложенные в книге основы. обстоятельная библиография дает возможность обратиться к первоисточникам, более подробно описывающим те или иные технические решения.

Книга не лишена недостатков. Так, на стр. 10—11 авторы утверждают, что дубильные вещества не оказывают существенного влияния в использовании строганого шпона. По нашему мнению, при отделке современными лакокрасочными материалами химические компоненты древесины играют определенную роль. Например, на древесине полисандра полиэфирные лаки не отверждаются. На рисунке, иллюстрирующем устройство скобозабивного пистолета, нет никакой технической информации, кроме общего вида. Хотелось бы, чтобы о новом оборудовании было больше конкретных сведений и рекомендаций по условиям наиболее эффективного и целесообразного его использования.

Отмеченные замечания в большей степени являются нашими пожеланиями и не снижают ценность и полезность книги. Мы считаем, что издательство «Техника» своевременно выпустило очень нужную и полезную книгу для широкого круга специалистов. К сожалению, тираж ее мал.

В. И. Онегин
Н. А. Гончаров

Ленинградская лесотехническая академия

* Гук В. К., Дурдинец П. П., Захожай Б. Я. Технический прогресс в мебельной промышленности. Киев, «Техника», 1976.

УДК 634.0.865(08)

НУЖНАЯ КНИГА*

В издательстве «Лесная промышленность» вышла книга «Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневших растительных остатков без добавления связующих» (под ред. В. Н. Петри).

В книге на современном научном уровне изложены представления о процессах, происходящих при превращении древесных частиц в пластик без добавления связующего, подробно рассмотрены методы подготовки пресскомпозиции к прессованию, влияние пластификаторов и влаги, лигнина и легкогидролизуемых полисахаридов на свойства лигноуглеводных древесных пластиков (ЛУДП). Показана зависимость физико-механических свойств ЛУДП от химического состава и других свойств сырья.

Четко рассмотрена классификация ЛУДП по виду, породам древесины, конструкции. Описано влияние основных технологических параметров (температуры, продолжительности и давления прессования, влажности сырья) на свойства ЛУДП. Приведены физические (плотность, водостойкость), механические и другие свойства ЛУДП.

Ценность книги в том, что в ней изложены результаты исследований самого автора и его учеников.

Для определения оптимальных условий изготовления ЛУДП из любого конкретного вида древесных отходов приведены экспресс-методы оптимизации параметров технологического процесса.

Книга насыщена информацией и об облагораживании сырья и пластиков с целью улучшения физико-механических, а также декоративных свойств ЛУДП.

Приведены схемы технологического процесса изготовления ЛУДП, показаны направления их использования. Дано технико-экономическое обоснование производства ЛУДП из древесных отходов.

Отметим некоторые недостатки книги. В ней не в полной мере рассматривается химизм процессов, протекающих при изготовлении пластика (в частности, мало уделено внимания роли целлюлозы). Вряд ли существовала необходимость рассматривать теорию прочности и деформативности ЛУДП, гидродинамику «кпящего» слоя, оптимизацию технологического процесса получения ЛУДП методом математического планирования экспериментов.

Видимо, следовало подчеркнуть, что книга не имеет четкой географической привязки: хотя химический состав древесины, произрастающей в различных зонах страны, различен, но свойства пластика различаются мало; тем более, что подобные работы авторами были проведены. В ряде случаев не указаны конкретные цифровые данные. Так, на стр. 216 написано «смола ... доводится водой до потребной вязкости».

Выпущенная книга хорошо дополняет литературу по вопросам комплексного использования древесины и, особенно, древесных отходов.

Г. Ф. Потуткин

Архангельский лесотехнический институт

* Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневших растительных остатков без добавления связующих. Под ред. В. Н. Петри, М., «Лесная промышленность», 1976, 360 с.

ПАМЯТИ УШЕДШИХ

80 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
А. С. ЯБЛОКОВА

14 ноября 1977 г. исполнилось 80 лет со дня рождения выдающегося лесоведа, создателя основ селекции и семеноводства лесных древесных пород в СССР, академика ВАСХНИЛ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, лауреата Государственной премии Александра Сергеевича Яблокова.

