

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ

2

1975

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, доц. П. И. Войчалъ, проф. И. В. Воронин, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, доц. В. О. Самуйлло, проф. В. Н. Худоногов, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2.
(Год издания восемнадцатый)

Сдан в набор 24/II 1975 г. Подписан к печати 18/IV 1975 г.
Форм. бум. 70×108¹/₁₆. Печ. л. 15,4 + 2 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,78.
Тираж 2500. Сл. 00027. Заказ 374. Цена 1 руб.

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

30-я ГОДОВЩИНА ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ СОВЕТСКОГО НАРОДА В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

9 мая 1975 года исполняется тридцать лет со дня победоносного завершения Великой Отечественной войны. Победа над злейшим врагом человечества — германским фашизмом, в достижение которой наш народ и его Вооруженные силы внесли решающий вклад, имела всемирно-историческое значение. Она открыла многим народам путь к свободе, независимости, социальному прогрессу, привела к коренному изменению в соотношении классовых сил на международной арене в пользу мира, демократии и социализма. Позиции социализма ныне стали прочнее, чем когда-либо, а дело мира достигает все новых и новых успехов. Народы всего мира в большой мере обязаны победе Советского Союза в Великой Отечественной войне. Война нашего государства с фашистской Германией была не только смертельной схваткой вооруженных сил; это было противоборство двух социально-экономических и политических систем — социализма и капитализма. Развернулась невиданная по масштабам битва между ударными силами империализма и первой социалистической державой. «В этой войне решалась судьба первого в мире социалистического государства, будущее мировой цивилизации, прогресса и демократии», — говорится в постановлении ЦК КПСС «О 30-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов». В трудных испытаниях войны наглядно проявились преимущества социалистической системы хозяйства, основанной на общественной собственности на средства производства, вдохновенном труде свободных от эксплуатации людей, централизованном плановом управлении народным хозяйством.

Почти четыре огненных года длился народный подвиг. Вдохновителем и организатором победы советского народа в Великой Отечественной войне была Коммунистическая партия — руководящая и направляющая сила нашего общества. Всей своей предшествующей революционной деятельностью партия была подготовлена к тому, чтобы в любых трудных условиях привести советский народ к победе. В основе деятельности Коммунистической партии лежали указания В. И. Ленина о том, что «раз дело дошло до войны, то все должно быть подчинено интересам войны, вся внутренняя жизнь страны должна быть подчинена войне, ни малейшее колебание на этот счет недопустимо».

Коммунистическая партия провозгласила борьбу против германского фашизма как Великую Отечественную войну советского народа. Осуществляя политику всенародной защиты социалистического Отечества, партия с первых же дней войны развернула гигантскую организаторскую работу по перестройке на военный лад всего народного хозяйства, мобилизации всех людских и материальных ресурсов, руководству боевыми действиями на фронтах. Провозглашенный партией лозунг «Все для фронта, все для победы!» стал боевым знаменем советского народа.

В жестоких битвах с врагом на фронтах и в тылу рабочие, колхозное крестьянство, интеллигенция, воспитанные Коммунистической партией, проявили пламенный патриотизм, неспиаемую волю, исключительную стойкость, героизм, совершили подвиг, равного которому не знает история.

«Окружение и разгром многотысячных армий противника, — отмечает Л. И. Брежнев, — глубокие охваты и рейды в тыл, искусная координация и взаимодействие различных родов войск, осуществлявшиеся в ходе Отечественной войны, явились непревзойденными образцами военного искусства...»

Как отмечается в постановлении ЦК КПСС о 30-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне, «наша страна стала главной силой, преградившей путь германскому фашизму к мировому господству, вынесла на своих плечах основную тяжесть войны».

Коммунистическая партия возглавила борьбу советских патриотов на оккупированной фашистами территории, организовала в тылу врага действия партизанских соединений, партийного и комсомольского подполья, срыв населением военных, экономических и других мероприятий захватчиков.

Всенародное партизанское движение в нашей стране в годы Великой Отечественной войны явилось не только самым массовым в истории войн, но и самым организованным и планомерным.

В постановлении ЦК КПСС «О 30-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов» отмечается огромный вклад наших женщин в победу. «В памяти народа, — говорится в постановлении, — навсегда сохранится образ советской женщины-патриотки, бойца, труженицы, солдатской матери».

По зову партии на защиту Родины поднялся испытанный боевой помощник коммунистов — ленинский комсомол.

Борьба советского народа против гитлеровских захватчиков была не только противоборством в области военной и экономической; вместе с тем это была борьба двух непримиримых идеологий — социалистической и фашистской. Идеология фашизма — самая реакционная и опасная разновидность буржуазной идеологии — отражала стремление германского монополистического капитала к мировому господству. Ее основу составляли оголтелый антикоммунизм, пресловутая теория «жизненного пространства», человеконенавистнические идеи расизма в самых изуверских его формах.

Империалистической агрессивной идеологии германского фашизма противостояла социалистическая идеология, основанная на теории марксизма-ленинизма, отражающая коренные интересы рабочего класса и колхозного крестьянства, всех трудящихся нашей страны. Партия вела неустанную идеологическую работу, разъясняя преступные грабительские цели фашистской Германии и освободительные цели Советского Союза.

Глубоко убежденные в торжестве дела Коммунистической партии, в справедливости социалистического общественного и государственного строя советские люди встали на защиту своего родного отечества, боролись, не щадя сил и самой жизни, проявляя массовый героизм и самоотверженность при выполнении патриотического и интернационального долга.

Победа над немецко-фашистскими захватчиками была одержана с участием многих народов. В ходе войны сложилась мощная антигитлеровская коалиция. Серьезные удары по врагу нанесли армии западных союзников, храбро сражались боевые соединения Польши, Чехословакии, Югославии. Важную роль в борьбе с фашизмом сыграло движение Сопротивления, широко развернувшееся в оккупированных странах.

Однако именно советский народ, его героическая армия вынесли на своих плечах основную тяжесть войны, сыграли решающую роль в победе над фашистской Германией, а затем и милитаристской Японией. «Советский народ и его доблестные Вооруженные Силы под руководством Коммунистической партии нанесли сокрушительное поражение гитлеровской Германии и ее сателлитам, отстаивали свободу и независимость социалистического Отечества, осуществили великую освободительную миссию, с честью выполнили свой интернациональный долг», — подчеркивается в постановлении ЦК КПСС «О 30-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов». Наша победа в Отечественной войне — великое торжество советского общественного и государственного строя, рожденного Октябрьской революцией, торжество социалистической экономики, идеологии марксизма-ленинизма, морально-политического единства советского общества, братской дружбы народов СССР.

Разгром германского фашизма и японского милитаризма оказал глубочайшее воздействие на весь ход мирового развития. В результате успешного осуществления революций в ряде стран Европы и Азии возникла мировая социалистическая система, могущество которой ныне все более растет и крепнет; потерпела крушение колониальная система империализма, углубился общий кризис капитализма, значительно окрепло международное рабочее и коммунистическое движение.

«...Советский народ, — подчеркивал Генеральный секретарь ЦК КПСС Л. И. Брежнев, — с честью выдержал суровое испытание войны. Враг был разбит, повержен. Наш замечательный народ, народ-герой, народ-богатырь высоко поднял над планетой и победно пронес

сквозь огонь военных лет овеянное славой ленинское знамя, знамя Великого Октября, знамя социализма».

За 30 лет советский народ под руководством Коммунистической партии залечил раны войны, неизмеримо преумножил мощь своей Родины и ныне самоотверженно борется за успешное выполнение планов девятой пятилетки.

Коммунистическая партия и Советское правительство проводят последовательную миролюбивую политику, неуклонно осуществляют Программу мира, принятую XXIV съездом КПСС, делают все для того, чтобы мирный труд и безопасность нашей страны были надежно защищены.

Советские люди готовятся отметить юбилей великой Победы как всенародный праздник. Патриотический долг каждого советского человека — достойно встретить славную годовщину, ознаменовать ее новыми достижениями на трудовом фронте!

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 581.821.2

**ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ
НА АНАТОМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ КОРЫ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

В. М. ЕРЕМИН

Воронежский лесотехнический институт

Анатомический анализ коры сосны обыкновенной, произрастающей на болоте и в бору-зеленомошнике, позволил выявить различия в структуре коры.

Установлено влияние избыточного увлажнения на степень развития тканей, параметры клеточных элементов и характер возрастных изменений.

Исследования в области экологической анатомии древесных растений специфичны, так как в природных условиях трудно выделить влияние какого-то одного фактора. Кроме того, под действием того или иного фактора изменяется значительное количество клеточных элементов. Указанные особенности, по мнению А. А. Яценко-Хмелевского [11], и обусловили незначительное количество работ в области экологической анатомии древесных растений.

Наиболее сильно изменение климатических и экологических условий отражается на ширине годичного прироста в толщину [5], [6], [11]. Исследование влияния экологических факторов на размеры отдельных элементов древесины показало, что с ухудшением условий произрастания они уменьшаются [1—3], [5—7], [9], [10]. Если данные экологической анатомии древесины во многих случаях остаются весьма неопределенными [11], то в отношении анатомической структуры коры только однажды мы встретили в литературе указание, что с ухудшением условий местообитания в годичном слое вторичной флоэмы у елей может уменьшаться количество аксиальной паренхимы [12]. Другие авторы высказывают лишь предположение, что при изменении экологических условий могут наблюдаться значительные отклонения в анатомической структуре коры [8].

Можно полагать, что с изменением экологических условий общий характер изменений в коре будет сходен с тем, который наблюдается в древесине; на эту мысль наводит общность в функциях и происхождении вторичной ксилемы и флоэмы. Однако по гистологическому составу кора — более сложный тканевый комплекс, в ней наблюдаются многообразные возрастные изменения. Элементы, слагающие кору, менее прочны, чем слагающие древесину. Все это позволяет надеяться, что и влияние экологических факторов на анатомическую структуру коры значительнее.

Для исследования влияния избыточного увлажнения на структуру коры в Яманском лесничестве Ленинского лесхоза Липецкой области мы отбирали модельные деревья на осоковом торфяном болоте и в бору-зеленомошнике (в 300 м от болота). В условиях болота деревья росли только на микроповышениях, не покрытых водой. Характеристика модельных деревьев приведена в табл. 1.

Таблица 1

Место взятия моделей	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м
Бор-зеленомошник	36	22,0	16,5
	35	20,0	16,0
Болото	35	14,0	5,7
	33	13,5	5,7

Как видно из таблицы, влияние избыточного увлажнения существенно отразилось на габитусе растений. Все модельные деревья были нормально развиты, без внешних признаков поражения насекомыми и грибами, гнили в стволах не оказалось.

Микрообразцы коры для исследования брали от 1—2-летних побегов, в середине верхней трети ствола, на половине ствола и на высоте 1,3 м от уровня почвы. По общепринятой методике на санном микротоме готовили поперечные и продольные срезы и после проводки и окраски — постоянные препараты, которые исследовали с помощью светооптических микроскопов МБИ-6 и МВ-30. Данные измерений проводящих элементов сведены в вариационные ряды и обработаны методами математической статистики.

Независимо от условий местопрорастания гистологический состав коры остается постоянным, но значительное различие наблюдается в степени развития отдельных тканей, а следовательно, и коры в целом, и в характере возрастных изменений. Не давая характеристики тканей, охарактеризуем только те особенности, которые обусловлены различиями в условиях местообитания, принимая, что условия борозеленомошника более или менее благоприятны для сосны обыкновенной.

Эпидермис и гиподерма побегов не имеют различий ни в строении, ни в степени развития. Наружная перидерма толще (иногда в 1,5 раза) у растений, произрастающих в благоприятных условиях: у них лучше развита губчатая феллема. В обоих условиях произрастания некоторые клетки феллемы и феллодермы имеют стилоиды оксалата кальция.

Первичная кора значительно хуже развита у сосны, произрастающей в условиях болота (табл. 2), в благоприятных условиях эта ткань сложена более крупными клетками, кристаллы в обоих случаях встречаются чрезвычайно редко. Значительные различия имеются в смоляной системе первичной коры. Если на поперечном срезе побега в оптимальных условиях насчитывается 18—25 основных и 5—10 дополнительных смоляных ходов, то в условиях болота число основных ходов не превышает 14, дополнительных — 6. Структурно они не изменились, но уменьшились в диаметре: тангентальный размер — вдвое (150—250 мк), а радиальный — в 1,5 раза (100—150 мк). У болотной сосны отмечается образование перидермы внутри хода. Клетки эпителия принимают на себя роль феллогена и откладывают в сторону паренхимы первичной коры клетки феллодермы, а внутрь смоляного хода — губчатую и каменистую пробку.

Первичная флоэма, как правило, сильно деформирована. Вторичная флоэма у болотной сосны имеет несколько меньшую толщину, что обусловлено меньшим количеством ситовидных клеток в радиальном ряду. Незначительные различия в параметрах ситовидных клеток побегов в дальнейшем не сглаживаются, а достигают в стволовой части своего максимального выражения (табл. 2).

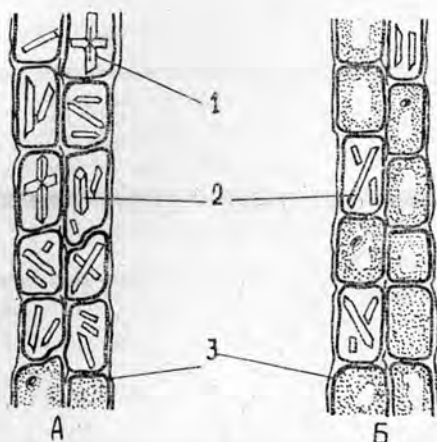
Таблица 2

Элементы коры	Характеристика элементов коры			
	Болото		Бора-зеленомошник	
	Побег	Стволовая часть	Побег	Стволовая часть
Общая толщина коры, мм	0,8—1,2	9,0	1,0—1,3	15—16
Корка, мм	—	7,0	—	8—12
Наружная перидерма, мк	80—90	—	80—150	—
Первичная кора, мк	450—500	—	500—900	—
Вторичная флоэма, мк				
вся	170—180	1700—1800	170—200	2800—3000
в том числе проводящая	170—180	100—120	170—200	300—320
Число клеток в радиальном ряду проводящей флоэмы, шт.	15—17	7—8	17—20	14—16
Число лучей на 1 мм ² тангентального среза, шт.	55—60	30—35	35—40	20—25
Число клеток с кристаллами на 1 мм ² тангентального среза, шт.	1—3	22—25	1—5	10—15
Длина ситовидных клеток, мк	—	1726 ± 55	—	2844 ± 46
Коэффициент вариации, %	—	16	—	8
Тангентальный размер ситовидных клеток, мк	16 ± 0,2	27 ± 0,2	20 ± 0,3	32 ± 0,2
Коэффициент вариации, %	6,3	3,7	7,5	3,1
Радиальный размер ситовидных клеток, мк	11 ± 0,2	17 ± 0,1	10 ± 0,1	22 ± 0,2
Коэффициент вариации, %	9,1	3,0	5,0	4,6

Проводящая флоэма в благоприятных условиях увлажнения развита втрое лучше, это обусловлено как большим радиальным размером ситовидных клеток, так и большим их количеством в радиальном ряду. В количестве аксильной паренхимы в годичном слое вторичной флоэмы существенных различий не наблюдается. Во вторичной флоэме сосны болотной отмечено резкое увеличение кристаллоносной паренхимы, однако это не касается побегов, где число клеток с кристаллами не зависит от условий увлажнения и может составлять 1—5 на 1 мм² тангентального среза. В нижней части ствола число клеток или тяжей клеток с кристаллами на этой же площади у сосны из бора-зеленомошника вдвое меньше, чем у болотной. По форме это типичные стилоиды, характерные для двухвойных сосен [4]. У болотной сосны ино-

Рис. 1. Кристаллоносная паренхима во вторичной флоэме сосны болотной (А) и сосны из бора-зеленомошника (Б).

1 — сросшиеся кристаллы; 2 — стилоиды; 3 — оболочка клетки.



да наблюдается их срастание, чего мы не замечали у сосны в нормальных условиях (рис. 1). Длина кристаллов обычная для этого вида: от 40 до 150 мк. В непроводящей флоэме менее четко различается годовичная слоистость, аксиальная паренхима в большей степени подвержена дилатации.

Горизонтальная паренхима (флоэмные лучи) во вторичной флоэме сосен в нормальных условиях увлажнения развита несколько хуже: по числу лучей на 1 мм² тангентального среза сосна болотная имеет показатель выше на 15—20%, однако как в коре побегов, так и в стволовой части слоистость лучей у сосны болотной ниже (табл. 3).

Таблица 3

Место взятия моделей	Число слоев флоэмы	Число лучей, % от общего количества	
		в 1-летнем побеге	в стволовой части
Бор-зеленомошник	1—5	60	36
	6—10	28	48
	Более 10	12	16
Болото	1—5	72	56
	6—10	20	40
	Более 10	8	4

Типичный ритидом у сосны в нормальных условиях образуется в нижней трети ствола, тогда как у болотной корка покрывает ствол по длине на 60%.

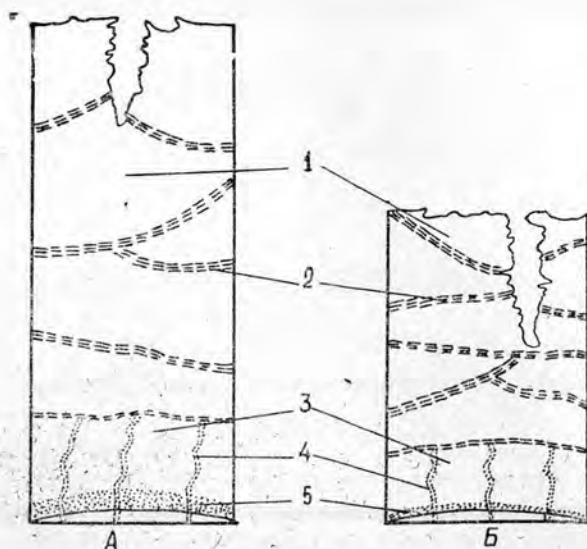


Рис. 2. Схема расположения тканей коры в нижней части ствола у сосны из бора-зеленомошника (А) и у болотной сосны (Б).

1 — корка; 2 — перидерма; 3 — непроводящая флоэма; 4 — флоэмные лучи; 5 — проводящая флоэма.

Толщина корки у сосны в оптимальных условиях обитания в 1,5—2 раза больше, чем у болотной сосны, что объясняется более интенсивным образованием флоэмы и корки. В структуре повторных перидерм различий нет, но закладываются они у болотной сосны в пространственном отношении значительно чаще. Расстояние между повторными перидермами у болотной сосны составляет 1—2 мм, а у сосны в нормальных условиях 2—3 мм (рис. 2).

Таким образом, избыточное увлажнение вызывает уменьшение размеров проводящих элементов в коре, ширины годичного слоя вторичного луба, а в связи с этим и общей толщины коры. Кроме этого, увеличивается количество кристаллоносной паренхимы, уменьшается слонистость лучей. В условиях избыточного увлажнения ритидом покрывает ствол на большем протяжении. Характер изменения проводящих элементов луба в условиях белота аналогичен отмеченному для проводящих элементов древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Блинцов И. К., Ипатьев В. А. Влияние осушения торфяных почв на анатомическое строение древесины сосны. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 2. [2]. Вихров В. Е., Перелыгин Л. М. О формировании древесины дуба в связи с условиями произрастания. М.—Л., Гослесбумиздат, 1949. [3]. Гоциридзе Л. А. Анатомическое строение древесины ели восточной (*Picea orientalis*) в связи с условиями произрастания. — Труды Тбилисского института леса, т. XIX—XX, 1972. [4]. Еремин В. М., Максимов В. М. Отложение оксалата кальция в коре некоторых сосен. — Научные доклады высшей школы «Биологические науки», № 1, 1974. [5]. Иванов Л. А. Анатомия растений. Л., Гослестехиздат, 1939. [6]. Имс А. Дж., Мак Даниэльс Л. Г. Введение в анатомию растений. М.—Л., Государственное изд-во совхозной и колхозной литературы, 1935. [7]. Лобжанидзе Э. Д. Влияние изменения светового режима на анатомическое строение древесины бука восточного. — Сообщения АН Груз. ССР, т. XLVI, № 3, Тбилиси, 1967. [8]. Раскатов П. Б. Структура коры белой лихты. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1964, № 3. [9]. Сахаров М. И. Анатомическое строение древесины сосны в связи с условиями произрастания. — Труды Брянского сельскохозяйственного института, т. II. Брянск, 1940. [10]. Шатерникова А. Н. О влиянии различного стояния грунтовых вод на анатомическое строение сосны. — Труды по лесному опытному делу, вып. II (XX), Л., 1929. [11]. Яценко-Хмелевский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.—Л., изд. АН СССР, 1954. [12]. Holdheide W. Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden. In Handbuch der Mikroskopie in der Technik, b. V, t. 2. F. am. M., 1951.

Поступила 19 октября 1974 г.

УДК 581.1

СИНТЕЗ И ОБНОВЛЕНИЕ БЕЛКОВ В ИЗОЛИРОВАННЫХ КОРНЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В СТЕРИЛЬНОЙ КУЛЬТУРЕ

Т. С. МОМОТ

Ленинградская лесотехническая академия

Изучали состав синтезированных белковых аминокислот в изолированных корнях сосны обыкновенной и ели европейской, а также обновление этих аминокислот на основе поглощенной C^{14} сахарозы. Установлена определенная общность в направленности процессов биосинтеза и обновления белков в корнях сосны и ели, что говорит об общности основных физиологических параметров в корневых системах этих хвойных растений.

Убедительным подтверждением активной метаболической роли корней и их относительной физиологической автономности явились результаты экспериментальных исследований культуры изолированных корней [5], [6]. Было показано, что изолированные корни способны синтезировать все свойственные корням целых растений аминокислоты, амиды и макромолекулярные белки — ферменты, необходимые для осуществления реакций биосинтеза аминокислот.

Данная работа является продолжением наших исследований по синтезу и обмену свободных аминокислот в изолированных корнях сосны и ели. Ее цель — изучение синтеза и обновления белковых аминокислот в изолированных корнях *Pinus silvestris* L. и *Picea abies* (L.) Karst.