А. С. Яблоков родился в селе Ивановское-Скрябно, Ивановской области. В 1908 г. после окончания начальной школы он поступил в Костромскую мужскую гимназию, которую окончил с серебряной медалью в 1916 г. По окончании гимназии А. С. Яблоков поступил в Московский сельскохозяйственный институт, но в том же году был призван на военную службу. В 1919 г. в рядах Красной Армии участвовал в военных операциях на Северном фронте. В 1920 г. А. С. Яблоков был направлен для продолжения образования на сельскохозяйственный факультет Ивановского политехнического института, откуда в 1922 г. перешел на лесной факультет Петровской сельскохозяйственной академии, который успешно закончил в 1924 г. при Московском лесном институте.

После окончания Московского лесного института в 1924 г. А. С. Яблоков работает помощником лесничего в Кучинском лесничестве Московской области, а затем в Москвитопе лесоводом-таксатором. Знакомясь с заготовками деловой осины, он смог убедиться в весьма большой производственной ценности этой породы.

В 1927 г. Александр Сергеевич в качестве таксатора принимает участие в работах по изучению запасов и условий произрастания авиационной сосны в Бюро по авиалесу при НТУ ВСНХ СССР. Результаты этих работ позволили А. С. Яблокову сделать обоснованные выводы об оптимальных условиях для воспитания высококачественных древостоев авиасосны, а также равностойной, бессучковой (резонансной) ели.

Полученный опыт сыграл большую роль в последующей научной деятельности А. С. Яблокова по селекции лесных древесных пород и немало содействовал ему в выборе объектов работы по переделке природы лесных пород.

С 1928 г. А. С. Яблоков переходит на научно-исследовательскую работу в должности младшего научного сотрудника в лабораторию лесного почвоведения Института древесины. С этого времени почти 40 лет он работает в лесоводственной науке, закладывая основы лесной селекции, а позже создавая основы селекции лесных пород в СССР как науки и практической отрасли лесного хозяйства (лишь с июля 1941 г. по декабрь 1942 г., в период Великой Отечественной войны, когда А. С. Яблоков был призван в ряды Советской Армии, пришлось ему прекратить свою плодотворную работу).

В 1930 г. Александр Сергеевич перешел в Лабораторию лесоведения, где начал первые самостоятельные исследования по нитродукции и селекции лесных пород.

В 1933 г. во вновь созданном Всесоюзном научно-исследовательском институте лесного хозяйства (ВНИИЛХ) была организована лаборатория (позднее сектор) селекции и нитродукции лесных пород, заведование которой было поручено А. С. Яблокову.

Работу по селекции и нитродукции лесных древесных пород Александр Сергеевич начал с создания в 1937 г. Ивантеевского дендрологического сада и селекционного питомника. Ивантеевский селекционный опорный опытный пункт, организованный

в 1944 г. на базе дендрологического сада и селекционного питомника, в настоящее время ежегодно рассылает во все концы СССР семена и растения многих новых видов и сортов деревьев и кустарников.

В 1933 г. Александр Сергеевич начинает работу по селекции орехов и лещины. Уже в 1934 г. было получено много межвидовых гибридов орехов и форм лещины, которые послужили основой для выведения ценных для подмосковных районов новых сортов орехов и фундуков.

В 1935 г. А. С. Яблоков начал работу по селекции тополей, в первую очередь, осины, в двух направлениях: изучение и отбор в лесах ценных, устойчивых против гнили форм осины; выведение новых форм такой осины методом отдаленной межвидовой гибридизации.

Параллельно Александр Сергеевич провел обширные опыты по выведению новых быстрорастущих и зимостойких сортов пирамидальных тополей для средней и северной полосы Советского Союза методом отдаленной межвидовой гибридизации. В результате выведены новые ценные породы серебристых и черных пирамидальных тополей, которые в настоящее время начали широко применяться в озеленении.

Особый теоретический и практический интерес представляет работа А. С. Яблокова по селекции осины на иммунитет против сердцевинной гнили; разработаны надежные методы воспитания и выращивания здоровой осины, что имеет большое значение для лесного хозяйства нашей страны.

В 1933 г. Александр Сергеевич также начал работу по селекции лившицы методом отдаленной гибридизации. Получены гетерозисные гибридные формы лившицы, обладающие быстрым ростом и обильно плодоносящие.

За научные работы по культуре лившицы и селекции орехов А. С. Яблокову была присуждена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук без защиты диссертации, а в 1947 г. он успешно защитил докторскую диссертацию.

В 1948 г. Александру Сергеевичу присвоено ученое звание профессора по селекции и интродукции лесных пород. Он был избран заведующим кафедрой селекции и дендрологии Московского лесотехнического института, которой бессменно руководил до 1969 г.

Основные положения научных воззрений по вопросам изменчивости лесных древесных пород, селекции методом отбора и гибридизации, о путях организации сортового лесосеменного хозяйства изложены А. С. Яблоковым в опубликованных им научных статьях, книгах и монографиях общим объемом более 200 печатных листов, в научных отчетах.

А. С. Яблоков уделял большое внимание педагогической работе. Им подготовлено большое число научных работников, лесоводов-селекционеров, успешно продолжающих дело своего учителя.

В 1951 г. А. С. Яблокову была присвоена Государственная премия за выведение новых сортов гибридных тополей, в том же году за выдающиеся заслуги перед Родиной он был награжден орденом Красного Знамени, а в 1954 г. — орденом Ленина. В 1956 г. А. С. Яблоков был избран действительным членом-академиком ВАСХНИЛ, в 1956 г. избран и работал по 1960 г. членом Президиума и академиком-секретарем отделения лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ.

Такой светлый жизненный путь в советской лесоводственной науке прошел А. С. Яблоков от простого лесовода до большого ученого с мировым именем. Ученый-коммунист, неутомимый экспериментатор и пылкий исследователь, заботливый и требовательный учитель, чуткий товарищ, пламенный патриот русской лесной науки — таким знали А. С. Яблокова лесоводы в нашей стране и за границей.

А. Я. Любавская

Московский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

<i>П. И. Войчалъ.</i> Новый закон о лесах	3
---	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>В. М. Еремин.</i> Особенности анатомического строения коры различных форм <i>Picea excelsa</i> Link.	5
<i>И. И. Гусев.</i> Оценка некоторых способов определения текущего прироста запаса наличного древостоя	10
<i>А. П. Нечаев.</i> Факторы многовершинности кедров корейского	12
<i>И. В. Воропанов, В. И. Шошин.</i> Еще раз о формуле текущего прироста по запасу насаждения	17
<i>В. В. Успенский, Г. А. Григорова.</i> Метод качественной оценки текущего прироста по объему	21
<i>Л. Ю. Ключников.</i> О степени изреживания лиственных пород арборицидами	24
<i>А. Х. Ошкеев.</i> Токсические свойства монотерпенов по отношению к хвоегрызущим и вредителям шишек и семян хвойных пород	28
<i>А. Ф. Пронин, Г. И. Ларин, Ю. И. Колесников.</i> Коэффициент трения суглинистой почвы по металлу на лесокультурных площадях	30

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С. И. Морозов.</i> О расчетной величине продольной силы в бесстыковом пути	34
<i>И. И. Слепко.</i> Исследование динамических усилий в несущем канате с закрепленными концами при обрыве и стопорении груза	40
<i>В. Е. Попов.</i> Влияние несимметричности конструкции трансмиссии на распределение крутящих моментов в полноприводном лесовозном автомобиле	46
<i>А. В. Дуров.</i> О расходе мощности и энергозатратах на привод вспомогательных агрегатов тепловоза ТУ7	50
<i>Ю. А. Седов.</i> О нахождении оптимальной траектории козла при работе манипулятора ВТМ	54
<i>Н. В. Матишин.</i> Оценка остаточной работоспособности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок	56
<i>К. А. Чекалкин.</i> Об остановке плотов в режиме постоянной тормозной мощности	59
<i>В. Я. Харитонов.</i> Исследование падения бревен на воду	65

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Б. С. Чудинов, В. И. Степанов, А. В. Финкельштейн.</i> Гигроскопичность древесины при отрицательных температурах	71
<i>В. К. Лобастов, А. И. Лукашенко.</i> КПД бипланетарных исполнительных механизмов деревообрабатывающих станков	75
<i>В. А. Шамаев.</i> Подшипники скольжения из древесины, модифицированной мочевиной	80
<i>Е. М. Боровиков, И. В. Мильченко, А. Е. Рыжов.</i> К вопросу о напряжениях у кромок рамных пил при действии горизонтальной силы	84
<i>А. А. Леонович.</i> Некоторые условия изготовления утолщенных огнезащитных древесноволокнистых плит пониженной плотности	87
<i>А. Д. Голяков.</i> О влиянии влажности древесины на точность силовой сортировки пиломатериалов	92
<i>А. С. Чурилин, Ю. А. Матыцин.</i> Звукоизоляция деревообрабатывающего оборудования с помощью дифракционных решеток	96