Изолированные корни сосны и ели выращивали в течение двух месяцев на модифицированной нами жидкой питательной среде Сланкиса [1—3]. Затем корни выдерживали определенное время в питательной среде с меченой сахарозой (4,2 мкКи на 1 мл среды), после чего в них количественно определяли содержание связанных аминокислот методом одномерной распределительной хроматографии на бумаге [7]. Общую радиоактивность устанавливали с помощью сцинтилляционного счетчика Mark II фирмы Nuclear Chicago (США).

Результаты проведенных анализов представлены в табл. 1, из которых видно, что изолированные корни сосны и ели обладали одинаковым набором связанных аминокислот. Это согласуется с полученными нами ранее данными об одинаковом наборе свободных аминокислот в этих объектах.

Для корней сосны и ели характерно повышенное содержание в их белке основной аминокислоты — гистидина. Наибольшее содержание аргинина в растворимой фракции (из наших данных по свободным аминокислотам) и повышенное содержание гистидина в белковой, по-видимому, обусловлено генетическим фактором, благодаря которому в ходе эволюции хвойные приобрели способность аккумулировать в больших количествах гексоновые основания. Содержание остальных аминокислот в исследуемых объектах было сходным.

Таблица 1

Аминокислоты	Содержание связанных аминокислот, мкМ на 100 г сырого веса корней			
	сосны		ели	
	Продолжительность опыта, ч			
	12	48	12	48
Лизин	6,80	7,07	6,53	6,12
Гистидин	10,10	10,50	9,90	10,30
Аспарагиновая кислота	4,63	4,63	4,44	3,70
Серин	4,34	4,55	5,53	5,52
Глицин	5,02	4,75	5,54	5,68
Глутаминовая кислота	5,91	6,10	5,54	5,73
Треонин	3,92	3,92	3,80	3,46
Аланин	6,14	6,53	6,53	6,34
Пролин	4,68	4,68	4,16	3,64
Лейцин	6,11	6,39	6,11	6,58

Данные табл. 2 показывают, что максимум удельной радиоактивности связанных аминокислот в корнях сосны и ели приходится на глицин и серин, то есть на аминокислоты, которые и в растворимом состоянии также характеризовались наибольшей способностью к обмену. Следовательно, включение меченых свободных аминокислот в белки коррелирует с темпами их обновления. Средняя величина удельной радиоактивности отмечена для гистидина. Таким образом, гистидин, содержащий в своей молекуле большое количество азота, играет значительную роль в процессах обновления белков в корнях сосны и ели.

Таблица 2

Аминокислоты	Удельная радиоактивность аминокислот, мкКи/милли атом углерода на 100 мг сырого веса корней			
	сосны		ели	
	Продолжительность опыта, ч			
	12	48	12	48
Лизин	4,7	21	5,7	17
Гистидин	20	68	52	64
Аспарагиновая кислота	11	57	10	43
Серин	16	92	24	99
Глицин	16	112	41	146
Глутаминовая кислота	4,2	24	6,7	32
Треонин	6,5	31	10	38
Аланин	12	46	16	34
Пролин	2,6	15	7,3	25
Лейцин	5,4	28	5,8	20

Итог проведенных нами исследований по синтезу и обмену свободных [4] и связанных аминокислот в корнях сосны и ели позволяет констатировать следующее. Биосинтез и состав растворимых и белковых аминокислот, а также направленность процессов обмена этих аминокислот в изолированных корнях сосны и ели одинакова, то есть одинакова, в основных чертах, физиология корневых систем этих хвойных пород.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Момот Т. С. Культура изолированных корней как метод исследования в физиологии древесных растений. — Тезисы докладов III Уральского совещания по физиологии и экологии древесных растений. Уфа, 1970. [2]. Момот Т. С. Новые методы в изучении корневых систем древесных растений в лабораторных условиях. — Материалы научно-технической конференции 1971 г. ЛТА, 1971. [3]. Момот Т. С., Смирнов А. М., Яценко-Хмелевский А. А. Особенности роста изолированных корней ели европейской (*Picea abies* Karst.) в стерильных условиях. — Изв. АН СССР, 1972, № 5. Сер. биологическая. [4]. Момот Т. С. Синтез и обмен аминокислот в изолированных корнях сосны обыкновенной и ели европейской в стерильной культуре. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1. [5]. Смирнов А. М. Рост и метаболизм изолированных корней в стерильной культуре. М., «Наука», 1970. [6]. Уайт Ф. Р. Культура растительных тканей. М., ИЛ, 1949. [7]. Успенская К. К., Кретович В. Л. В кн.: Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М.—Л., изд-во АН СССР, 1962.

Поступила 8 июля 1974 г.

УДК 634.0.232.312.2

ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ СЕМЯН ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

А. И. БАРАНОВ, А. И. ЗЕМЛЯНУХИН, М. А. МАЛОФЕЕВА

Воронежский лесотехнический институт

Изложено решение задачи по определению ударных импульсов, действующих на семена, при сбросе их с вращающейся распределительной поверхности в процессе механической обработки, а также даны результаты экспериментальных исследований по обоснованию конструктивных и кинематических параметров распределительного диска, обеспечивающих минимальное повреждение семян.

Семена некоторых древесно-кустарниковых пород перед очисткой извлекают из плодов и соплодий, обескряливают [1].

В существующих обескряливателях крылышки отделяются под действием сил трения и удара. В горизонтальных цилиндрах обескряливателей ВНИИЛМа и в комбинированной машине МОС семена концентрируются в нижней части, так как они подаются через верхнее отверстие самотеком. Поэтому воздействие ротора на них неравномерно, в результате часть крылышек не отделяется, а в другой зоне возможно повреждение оболочек. Для улучшения качества обескряливания и сохранения всхожести семян нами предложена несколько иная конструкция машины*. В этой конструкции цилиндр 1 вертикален, а для равномерного распределения семян по цилиндрической рабочей поверхности они подаются на нее с распределительного диска 2, который вращается вместе с валом 3, то есть подача принудительная (рис. 1).

Для выбора оптимальных конструктивных и кинематических параметров распределительного диска, обеспечивающих минимальные ударные импульсы, при сбросе семян на внутреннюю поверхность рабочего цилиндра, при которых обеспечивается минимальное травмиро-

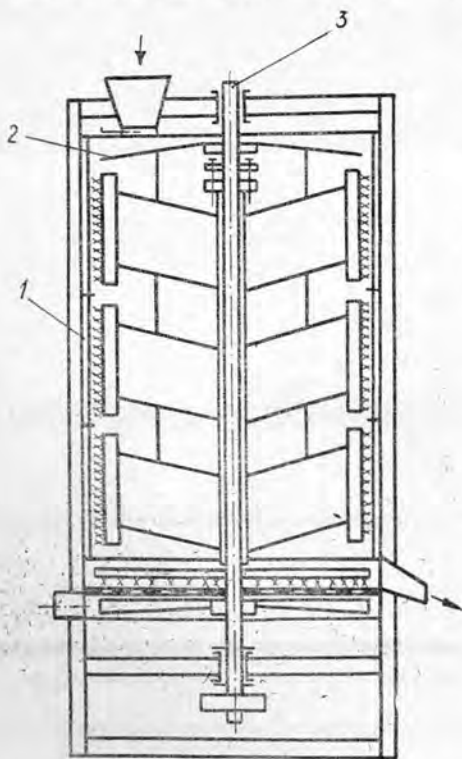


Рис. 1. Схема машины для механической обработки семян.

* Авторское свидетельство № 411894.

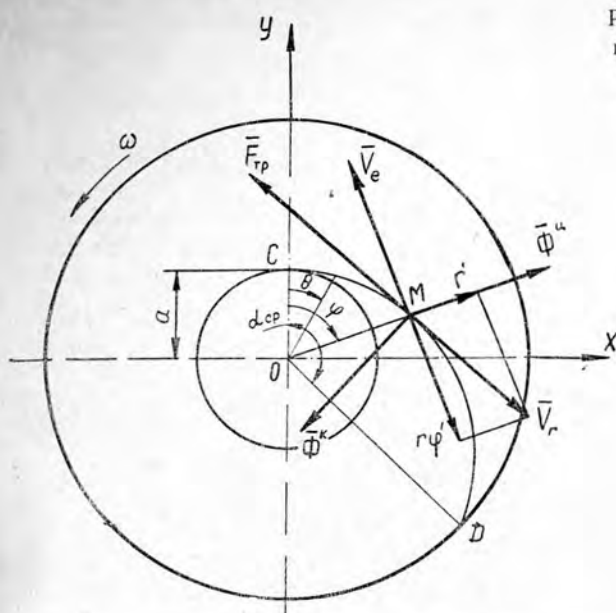


Рис. 2. Схема действующих сил и скоростей при перемещении частицы по вращающемуся диску.

вание семян и частичное отделение крылышек, нами было рассмотрено движение частицы (единичного семени) по диску [2].

На частицу M , находящуюся на вращающемся с постоянной угловой скоростью диске, действуют силы (рис. 2):

$\bar{\Phi}^u$ — центробежная сила инерции

$$\Phi^u = m\omega^2 r; \quad (1)$$

$\bar{\Phi}^k$ — кориолисова сила инерции

$$\Phi^k = 2m\omega V_r; \quad (2)$$

$\bar{F}_{тр}$ — сила трения частицы о поверхность диска

$$\begin{aligned} F_{тр} &= fN; \\ N &= P = mg, \end{aligned} \quad (3)$$

где m — масса частицы;

ω — угловая скорость вращения диска;

r — радиус-вектор;

V_r — относительная скорость движения частицы по диску;

f — коэффициент трения скольжения между частицей и поверхностью диска;

g — ускорение силы тяжести.

Для решения задачи нахождения абсолютной скорости движения частицы в точке D воспользуемся дифференциальными уравнениями движения материальной точки в форме уравнений Лагранжа второго рода [3]. За независимые координаты принимаем r и Θ , тогда абсолютную скорость можно определить по формуле

$$V_a^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\Theta}{dt}\right)^2, \quad (4)$$

где Θ — угловое перемещение частицы в абсолютном движении.

После некоторых преобразований получим выражение для абсолютной скорости частицы в точке D

$$V_D = \sqrt{(\omega R)^2 + (\omega a - tfg)^2}, \quad (5)$$

где R — радиус диска;

a — расстояние частицы от оси вращения в момент подачи.

Чтобы найти скорость частицы, сбрасываемой с вращающегося диска, в момент удара о внутреннюю цилиндрическую поверхность и уравнения движения частицы до удара, рассмотрим свободное движение частицы под действием только ее веса от момента срыва с диска до момента удара (рис. 3, а).

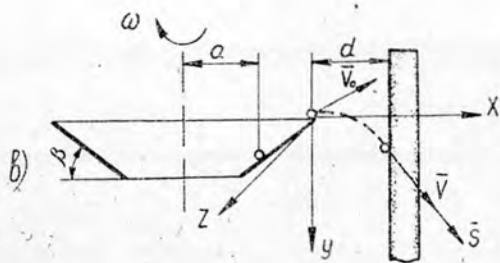
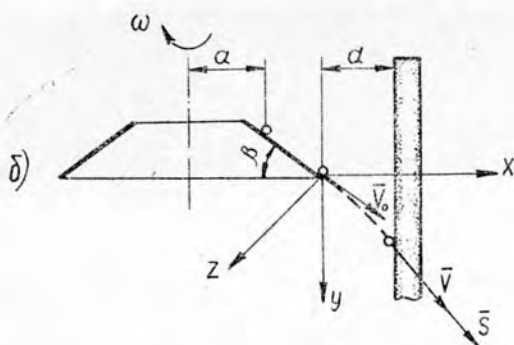
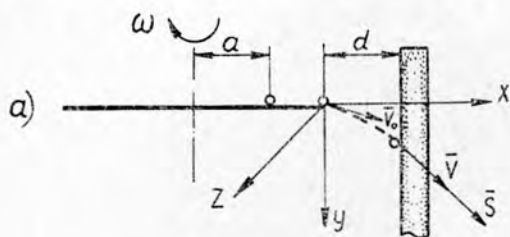


Рис. 3. Расчетная схема определения ударных импульсов.

Для составления дифференциальных уравнений движения выбираем прямоугольную систему координат с началом в точке D сброса частицы с диска. Дифференциальные уравнения движения частицы в проекциях на декартовы координатные оси имеют вид

$$\left. \begin{aligned} mx'' &= 0; \\ my'' &= mg; \\ mz'' &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Постоянные интегрирования при решении этих уравнений определим, воспользовавшись начальными условиями: при $t = 0$, $x_0 = 0$, $y_0 = 0$, $z_0 = 0$,

$$V_{x_0} = V_0 \cos \varphi; \quad V_{y_0} = 0; \quad V_{z_0} = V_0 \sin \varphi, \quad (7)$$

где V_0 — начальная скорость в момент срыва, равная абсолютной скорости схода частицы с диска V_D в точке D ;

φ — угловое перемещение частицы в относительном движении,

$$\cos \varphi = \frac{V_r}{V_a}; \quad \sin \varphi = \frac{V_e}{V_a}.$$

Решая систему уравнений, найдем скорость движения частицы в любой момент

$$V = \sqrt{V_0^2 + g^2 t^2}. \quad (8)$$

В момент удара $x = d$, тогда время свободного полета

$$T = \frac{d}{V_0 \cos \varphi}. \quad (9)$$

Скорость частицы, сбрасываемой с внешней и внутренней поверхности вращающегося распределительного корпуса (рис. 3, а и б), в момент удара о рабочую поверхность определится из выражения

$$V = \sqrt{V_0^2 + g^2 \frac{d^2}{V_0^2 \cos^2 \beta \cos^2 \varphi} \pm 2g \frac{d \sin \beta}{\cos \beta \cos \varphi}}, \quad (10)$$

где β — угол наклона образующей распределительного конуса к его основанию.

Применяя теорему об изменении количества движения частицы за первую фазу удара, определим ударный импульс в момент удара. При этом скорость изменяется от V до 0, получим:

$$\left. \begin{aligned} S_x &= mV_x; \\ S_y &= mV_y; \\ S_z &= mV_z, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где S_x, S_y, S_z — проекции ударного импульса на координатные оси;
 V_x, V_y, V_z — проекции скорости частицы на координатные оси.

Ударный импульс

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2}. \quad (12)$$

Из выражения (11) видно, что ударный импульс зависит от массы и скорости частицы в момент удара. Анализ выражений (8) и (10) показывает, что скорость частицы зависит от формы распределительного диска: с увеличением выпуклости она повышается, а с увеличением вогнутости уменьшается. Следует ожидать, что процент травмирования семян будет возрастать с увеличением выпуклости распределительного конуса.

Для подтверждения этих теоретических выводов была проведена экспериментальная проверка влияния угла распределительного конуса на процент дробления семян. С этой целью мы использовали специально изготовленные конусы с углом наклона их образующей к основанию 0, 5, 10, 15 и 20°. Таким образом, в зависимости от установки конусов на валу, они образуют выпуклую или вогнутую поверхность по отно-

шению к направлению движения семян из бункера в рабочую зону. В первом случае мы принимаем значение угла положительное, а во втором — отрицательное. Результаты опытов сведены в табл. 1.

Таблица 1

№ серии опыта	Угол конуса, °	Дробление семян, %
1	20	0,33
2	15	0,30
3	10	0,23
4	5	0,19
5	0	0,16
6	— 5	0,17
7	—10	0,16
8	—15	0,14
9	—20	0,13

Примечание. Дробление исходного материала — 0,12%.

Из сказанного можно сделать следующие выводы. Большая производительность достигается при значении угла $+5^\circ$, который следует считать оптимальным. Скорость вращения распределительного диска должна находиться в пределах 40—50 рад/с. Диаметр диска принимается в зависимости от диаметра рабочего цилиндра, определяемого заданной производительностью.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Баранов А. И. Машины и механизмы лесного хозяйства. М., Гослесбумиздат, 1962. [2]. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев, 1960. [3]. Воронков И. М. Курс теоретической механики. М., «Наука», 1965.

Поступила 4 июня 1974 г.

УДК 581.151 : 634.0.165.62

ДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ
НА РОСТ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

Е. Н. САМОШКИН

Брянский технологический институт

В большинстве вариантов опыта отмечено положительное влияние на рост сеянцев дуба N-нитрозометилбиурета и отрицательное — N-нитрозометилмочевинны и диметилсульфата.

Влияние химических мутагенов исследовано нами на нескольких лесных породах [3]. В настоящем сообщении приведены результаты опытов с дубом черешчатым. Действие диметилсульфата на рост дуба изучено Ф. Л. Щепотьевым [4], который выявил ряд интересных морфологических форм, отнесенных им к соматическим мутациям.

В данном эксперименте испытано три химических мутагена: N-нитрозометилбиурет (НМБ), N-нитрозометилмочевина (НММ), диметилсульфат (ДМС). Концентрации мутагенов показаны в табл. 1.

Таблица 1

Мутаген, вариант	Концентрация, %	n	M ± m	t _{факт}		P, %*
				по А. К. Митропольскому	через t _δ	
Экспозиция — 6 ч						
Высота, см						
НМБ-1	0,025	82	15,43±0,42	5,766	5,644	99,9
НМБ-2	0,012	76	13,09±0,43	1,680	1,623	—
НМБ-3	0,010	81	13,26±0,42	2,003	1,966	95,0
НМБ-4	0,006	72	14,08±0,45	3,310	3,094	99,0
НМБ-5	0,004	86	13,54±0,41	2,527	2,483	95,0
Контроль		91	12,10±0,40			
НММ-1	0,025	67	15,60±0,45	0,286	0,266	—
НММ-2	0,012	71	15,32±0,44	0,190	0,177	—
НММ-3	0,010	77	14,19±0,42	2,156	2,102	95,0
НММ-4	0,006	85	12,93±0,40	4,460	4,386	99,9
НММ-5	0,004	76	13,27±0,43	3,742	3,541	99,9
Контроль		92	15,43±0,39			
ДМС-1	0,07	69	14,32±0,44	0,964	0,935	—
ДМС-2	0,05	52	13,02±0,51	2,887	2,611	99,0
ДМС-3	0,025	29	11,71±0,68	4,020	3,323	99,9
ДМС-4	0,016	85	13,96±0,40	1,649	1,621	—
ДМС-5	0,012	102	14,20±0,36	1,283	1,377	—
Контроль		81	14,90±0,41			
Диаметр, мм						
НМБ-1	0,025	82	2,64±0,06	5,582	5,625	99,9
НМБ-2	0,012	76	2,46±0,06	3,282	3,375	99,0
НМБ-3	0,010	63	2,53±0,07	3,920	3,400	99,9
НМБ-4	0,006	72	2,72±0,06	6,353	6,625	99,9
НМБ-5	0,004	86	2,43±0,06	3,019	3,000	99,0
Контроль		91	2,19±0,06			
НММ-1	0,025	67	2,42±0,07	2,029	2,000	95,0
НММ-2	0,012	71	2,49±0,07	1,335	1,300	—
НММ-3	0,010	61	2,56±0,07	0,596	0,600	—
НММ-4	0,006	84	2,33±0,06	3,097	2,900	99,0
НММ-5	0,004	76	2,61±0,06	0,101	0,100	—
Контроль		61	2,62±0,07			
ДМС-1	0,07	69	2,49±0,07	1,522	1,500	—
ДМС-2	0,05	52	2,46±0,08	1,123	1,091	—
ДМС-3	0,025	29	2,17±0,11	1,306	1,062	—
ДМС-4	0,016	85	2,61±0,07	2,889	2,700	99,0
ДМС-5	0,012	102	2,53±0,06	2,123	1,960	95,0
Контроль		80	2,34±0,07			
Экспозиция — 3 ч						
Высота, см						
НМБ-1	0,025	45	14,25±0,61	2,789	2,686	99,0
НМБ-2	0,012	59	14,35±0,53	3,119	3,051	99,0
НМБ-3	0,010	59	15,46±0,53	4,556	4,456	99,9
НМБ-4	0,006	52	12,52±0,57	0,726	0,716	—
НМБ-5	0,004	58	13,56±0,54	2,289	2,091	95,0
Контроль		54	11,94±0,56			
НММ-1	0,025	44	13,02±0,62	3,970	3,636	99,9
НММ-2	0,012	41	16,03±0,64	0,244	0,220	—
НММ-3	0,010	54	15,53±0,56	0,917	0,886	—

Продолжение табл. 1

Мутаген, вариант	Концентра- ция, %	n_x	$M \pm m$	$t_{\text{факт}}$		$P, \%^*$
				по А. К. Митропольскому	через m_0	
НММ-4	0,006	40	12,88 ± 0,65	4,036	3,641	99,9
НММ-5	0,004	55	14,15 ± 0,55	2,747	2,667	99,0
Контроль		63	16,23 ± 0,52			
ДМС-1	0,07	40	11,22 ± 0,52	6,193	5,730	99,9
ДМС-2	0,05	46	14,07 ± 0,48	2,113	2,172	95,0
ДМС-3	0,025	65	13,92 ± 0,41	2,547	2,406	95,0
ДМС-4	0,016	75	14,95 ± 0,38	0,868	0,797	—
ДМС-5	0,012	69	13,67 ± 0,39	3,005	2,797	99,0
Контроль		54	15,46 ± 0,45			
Диаметр, мм						
НМБ-1	0,025	45	2,70 ± 0,08	2,903	2,818	99,0
НМБ-2	0,012	59	2,39 ± 0,07	0,000	0,000	—
НМБ-3	0,010	59	2,62 ± 0,07	2,310	2,300	95,0
НМБ-4	0,006	51	2,38 ± 0,07	0,097	0,100	—
НМБ-5	0,004	58	2,97 ± 0,07	5,796	5,800	99,9
Контроль		54	2,39 ± 0,07			
НММ-1	0,025	44	2,38 ± 0,08	0,509	0,454	—
НММ-2	0,012	41	2,39 ± 0,08	0,598	0,545	—
НММ-3	0,010	54	2,72 ± 0,07	4,200	3,900	99,9
НММ-4	0,006	40	2,31 ± 0,08	0,198	0,182	—
НММ-5	0,004	54	2,30 ± 0,07	0,325	0,300	—
Контроль		63	2,33 ± 0,06			
ДМС-1	0,07	40	2,47 ± 0,07	1,430	1,300	—
ДМС-2	0,05	46	2,42 ± 0,06	2,058	2,250	95,0
ДМС-3	0,025	65	2,74 ± 0,05	1,744	1,750	—
ДМС-4	0,016	50	3,00 ± 0,06	4,677	5,000	99,9
ДМС-5	0,012	69	2,30 ± 0,05	3,787	3,750	99,9
Контроль		54	2,60 ± 0,06			

* P — предельный доверительный уровень, при котором достоверно различие средних величин с контролем.

Весной 1973 г. влажные наклюнувшиеся семена в марлевых мешочках (по 150 шт. в образце) обрабатывали в течение 3 и 6 ч водными растворами химических мутагенов, затем полчаса отмывали водой. Через два дня они были высеяны в дендрарии Брянского технологического института. При учете в октябре измеряли высоту и диаметр у шейки корня сеянцев.

Влияние различных доз мутагенов на рост сеянцев оценено методом дисперсионного анализа [1], [2]. Показатель существенности различия средних величин с контролем $t_{\text{факт}}$ вычисляли по А. К. Митропольскому [2] и при помощи ошибок разностей средних величин m_0 [1], сравнение $t_{\text{факт}}$ с табличным значением критерия Стьюдента выполняли с учетом трех доверительных уровней ($P=95\%$, $P=99\%$, $P=99,9\%$). Определен также показатель достоверности средних величин t_m [1]. В опыте он варьирует от 17,221 до 54,800, что в несколько раз превышает $t_{\text{м табл}}$ (по Стьюденту) на всех доверительных уровнях, то есть средние величины достоверны при самой строгой оценке.

N-нитрозометилбнурет в большинстве вариантов оказал стимулирующее влияние на рост сеянцев дуба. Высота и диаметр сеянцев всех вариантов опыта при шестичасовой экспозиции превосходили контрольные (кроме высоты во втором варианте). Трехчасовая обработка

желудей также вызвала усиление роста сеянцев во всех вариантах, за исключением четвертого (по двум признакам) и второго (только по диаметру).

Действие N-нитрозометилмочевины и диметилсульфата в основном было отрицательным. Так, N-нитрозометилмочевина при шестичасовой экспозиции угнетала рост сеянцев в высоту в трех последних вариантах, а по диаметру — в первом и четвертом. Снижение роста по высоте наблюдалось и при трехчасовой экспозиции в первом, четвертом и пятом вариантах. Стимуляция роста по диаметру отмечена лишь в третьем варианте. Шестичасовая обработка семян диметилсульфатом привела к ослаблению роста сеянцев в высоту при средних дозах (второй и третий варианты) и усилению роста диаметра в двух вариантах с самыми низкими концентрациями. Трехчасовая экспозиция замедлила рост сеянцев во всех вариантах (кроме четвертого) в высоту, а во втором и пятом — по диаметру, и только в четвертом варианте мутаген усилил рост сеянцев по диаметру.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. М., «Наука», 1973. [2]. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. Изд. 2-е, перераб. и дополн. М., «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1971. [3]. Самошкин Е. Н. Влияние химических мутагенов на рост сеянцев ясеня пушистого. — В сб.: Успехи химического мутагенеза. М., «Наука», 1974. [4]. Щепотьев Ф. Л. Химический мутагенез у дуба. В сб.: Успехи химического мутагенеза. М., «Наука», 1974.

Поступила 17 января 1975 г.

УДК 634.0.5

ТАБЛИЦЫ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ ДЛЯ КУЛЬТУР СОСНЫ БРЯНСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА

В. С. ПОЛЯКОВ, А. В. ПОЛЯКОВА, И. А. ПЕРЕПЕЧЕН

Брянский технологический институт

Впервые для культур сосны объекта исследований составлены объемные таблицы. Они достаточно просты и надежны в употреблении.

До настоящего времени при таксации сосновых культур Брянского лесного массива применяли объемные таблицы, составленные для древостоев сосны естественного происхождения.

Однако применение на практике таких таблиц не всегда оправдано, ибо в них зачастую нет значений объемов стволов тоньше 8—12 см, в то время как тонкомерная часть древостоя в молодняках сосны составляет 60—80% по числу стволов. Кроме того, как показывают исследования [3], [4], [6], [7], форма стволов в древостоях естественного происхождения существенно отличается от формы стволов в культурах, формирующихся в условиях равномерного размещения деревьев по площади и при более повышенной сомкнутости полога. Это подтверждается сравнением вторых коэффициентов формы стволов, взятых в сосновых древостоях естественного и искусственного происхождения Брянской и Калужской областей. По нашим данным, разница между отмеченными показателями достигает 10%, существенность различия 15,6, поэтому ее следует считать доказанной.

Ступень толщи- ны, см	Высота, м, и объем, м ³ , стволов сосны по								
	I			II			III		
	H	V		H	V		H	V	
в/к		б/к	в/к		б/к	в/к		б/к	
2	5,6	0,0016	0,0012	4,8	0,0015	0,0012	4,0	0,0013	0,0010
4	8,3	0,0062	0,0050	7,2	0,0057	0,0047	6,1	0,0052	0,0043
6	11,0	0,0184	0,0160	9,5	0,0160	0,0139	8,0	0,0145	0,0125
8	13,5	0,0360	0,0320	11,7	0,0334	0,0259	9,9	0,0300	0,0265
10	15,8	0,0750	0,0675	13,8	0,0640	0,0575	11,8	0,0550	0,0490
12	17,8	0,1150	0,1040	15,6	0,1000	0,0900	13,3	0,0870	0,0780
14	19,7	0,1580	0,1430	17,2	0,1390	0,1250	14,8	0,1230	0,1100
16	21,3	0,2190	0,1980	18,7	0,1910	0,1730	16,1	0,1690	0,1520
18	22,9	0,2840	0,2570	20,1	0,2530	0,2290	17,4	0,2220	0,2000
20	24,3	0,3690	0,3340	21,4	0,3250	0,2940	18,5	0,2850	0,2570
22	25,5	0,4760	0,4320	22,6	0,4200	0,3800	19,6	0,3700	0,3340
24	26,6	0,6000	0,5450	23,6	0,5310	0,4810	20,6	0,4720	0,4260
26	27,7	0,7250	0,6580	24,7	0,6400	0,5800	21,7	0,5740	0,5190
28	28,5	0,8600	0,7910	25,7	0,7620	0,6920	22,7	0,6800	0,6200
30	28,9	1,0000	0,9305	26,7	0,8970	0,8230	23,7	0,8000	0,7005
32	29,3	1,1500	1,0735	27,7	1,0330	0,9530	24,7	0,9270	0,8230

Ф. П. Моисеенко [2] отмечает, что для обоснования необходимости составления таблиц объемов следует проанализировать второй коэффициент формы стволов.

По нашим данным, на объекте исследований второй коэффициент формы стволов сосны в культурах варьирует от 0,54 до 0,99 (среднее значение $0,74 \pm 0,005$, точность 0,7%). Подобный показатель для культур сосны ЦЧР, по материалам В. В. Успенского [6], равен $0,69 \pm 0,002$, для сосновых древостоев естественного происхождения по широко применяемым на практике объемным таблицам Союзлеспрома [5] — 0,65. Следовательно, средний второй коэффициент формы в культурах сосны Брянского лесного массива больше, чем по таблицам Союзлеспрома, на 13%, и больше, чем по В. В. Успенскому [6], на 7%. С учетом того, что точность объемных таблиц должна быть не менее $\pm 5\%$, целесообразно составлять эти таблицы, если средний второй коэффициент формы имеет различие на 0,03 и больше.

У подавляющего количества срубленных деревьев на пробных площадях в культурах сосны (75% от их общего числа) второй коэффициент формы колеблется в пределах 0,69—0,79. У сравнительно небольшого количества деревьев (13%) этот показатель изменяется от 0,54 до 0,64 и у 12% деревьев — от 0,84 до 0,99. Это позволяет сделать вывод о том, что при массовой таксации вполне надежно составлять и применять объемные таблицы с одним средним вторым коэффициентом формы, равным 0,74.

Объектом для наших исследований послужили наиболее распространенные 25—55-летние чистые сосновые культуры, созданные в Брянском, Унечском, Учебно-опытном лесхозах Брянской области и Думиническом леспромхозе Калужской области. На 32 пробных площадях было срублено 563 модельных дерева. Деревья высотой до 12 м размечали и измеряли по однометровым секциям, более 12 м — по двухметровым. Объемы стволов в коре и без коры определяли по сложной формуле средних сечений.

Объемные таблицы составляли по методике П. В. Горского [1]. Работа заключалась в построении шкалы разрядов высот, группировке

Таблица 1

разрядам высот при среднем q_2								
IV			V			VI		
H	V		H	V		H	V	
	в/к	б/к		в/к	б/к		в/к	б/к
3,2	0,0011	0,0008	2,4	0,0008	0,0006	1,6	0,0005	0,0004
5,0	0,0043	0,0036	3,9	0,0035	0,0029	2,8	0,0030	0,0025
6,6	0,0130	0,0112	5,2	0,0115	0,0099	3,8	0,0095	0,0081
8,1	0,0280	0,0245	6,5	0,0260	0,0226	4,8	0,0240	0,0208
9,7	0,0490	0,0435	7,7	0,0420	0,0367	5,7	0,0390	0,0340
11,1	0,0750	0,0670	8,8	0,0630	0,0555	6,6	0,0505	0,0443
12,3	0,1070	0,0960	9,9	0,0900	0,0795	7,5	0,0780	0,0687
13,5	0,1450	0,1300	11,0	0,1250	0,1110	8,5	0,1070	0,0945
14,7	0,1910	0,1710	12,1	0,1690	0,1460	9,4	0,1430	0,1265
15,7	0,2500	0,2240	13,0	0,2140	0,1915	10,3	0,1890	0,1675
16,7	0,3220	0,2890	14,0	0,2760	0,2470	11,3	0,2430	0,2160
17,7	0,4060	0,3650	14,9	0,3470	0,3110	12,1	0,3070	0,2730
18,7	0,5050	0,4560	15,8	0,4220	0,3790	12,9	0,3670	0,3360
19,7	0,6010	0,5505	16,8	0,5250	0,4805	13,7	0,4110	0,3760
20,8	0,7990	0,7395	17,8	0,6250	0,5700	14,6	0,4605	0,4210
21,8	0,8280	0,7585	18,8	0,7370	0,6805	15,8	0,5115	0,4685

натурного материала по разрядам высот, исчисления среднеарифметических значений объемов стволов в коре и без коры в пределах разрядов высот и графическом их выравнивании. Величина разрядов высот была принята равной 10—12% поля рассеивания точек по вертикали на шкале разрядов. В средних ступенях толщины этому проценту соответствовала абсолютная величина разрядов 2—3 м, что соответствует градации, принятой на производстве. Всего было выделено шесть разрядов.

Вычисленные значения объемов стволов по разрядам высот приведены в табл. 1.

Особенность предлагаемых таблиц — наличие в них значений объемов стволов без коры, чего нет в подобных таблицах других авторов.

Графическое выравнивание объемов по разрядам высот произведено с высокой степенью точности (табл. 2).

Таблица 2

Ошибка	Величина ошибки, %, по разрядам высот					
	I	II	III	IV	V	VI
Систематическая	-1,5	+0,7	+1,3	+1,3	-1,6	+2,9
Случайная	±3,2	±3,9	±3,9	±4,3	±4,2	±4,4

Проверка таблиц объемов на материалах перечислительной таксации показала следующую их точность: систематическая ошибка +0,9%, случайная ±3,8%.

Составленные объемные таблицы для культур сосны Брянского лесного массива достаточно точны и просты в употреблении.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Горский П. В. Методика и техника составления таблиц объемов по разрядам высот древостоев. Л., 1961. [2]. Моисеенко Ф. П. О закономерностях в росте, строении и товарности насаждений. Киев, 1965. [3]. Науменко И. М. Рост

сосновых культур в условиях Воронежской области. — Научные записки ВЛХИ, т. 5, Воронеж, 1939. [4]. Рубцов В. И. Культуры сосны в лесостепи. «Лесная промышленность», 1964. [5]. Товстолес Д. И. и др. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. Сельхозгиз, 1931. [6]. Успенский В. В. Объемные таблицы для культур сосны. — Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск, 1962. [7]. Царьков А. С. Строение сосновых молодняков. «Лесная промышленность», 1967.

Поступила 16 декабря 1974 г.

УДК 634.0.231

ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПРИ ПОСТЕПЕННОЙ И ГРУППОВО-ВЫБОРОЧНОЙ РУБКАХ

В. В. МАРКОВ, Г. Т. РУМЯНЦЕВ, Н. М. КОЛПИКОВА, Т. А. БАБАК

Рошинский лесхоз Ленинградской области, ЛенНИИЛХ,
Ленинградская лесотехническая академия

Излагаются результаты исследования лесоводственно-экономической эффективности разных способов возобновления, проведенные на стационарах в типе леса сосняк брусничный.

Для всестороннего анализа результатов естественного лесовозобновления в зависимости от различных способов рубок были заложены опыты в сосняках брусничных Рошинского лесхоза Ленинградской области [1].

Объектами исследования явились равномерные и группово-выборочные постепенные рубки.

Первым опытным объектом послужил сосновый древостой, пройденный в прошлом двумя приемами постепенной рубки, обеспечившими хорошее предварительное возобновление. Опытная рубка была проведена летом 1963 г. в Чапаевском лесничестве, в квартале 133.

По таксационной характеристике древостой к моменту третьего приема рубки имел состав 10С, класс бонитета — III, полноту — 0,3, возраст — VII класс, среднюю высоту — 24 м, средний диаметр — 30 см, запас — 121 м³ на 1 га. Общее количество благонадежного подроста к моменту рубки составляло около 18 тыс. шт. на 1 га. Половина подроста имела высоту до 1 м, вторая половина — свыше 1 м (некоторые сосенки от 2,5 до 5 м). Средний прирост крупного подроста сосны по высоте достигал 26,6 см в год, что указывает на его хорошее состояние. Возраст подроста от 2 до 18 лет, что выражалось в ступенчатости древесного полога молодняка. Из приведенного описания очевидно, что заключительный прием рубки запоздал. Его следовало провести значительно раньше, когда средняя высота подроста не превышала 0,5 м. Для сохранения крупномерного подроста при проведении последнего приема рубки была разработана специальная технология. Основные ее элементы: прокладка центрального волока и примыкание к нему под углом пазок шириной 40 м.

До начала рубки намечали направление валки деревьев и формирования пачек хлыстов с учетом расположения подроста. Рубку леса выполняла малая комплексная бригада в составе 4 человек: вальщик, помощник вальщика, обрубщик сучьев и тракторист. При рубке применяли пилу «Дружба» и трактор ТДТ-40М. При норме на машино-смену 53 м³ (средний объем хлыста 0,8 м³) фактическая выработка, по данным фотохронометражных наблюдений, составила 53,7 м³.

Учет показал, что наибольшее количество поврежденных подроста приходилось на поломку вершинок стволов и повал деревьев.

Повреждаемость подроста отмечается, в основном, среди деревьев высотой 1,6—2,5 м. Всего было повреждено 1440 экз. на 1 га, или 8% от наличия. В результате рубки осталось около 16 тыс. шт. на 1 га равномерно расположенного по площади благонадежного подроста, что вполне обеспечивает возобновление вырубаемой площади сосной без смены пород.

Состояние подроста сосны после проведения последнего приема рубки представляет несомненный интерес. Спустя 5 лет, в сентябре 1967 г., на ранее заложенных площадях учтен подрост по ступеням высоты через 0,5 м. Общее количество подроста на 1 га несколько снизилось вследствие отпада угнетенного неблагонадежного подроста из низких ступеней высоты (до 1 м). В остальных ступенях высоты существенных изменений не наблюдалось. Ступенчатый полог молодняка вследствие первых двух приемов рубки стал несколько выравниваться. Общее наличие соснового подроста оказалось примерно 14 тыс. экз. на 1 га, то есть отпад за 5 лет составил около 2 тыс. экз. Средний прирост по высоте с 26,6 см в год до рубки увеличился до 36 см. Рубка обеспечила сохранение соснового подроста в количестве, необходимом для успешного естественного лесовозобновления.

Обследование молодняка в 1973 г., через 10 лет после рубки, показало, что общее количество подроста снизилось до 12 тыс. экз. на 1 га. Отпад произошел в основном из-за гибели подроста низших ступеней высот (до 1 м). Средняя высота молодняка составила около 4 м, средний прирост по высоте — до 40 см. Таким образом, последний (очистной) прием постепенной рубки обеспечил сохранение хорошего естественного возобновления сосны.

Вторая опытная постепенная рубка проведена в сосновом древостое, в прошлом уже пройденном постепенной рубкой. Вырубали равномерно как толстомерные, так и тонкомерные деревья. Таксационная характеристика древостоя следующая: состав 9С1Е, Б, тип леса — сосняк-брусничник, класс бонитета — III, полнота — 0,5, сомкнутость крон — 0,6, класс возраста — VI, запас — 207 м³ на 1 га. Под пологом имелся сосновый подрост средней высотой 0,5 м. Общее количество благонадежного соснового подроста 15 375 экз. на 1 га, неблагонадежного — 2344 экз. на 1 га. Возраст подроста колебался от 2 до 12 лет. Интенсивность рубки по запасу составила 36%, из которых 10% приходилось на вырубку деревьев с волоков. В результате рубки полнота снизилась с 0,51 до 0,32. Повреждено 10% всего наличного подроста.

На основании многочисленных исследований предварительного лесовозобновления при постепенных рубках в сосновых древостоях можно утверждать, что сосновый подрост появляется при полноте 0,5 и ниже. В дальнейшем из него формируется одновозрастное сосновое насаждение. В случае длительной (за пределами класса возраста) передержки соснового подроста под пологом древостоя он сильно дифференцируется, появляется значительный отпад, прирост по высоте приостанавливается. Поэтому при наличии равномерно расположенного подроста постепенные рубки в этих условиях лесоводственно обусловлены.

Через 5 лет вновь оценивалось состояние соснового подроста под пологом леса. Оказалось, что вместо 15,4 тыс. экз. на 1 га его насчитывалось уже 22,6 тыс. экз. Средний прирост по высоте увеличился почти вдвое (вместо 12,2 см составил 22,4 см). Можно заключить, что

постепенная рубка в сосновых древостоях, когда полнота снижается до 0,3, обеспечивает успешное естественное возобновление.

Через 10 лет после второго приема постепенной рубки (1973 г.) общее количество естественного молодняка оказалось 20 тыс. экз. на 1 га (высотой от 1 до 2 м). Прирост в высоту составляет от 20 до 24 см в год. Кое-где появилась береза, но не более 0,7 тыс. экз. на 1 га, что является желательной долей для повышения продуктивности древостоя в этом типе леса. Поскольку ход естественного возобновления можно считать вполне успешным, в опытном участке намечено провести последний (очистной) прием постепенной рубки.

Опытная группово-выборочная рубка проведена в соответствии с общим положением. Для опыта в Чапаевском лесничестве, в квартале 124 был подобран участок соснового леса площадью 2,7 га с групповым лесовозобновлением. Таксационная характеристика участка: состав 10С, возраст — 126 лет (VII класс), полнота — 0,6, класс бонитета — III, средняя высота — 25 м, средний диаметр древостоя — 30 см, запас — 250 м³ на 1 га, тип леса — сосняк брусничный. После осмотра участка было намечено пять котловин разного размера, на двух из них имеется подрост сосны 2—15 лет с групповым размещением. На остальных котловинах сосновый подрост расположен равномерно; возраст его от 2 до 5 лет.

Котловины закладывали на делянке в местах прогалин, то есть с учетом осветления наиболее благонадежного подраста. Наибольшую величину прироста по высоте (до 35 см) имели деревца крупных ступеней высот (от 1,5 до 2 м). Общее количество подраста в намечаемых котловинах в переводе на 1 га оказалось 12,8 тыс. шт.

Технология рубки заключалась в прокладке основного волока, от которого отходили дополнительные волока к каждой котловине. Рубку вели от центра группы подраста к периферии. Деревья вырубали сначала на волоке, а затем на площади вырубаемого кольца вокруг группы подраста. При рубке все деревья в котловинах удаляли в один прием с тем, чтобы через 5—10 лет повторить рубку деревьев в поясах вокруг групп образовавшегося подраста.

Работу выполняла комплексная бригада из 3 человек: вальщика, его помощника и тракториста, с использованием пилы «Дружба» и трелевочного трактора ТДТ-40М. Интенсивность рубки по запасу составляла 17%, общая полнота понизилась с 0,6 до 0,5. Рубкой пройдено 24% от общей площади делянки. Размер котловин от 0,04 до 0,27 га.

При проведении этой рубки производительность труда была такой же, как при сплошных рубках. Повреждаемость группового подраста при этом способе рубки была самой низкой (около 5% от первоначального учета). Значительно повысилась интенсивность освещения оставшегося подраста, способствующая успешному его росту и развитию. Наряду с выполнением лесоводственных требований и правильной организации труда, на группово-выборочной рубке вполне возможно и целесообразно применять современную лесозаготовительную технику: пилу «Дружба» и трелевочный трактор ТДТ-40М.

Исследования состояния соснового подраста в котловинах, проведенные через 5 лет, показали, что больше всего подраста прибавилось в котловине размером 0,27 га (9472 шт. вместо 5198 шт. в начале рубки). В котловинах размером 0,04, 0,09 и 0,16 га количество подраста после рубки почти не изменилось. Средний прирост соснового подраста по высоте в котловинах размером 0,04—0,09 га остался (как и до рубки) около 7,7 см, в то время как в котловинах большей площади (0,27 га) он колебался в пределах от 10 до 15 см, или увеличился

почти вдвое. Из этого следует, что при проведении котловинных рубок площади котловин при первом приеме рубок целесообразно закладывать в размере от 0,25 до 0,30 га. Обследование лесовозобновления, проведенное спустя десять лет после первого приема рубки, показало дальнейшее увеличение подроста во всех котловинах. При этом в котловинах большого размера (0,27 га) его оказалось свыше 10 тыс. шт., что признано вполне удовлетворительным, и намечен очередной прием рубки.