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Н. Н. Калинин, А. И. Киприанов, М. А. Сидоров, Ю. В. Храмов.</i> Расчет сопротивлений массопроводов целлюлозно-бумажного производства с использованием реологических параметров волокнистых суспензий	100
--	-----

В. Н. Созонова, Д. А. Беленков. Исследование токсичности и фиксируемости в древесине препарата «Доналит УА»	103
Т. И. Прохорчук, Э. М. Цацка, А. С. Головнич. Пирокатехин из топочной кислой воды	107
Б. Е. Фомин, И. Е. Аракин, Р. З. Пен. Оптимизация натронно-кислородной варки целлюлозы из лиственницы	110
А. А. Мариев, Б. С. Филиппов, Б. Д. Богомолов. Сравнительное исследование насадок при ректификации таллового масла	114
Б. П. Ерыхов, Д. М. Фляте. О чувствительности физико-механических критериев оценки макроструктуры бумаги	119

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Б. А. Таубер, Н. А. Можегов. Некоторые вопросы теории построения автокубатурников на базе грейферных механизмов	125
Г. В. Данилов, В. В. Сабов. К расчету проектной производительности валочно-пакетирующей машины непрерывного действия	129
Н. А. Можегов. Экспериментальное исследование полнодревесности пачки круглых длинномерных лесоматериалов при формировании ее в зеве грейферного механизма	133

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

А. И. Петров, А. Н. Смелик. Народнохозяйственная эффективность освоения ресурсов низкосортной и маломерной древесины и отходов в лесном хозяйстве	137
Г. С. Бурин. Методы оценки экономической эффективности мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников промышленными выбросами целлюлозно-бумажных предприятий	141
Л. А. Петрова. К анализу процесса развития и трансформации лесозаготовительных предприятий	145

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

П. В. Литвак, А. П. Евдокимов. Опыт культур карельской березы в условиях Украинского Полесья	149
А. М. Межибовский, А. А. Великотный. Текущий прирост одновозрастных ельников Горьковской области	151
Т. И. Машнина, Л. И. Энтин. Распространение в насаждении яйцеда теленомуса, выпущенного в одной точке	154
А. М. Краснитский. Влияние сроков листопада на транспирацию побегов у дуба	156
В. К. Попов, Ю. А. Ломовских, Р. И. Дерюжкин. Формовое разнообразие березняков ЦЧО по характеру растрескивания коры	160
И. И. Федотов. Исследование надежности конденсатора магнето двигателя бензипомоторной пилы МП-5 «Урал-2»	163
С. А. Сапотницкий. К вопросу о влиянии некоторых факторов сульфитной варки еловой древесины на выход сахаров	166

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

И. И. Минкевич. О книге по лесной фитопатологии	169
В. И. Онегин, Н. А. Гончаров. Ценная книга	170
Г. Ф. Потуткин. Нужная книга	171

ПАМЯТИ УШЕДШИХ

А. Я. Любавская. 80 лет со дня рождения А. С. Яблокова	172
--	-----

CONTENT

P. I. Voichal. New forest law	3
---	---

FORESTRY

V. M. Eremin. Peculiarities of bark anatomy of different forms of <i>Picea excelsa</i> Link.	5
I. I. Gusev. Estimating some methods of determination of current increment of crop in available stands	10
A. P. Nechaev. Factors of multitopism of <i>Pinus Koraiensis</i>	12
P. V. Voropanov, V. I. Shoshin. Once more about the formula of the current annual increment according to the standing-crop	17
V. V. Uspensky, G. A. Grigorova. Method of qualitative estimation of current volume increment	21
L. Yu. Klyuchnikov. On the degree of thinning hardwoods with arboricides	24
A. H. Oshkaev. On toxic features of monoterpenoides relating to the insects that destroy needles, cones and seeds	28
A. F. Pronin, G. I. Larin, Yu. I. Kolesnikov. Friction factor of loamy soil against metal on woody areas	30