Таблица 1

Показатели	Варианты лесовозобновления			
	сплошная рубка и культуры	сплошная рубка с оставлением семенников	предварительное лесовозобновление при постепенной рубке	группово-выборочная рубка и естественное лесовозобновление
Срок возобновления, лет	2	10	—	—
Оборот рубки, лет	100	110	90	90
Ликвидный запас исходного (настоящего) древостоя, м ³	184	174	182	182
Его стоимость по оптовым ценам преискуранта № 07—03 (O _n), р.	2657	2543	2600	2111
Лесэксплуатационные затраты, включая попенную плату (A+B), р.	1275,8	1220,8	1311,5	1016,6
Затраты на лесовозобновление: на культуры, семенные деревья и поранение почвы (Be), р.	97,7	63,6	23,3	—
Затраты на лесовыращивание с применением коэффициентов приведения (Ge), р.	42,6	45,1	44,0	44,0
Состав будущего древостоя	10C+B	10C+B	10C+B	10C+B
Ликвидный будущий (моделированный) запас по таблицам хода роста, м ³	184	184	184	184
Лесэксплуатационные затраты рубок будущего запаса, приведенные к текущему моменту по коэффициентам (De), р.	44,3	32,9	63,8	44,3
Стоимость по оптовым ценам будущего запаса с учетом коэффициента приведения (O _m e), р.	138,2	102,8	185,7	185,7
Общая оптовая цена настоящего и будущего запасов (O _n +O _m e), р.	2795,2	2645,8	2815,7	2287
Общие сопряженные затраты (A+B+Be+Ge+De), р.	1460,3	1368,5	1442,5	1105
Прибыль на 1 га (O _n +O _m e) — (A+B+Be+Ge+De) р.	1334,9	1283,3	1373,2	1182
Коэффициент абсолютной эффективности				
$\frac{(O_n + O_m e) - (A + B + Be + Ge + De)}{A + B + Be + Ge + De}$	0,91	0,94	0,95	1,07

Экономическую эффективность разных способов лесовозобновления определяли по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{(O_n + O_m e) - (A + B + Be + Ge + De)}{A + B + Be + Ge + De},$$

где O_n — стоимость продукции исходного запаса по оптовым ценам (прейскуранта 07—03);

O_m — стоимость продукции моделируемого будущего запаса по тому же прейскуранту;

A — восстановительная себестоимость выращенного запаса (взята на уровне попенной платы);

B — лесозексплуатационные затраты исходного запаса;

B — затраты на лесовозобновление;

G — затраты на лесовыращивание будущего запаса;

D — лесозексплуатационные затраты рубки будущего древостоя;

e — коэффициент приведения для учета фактора времени по сложным процентам при норме дисконтирования 0,03.

Учет затрат произведен по системе: рубка — лесовозобновление — лесовыращивание — рубка [2].

Показатели экономической эффективности разных способов лесовозобновления сведены в табл. 1, из которой видно, что в сосняке брусничном наиболее эффективны группово-выборочные рубки с сохранением предварительного возобновления.

Весторонние исследования, проведенные на постоянных пробных площадях, позволяют заключить, что производство культур в этом типе леса должно иметь меньшее место, чем естественное возобновление при группово-выборочных и равномерно-выборочных постепенных рубках.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Румянцев Г. Т., Колпиков О. М., Бабак Т. А. Научный отчет ЛенНИИЛХа «Рационализация рубок и лесовосстановления на Карельском перешейке», 1963. [2]. Румянцев Г. Т., Мартынова Н. И. Рекомендации по определению экономической эффективности искусственного и естественного лесовозобновления. ЛенНИИЛХ, 1973.

Поступила 20 мая 1974 г.

УДК 634.928.5 : 634.956.82

РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОЙ ДЕНДРОФЛОРЫ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КАВКАЗА

А. Д. ДУДАРЕВ, В. И. ДУША, Н. Г. КОСАРЕВ, В. В. УСПЕНСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт, Сочинский опытный
механизированный лесхоз

Изучен ход роста культур секвойи вечнозеленой, лжетуги тиссолистной и кипарисовика Лавсона, являющихся экзотами на Черноморском побережье Кавказа. Доказана целесообразность их введения в лесные массивы прибрежной зоны.

История интродукции древесных пород на Черноморском побережье Кавказа насчитывает более 100 лет. Фундаментальные исследования по этому вопросу проведены ботаническими садами в Ялте, Батуми, Сухуми, Сочинской НИЛОС. В работах этих научно-исследовательских организаций доказана целесообразность введения представителей североамериканской дендрофлоры в причерноморские парки и декоративные насаждения. Это позволило приступить к созданию в производственных масштабах массивных насаждений из хвойных экзотов.

Большие площади их созданы Сочинским опытным механизированным лесхозом за последние 20—30 лет. При этом использовано значительное число видов. В настоящее время возникла необходимость установить особенности роста и продуктивность наиболее перспективных интродуцентов. В лесоводственной литературе имеются лишь отрывочные сведения о росте хвойных экзотов на Кавказском побережье [1], [3], [4], [6].*

В связи с этим нами были обследованы насаждения экзотов хвойных пород, произрастающих в условиях Черноморского побережья Кавказа (Сочи, Дагомыс, Лоо, Адлер, Гагра). В состав изучаемых объектов входили культуры: секвойи вечнозеленой (*Sequoia sempervirens* Endl.), лжетсуги тиссолистной (*Pseudotsuga taxifolia* Britt.) и кипарисовика Лавсона (*Chamaecyparis Lawsoniana* Parl.).

Обследованные насаждения созданы в прибрежной 5-километровой полосе на прогалинах дубово-грабовых лесов, расположенных в пределах 100—400 м над уровнем моря на склонах различной крутизны (до 25°), затененных (северных), полузатененных (восточных и западных) и освещенных (южных) экспозиций. Почвы бурые, горно-лесные мощностью 80—140 см, сформировавшиеся на глинистых сланцах (шиферах), мергелях и известняках мелового периода. В пределах этой зоны в среднем выпадает до 1900 мм осадков в год. В прошлом здесь произрастали насаждения, относящиеся к типу леса дубняк грабовый.

В древостоях исследуемых пород было заложено 15 пробных площадей с рубкой и полным анализом роста 2—5 модельных деревьев на пробе по общепринятой в лесной таксации методике.

В результате анализа полученных данных выявлено несколько высокопроизводительных насаждений секвойи вечнозеленой. В Дагомыском лесничестве на высоте 200 м над уровнем моря на прогалине, приуроченной к склону крутизной 15° северо-восточной экспозиции, в 1954 г. были посажены культуры секвойи (по 1 экземпляру в площадке размером 4 × 4 м). Почва на участке горно-лесная, темно-бурая на глинистых сланцах.

A ₁	0—47 см	Темно-бурый, глинистый, влажный комковатый, уплотнен, пронизан корнями, не вскипает от HCl, переход постепенный.
B ₁	48—83 см	Желтовато-бурый, глинистый, комковатый, очень влажный, плотный, пронизан корнями, включения плотных сланцев.
B ₂	84—112 см	Буровато-сизый, с редкими охристыми пятнами, щебневатый, свежий.
C	Ниже 112 см	Плотные, глинистые, сизовато-бурые, не вскипающие сланцы.

В год обследования (1972) средняя высота древостоя была равна 13,5 м, диаметр — 22,4 см, запас — 122 м³ на 1 га. Несмотря на очень редкую посадку текущий и средний объемный приросты соответственно составляют 7,2 и 5,3 м³. Прирост средней модели в высоту равен 0,6—0,8 м, по диаметру — 1,2 см в год. Продуктивность древостоя характеризуется 16 классом бонитета.

Уникален по производительности участок секвойи вечнозеленой на плато в долине р. Бзыбь (высота над уровнем моря 200 м) в районе Гагры. Почва темно-бурая, суглинистая с включениями гальки. Мощность горизонта A₁ около 40 см.

Возраст древостоя — 40 лет, средняя высота — 23,5 м, средний диаметр — 45,6 см, сумма площадей сечений на 1 га равна 58,3 м², запас стволовой древесины — 580 м³. Средний прирост достигает 14,5 м³, текущий — 18,2 м³ на 1 га. К моменту исследования насаждение оказалось сильно изреженным: отдельные экземпляры срублены, а некоторые в прошлом были выкопаны и вывезены для посадки в другие места.

Первоначальное размещение саженцев $2,7 \times 2,5$ м. Все имеющиеся на участке пни дали поросль.

Продуктивность и энергия роста этого насаждения несколько снижены в результате уплотнения почвы скотом и угнетающего воздействия плюща (*Hedera helix* L.) на крону деревьев. Несмотря на эти неблагоприятные факторы, описываемое насаждение является одним из наиболее производительных на всем Черноморском побережье Кавказа.

Собранный на пробных площадях экспериментальный материал позволил получить усредненные значения основных таксационных элементов культур секвой (табл. 1).

Таблица 1

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число, 0,001	Запас, м ³	Прирост, м ³	
							средний	текущий
Секвойя вечнозеленая								
5	2,7	3,5	2911	2,8	926	7	1,4	—
10	6,4	8,8	2006	12,2	679	53	5,3	9,2
15	10,0	14,4	1306	21,2	542	115	7,7	12,3
20	13,4	20,4	918	30,0	470	189	9,5	14,9
25	16,5	26,8	681	38,4	436	276	11,0	17,4
30	19,4	33,5	530	46,7	414	375	12,5	19,8
35	22,0	40,4	429	55,0	402	486	13,9	22,2
40	24,3	47,5	357	63,3	396	609	15,3	24,6
Кипарисовик Лавсона								
5	2,7	—	—	—	—	—	—	—
10	4,9	6,7	1685	4,3	759	16	1,6	—
15	6,7	9,3	1545	10,5	625	44	2,9	5,8
20	8,2	13,4	1468	20,7	536	91	4,6	9,4
25	9,5	17,8	1298	32,3	476	146	5,8	11,0

По показателям продуктивности культуры секвойи до 40 лет значительно превосходят аборигенные породы, произрастающие в аналогичных условиях. Так, древостой дуба, граба и бука на территории Сочинского опытного мехлесхоза в 40 лет имеют запас от 100 до 250 м³ на 1 га. Секвойя превосходит по энергии роста и продуктивности местную хвойную породу — сосну пицундскую, которая уступает секвойе по высоте на 25%, по диаметру на 35—56%, а по запасу более чем в два раза.

Таким образом, в 3—5-километровой прибрежной полосе Черноморского побережья Кавказа секвойя вечнозеленая оказалась быстрорастущей и высокопродуктивной породой. Кроме этого, секвойя вечнозеленая — единственное хвойное дерево, дающее поросль. Последнее обстоятельство значительно облегчает ее разведение. Высокие декоративные свойства секвойи вечнозеленой позволяют считать ее одним из наиболее удачных интродуцентов, введенных в лесные массивы Черноморского побережья Кавказа.

Другим, весьма перспективным интродуцентом прибрежной полосы кавказских лесов, но еще недостаточно широко распространенным, является лжетсуга тиссолистная. 32-летний древостой этой породы произрастает в пределах Лоосского лесхоза, на высоте 400 м над уровнем моря на склоне западной экспозиции крутизной 10—25°. Почва горно-лесная, темно-бурая на глинистых сланцах. Горизонт А₁ —

3—48 см — глинистый, комковатый, влажный, бурый; V_{1-2} — 49—132 см — желтовато-бурый глинистый с включениями сланцев; плотные глинистые сланцы (горизонт С) залегают ниже 132 см. Средняя высота древостоя достигает 25,6 м, средний диаметр 31,7 см. Запас — 602 м³ на 1 га. Производительность его характеризуется 16 классом бонитета.

Этот древостой превосходит естественные насаждения лжетсуги в США (штаты Вашингтон и Орегон [5]) в росте в высоту на 25% и по диаметру на 40%. Анализ прироста по диаметру модельных деревьев свидетельствует о том, что средний прирост составляет 1 см в год. Такие широкие годовичные кольца образуют мощный годовичный объемный прирост — 25,7 м³ при среднем 17,0 м³.

Удовлетворительное санитарное состояние насаждений лжетсуги тиссолистной и высокие эстетические качества позволяют рекомендовать ее для внедрения в леса Сочинского и смежных с ним лесхозов.

Многие видные отечественные и зарубежные лесоводы [2], [6], [7], [8], [9] считают лжетсугу тиссолистную наиболее ценным интродуцентом североамериканской дендрофлоры в Европе.

В Мацестинском лесничестве на бурых глинистых почвах (150 м над уровнем моря) имеются 8-летние культуры кедра гималайского, сосны приморской и лжетсуги тиссолистной. Последняя в росте в высоту на 15—35% превосходит своих спутников, которые в большей степени страдают от затенения окружающим грабово-дубовым древостоем.

Относительные теневыносливость и морозостойкость лжетсуги позволяют рекомендовать ее культуры не только в узкой прибрежной полосе, но и в зоне буковых лесов на высоте 800—1000 м над уровнем моря, что подтверждается работами, проведенными в Сванетии [4]. Преимущество лжетсуги над местными видами сомнений не вызывает.

Менее продуктивен, но весьма декоративен кипарисовик Лавсона, который довольно энергично растет в прибрежной полосе на высоте 200—400 м над уровнем моря. Для получения представления о росте и продуктивности культур кипарисовика произведено графо-аналитическое выравнивание основных таксационных показателей высокополнотных насаждений этой породы (табл. 1).

Продуктивность данного интродуцента характеризуется I классом бонитета. В возрасте 25 лет запас высокополнотных насаждений кипарисовика Лавсона составляет около 150 м³, текущий объемный прирост 11 м³ на 1 га. Это примерно соответствует производительности аборигенной хвойной породы — сосны пицундской. Морозостойкость кипарисовика Лавсона (выносит морозы до 22—25°), относительная нетребовательность к почве, высокие декоративные качества, устойчивость древесины к гниению свидетельствуют о целесообразности введения его в леса Черноморского побережья Кавказа.

Приведенные показатели убедительно свидетельствуют о целесообразности введения названных пород не только в парки, но и в лесные массивы прибрежной зоны Черноморского побережья Кавказа. При этом для массивного лесоразведения наиболее желательны секвойи вечнозеленая и псевдотсуга тиссолистная.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев А. В. Флора деревьев и кустарников субтропиков Западной Грузии. — Труды Сухумского ботанического сада, вып. IX, 1956. [2]. Гроздов Б. В. Дендрология. М., 1952. [3]. Гулисашвили В. З. Закономерности распространения древесных пород в Закавказье. — Вестник Тбилисского ботанического сада, вып. 58, 1949. [4]. Дендрофлора Кавказа. Т. 1, под ред. акад. В. З. Гулисашвили. Тбилиси, изд.

АН Гр. ССР, 1959. [5]. Каппер О. Г. Хвойные породы. М.—Л., Гослесбумиздат, 1954. [6]. Колесников А. И. Декоративная дендрология. М., Государственное изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. [7]. Сукачев В. Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. Гослестехиздат, 1938. [8]. Ткаченко В. И. Деревья и кустарники североамериканской флоры в условиях ботанического сада г. Фрунзе. Фрунзе, изд. АН Киргизской ССР, 1960. [9]. Эйзенрейх Х. Быстрорастущие древесные породы. Перевод с немецкого. М., ИЛ, 1959.

Поступила 9 сентября 1974 г.

УДК 621.311.031.001.2

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. А. БУКШТЫНОВ

Московский лесотехнический институт

Представлен анализ основных особенностей систем электроснабжения действующих предприятий лесного хозяйства. Дана характеристика структуры электроснабжения лесохозяйственных предприятий, состава и режимов работы потребителей электроэнергии и структуры электропотребления.

Структура системы электроснабжения комплексного предприятия лесного хозяйства состоит в следующем: электроэнергия, как правило, поступает из внешней сети при напряжении 10 кВ и с частотой 50 Гц на понижающую подстанцию и далее распределяется при напряжении 380 В по радиальным линиям, питающим потребителей и электроприемники. На рис. 1 представлена структурная схема характерной системы электроснабжения предприятия лесного хозяйства. В зависимости от особенностей производственной структуры предприятия и его технологических циклов, схемы по предприятиям могут несколько изменяться, сохраняя при этом общий характер.

Специфической особенностью систем электроснабжения лесохозяйственных предприятий является наличие в их составе разнообразных потребителей электроэнергии: с одной стороны, это агрегаты и механизмы лесозаготовительного производства (такие, как бревнотаски, растаскиватели хлыстов и т. п.), а с другой, станки и механизмы деревообработки (например, лесопильные рамы, шпалорезные, торцовочные станки и пр.). Имеются также потребители, характерные только для предприятий лесного хозяйства — цехи, производящие хвойно-витаминную муку. В последнее время появляются потребители электроэнергии нового типа — производство древесностружечных плит.

Основными энергопотребляющими узлами предприятий лесного хозяйства являются нижние склады и лесопункты. В табл. 1 представлены данные о составе потребителей системы электроснабжения лесохозяйственного предприятия (на примере Пензенской области). Таблица показывает, что основным типом электроприемника подобных предприятий является асинхронный электродвигатель (95—98%), и незначительную долю составляют осветительные установки.

Рис. 2 иллюстрирует примерные индивидуальные графики работы отдельных механизмов, используемых на предприятиях лесного хозяйства [2]. Они отражают все основные режимы работы оборудования: продолжительный с постоянной (4) и переменной (6) нагрузкой; кратковременный ударный (3) и повторно-кратковременный (5) режимы.

Таблица 1

Цех	Суммарная установленная мощность электродвигателей, кВт	Мощность и количество наиболее крупных электродвигателей, кВт × шт.	Суммарная мощность		Итого по предприятию установленная мощность электроприемников, кВт
			осветительных установок, кВт	нагревательных устройств, кВт	
Кададинский лесокомбинат					
Лесопильный	520	75 × 2	12	5	1712
Гидролизный	610	125 × 2	9	10	
Тарный	294	30 × 2	5	—	
Химический	72	25 × 1	3	—	
Котельная	167	28 × 4	5	—	
Итого	1663	—	34	15	1712
Кузнецкий лесокомбинат					
Лесопильный	134	30 × 2	5	—	937
Лесопильно-тарный	171	30 × 2	5	2	
Тарный № 1	126	22 × 2	5	2	
Тарный № 2	91	22 × 2	4	—	
Цех переработки низкосортной древесины	380	30 × 4	12	—	
Итого	902	—	31	4	937
Юрсовский лесокомбинат					
Лесопильный № 1	280	30 × 4	10	—	1800
Лесопильный № 2	290	30 × 3	8	—	
Лесопильный № 3	200	30 × 2	7	—	
Лесопильно-тарный	195	30 × 4	6	—	
Мебельный	450	22 × 3	24	—	
Кирпичный завод	320	50 × 3	8	2	
Итого	1735	—	63	2	1800

Таблица 2

Предприятия	Коэффициент заполнения	Коэффициенты неравномерности		Отношение утреннего максимума к вечернему
		Отношение дневного минимума к вечернему максимуму	Отношение ночного минимума к вечернему максимуму	
Шумерлинский лесокомбинат	0,50	0,48	0,24	1,40
Майкопский лесокомбинат	0,68	0,63	0,21	0,74
Первомайский лесокомбинат	0,40	0,31	0,63	1,25
Первомайский леспромхоз	0,61	0,53	0,26	0,84
Гурьевский леспромхоз	0,56	0,15	0,17	1,00
Шахтинский мехлесхоз	0,47	0,42	0,25	1,18
Хлякский лесхоз	0,56	0,05	0,16	1,00
Карымский лесхоз	0,51	0,07	0,11	0,97

Режимы электропотребления в системе электроснабжения предприятия в целом характеризуются следующими основными показателями: коэффициентом заполнения суточного графика, коэффициентами неравномерности (отношением ночного и дневного минимумов на-

грузки к вечернему максимуму, отношением утреннего максимума нагрузки к вечернему максимуму). В табл. 2 даны показатели суточных графиков активной нагрузки ряда предприятий лесного хозяйства, а на рис. 3 — примерные суточные графики активной нагрузки. Как показывают табл. 2 и рис. 3, в системах электроснабжения предприятий лесного хозяйства имеют место либо два максимума нагрузки: утром с 8 до 12 ч. и вечером с 16 до 19 ч., либо три максимума: утром с 8 до 12 ч. и вечером с 16 до 19 ч., а также с 20 до 23 ч. Специфический характер суточных графиков объясняется особенностями используемого оборудования и технологических циклов. Коэффициент заполнения графиков колеблется от 0,47 до 0,68. Коэффициенты неравномерности, в основном, находятся в диапазоне 0,2—0,6, но в некоторых случаях они значительно меньше (Карымский и Хилокский лесхозы).

Рис. 4 дает представление о структуре расхода электроэнергии на предприятиях лесного хозяйства. Как видно из рисунка, примерно 75—85% всей электроэнергии расходуется в цехах переработки древесины, химических цехах, при выпуске изделий ширпотреба и в ремонтно-механических мастерских.

Распределение электроэнергии на предприятиях лесного хозяйства осуществляется радиальными кабельными или воздушными линиями без резервирования, что, безусловно, способствует бесперебойности подачи электроэнергии.

В связи с наблюдающимся ростом энергоемкости предприятий лесного хозяйства необходима специальная разработка комплекса вопросов, связанных с электроснабжением этих предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Пацнора П. П., Кольниченко Г. И., Букштынов В. А. К вопросам электроэнергетики лесного хозяйства. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 1, с. 131—134. [2]. Пацнора П. П., Пижурин А. А., Фергин В. Р. Электрооборудование и электроснабжение лесопромышленных и деревообрабатывающих предприятий. М.—Л., «Лесная промышленность», 1971.

Поступила 5 августа 1974 г.

УДК 674.031.33

ВЛАЖНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ С УЧЕТОМ ПОЛА

М. А. ДАНИЛИН

Сибирский технологический институт

Показано, что деревья осины женского пола имеют меньшую влажность древесины и большую плотность, чем мужские. Вверх по стволу влажность древесины уменьшается. В поперечном сечении плотность и влажность древесины различны в зависимости от пола осины. Указанные показатели по странам света не изменяются.

Изучением влажности и плотности древесины осины занимался ряд исследователей [1—8]. Но осина — порода двудомная, а с учетом пола эти физико-механические свойства ее древесины изучены слабо [4], [5], [8].

Полевой материал нами собран в западной части Восточных Саян на территории Красноярского учебно-опытного лесхоза Сибирского технологического института. Были подобраны восемь участков

в типе леса осинник разнотравный и в них заложены пробные площади в соответствии с ГОСТом 11483—65. Участие осины в составе не менее 6 единиц, древостой приспевающие и спелые, I—II классов бонитета. На каждой пробной площади срубали по шесть модельных деревьев в последней декаде июня. Из них выпиливали кружки толщиной 3—4 см на пне, половине высоты ствола и под кроной, при этом учитывали страны света. В лабораторию их доставляли в целлофановых мешках и сразу обрабатывали: от периферии к сердцевине выкалывали образцы толщиной 2 см по странам света, взвешивали на технических весах с точностью 0,001 г и в мерном цилиндре определяли объем (ГОСТ 1770—51). Всего изучено 1394 образца, из них 850 — из особей мужской осины и 544 — женской.

Статистическая обработка материала показала, что в объемном весе и влажности сырораствующей и абс. сухой древесины на пне, половине высоты и под кроной нет разницы по странам света как у мужских, так и у женских особей. В связи с этим вычислены средние плотность и влажность на различных высотах стволов (табл. 1).

Из таблицы видно, что в комлевой части ствола плотность сырораствующей древесины наибольшая, причем у осины женского пола она выше. Разница в плотности статистически достоверна. На половине высоты ствола и под кроной плотность сырораствующей древесины мужских и женских особей осины одинакова. Плотность абс. сухой древесины осины мужского и женского пола уменьшается вверх по стволу до половины высоты, а под кроной незначительно увеличивается. При этом она больше у женских особей по всей высоте ствола. Различие в плотности статистически достоверно.

Таблица 1

Место взятия образцов	Плотность древесины				Влажность древесины	
	сырораствующей		абс. сухой		Среднее значение	Коэффициент различия
	Среднее значение	Коэффициент различия	Среднее значение	Коэффициент различия		
Пень	$0,708 \pm 0,003$	7,3	$0,423 \pm 0,001$	10,4	$102,6 \pm 1,05$	5,4
	$0,752 \pm 0,005$		$0,446 \pm 0,002$		$95,3 \pm 1,30$	
Половина высоты	$0,651 \pm 0,004$	1,0	$0,395 \pm 0,001$	10,3	$96,1 \pm 1,30$	11,3
	$0,644 \pm 0,005$		$0,413 \pm 0,001$		$75,5 \pm 1,30$	
Под кроной	$0,610 \pm 0,004$	2,6	$0,401 \pm 0,001$	9,0	$71,0 \pm 1,10$	2,8
	$0,626 \pm 0,004$		$0,419 \pm 0,002$		$67,0 \pm 0,90$	

Примечание. В числителе показатели для мужской осины; в знаменателе — для женской.

Влажность древесины осины уменьшается к вершине дерева у особей обоих полов. Такое явление можно объяснить транспирацией влаги листьями кроны. Женские особи имеют меньшую влажность древесины, чем мужские; на пне и половине высоты ствола различия статистически достоверны. Под кроной влажность древесины у мужских и женских особей практически одинакова, коэффициент различия 2,8. Положение Л. И. Джапаридзе [3] о том, что особи женского пола в растительном мире всегда отличаются более высоким содержанием воды, нашими исследованиями не подтверждается.

Представляет интерес изучение изменения влажности и плотности древесины осины в поперечном сечении. Данные обработки приведены в табл. 2.

Место взятия образцов	Плотность древесины			
	сырораствующей			абс.
	1	2	3	
Пень	$0,634 \pm 0,004$	$0,666 \pm 0,006$	$0,770 \pm 0,009$	$0,408 \pm 0,002$
	$0,755 \pm 0,009$	$0,754 \pm 0,008$	$0,685 \pm 0,012$	$0,449 \pm 0,002$
Половина высоты	$0,575 \pm 0,003$	$0,655 \pm 0,008$	$0,670 \pm 0,010$	$0,383 \pm 0,003$
	$0,674 \pm 0,009$	$0,594 \pm 0,006$	$0,616 \pm 0,008$	$0,415 \pm 0,001$
Под кроной	$0,595 \pm 0,004$	$0,621 \pm 0,007$	$0,594 \pm 0,002$	$0,389 \pm 0,002$
	$0,649 \pm 0,003$	$0,578 \pm 0,002$	—	$0,424 \pm 0,001$

Примечание. 1-й слой — 0—2 см; 2-й — 2—4 см; 3-й — 4 см — сердцевина.

Из таблицы следует, что плотность сырораствующей и абс. сухой древесины мужских особей на пне увеличивается от периферии к центру. Такая же закономерность наблюдается и у древесины на половине высоты ствола; под кроной периферийная и центральная части имеют одинаковую плотность, а средняя часть несколько большую. Плотность сырораствующей древесины осины женского пола в периферийной части значительно выше, чем у особей мужского пола, а в центральной части, наоборот, ниже. Примерно такая же закономерность наблюдается и в плотности абс. сухой древесины. У женских особей на пне в центральной части древесина имеет наименьшую плотность, а на половине высоты и под кроной тяжелее периферийная древесина.

По данным Б. Н. Тихомирова и В. М. Воробьевой [7], изучавших влажность и плотность древесины осины в этом же районе, плотность древесины в мае и сентябре уменьшается от периферии к сердцевине по всей высоте ствола. В июне до половины высоты ствола плотность больше у второго слоя (2—6 см), то есть в средней части поперечного сечения ствола. Влажность древесины послойно во всех случаях выше у мужских особей. На пне и половине высоты сердцевинная часть имеет наибольшую влажность, а под кроной большая влажность у периферийной древесины. Влажность древесины женских особей по всей высоте ствола больше в периферийной части.

Осина размножается в основном вегетативным путем (корневыми отпрысками), поэтому обычно встречаются клоны осины, состоящие из деревьев одного пола. Можно предполагать, что Б. Н. Тихомиров и В. М. Воробьева [7] исследовали влажность и плотность древесины осины на пробных площадях, заложенных в куртинах женской осины.

Выявленные особенности строения древесины необходимо учитывать при разработке способов подготовки осиновой древесины к сплаву и в деревообрабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вихров В. Е., Федоров Н. И., Кочановский С. Б. Об устойчивости осины к сердцевинной гнили. — В сб.: Пути повышения продуктивности лесов. Минск, «Высшая школа», 1966. [2]. Волкович В. Б. Сравнительная пораженность мужских и женских деревьев осины ложным трутовиком. — Материалы научно-технической конференции ЛТА, 1966, вып. 2. Л., 1966. [3]. Джапаридзе Л. И. Пол у растений. Ч. 2. Тбилиси, 1965. [4]. Ильин А. М. Динамика влажности древесины мужской и женской осины за вегетационный период. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 3. [5]. Ильин А. М. Объемный вес древесины мужских и женских особей осины за вегетационный период. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4. [6]. Клар Г. В.

Таблица 2

по слоям		Влажность древесины по слоям		
сухой		1	2	3
2	3			
$\frac{0,422 \pm 0,003}{0,445 \pm 0,003}$	$\frac{0,441 \pm 0,005}{0,424 \pm 0,005}$	$\frac{99,1 \pm 2,1}{86,9 \pm 0,9}$	$\frac{94,4 \pm 1,8}{81,1 \pm 1,4}$	$\frac{107,7 \pm 2,3}{80,0 \pm 3,5}$
$\frac{0,397 \pm 0,002}{0,413 \pm 0,002}$	$\frac{0,411 \pm 0,003}{0,410 \pm 0,001}$	$\frac{88,7 \pm 1,9}{76,3 \pm 0,7}$	$\frac{90,7 \pm 2,2}{64,4 \pm 2,1}$	$\frac{104,2 \pm 2,6}{60,6 \pm 3,0}$
$\frac{0,414 \pm 0,003}{0,424 \pm 0,003}$	$\frac{0,405 \pm 0,005}{-}$	$\frac{79,1 \pm 1,3}{74,1 \pm 0,8}$	$\frac{71,4 \pm 1,4}{60,8 \pm 1,4}$	$\frac{67,4 \pm 5,4}{-}$

В числителе показатели для мужской осины; в знаменателе — для женской.

К вопросу о спелой древесине осины. — Вопросы лесоводства и лесоведения. Труды института леса и древесины СО АН СССР. Красноярск, 1961. [7]. Тихомиров Б. Н., Воробьева В. М. Влажность и объемный вес древесины осины Восточного Саяна. — Механическая обработка древесины. Труды Сибирского технологического института, сб. XXXIV. Красноярск, 1963. [8]. Федоров Н. И., Раптунович Е. С. Режим влажности у осины мужского и женского пола. — Лесоведение и лесное хозяйство, вып. 4. Минск, «Высшая школа», 1971.

Поступила 4 ноября 1974 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.377.1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ГИДРОФИЦИРОВАННОГО ТРАКТОРНОГО ПОГРУЗЧИКА
СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

В. И. ПЫНДАК, И. В. ЛЯМИН

Ленинградская лесотехническая академия

Описаны результаты экспериментальных исследований специфического тракторного погрузчика, для которого характерно наличие двух гидроцилиндров, служащих не только для подъема и опускания стрелы, но и для ее поворота в горизонтальной плоскости на углы до 160° .

Ранее [1—7] были описаны особенности конструкции и кинематики специфического грузоподъемного устройства, для которого характерно наличие двух гидроцилиндров, служащих для подъема стрелы в вертикальной плоскости и его поворота на углы до $160^\circ (\pm 80^\circ)$ в горизонтальной плоскости (рис. 1). Гидроцилиндры 1 и 2 расположены наклонно друг к другу [3]; одни концы их шарнирно закреплены на основании (раме машины), а вторые концы (штоки) сведены вместе и соединены со стрелой 3.

Здесь, в отличие от традиционных схем мобильных кранов и погрузчиков, стрела и гидроцилиндры подъема — поворота крепятся не на специальном опорно-поворотном устройстве, а непосредственно на

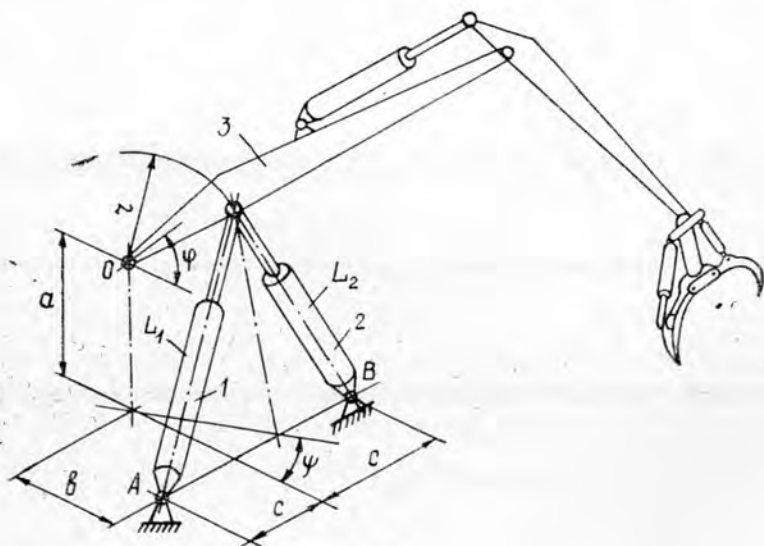


Рис. 1. Конструктивно-кинематическая схема грузоподъемного тракторного погрузчика.

раме машины (трактора). Стрела и цилиндры связаны с рамой шарнирами, обладающими двумя степенями свободы. Узел крепления штоков цилиндров к стреле представляет собой шарнир специальной конструкции с тремя или четырьмя [6] степенями свободы.

При такой схеме существенно упрощается конструкция грузоподъемного оборудования, так как отпадает надобность в громоздком опорно-поворотном устройстве и специальном механизме поворота (вращения) стрелы. Стрела этого гидрофицированного погрузчика может выполняться односекционной, телескопической или шарнирно-сочлененной.

В качестве грузозахватного органа могут быть использованы крюковая подвеска, клещевой захват, срезающая головка и т. д.

В работах [2], [5], [7] определены основные кинематические зависимости, показана рабочая зона пространственного механизма подъема — поворота стрелы, приведены некоторые результаты экспериментов, которые, однако, не дают полного представления об особенностях работы этого специфического устройства.

Ниже обобщаются результаты экспериментальных исследований работы гидрофицированного погрузчика с совмещенным механизмом для подъема и поворота стрелы. Такой механизм перспективен и уже нашел применение на опытных образцах отечественных лесохозяйственных тракторов Т40ЛБ и Т80Л [1], [4].

Эксперименты проведены в Ленинградской лесотехнической академии на тракторе Т40ЛБ и в Волгоградском сельскохозяйственном институте на экспериментальной установке.

Для изготовления экспериментальной установки были использованы два серийных гидроцилиндра следующих параметров: внутренний диаметр цилиндра — 85 мм; диаметр штока — 55 мм; минимальная длина гидроцилиндра при втянутом штоке (размер между центрами проушины цилиндра и штока) — 1440 мм, ход штока — 835 мм. Цилиндры крепили на основании с помощью консольно-поворотных штырей-шарниров с двумя степенями свободы. Штоки цилиндров соединяли со стрелой при помощи шарнирного узла с четырьмя степенями свободы.

Груз поднимали с помощью грузового крюка, присоединенного непосредственно к стреле.

Для приведения в действие гидроцилиндров экспериментального образца была разработана и изготовлена специальная гидросиловая установка. Она включала два шестеренчатых насоса НШ-10ДЛ, которые через цепную передачу приводились во вращение от одного электродвигателя. Цилиндры управлялись с помощью гидрораспределителей. Каждый цилиндр через распределитель работал от одного (своего) насоса. При такой схеме достигалась параллельная работа гидроцилиндров, а сами они имели независимое управление.

При изучении кинематики давления экспериментальный образец испытывали в четырех вариантах, которые различались расположением шарниров O , A и B на основании (рис. 1), а именно

- 1) $2c = 1040$ мм; $b = 530$ мм; 2) $2c = 1200$ мм; $b = 490$ мм;
- 3) $2c = 1310$ мм; $b = 470$ мм; 4) $2c = 1210$ мм; $b = 1050$ мм.

Для всех четырех вариантов $a = 750$ мм; $r = 1460$ мм. Размеры c и b подбирали таким образом, что механизм работал устойчиво во всем диапазоне углов поворота стрелы и выходил за пределы рабочей зоны. Как известно [5], [7], при определенных сочетаниях размеров совмещенный механизм может иметь мертвые положения, которые возникают на предельных углах поворота стрелы по горизонту, когда все звенья механизма находятся в плоскости, проходящей через центры шарниров O , A и B .

Кинематические возможности экспериментального образца определяли при последовательной работе цилиндров, когда стрела перемещается по периметру рабочей зоны. На рис. 2 приведены результаты исследования закона изменения углов подъема φ и поворота ψ стрелы для случая, когда работает один цилиндр и стрела перемещается из крайнего нижнего положения ($\varphi = \varphi_{min}$; $\psi = 0$) в предельное положение по горизонту ($\psi = \psi_{max}$). Цифрами на кривых обозначены варианты. Соответствующие результаты получены также и для других режимов работы: поворот стрелы в крайнее верхнее положение ($\varphi = \varphi_{max}$; $\psi = 0$); поворот стрелы по горизонту в противоположную сторону ($\psi = -\psi_{max}$) и возвращение в исходное положение.

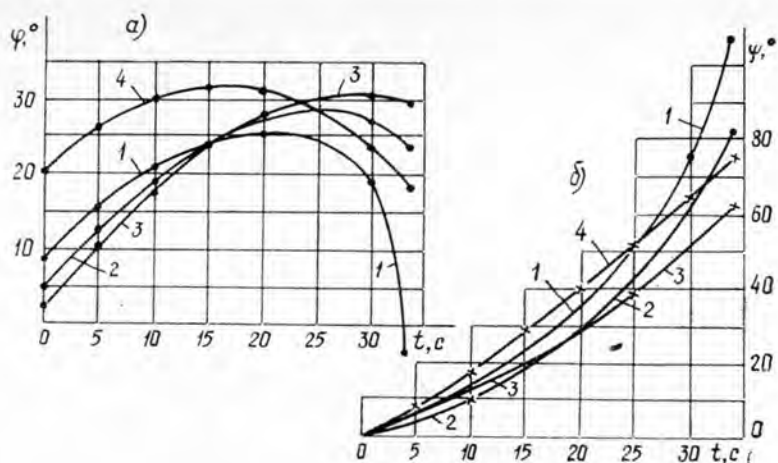


Рис. 2. Закон изменения углов поворота стрелы соответственно в вертикальной φ (а) и горизонтальной ψ (б) плоскостях.

Анализ полученных данных показывает, что в пределах рабочей (устойчивой) зоны механизм может обеспечить разворот стрелы по горизонту на угол не более 180° ($\pm 90^\circ$). Практически, с учетом реальных конструктивных возможностей грузоподъемного устройства и приемлемых динамических нагрузок на элементы конструкции, предельный угол горизонтального разворота стрелы $2\psi_{max} = 150 \div 160^\circ$. Углы подъема стрелы в вертикальной плоскости имеют примерно те же значения, что и в обычных погрузчиках. Такие значения углов φ и ψ обеспечивают нормальное проведение погрузочно-разгрузочных работ и удовлетворяют требованиям пакетирования деревьев на лесную машину.

Дополнительные углы поворота стрелы по горизонту, в случае необходимости, могут быть достигнуты разворотом лесной машины с помощью ее ходовой части (для трактора с шарнирно-сочлененной рамой).

На величину и характер изменения углов ψ наиболее существенно влияет расстояние $2c$ между шарнирами цилиндров: незначительное уменьшение этого размера влечет за собой существенное повышение углов ψ_{max} . Однако дальнейшее сокращение расстояния $2c$ приводит к выходу стрелы за пределы рабочей зоны. Возрастанию ψ_{max} способствует также уменьшение размера r (рис. 1).

Эксперименты показали, что выход стрелы за пределы рабочей зоны является аварийным случаем в работе грузоподъемного устройства. В кинематически неустойчивом варианте 1 при предельных углах ψ по существу происходит падение стрелы (рис. 2). Конечный участок траектории стрелы записан за пределами рабочей зоны. Переход через мертвое положение сопровождался рывком и последующим колебанием системы. Выход из мертвого положения возможен только с помощью внешнего усилия. Поэтому координаты шарниров должны быть подобраны таким образом, чтобы при любых сочетаниях длин цилиндров механизм работал устойчиво. Условие устойчивой работы аналитически может быть выражено следующим неравенством:

$$(b^2 + c^2)[16a^2r^2 - (L_2^2 - L_1^2)] - a^2[L_1^2 + L_2^2 - 2(a^2 + b^2 + c^2 + r^2)]^2 > 0, \quad (1)$$

где a, b, c, r — размеры механизма (рис. 1);

L_1, L_2 — текущие значения длин цилиндров.

Соблюдение условия (1) должно проверяться при соотношениях длин цилиндров, соответствующих предельному развороту стрелы по горизонту:

$$L_1 = L_{max}; \quad L_2 = L_{min} \quad \text{или} \quad L_1 = L_{min}; \quad L_2 = L_{max}. \quad (2)$$

Работа погрузчика с нагрузкой на крюке (в динамике) исследована в варианте 2, параметры которого были признаны оптимальными (критерием считался предельный угол ψ устойчивого поворота стрелы).

Эксперименты показали, что чем больше ψ , тем больше возрастают скорости поворота стрелы как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях, при этом $\frac{d^2\psi}{dt^2} > \frac{d^2\varphi}{dt^2}$.

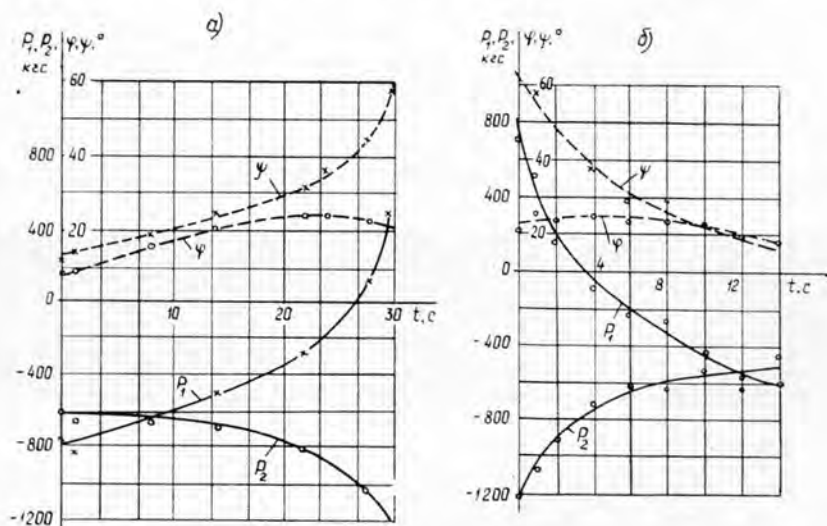


Рис. 3. Зависимости сил и углов при повороте стрелы по горизонту (а) и возвращении в исходное положение (б).

По мере разворота стрелы по горизонту существенно перераспределяются усилия P_1 и P_2 в штоках цилиндров (рис. 3, а и б; за положительное значение усилия принята растягивающая сила). В исходном положении ($\psi = 0$) на оба цилиндра действует сжимающая нагрузка, при этом $P_1 \approx P_2$. При возрастании углов ψ один из цилиндров, в сторону которого поворачивается стрела, догружается, предельное значение усилия в этом цилиндре достигается при ψ_{max} , в то же время нагрузка на другой цилиндр снижается, изменяя свой знак. Отсюда следует, что при эволюциях стрелы относительно основания цилиндры подвергаются воздействию знакопеременных нагрузок. Это необходимо учитывать при проектировании гидропривода.

Режим работы, соответствующий развороту стрелы по горизонту из нижнего положения влево или вправо ($\psi \rightarrow \psi_{max}$), наиболее тяжелый. Для снижения динамических нагрузок на элементы конструкции в составе гидропривода целесообразно иметь дроссельные устройства, которые тормозили бы стрелу по мере ее разворота в горизонтальной плоскости. При возвращении стрелы в исходное положение ($\psi \rightarrow 0$; рис. 3, б) и в других режимах работы параметры динамики изменяются более плавно и не являются лимитирующими.

Практическая работа в производственных условиях на экспериментальном тракторе Т40ЛБ показала, что при определенных навыках управление гидроцилиндрами подъема — поворота стрелы не вызывает затруднений.

В качестве распределительных органов гидропривода для экспериментальной установки применены четырехпозиционные золотниково-клапанные гидрораспределители типа Р75.