FOREST EXPLOITATION

S. I. Morozov. On rated value of longitudinal force in jointless rail-way	34
I. I. Stepko. Investigation of dynamic forces in carrying rope with fastened ends in the time of falling and stopping the load	40
V. E. Popov. Influence of non-symmetric transmission design upon the distribution of torques in a full-drive log truck	46
A. V. Durov. On expenditure of power and energy for driving auxiliary units of TU7 locomotive	50
Yu. A. Sedov. On determination of the optimum butt trajectory during the operation of a faller-skidder manipulator	54
N. V. Matiishin. Estimation of residual capacity of carrying ropes in suspended log transporting facilities	56
K. A. Chekalkin. On stopping rafts in the rate of constant braking power	59
V. Ya. Haritonov. Investigation of falling logs on water	65

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

B. S. Chudinov, V. I. Stepanov, A. V. Finkelshtein. Wood hygroscopicity at negative temperatures	71
V. K. Lobastov, A. I. Lukashenkov. The efficiency of biplanetary operating mechanisms of woodworking machines	75
V. A. Shamaev. Plain bearings of wood modified with urea	80
E. M. Borovikov, I. V. Milchenko, A. E. Ryzhov. On the problem of stresses at the edges of frame saws under the horizontal force action	84
A. A. Leonovich. Some conditions of production of the flameretardant medium-density fibre board	87
A. D. Golyakov. The influence of moisture in wood on precision of stress grading	92
A. S. Churilin, Yu. A. Matytsin. Sound insulation of woodworking machinery with the help of diffraction lattice	96

CHEMICAL WOODWORKING

N. N. Kalinin, A. I. Kiprianov, M. A. Sidorov, Yu. V. Hramov. Calculation of resistances of stocklines used in cellulose and paper production with the use of reological parameters of fibre suspensions	100
V. N. Sozonova, D. A. Belenkov. Investigation of toxicity and fixation of the preparation „Donalit UA“ in wood	103
T. I. Prokhorchuk, E. M. Tsatska, A. S. Golovnich. Pyrocatechol from the fur-nace acid water	107

Content

<i>B. E. Fomin, I. E. Arakin, R. Z. Pen.</i> Optimization of soda-oxygen pulp cooking of larch wood	110
<i>A. A. Mariev, B. S. Filippov, B. D. Bogomolov.</i> The comparative study of packing by rectification of tall oil	114
<i>B. P. Erykhov, D. M. Flyate.</i> On sensitivity of physico-mechanical criteria of estimating paper macrostructure	119

*COMPLEX MECHANIZATION
AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES*

<i>B. A. Touber, N. A. Mozhegov.</i> On theory of designing auto-volume measuring-designs on the basis of grapple mechanisms	125
<i>G. V. Danilov, V. V. Sabov.</i> On the calculation of projected output of a felling-bunching machine of continuous operation	129
<i>N. A. Mozhegov.</i> Experimental investigation of the volume of a log bunch at the time of its forming in the mouth of a grab mechanism	133

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

<i>A. P. Petrov, A. N. Smelik.</i> General efficiency of lowgrade smallsized wood and logging residues utilization in forestry	137
<i>G. S. Burin.</i> Methods of estimating economical efficiency of actions taken to prevent pollution of reservoirs with industrial residues of cellulose and paper mills	141
<i>L. A. Petrova.</i> Analysis of development and transformation of some logging enterprises	145

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>P. V. Litvak, A. P. Fedokimova.</i> Birch Karelian in the conditions of Ukrainian woodlands	149
<i>A. M. Mezhibovsky, A. A. Velikotny.</i> Current increment of one-aged fir-woods in Gorky Region	151
<i>T. I. Mashnina, L. I. Entin.</i> Wide-spredding of ovum telenomys let out at one point	154
<i>A. M. Krasnitsky.</i> The influence of periods of falling leaves on the transpiration of oak shoots	156
<i>V. K. Popov, Yu. A. Lomovskikh, R. I. Deryuzhkin.</i> Form variety of birch woods according to the character of checking bark	160
<i>I. I. Fedorov.</i> Reliability investigation of condensators mounted on the magneto engine of MP-5 „Ural-2“ petrol saw	163
<i>S. A. Sapotnitsky.</i> On the effect of some sprucewood sulphite pulp cooking factors on the sugar yield	166

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>I. I. Minkevich.</i> On the book of forest phytopathology	169
<i>V. I. Onegin, N. A. Goncharov.</i> The valuable book	170
<i>G. F. Potutkin.</i> Indispensable book	171

<i>A. Yu. Lyubavskaya.</i> To the 84th birthday of A. S. Yablokov	172
---	-----