На тракторе Т40ЛБ использованы трехпозиционные распределители марки Р25, в которых нет фиксированного положения рукоятки «плавающее». Гидроцилиндры рукоятки и рабочего органа погрузчика управляются обычным образом.

Проведенные исследования показали, что спроектированный гидрофицированный погрузчик с совмещенным механизмом подъема и поворота стрелы работоспособен при любых режимах эксплуатации. Погрузчик такого типа несложен по конструкции и базируется на унифицированных элементах сельскохозяйственного гидропривода и ряда переходных деталей, применяемых во многих отраслях машиностроения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лямин И. В. Лесная колесная система для бесчokerной трелевки леса на рубках ухода. — Научные труды ЛТА, вып. 147. Л., 1972. [2]. Лямин И. В. Объект и аппаратура для исследования процесса пакетирования деревьев гидроманипулятором конструкции ЛТА. — Труды ЛТА, № 154. Л., 1973. [3]. Лямин И. В. и др. Гидравлический погрузчик. Авторское свидетельство № 245407. Бюллетень изобретений, № 19, 1969. [4]. Орлов С. Ф., Лямин И. В. Гидроманипулятор для лесохозяйственного трактора. — «Тракторы и сельхозмашины», 1973, № 4. [5]. Пындак В. И. Особенности конструкции и кинематики механизма для подъема и поворота рабочей стрелы мобильных грузоподъемных устройств для малой механизации в сельском хозяйстве. — Труды Волгоградского СХИ, т. 40. Волгоград, 1971. [6]. Пындак В. И., Строков В. Л., Карсоков А. А. Устройство для поворота и изменения вылета стрелы крана. Авторское свидетельство № 334166. Бюллетень изобретений, № 12, 1972. [7]. Пындак В. И., Шевцов П. П., Строков В. Л. Гидравлические механизмы поворота и изменения вылета стрелы грузоподъемного устройства. — В сб.: Гидравлический привод и гидравлические системы управления тракторов и сельскохозяйственных машин. М., 1972.

Поступила 20 мая 1974 г.

УДК 634.0.37

О ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ К ПРОВЕДЕНИЮ ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ

В. И. ДРАГУНОВИЧ, Б. И. ПУГИН

Ленинградская лесотехническая академия

Приведена классификация отказов лесозаготовительного оборудования в зависимости от сложности их устранения. Разработана методика оценки доступности мест ремонта с использованием теории графов. Дан расчет доступности некоторых узлов и агрегатов трактора ТДТ-55.

В современных условиях проблема обеспечения и повышения надежности носит комплексный многоплановый характер [1]. Успешное устранение отказов, выполнение работ по техническому обслуживанию с минимальными затратами труда, энергии и материалов во многом зависит от того, насколько хорошо продуманы в конструкции вопросы замены деталей и узлов.

Затраты на текущие ремонты трелевочных тракторов составляют 70—80% от общих затрат на обслуживание и ремонт. Одна из причин высоких затрат на текущий ремонт заключается в недостаточной приспособленности трелевочных тракторов к устранению отказов и неисправностей.

По сложности устранения отказы тракторов можно разделить на три группы [2]:

1 — отказы, устраняемые ремонтом или заменой деталей, расположенных снаружи узла или агрегата, а также внеочередное проведение операций, предусмотренных ТУ-1 и ТУ-2;

2 — отказы, устраняемые ремонтом или заменой легкодоступных узлов и агрегатов, а также отказы, при устранении которых раскрываются внутренние полости основных агрегатов;

3 — отказы, для устранения которых необходима разборка основных узлов и агрегатов.

Практика ремонта трелевочных тракторов в эксплуатационных условиях показывает, что отказы и неисправности чаще всего устраняются путем замены деталей, узлов и агрегатов. Таким образом, при исследовании приспособленности тракторов к текущим ремонтам в первую очередь следует выявить конструктивные особенности их с точки зрения разборочно-сборочных работ.

Структурную оценку разборочно-сборочных работ можно дать, используя теорию графов [3]. Графом называется совокупность конечно-го числа точек (вершин графа) и соединяющих их линий (ребер графа), причем вершины графа обозначают происходящие события (в нашем случае — операции по разборке и сборке), а ребра указывают на последовательность выполнения данных операций.

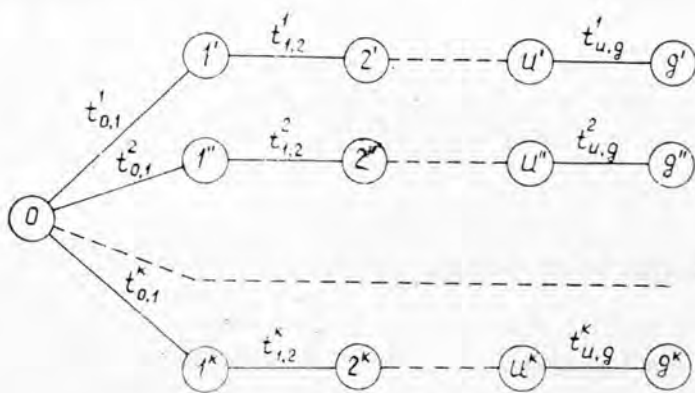


Рис. 1. Граф расположения деталей в конструкции в порядке последовательности их снятия.

На рис. 1 показан пример построения графа. Ребра, выходящие из нулевого события, называются ребрами первого ранга (на рис. 1 это ребра 0—1', 0—1'', 0—1^k). Все остальные ребра в порядке их последовательности называются ребрами второго, третьего и т. д. рангов. Чем больше последовательных событий, тем больше рангов имеет граф, тем менее доступен тот или иной узел трактора.

Математически приведенное положение можно представить в следующем виде:

$$M\Sigma t_{ug}, M\Sigma t_{ug}^2, \dots, M\Sigma t_{ug}^k \rightarrow m\Sigma t_{ug}^1, m\Sigma t_{ug}^2, \dots, m\Sigma t_{ug}^k,$$

где $M\Sigma t_{ug}^1, M\Sigma t_{ug}^2, \dots, M\Sigma t_{ug}^k$ — максимальные суммы времени $t_{ug}^1, t_{ug}^2, \dots, t_{ug}^k$, затрачиваемые на разборочно-сборочные работы зависимых деталей и узлов;

$m\Sigma t_{ug}^1, m\Sigma t_{ug}^2, \dots, m\Sigma t_{ug}^k$ — минимальные суммы времени $t_{ug}^1, t_{ug}^2, \dots, t_{ug}^k$, затрачиваемые на разборочно-сборочные работы зависимых деталей и узлов;

1, 2, ..., u, g — последовательно расположенные узлы и детали;

$t_{ug}^1, t_{ug}^2, t_{ug}^k$ — время, затрачиваемое на разборочно-сборочные работы соответствующего узла, детали;

g — последующий узел, деталь;

u — предшествующий узел, деталь.

В качестве критериев оценки графов разборочно-сборочных операций при восстановлении работоспособности детали, узла машины можно принять следующие:

$\Sigma_{nc}(ug)$ — количество последовательно выполненных операций в самой длинной цепи операций;

$\Sigma_{np}(ug)$ — наибольшее число параллельно выполненных операций;

$\Sigma_{он}(ug)$ — количество операций по одновременному снятию деталей, узлов;

$\Sigma_{об} t(ug)$ — общее время по выполнению всех операций $\Sigma_{об}(ug)$, входящих в комплекс.

Перечисленные критерии характеризуют отдельные качества построенного графа. Для комплексной оценки следует применить специальный коэффициент последовательности K_n , который вычисляют по формуле

$$K_n = \frac{I_n}{N_0}, \quad (1)$$

где N_0 — общее количество операций при снятии детали, узла;
 I_n — индекс последовательности

$$I_n = 1r_1 + 2r_2 + \dots + (n-1)r_{n-1} + nr_n, \quad (2)$$

где 1, 2, ..., n — порядковые номера рангов графа;

r_1, r_2, \dots, r_n — количество событий соответственно 1-го, 2-го, ..., n-го рангов.

Значения коэффициента K_n изменяются от 0 до 1. Чем ближе K_n к единице, тем меньше последовательных операций потребуются провести при снятии узла, тем доступнее конструкция.

В табл. 1 приведены значения K_n для снятия некоторых узлов и агрегатов трактора ТДТ-55.

Низкий коэффициент последовательности таких операций, как снятие головки цилиндров, водяного насоса и некоторых других узлов, характеризует прежде всего недостаточный доступ к месту проведения основной операции. Это особенно касается узлов, расположенных в подкапотном пространстве.

Таблица 1

Вид снимаемых узлов и агрегатов	Коэффициент последовательности K_{II}
Погрузочный щит с рамкой	0,50
Лебедка	0,70
Коробка перемены передач	0,42
Редуктор привода лебедки	0,50
Направляющее колесо	0,46
Бортовая передача	0,50
Задний мост	0,46
Аккумулятор	0,50
Каток опорный	0,50
Воздухоочиститель	0,40
Водяной насос	0,38
Радиатор водяной	0,53
Масляный радиатор	0,47
Головка блока цилиндра	0,37

Выводы

1. Применение теории графов позволяет дать наглядную оценку структурной технологичности разборочно-сборочных работ, проводимых при замене деталей, узлов и агрегатов.

2. Использование коэффициента последовательности как основного критерия оценки разборочно-сборочных работ дает возможность сравнивать доступность узлов и агрегатов как одной машины, так и разных машин одного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Драгунович В. И. Надежность лесотранспортных машин. Изд. ЛТА, 1972.
 [2]. Методика выбора количества изделий для ресурсных испытаний и оценка достоверности их результатов. М., НАТИ, 1970. [3]. Оре О. Теория графов. М., «Наука», 1968.

Поступила 18 ноября 1974 г.

УДК 625.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА МАЗ-509 + ТМЗ-803

А. В. ЖУКОВ, Ю. Ю. БЕЛЕНЬКИИ, К. Б. АБРАМОВИЧ, А. И. ПЕТРОВИЧ

Белорусский технологический институт

Дано обоснование уточненной расчетной схемы лесовозного автопоезда. Составлена математическая модель, на основании которой с помощью ЭЦВМ произведены вычисления параметров вертикальной динамики автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803. Дан анализ результатов вычислений и приведены рекомендации по улучшению динамики автопоезда.

Динамическая модель лесовозного автопоезда, разработанная впервые Б. Г. Гастевым [2], к настоящему времени претерпела существенные изменения, чему предшествовали исследования Н. И. Библиюка [1], И. П. Ковтуна [4], В. Я. Хлуда [6], Ю. Д. Силукова [5] и др.

Особое место в этом ряду занимает динамическая модель, предложенная Ю. Д. Силуковым, который наряду с вертикальными колеба-

ниями рассматривал также крутильные колебания трансмиссии. Однако он не учитывал ряд важных факторов.

Обоснованная и примененная И. П. Ковтуном при исследовании вертикальной динамики лесовозного автопоезда с тягачом ЗИЛ-130 динамическая модель лесовозного автопоезда отличается от других в основном учетом раздельного подвешивания передней и задней осей тягача, а также вертикальных и продольно-угловых колебаний его подрессоренных масс.

В целях уточнения расчетной схемы автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 нами разработана динамическая модель, которая дополнительно учитывает наличие у тягача неподдресоренных масс, а у прицепа-ропуса — двухосной балансирной подвески.

Основные допущения: линейность характеристик подвески тягача и прицепа-ропуса, шин и пакета хлыстов, дискретность масс пакета хлыстов ([1], [2], [4—6] и др.).

Колебательная система, эквивалентная лесовозному автопоезду МАЗ-509+ТМЗ-803, приведена на рис. 1.

По принципу Лагранжа получены следующие дифференциальные уравнения вертикальных колебаний рассматриваемого лесовозного автопоезда:

$$\begin{aligned}
 & (M_T + m_{1x}) \ddot{z}_T + k' \dot{z}_T + c' z_T + m_{1x} (l_2 - d) \ddot{\theta} + k'' \dot{\theta} + c'' \theta - \\
 & - k_1 \dot{\xi}_1 - c_1 \xi_1 - k_2 \dot{\xi}_2 - c_2 \xi_2 + K_1 K_2 k_x \dot{z}_n + K_1 K_2 c_x z_n - \\
 & - K_1 k_x \dot{z}_x - K_1 c_x z_x = 0; \\
 & [M_T \rho_T^2 + m_{1x} (l_2 - d)^2] \ddot{\theta} + k'' \dot{\theta} + c'' \theta + m_{1x} (l_2 - d) \dot{z}_T + c'' z_T + \\
 & + l_1 k_1 \dot{\xi}_1 + l_1 c_1 \xi_1 - l_2 k_2 \dot{\xi}_2 - l_2 c_2 \xi_2 + K_2 K_3 k_x \dot{z}_n + K_2 K_3 c_x z_n - \\
 & - K_2 k_x \dot{z}_x - K_2 c_x z_x = 0; \\
 & m_1 \ddot{\xi}_1 + (k_1 + k_{m1}) \dot{\xi}_1 + (l_1 + l_{m1}) \xi_1 - \dot{k}_1 z_T - c_1 z_T + k_1 l_1 \dot{\theta} + c_1 l_1 \theta = \\
 & = k_{m1} q_1 + c_{m1} q_1; \\
 & m_2 \ddot{\xi}_2 + (k_2 + k_{m2}) \dot{\xi}_2 + (c_2 + c_{m2}) \xi_2 - \dot{k}_2 z_T - c_2 z_T - \\
 & - l_2 k_2 \dot{\theta} - c_2 l_2 \theta = k_{m2} q_2 + c_{m2} q_2; \\
 & M_x \ddot{z}_x + k_x \dot{z}_x + c_x z_x + k_x K_1 \dot{z}_1 + c_x K_1 z_1 - k_x K_3 \dot{z}_n - c_x K_3 z_n - \\
 & - k_x K_2 \dot{\theta} - c_x K_2 \theta = 0; \\
 & (M_n + m_{2x}) \ddot{z}_n + k^{IV} \dot{z}_n + c^{IV} z_n + k_x K_1 K_2 \dot{z}_T + c_x K_1 K_2 z_T - k_x K_3 \dot{z}_x - \\
 & - c_x K_3 z_x + k_x K_2 K_3 \dot{\theta} + c_x K_2 K_3 \theta = \dot{q}_3 \frac{l_6}{b} k_{m3} + q_3 \frac{l_6}{b} + \dot{q}_4 \frac{l_6}{a} k_{m4} + \\
 & + q_4 \frac{l_6}{a} c_{m4},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $c' = c_1 + c_2 + K_1^2 c_x$; $c'' = l_2 c_2 - l_1 c_1 + K_1 K_2 c_x$;

$$c''' = l_1^2 c_1 + l_2^2 c_2 + K_2^2 c_x;$$

$$k' = k_1 + k_2 + K_1^2 k_x; \quad k'' = l_2 k_2 + l_1 k_1 + K_1 K_2 k_x; \quad k''' = l_1^2 k_1 + l_2^2 k_2 + K_2^2 k_x;$$

$$c^{IV} = \frac{l_6^2}{b^2} c_{m3} + \frac{l_6^2}{a^2} c_{m4} + K_3^2 c_x; \quad k^{IV} = \frac{l_6^2}{b^2} k_{m3} + \frac{l_6^2}{a^2} k_{m4} + K_3^2 k_x;$$

$$m_{1x} = \frac{I_0}{(\varepsilon + d)(L_n + d)}; \quad m_{2x} = \frac{I_0}{(L_n - \varepsilon)(L_n + d)};$$

$$M_x = m_0 - \frac{I_0}{(\varepsilon + d)(L_n - \varepsilon)}$$

(I_0 — момент инерции пакета хлыстов; m_0 — полная масса пакета хлыстов);

$$K_1 = \frac{L_n - \varepsilon}{L_n + d}; \quad K_2 = \frac{(l_2 - d)(L_n - \varepsilon)}{L_n + d}; \quad K_3 = \frac{d + \varepsilon}{L_n + d};$$

M_T, M_n — соответственно подрессоренная масса тягача и масса прицепа-ропуска;

m_1, m_2 — неподдресоренные массы соответственно передней и задней осей тягача;

ρ_T — радиус инерции подрессоренной массы тягача;

c_1, c_2 — вертикальные жесткости передней и задней рессор тягача;

$c_{ш1}, c_{ш2}, c_{ш3}, c_{ш4}$ — вертикальные жесткости соответствующих осей тягача и ропуска;

c_x — жесткость пакета хлыстов при изгибе;

k_1, k_2 — коэффициенты сопротивления вертикальным перемещениям в передней и задней подвесках тягача;

$k_{ш1}, k_{ш2}, k_{ш3}, k_{ш4}$ — коэффициенты вертикального сопротивления шин соответствующих осей автопоезда;

k_x — коэффициент сопротивления изгибу пакета хлыстов;

q_1, q_2, q_3, q_4 — текущие значения высот неровностей под колесами соответствующих осей автопоезда.

Размеры $l_1, l_2, L_n, d, \varepsilon, l_0$ показаны на рис. 1. Источником воздействия на систему являются неровности дороги, причем

$$q_1 = f(t); \quad q_2 = f(t - \tau_1); \quad q_3 = f(t - \tau_2); \quad q_4 = f(t - \tau_3),$$

где τ_1, τ_2, τ_3 — запаздывание воздействия на последующие оси по отношению к предыдущим

$$\tau_1 = \frac{L_T}{v}; \quad \tau_2 = \frac{L_T + L_n - a}{v}; \quad \tau_3 = \frac{L_T + L_n + b}{v},$$

здесь v — скорость движения автопоезда.

Воздействие от неровностей дороги принимали реальным и задавали в виде таблицы значений высот неровностей по длине участка через определенные интервалы. Замеры неровностей на дорогах выполняли с помощью специальной тележки [3].

Уравнения (1) решены на ЭВМ «М-220» методом Рунге—Кутты, принятый шаг счета составлял 0,005 с.

Проанализировано более 70 вариантов решений, причем широко варьировали параметры автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803, скорости его движения и показатели ровности участков дорог. Всего было рассмотрено пять опытных участков ($L_v = 200 \div 250$ м): участок № 1 — булыжное шоссе, $\sigma_n = 1,2$ см; участки № 2, 3, 4, 5 — гравийная дорога, σ_n соответственно 1,15; 1,5; 3,8; 5,09 см.

На рис. 2 показаны построенные по экстремальным значениям кривые колебаний рассматриваемого автопоезда при движении его по булыжной дороге ($v = 70$ км/ч). Из рисунка видно, что колебания масс автопоезда носят случайный характер, частоты процессов $z_n = f(t); z_T = f(t); \xi_1 = f(t)$ различны. На колебания прицепа, происходящие с частотой примерно 3—3,5 1/с, накладываются колебания высокой частоты 60—65 1/с (кривая 1).

Основные показатели процессов для случаев движения автопоезда со скоростями 30 и 70 км/ч по дороге с булыжным покрытием приведены в табл. 1.

Таблица 1

Покрытие	v , км/ч	Среднеквадратичные значения параметров							
		z_T , см	z_{II} , см	ε_1 , см	ε_2 , см	\ddot{z}_T , м/с ²	\ddot{z}_{II} , м/с ²	$\ddot{\varepsilon}_1$, м/с ²	$\ddot{\varepsilon}_2$, м/с ²
Булыжное	70	2,53	1,15	2,68	2,69	2,50	11,10	15,50	27,2
	30	2,30	1,50	2,70	2,58	2,09	4,67	7,19	8,5
Гравийное	30	0,85	0,42	1,07	1,13	4,69	14,21	11,99	38,5

Примечание. Максимальные значения параметров: $z_T = 6,1$ см; $z_{II} = 3,7$ см; $\varepsilon_1 = 8,9$ см; $\varepsilon_2 = 9,1$ см; $\ddot{z}_T = 10,4$ м/с²; $\ddot{z}_{II} = 42,9$ м/с²; $\ddot{\varepsilon}_1 = 50,1$ м/с²; $\ddot{\varepsilon}_2 = 102,5$ м/с².

Из таблицы видно, что наибольшие ускорения наблюдаются на задней оси тягача. Среднеквадратичные отклонения $\ddot{\varepsilon}_2$ составляют 27,2 м/с², в то время как $\sigma_{\ddot{z}_T}$ и $\sigma_{\ddot{z}_{II}}$ равны соответственно 2,5 и 11,1 м/с². Для $v = 30$ км/ч среднеквадратичные перемещения σ_{z_T} и σ_{ε_1} стали несколько меньше, а $\delta_{z_{II}}$ и σ_{ε_1} возросли. Среднеквадратичные ускорения системы снизились более чем вдвое.

Степень ровности дороги, тип ее покрытия оказывают сильное влияние на вертикальную динамику лесовозного автопоезда. Сказанное иллюстрируется цифровыми данными таблицы для случая движения рассматриваемой динамической системы по дороге с гравийным покрытием ($v = 30$ км/ч). Из них видно, что если перемещения масс автопоезда снизились по сравнению с предыдущим случаем более чем вдвое, то ускорения существенно возросли. Для опытных участков гравийных дорог с ухудшением степени ровности покрытия нагруженность системы возрастает.

Анализ влияния параметров автопоезда на его вертикальную динамику позволил установить, что вертикальные ускорения масс автопоезда существенно зависят от жесткости подвески его осей. При этом повышение жесткости рессор задней оси тягача несколько увеличивает вертикальные ускорения центра тяжести его подрессоренной массы, не влияя на колебания масс прицепа (рис. 3, кривые 1 и 2). Это же можно сказать и об ускорениях непрорессоренных масс, что иллюстрируется кривой 7 (рис. 3, б).

Жесткость передней подвески тягача на $\sigma_{\ddot{z}_T}$, $\sigma_{\ddot{z}_{II}}$, $z_{T \max}$ и $z_{II \max}$ (кривые 3 и 4) влияет аналогично c_2 .

Уменьшение расстояния ε при неизменных других параметрах автопоезда приводит к увеличению связи колебаний тягача и прицепа. Характер изменения кривой 5 (рис. 3, а) показывает, что при уменьшении ε динамика тягача ухудшается, а прицепа-роспуска несколько улучшается.

Наибольшее влияние на вертикальную динамику автопоезда оказывает качество его подрессоривания. Кривые 8 (рис. 3, а) и 6 (рис. 3, б) показывают, что при изменении жесткости подвески прицепа на 500 кгс/см $\sigma_{\ddot{z}_{II}}$ увеличивается на 0,2 м/с², $\ddot{z}_{II \max}$ — на 0,5 м/с².

Графики рис. 3 соответствуют случаю движения автопоезда по участку булыжной дороги; при движении по дорогам с другими типа-

ми покрытий общий характер кривых в основном сохраняется, однако могут быть и принципиальные отличия. Например, при движении по булыжной дороге жесткость пакета хлыстов на величине ускорений масс системы сказывается незначительно, на гравийной же дороге влияние c_x на \ddot{z}_T и \ddot{z}_n существенно. При движении по булыжной дороге довольно часто наблюдается отрыв колес от поверхности.

Таким образом, для улучшения вертикальной динамики автопоезда можно рекомендовать снижение жесткости задних рессор автомобиля до 1000—1100 кгс/см. Желательно также, чтобы жесткость подвески прицепа-ропуса была соизмерима с жесткостью подвески задней оси тягача. Можно считать полезным некоторое уменьшение расстояния d от коника тягача до его задней оси. Эти выводы в основном сделаны на основе расчетно-теоретических данных, полученных по приведенной методике.

Достаточная точность этих данных подтверждается специально проведенным экспериментом, в котором замеряли ускорения поддрессоренных и неподдрессоренных масс автопоезда на различных скоростях при установившихся режимах движения.

Для измерения ускорения в соответствующих местах автопоезда были установлены акселерометры инерционного типа (датчики перегрузок типа ЗП-15, переоборудованные на электрическую запись). Регистрация замеряемых величин, в том числе проходимого пути и времени производилась с помощью осциллографа Н-700, установленного в кабине тягача.

На рис. 4, а приведен образец осциллограммы с записью вертикальных ускорений задней оси тягача и его поддрессоренной массы. По характеру колебаний, частоте процесса и его интенсивности записи колебаний близко согласуются с аналогичными кривыми, полученными расчетом.

На рис. 4, б даны графики зависимости величины среднеквадратичных вертикальных ускорений поддрессоренной массы тягача от скорости движения для гравийной дороги. Для сравнения на этом же рисунке дана теоретическая кривая 2, построенная для случая движения автопоезда по гравийной дороге ($\sigma_n = 1,15$ см). Сравнение показывает хорошую сходимость расчетно-теоретических и экспериментальных данных. Наибольшее расхождение этих кривых составляет 10%. Имеющиеся в некоторых случаях расхождения до 20% объясняются в основном допущениями, принятыми при составлении динамической модели.

Таким образом, вертикальная динамика лесовозного автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 существенно зависит от степени ровности дорог, скорости движения и тесно связана с параметрами звеньев автопоезда. Увязка параметров автопоезда на основе данных рекомендаций с условиями эксплуатации позволит снизить динамическую нагруженность элементов автопоезда.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Библиук Н. И. Исследование некоторых вопросов вертикальной динамики лесовозных автопоездов. Автореферат кандидатской диссертации. Львов, 1968. [2]. Гастев Б. Г. Некоторые вопросы теории перевозок древесины в хлыстах на лесовозных дорогах. Докторская диссертация. Львов, 1958. [3]. Жуков А. В., Абрамович К. Б. О взаимодействии автомобиля с дорогой. — В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса. Минск, 1972. [4]. Ковтун И. П. Исследование некоторых вопросов динамики лесовозного автопоезда при взаимодействии с неровностями пути. Кандидатская диссертация. Минск, 1971. [5]. Силуков Ю. Д. Исследование особенностей динамических процессов в основных агрегатах лесотранспортных колесных ма-

шин. Автореферат докторской диссертации. М., 1973. [6]. Хлуд В. Я. Исследование и совершенствование лесовозного подвижного состава на лесозаготовках в горных условиях. Автореферат кандидатской диссертации. Воронеж, 1971.

Поступила 30 сентября 1974 г.

УДК 625.1

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ НЕРОВНОСТИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ВИДА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведена методика решения задачи продольно-поперечного изгиба рельсо-шпальной решетки при наличии начальной непрерывной неровности синусоидального вида. Получены расчетные зависимости для определения начальной продольной силы, расчетной критической силы, допустимой продольной силы, коэффициента запаса. Определены критерии устойчивости пути.

Рельсо-шпальная решетка железных дорог широкой и узкой колеи всегда имеет начальные неровности, величина которых обусловлена особенностями строительства, содержания и эксплуатации верхнего строения пути. Эти неровности непрерывны. Таким образом, расчет устойчивости рельсо-шпальной решетки при воздействии продольных температурных сжимающих сил по схеме, исходящей из наличия отдельной изолированной неровности, довольно условен и требует уточнения.

Расчетная схема

Исходная расчетная схема показана на рис. 1. Изогнутый участок пути, состоящий из одной волны, расположен на синусоидальной неровности. В крайних сечениях участка по нормали к ним действуют температурные сжимающие силы N , которые разложим на две составляющие: P (параллельную оси пути) и R_1 (перпендикулярную оси пути). Сила R воспринимает внешнюю нагрузку интенсивностью q . Из условия равновесия $R = qx$. Предполагаем, что $q = \text{const}$, $m = 0$, так как это допущение не влияет на принципиальную сущность рассматриваемого явления. Вследствие малости прогибов неровности $P \approx N = E\alpha\omega t$.

Изогнутый участок пути рассматривается в системе x, y . Предположим, что начальная неровность аппроксимирована в системе ξ, η уравнением

$$\eta = \gamma v_0 \sin \beta \xi,$$

где v_0 — стрела прогиба неровности;
 $\gamma = (-1)^{\frac{(f-1)}{2}}$ — коэффициент четности;

$$\beta = \frac{j\pi}{2\xi_0},$$

j — число волн синусоиды на рассматриваемом участке.

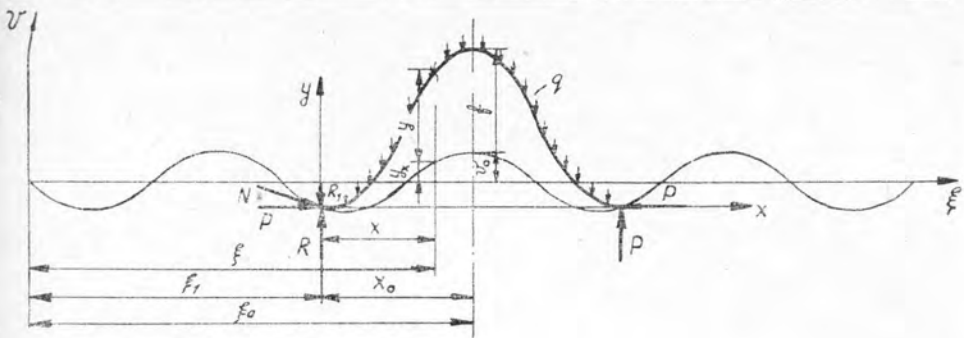


Рис. 1.

Переходим к системе координат x, y :

$$y_x = \gamma v_0 (\sin \beta \xi - \sin \beta \xi_1).$$

Так как

$$\xi_1 = \xi_0 - x_0, \quad \xi = \xi_1 + x = \xi_0 - x_0 + x,$$

то

$$\sin \beta \xi_1 = \sin \frac{j\pi}{2} \cos \beta x_0 \sin \beta \xi = \sin \frac{j\pi}{2} \cos \beta (x_0 - x).$$

Подставляя эти выражения в уравнение и имея в виду, что при любом нечетном j произведение

$$\gamma \sin \frac{j\pi}{2} = +1,$$

получим

$$y_x = v_0 [\cos \beta (x_0 - x) - \cos \beta x_0]. \quad (1)$$

Исходное дифференциальное уравнение и его решение

При малых прогибах рельсо-шпальной решетки, имеющих место в действительности, применяем линейную дифференциальную зависимость

$$y'' = \frac{1}{EI} M,$$

где EI — жесткость рельсо-шпальной решетки;

M — изгибающий момент в произвольном сечении

$$M = -Py_1 + Rx - \frac{qx^2}{2};$$

y_1 — суммарный прогиб

$$y_1 = y + y_x,$$

y — прогиб в результате изгиба;

y_x — прогиб от начальной неровности.

Таким образом,

$$y'' = -k^2 y + ax - \frac{nx^2}{2} - k^2 y_x, \quad (2)$$

$$\text{где } k^2 = \frac{P}{EI}; \quad a = \frac{R}{EI} = nx_0; \quad n = \frac{q}{EI}.$$

Запишем уравнение (2) в виде

$$y'' + k^2 y = ax - \frac{nx^2}{2} - k^2 v_0 [\cos \beta (x_0 - x) - \cos \beta x_0].$$

Его решение

$$y = A \sin kx + B \cos kx + \frac{n}{k^4} + \frac{ax}{k^2} - \frac{nx^2}{2k^2} - v_0 [\lambda \cos \beta (x_0 - x) - \cos \beta x_0], \quad (3)$$

где A и B — постоянные, определяемые из начальных условий

$$y(0) = 0, \quad y'(0) = v'(0);$$

$$A = -\frac{nx_0}{k^3} + v_0 \frac{\beta}{k} (1 + \lambda) \sin \beta x_0;$$

$$B = -\frac{n}{k^4} - v_0 (1 - \lambda) \cos \beta x_0.$$

Следовательно,

$$y = -\frac{nx_0}{k^3} \sin kx - \frac{n}{k^4} \cos kx + \frac{n}{k^4} + \frac{ax}{k^2} - \frac{nx^2}{2k^2} + v_0 \frac{\beta}{k} (1 + \lambda) \sin \beta x_0 \cdot \sin kx_0 - v_0 (1 - \lambda) \cos \beta x_0 \cos kx - v_0 [\lambda \cos \beta (x_0 - x) - \cos \beta x_0]. \quad (4)$$

Для определения параметра k используем условие $y'(x_0) = 0$, отсюда

$$\frac{n}{k^4} (\sin kx_0 - kx_0 \cos kx_0) + v_0 \left[\frac{\beta}{k} (1 + \lambda) \sin \beta x_0 \cos kx_0 + (1 - \lambda) \cos \beta x_0 \sin kx_0 \right]. \quad (5)$$

Стрелу прогиба изогнутого участка находим по уравнению (4) при $x = x_0$

$$f = \frac{n}{k^4} [1 + 0,5k^2 x_0^2 - kx_0 \sin kx_0 - \cos kx_0] + v_0 \left[\frac{\beta}{k} (1 + \lambda) \sin \beta x_0 \sin kx_0 - (1 - \lambda) \cos \beta x_0 \cos kx_0 - \lambda + \cos \beta x_0 \right]. \quad (6)$$

Максимуму продольной сжимающей силы соответствует условие $\frac{\partial k}{\partial x_0} = 0$. Дифференцируя уравнение (5), получим

$$\frac{v_0 k^4}{n} \left[\frac{\beta}{k} (1 + \lambda) \left(\frac{\beta}{k} \cos \beta x_0 \cos kx_0 - \sin \beta x_0 \sin kx_0 \right) - (1 - \lambda) \left(\frac{\beta}{k} \sin \beta x_0 \sin kx_0 - \cos \beta x_0 \cos kx_0 \right) \right] = -kx_0 \sin kx_0. \quad (7)$$

Уравнения (5) — (7) дают полное решение рассматриваемой задачи.

Анализ решения

Решая совместно уравнения (5) и (6), можно получить зависимость $P(f)$ при различных значениях параметров начальной неровности v_0 и ξ_0 . Несколько таких зависимостей представлено на рис. 2. Порядок нуме-

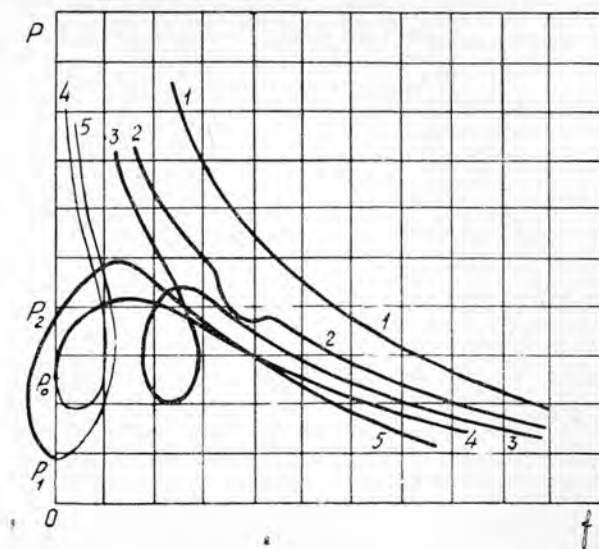


Рис. 2.

рации кривых соответствует степени выпуклости начальной неровности, то есть кривая 1 получена для очень пологой неровности (большое ξ^0 или малое v_0), кривая 5 — для очень выпуклой неровности.

Кривые 1 и 2 справедливы для сравнительно пологих неровностей. Они имеют гиперболический вид (плавная кривая или с местным искажением) и не пересекают оси координат. Кривая 3 справедлива для более выпуклой неровности. На ней имеется петлеобразный участок, расположенный правее оси ординат. Таким образом, зависимости $P(f)$, выраженные кривыми 1, 2, 3, показывают, что для начала изгибных деформаций необходим первоначальный сдвиг пути, вызванный, например, поперечной сдвигающей силой.

Кривая 4 касается оси ординат. Соответствующую точку касания величину сжимающей силы обозначим P_0 . При изменении сжимающей силы в пределах $0 \leq P \leq P_0$ рассматриваемый участок пути будет оставаться недеформированным. При $P > P_0$ начнутся изгибные деформации. Они характеризуются участком кривой $P(f)$, выделенным жирной линией.

Кривая 5 пересекает ось ординат. Величину сжимающей силы, соответствующую точкам пересечения, обозначим P_1 и P_2 . При $P < P_1$ путь находится в недеформированном состоянии. При $P_1 \leq P \leq P_2$ прогибы пути направлены в сторону, обратную окончательному выбросу. Это явление наблюдалось в экспериментах по выбросу пути [1]. При $P < P_2$ прогибы направлены в сторону окончательного выброса. Изгибные деформации пути характеризуются жирной линией.

Таким образом, появление изгибных деформаций рельсо-шпальной решетки возможно только для таких начальных неровностей, которые соответствуют случаям, характеризуемым кривыми 4 и 5. Во всех остальных случаях (кривые 1, 2, 3) необходимо действие дополнительных факторов.

Максимум сжимающей силы определяет момент выброса пути, то есть она является критической силой. Минимальная величина критической силы ($\min P_{кр}$) имеет место при таких параметрах начальной не-

ровности, когда кривая $P(f)$ касается оси ординат. В этом случае при $f = 0$ $P = P_0$. Если кривая пересекает ось ординат, то изгибные деформации наступят раньше ($P_1 < P_0$), но критическая сила будет больше $\min P_{кр}$. Следовательно, минимальная критическая сила должна быть определена из условия $f = 0$.

Сделанные выводы определяют методику дальнейшего исследования устойчивости рельсо-шпальной решетки с начальной неровностью синусоидального вида.

Начальное значение сжимающей силы P_0

Значение силы P_0 можно определить, решая систему, состоящую из уравнений (5) и (6) при $f = 0$. Эта система содержит три неизвестные величины: $\beta_1 x_0$, $k_0 x_0$ и $\frac{k_0^4 v_0}{n}$, где k_0 и β_1 — значения k и β , соответствующие моменту касания. Задаваясь, например, величиной $\beta_1 x_0$, можно вычислить значения $k_0 x_0$ и $\frac{k_0^4 v_0}{n}$ не только для случая касания кривой $P(f)$ оси ординат, но и для всех случаев пересечения. Результаты решения систем уравнений приведены в табл. 1.

Таблица 1

$\beta_1 x_0$	$k_0 x_0$	a_1	$\beta_1 x_0$	$k_0 x_0$	a_1
3,15	0,45000	0,06012	3,50	2,378	2,0951
3,20	1,1600	0,4000	3,55	2,472	2,3700
3,32	1,8760	1,1312	3,60	2,552	2,6567
3,35	1,9800	1,2967	3,65	2,623	2,9655
3,40	2,137	1,563	4,00	2,931	6,7401
3,45	2,268	1,8286	4,20	3,021	14,938
3,47	2,3140	1,9345			

Чтобы из полученных значений выделить ту группу, которая соответствует моменту касания кривой $P(f)$ оси ординат, необходимо иметь дополнительное условие. Его можно получить следующим образом.

Обозначим $k_0 x_0 = A_1$, $\beta_1 x_0 = B_1$, $\frac{k_0^4 v_0}{n} = a_1$ и запишем

$$k_0 = \frac{A_1}{B_1} \beta_1; \quad k_0 = \sqrt[4]{\frac{a_1 n}{v_0}},$$

отсюда

$$\frac{A_1}{B_1} \beta_1 = \sqrt[4]{\frac{a_1 n}{v_0}}. \quad (8)$$

Так как

$$\beta = \frac{j\pi}{2\xi_0},$$

то

$$\xi_{01} = \frac{A_1}{B_1} \cdot \frac{j\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{v_0}{a_1 n}}. \quad (9)$$

Если, используя данные табл. 1, вычислить значения ξ_{01} для различных случаев, то можно построить кривую зависимости $\xi_{01}(a_1)$, показанную на рис. 3. Величина ξ_{01} , возрастая от некоторого значения, достигает максимума и затем падает. В точке максимума имеем только одну пару значений ξ_{01} и a_1 , во всех остальных точках кривой каждому значению ξ_{01} соответствуют два значения a_1 (пропорциональные P). Значит, максимум кривой $\xi_{01}(a)$ определяет точку касания кривой $P(f)$ оси ординат, остальные участки отвечают случаям пересечения.

Из условия максимума ξ_{01} по уравнению (9) вычислены следующие значения:

$$k_0 x_0 = 2,3097; \quad \beta_1 x_0 = 3,468; \quad a_1 = 1,924,$$

отсюда

$$P_0 = \sqrt{\frac{1,924qEI}{v_0}} \quad (10)$$

или

$$P_0 = 4,378 \frac{EI}{z_{01}^2}, \quad (10a)$$

где $z_0 = \frac{2\xi_0}{j}$ — длина волны синусоиды.

Для практического применения более удобно уравнение (10), содержащее все основные параметры рельсо-шпальной решетки.

Длину изогнутого участка пути в этот момент определим из условия $k_0 x_0 = 2,3097$, отсюда

$$x_0 = 1,955 \sqrt[3]{\frac{v_0 EI}{q}} \quad (11)$$

Приравняв правые части уравнений (10) и (11), после преобразования найдем ту длину волны синусоиды, которая при данном значении v_0 соответствует условию касания кривой $P(f)$ оси ординат

$$z_{01} = 1,776 \sqrt[3]{\frac{v_0}{n}} \quad (12)$$

Таким образом, параметры неровности зависят от параметров рельсо-шпальной решетки.

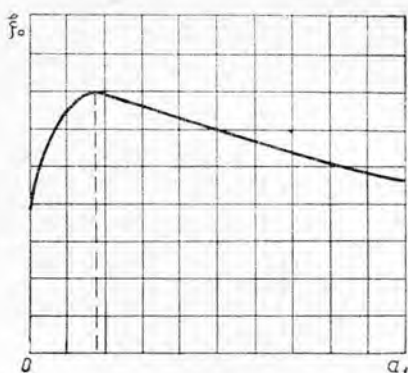


Рис. 3.

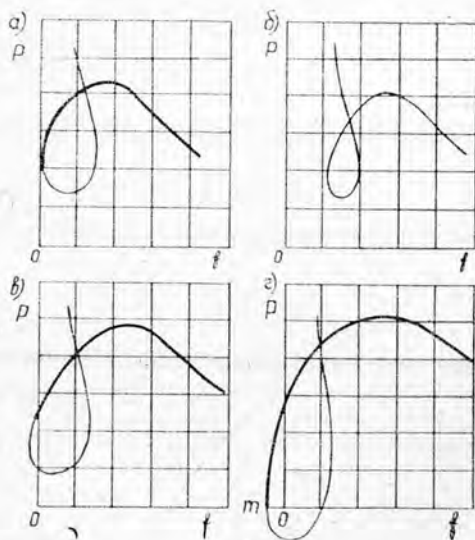


Рис. 4.

В зависимости от того, удовлетворяет ли фактическая длина волны синусоиды z_0 условию (12), возможны три основных случая, представленных на рис. 4. Если $z_0 = z_{01}$, то кривая $P(f)$ касается оси ординат (рис. 4, а); если $z_0 > z_{01}$, то кривая $P(f)$ не касается и не пересекает ось ординат (рис. 4, б); при $z_0 < z_{01}$ кривая $P(f)$ пересекает ось ординат (рис. 4, в).

Расчетная критическая сила

Минимальная величина критической силы ($\min P_{кр}$) определяет устойчивость пути в том или ином конкретном случае, поэтому назовем ее в дальнейшем расчетной критической силой P_p . Она может быть найдена решением системы, состоящей из уравнений (5) и (7). Однако эта система содержит три неизвестные величины: kx_0 , βx_0 и $\frac{k^4 v_0}{n}$. Дополнительные условия таковы:

$$\beta = \beta_1 \frac{\pi}{2z_{01}}; \quad \frac{A_2}{B_2} \beta_1 = \sqrt[4]{\frac{a_2 n}{v_0}}, \quad (13)$$

где $a_2 = \frac{k^4 v_0}{n}$.

Методика решения заключается в том, что, задаваясь величиной $\beta_1 x_0 = B_2$, определяем значения $kx_0 = A_2$ и $a_2 = \frac{k^4 v_0}{n}$, решая совместно уравнения (5) и (7). Подставляя их в уравнение (13), проверим соответствие этому условию. Таким способом для максимума кривой $P(f)$ найдены следующие значения:

$$\beta_1 x_0 = 4,1370; \quad kx_0 = 3,4208; \quad a_2 = 4,5716,$$

отсюда

$$P_p = \sqrt{\frac{4,57qEI}{v_0}}. \quad (14)$$

Длину изогнутого участка пути при $P = P_p$ можно определить из условия $kx_0 = 3,4208$, отсюда

$$x_0 = 2,34 \sqrt{\frac{v_0 EI}{q}}. \quad (15)$$

Подставив найденные значения kx_0 , βx_0 и a_2 в уравнение (6), получим величину стрелы прогиба в момент выброса $f = 1,44 v_0$.

Для расчетной схемы, рассматривающей потерю устойчивости пути при наличии отдельной изолированной неровности, аппроксимированной смещенной косинусоидой, ранее получено [2]

$$P_p = \sqrt[4]{\frac{\pi q EI}{\mu f_0}},$$

где f_0 — стрела прогиба изолированной неровности ($f_0 = v_0$).

Величина расхождения, имеющего место при определении расчетной критической силы для этих двух случаев,

$$r = \frac{(P_p)_{\text{синус}} - (P_p)_{\text{изолир}}}{(P_p)_{\text{изолир}}} \cdot 100 = 8,97\%.$$

Эта ошибка не очень существенна, так как ошибка, например в вычислении q , достигает 20% и более.

Фактическая неровность рельсо-шпальной решетки заключена между синусоидальной и изолированной неровностями, поэтому расхождение между P_p , определенной по рассматриваемым расчетным схемам и по схеме, учитывающей реальную форму неровности, будет еще меньше.

Таким образом, при расчете пути на устойчивость допустимо пользоваться расчетной схемой как с синусоидальной, так и с изолированной начальными неровностями.

Область допустимых значений

Рассмотрим те значения ξ_0 и v_0 , при которых кривая $P(f)$ пересекает ось ординат. Для определения их необходимо решить систему, состоящую из уравнений (5) и (6), при $\beta x_0 < 3,468$. Зависимости $v_0(z_0)$ при $P = P_0$ и $P = P_1 = 0$ приведены на рис. 5. Первая из них построена по формуле

$$z_0 = 1,7765 \sqrt{\frac{v_0}{n}},$$

вторая по формуле

$$z_0 = 0,8976 \sqrt{\frac{v_0}{n}}.$$

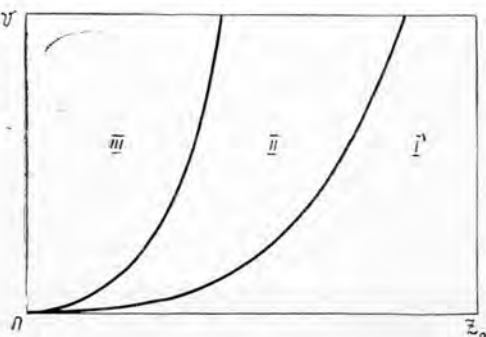


Рис. 5.

Эти кривые делят поле графика на три зоны. Зона I определяет те значения v_0 и z_0 , для которых невозможны изгибные деформации при действии только одной сжимающей силы, то есть кривая $P(f)$ не касается и не пересекает оси ординат (кривые 1, 2, 3 на рис. 2). Зона II соответствует условию $P_0 \leq P \leq 0$, то есть для всех точек, расположенных в этой зоне, кривая $P(f)$ или касается, или пересекает ось ординат. При $P = 0$ кривая $P(f)$ проходит через начало координат. Зона III соответствует тем значениям v_0 и z_0 , для которых кривая $P(f)$ имеет вид, показанный на рис. 4, г. Изгибные деформации начинаются от момента приложения сжимающей силы. На участке $0 - m$ имеет место перескок. Затем следуют плавные деформации, пропорциональные росту силы P в соответствии с участком кривой $P(f)$, изображенной жирной линией.

Таким образом, при отсутствии каких-либо внешних факторов, кроме сжимающей силы, изгибные деформации возможны только для тех значений v_0 и z_0 , для которых соответствующие точки на графике расположены во II или III зоне.

Коэффициент запаса

Расчетная критическая сила не может служить критерием при оценке устойчивости той или иной конструкции пути, так как деформации пути в момент выброса достигают значительной величины. Допустимая продольная сила, по предложению Е. М. Бромберга, назначается из того условия, чтобы величина деформации пути не превышала значения, допустимого по условию безопасной эксплуатации. Допустимая продольная сила определяется, таким образом, как сила,

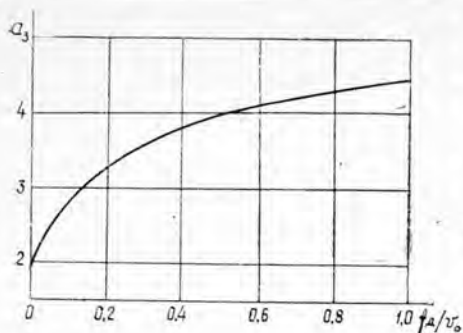


Рис. 6.

от f_d/v_0 приведены на рис. 6. Зная f_d и v_0 , по кривой на графике легко определить a_3 , а затем

$$P_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{a_3 q E I}{v_0}}. \quad (16)$$

Имея выражения (14) и (16), получим

$$K = \frac{P_{\text{доп}}}{P_p} \sqrt{\frac{4,57}{a_3}}. \quad (17)$$

Например: $f_d = 0,02$ см, $v_0 = 0,4$ см, значит $\frac{f_d}{v_0} = 0,05$. По графику находим $a_3 = 2,4$, значит

$$K = \sqrt{\frac{4,5716}{2,4}} = 1,38.$$

Отметим, что уравнение (17), как и остальные расчетные формулы, справедливы только для прямолинейных участков пути.

Выводы

Влияние синусоидальной неровности на величину расчетной критической силы не отличается принципиально от влияния изолированной начальной неровности. Результаты вычисления расчетной критической силы по формулам в том и другом случаях имеют расхождение, не превышающее точности исходных данных.

Исследование устойчивости пути при синусоидальной неровности позволяет более объективно представить процесс развития деформаций рельсо-шпальной решетки по мере роста продольной силы. Этот процесс хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Выполненная работа может послужить базой для дальнейшего исследования процесса потери устойчивости верхнего строения пути при произвольной форме начальной неровности.

Располагая данными о фактических неровностях пути, можно, используя полученные зависимости, дать вполне объективную оценку устойчивости соответствующей конструкции верхнего строения пути.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бромберг Е. М. Экспериментальное изучение устойчивости бесстыкового пути. — Труды ЦНИИ МПС, вып. 244. 1962. [2]. Морозов С. И. Влияние начальной неровности на устойчивость пути. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 2.

Поступила 16 октября 1974 г.

УДК 634.0.32 : 531.2

О ФОРМИРОВАНИИ ПАКЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ СЖАТИЕМ

В. В. АНДРОНОВ

Московский лесотехнический институт

Изучается предельное равновесие однослойного пакета круглых лесоматериалов при сжатии его шероховатыми стойками. Показано, что состояние предельного равновесия и связанное с ним свойство структурной деформируемости пакета возможно не всегда. Эта особенность рассматриваемой системы свидетельствует об определенной ограниченности машин сжатия. Рассматриваются пути преодоления этой ограниченности.

Формирование пакетов круглых лесоматериалов путем сжатия применяется в сплочных машинах, челюстных погрузчиках, радиальных грейферах и др. Совершенствование конструкций таких машин, а также создание новых требует всестороннего рассмотрения механики процесса формирования. Существующие исследования обычно преследуют цель определения сжимающих усилий и анализ формы пучков [2], [3], [5], [9]. Не менее важны исследования способов интенсификации процесса формирования [7], которые относятся по существу к области оптимизации процессов. К работам этого второго направления относится и данная статья.

Определенное количество параллельно расположенных круглых лесоматериалов образует некоторую физическую систему с характерными размерами a и b (рис. 1). Всякую упорядоченную систему тел можно называть пакетом, а процесс ее получения — формированием пакета, или пакетированием. В нашей работе термин «пакетирование» будем употреблять в более узком смысле, понимая под ним процесс переформирования некоторого исходного пакета, для которого $a \geq b$, с целью придания ему формы с меньшими значениями a . Эта операция противоположна операции рассредоточения (развала), в которой переформирование пакета имеет цель увеличения длины основания a [1].

При пакетировании переформирование производится путем сжатия пакета между двумя подвижными боковыми опорами (стойками), представляющими рабочий орган той или иной машины. Механические модели системы цилиндрических тел с присутствием сухого трения в общем случае очень сложны и неконструктивны. Поэтому приходится идти на упрощение и вместо произвольного исходного пакета, изображенного на рис. 1, рассматривать более простые случаи.

Пусть исходный пакет — однослойный ряд бревен (рис. 2, а). Бревна будем считать одинаковыми круглыми однородными цилиндрами, абсолютно твердыми, между которыми действует трение-скольжения и качения. Задача исследования, очевидно, состоит в рассмотрении предельного равновесия этой системы при сжатии ее боковыми

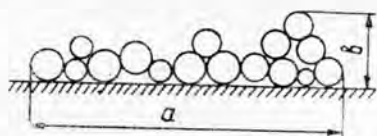


Рис. 1.

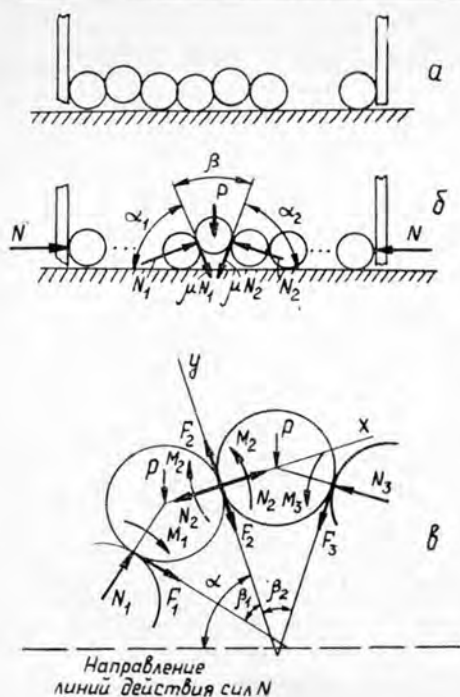


Рис. 2.

Присоединим к ним еще уравнение предельного равновесия для одной из «отброшенных» частей пакета

$$N_1 (\cos \alpha_1 + \mu \sin \alpha_1) - N = 0. \quad (3)$$

В этих уравнениях N_1 и N_2 — нормальные реакции;

μ — коэффициент трения скольжения между телами, а также телами и стойками;

P — вес тела.

Система линейных неоднородных уравнений (1)–(3), чтобы быть однозначно разрешимой, должна иметь отличный от нуля определитель [6],

$$\begin{vmatrix} \sin \alpha_1 + \mu \cos \alpha_1 & -(\sin \alpha_2 + \mu \cos \alpha_2) & 0 \\ \cos \alpha_1 - \mu \sin \alpha_1 & \cos \alpha_2 - \mu \sin \alpha_2 & 0 \\ \sin \alpha_1 + \mu \cos \alpha_1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad (4)$$

Если этот определитель обращается в нуль, то система не имеет решения. В первом случае состояние покоя возможно только при определенных значениях сжимающих сил N , верхний предел которых находится очевидным образом из этих уравнений. Достаточно незначительного превышения этого предела, чтобы равновесие нарушилось и произошла структурная деформация пакета. Во втором случае, то есть при выполнении условий, обращающих определитель (4) в нуль, пакет находится в равновесии при любых, как угодно больших, значениях сил N . Наблюдается хорошо известное в системах с сухим трением свойство «заклинивания» [4].

стойками, которые без большого ущерба можно считать параллельными друг другу.

Зрительные наблюдения процесса сжатия модельных бревен показывают, что нарушение равновесия и следующая за ним структурная деформация пакета происходит обычно путем вытеснения из него одного — двух бревен.

Изучим прежде всего случай вытеснения одного бревна. Соответствующая ситуация показана на рис. 2, б, где буквой N обозначены нормальные реакции стоек, а углы α_1 и α_2 определяют наклон к горизонту площадок касания тела с оставшимися частями пакета. Уравнения предельного равновесия выделенного тела в случае скольжения имеют вид

$$N_1 (\sin \alpha_1 + \mu \cos \alpha_1) - N_2 (\sin \alpha_2 + \mu \cos \alpha_2) = 0; \quad (1)$$

$$N_1 (\cos \alpha_1 - \mu \sin \alpha_1) + N_2 (\cos \alpha_2 - \mu \sin \alpha_2) = P. \quad (2)$$

Приравняем определитель (4) нулю и решим полученное уравнение. В результате придем к соотношению

$$\frac{1 + \cos(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)} > \mu \quad (5)$$

для определения параметров пакета, допускающих существование структурных деформаций. Поскольку полученное условие зависит не от углов α_1 и α_2 , а от их суммы, то эту сумму и можно принять за основной параметр системы. Более удобно, однако, особенно для качественных рассуждений, использовать параметр

$$\beta = \pi - (\alpha_1 - \alpha_2), \quad (6)$$

смысл которого как угла «раствора» двух плоскостей скольжения хорошо виден из рис. 2, б. При этом формула (5) принимает очень простой вид

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} > \mu. \quad (7)$$

Рассмотрим теперь потерю равновесия вытеснением двух тел (рис. 2, в). Аналогично предыдущему случаю легко получить необходимое условие вытеснения сразу двух тел:

$$\operatorname{tg} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} > \mu. \quad (8)$$

Выражение (8), естественно, совпадает по смыслу с формулой (7). Для того чтобы эти условия записывались одинаково, достаточно для нового угла «раствора» $\beta_1 + \beta_2$ ввести обозначение

$$\beta_1 + \beta_2 = \beta. \quad (9)$$

При вытеснении двух тел возможна потеря равновесия не только из-за скольжения, что предполагалось при выводе формул (5), (7) и (8), но и за счет качения тел друг по другу.

Составим уравнения равновесия системы, отвечающие принятой форме потери равновесия с учетом трения качения:

$$\left. \begin{aligned} N_1 \cos \beta_1 + F_1 \sin \beta_1 - N_2 &= P \cos \alpha; \\ N_1 \sin \beta_1 - F_1 \cos \beta_1 - F_2 &= P \sin \alpha; \\ -M_1 - M_2 - N_1 R \sin \beta_1 + F_1 R (1 + \cos \beta_1) &= -PR \sin \alpha; \\ N_2 - N_3 \cos \beta_2 - F_3 \sin \beta_2 &= P \cos \alpha; \\ F_2 + N_3 \sin \beta_2 - F_3 \cos \beta_2 &= P \sin \alpha; \\ M_2 + M_3 + N_3 R \sin \beta_2 - F_3 R (1 + \cos \beta_2) &= PR \sin \alpha; \\ N_1 \sin(\alpha - \beta_1) + F_1 \cos(\alpha - \beta_1) - N &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где N_1, N_2, N_3 — нормальные составляющие сил взаимодействия бревен;

F_1, F_2, F_3 — касательные составляющие этих сил, или силы трения скольжения;

M_1, M_2, M_3 — моменты трения качения;

R — радиус;

P — вес одного бревна.

Принятые направления сил, координатных осей, а также смысл остальных обозначений показаны на рис. 2, в, где выделенный участок пакета изображен в более крупном масштабе. В системе (10) первые

три уравнения — уравнения проекций сил на координатные оси и моментов относительно общей точки для первого из выделенных тел; вторые три уравнения — аналогичные уравнения для второго тела; последнее — уравнение проекций сил, приложенных к части пакета слева от выделенного участка, на направление сил N . Трением между бревнами и основанием, на котором они покоятся, пренебрегаем.

В состоянии предельного равновесия выполняются соотношения

$$M_1 = kN_1; \quad M_2 = kN_2; \quad M_3 = kN_3, \quad (11)$$

где k — коэффициент трения качения.

При этом система уравнений (10) становится статически определенной и относительно неизвестных $N_1, N_2, N_3, F_1, F_2, F_3, N$ представляет систему линейных неоднородных уравнений с определителем

$$\begin{vmatrix} \cos \beta_1 & -1 & 0 & \sin \beta_1 & 0 & 0 & 0 \\ \sin \beta_1 & 0 & 0 & -\cos \beta_1 & -1 & 0 & 0 \\ -k - R \sin \beta_1 & -k & 0 & R(1 + \cos \beta_1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -\cos \beta_2 & 0 & 0 & -\sin \beta_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sin \beta_2 & 0 & 1 & -\cos \beta_2 & 0 \\ 0 & k & k + R \sin \beta_2 & 0 & 0 & -R(1 + \cos \beta_2) & 0 \\ \sin(\alpha - \beta_1) & 0 & 0 & \cos(\alpha - \beta_1) & 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad (12)$$

Для нахождения условий структурной деформируемости пакета нужно раскрыть этот определитель и приравнять полученное выражение нулю. В результате приходим к уравнению

$$\left(\frac{k}{R}\right)^2 + \frac{2k}{R} \operatorname{ctg} \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} - 1 = 0, \quad (13)$$

решение которого дает искомое условие в виде

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1 + \beta_2}{4} > \frac{k}{R}. \quad (14)$$

Таким образом, для вытеснения сразу двух бревен необходимо, чтобы выполнялось одно из условий

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} > \mu; \quad \operatorname{tg} \frac{\beta}{4} > \frac{k}{R} \quad (\beta = \beta_1 + \beta_2). \quad (15)$$

В первом случае преодолевается трение скольжения, во втором — трение качения. При одновременном выполнении обоих условий (15) возможны как тот, так и другой случаи. Практически реализуется, очевидно, тот из них, которому соответствует меньшее значение сжимающего усилия.

Если для всех смежных пар тел не удовлетворяется ни одно из неравенств (15), но для одного из тел справедливо соотношение (7), то равновесие пакета будет нарушаться вытеснением этого тела. Может случиться также, что в пакете имеются три пары бревен, для которых удовлетворяются одно или оба условия (15), так и отдельные бревна, для которых выполняется условие (7). И здесь, конечно, практически реализуется случай с меньшим значением сжимающего усилия.

Если параметры системы и ее начальная форма таковы, что ни одно из условий (7), (15) не может быть выполнено, то равновесие не может быть нарушено ни при каких значениях сжимающего воздействия. Пакет тел становится как бы одним твердым телом, стерж-

нем и может воспринимать, не разрушаясь, теоретически бесконечно большие нагрузки*. Пакетирование посредством только сжимающего воздействия оказывается в данном случае невозможным. Этим подтверждается возможность образования в сжимаемой массе бревен «балочных систем», «балок» [7], «пластов», «сводов» [5].

Для преодоления этих нежелательных явлений, очевидно, требуется комбинированное воздействие, при котором, наряду со сжимающими силами, отдельным элементам пакета передаются также силы, направленные перпендикулярно направлению сжатия (например, с помощью вибрации, вспомогательного поперечного движения стоек, использования «активаторов» — дополнительных элементов на стойках). Подобные дополнительные воздействия применяются пока ограничено [7], [8]. Между тем с их помощью явление заклинивания может быть полностью устранено.

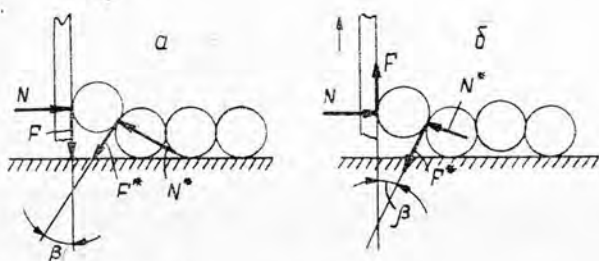


Рис. 3.

При комбинированном воздействии характер силового взаимодействия существенно изменяется. Если сжимающие стойки совершают одно из дополнительных движений, другими словами, если они активны, то появляется возможность изменять силу трения между стойкой и крайним бревном, как бы управлять этой силой. В результате взаимное заклинивание всех тел в пакете исключается. На рис. 3 показана схема сил, приложенных к крайним элементам пакета, в случае «пассивных» (рис. 3, а) и «активных» стоек (рис. 3, б; стрелкой показано направление дополнительного движения). В первом случае при выполнении условия

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \leq \mu$$

крайнее тело заклинено. Условие предельного равновесия крайнего тела во втором случае при преодолении трения скольжения

$$\left| \begin{array}{c} 1 - (\mu \sin \beta + \cos \beta) \\ \mu - \mu \cos \beta + \sin \beta \end{array} \right| = (1 + \mu^2) \sin \beta \neq 0. \quad (16)$$

Заклинивание возможно здесь только при $\beta = 0$. Если учесть возможность потери равновесия за счет качения, то окажется, что заклинивание невозможно ни при каких значениях угла β .

* Фактически разрушение такой системы взаимно заклиненных тел возможно при конечном значении сжимающих сил. Для его нахождения следует отказаться от представления об абсолютной твердости и решать задачу с учетом упругости элементов пакета. При этом, однако, задача существенно усложняется.

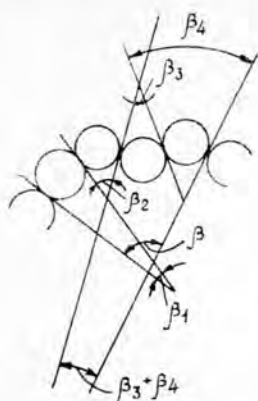


Рис. 4.

Изложенная ситуация предполагает наличие скольжения между крайним телом системы и стойкой или ее активными элементами. В противном случае заклинивание не всегда возможно устранить. Отсюда, в частности, следует, что эффективность интенсифицирующего устройства, описанного в [8], существенно повысится, если активный элемент (в данном случае бесконечная цепь) будет приводиться в движение не челюстью грейфера, а, например, отдельным электродвигателем, расположенным на челюсти грейфера.

С помощью приведенных рассуждений можно показать, что условие структурной деформируемости (7) остается справедливым и в других случаях потери равновесия скольжением, когда вытесняются не одно—два, а большее число бревен. При этом под углом β следует понимать абсолютное значение угла раствора всего вытесняемого участка, равного, как это легко видеть из рис. 4, алгебраической сумме углов раствора всех тел в участке (углы раствора, содержащие вписанное тело, можно считать положительными, если они обращены раствором вверх, и отрицательными — если вниз).

Для вытеснения скольжением одного тела достаточно выполнить лишь одно неравенство (7), а в случае группы тел, вытесняемых как одно твердое тело, требуется удовлетворить еще ряд условий. Например, для двух тел дополнительные условия:

$$\operatorname{tg} \frac{|\beta_1|}{2} \leq \mu; \quad \operatorname{tg} \frac{|\beta_2|}{2} \leq \mu; \quad (17)$$

для трех тел следует присоединить еще условия

$$\operatorname{tg} \frac{|\beta_3|}{2} \leq \mu; \quad \operatorname{tg} \frac{|\beta_1 + \beta_2|}{2} \leq \mu; \quad \operatorname{tg} \frac{|\beta_2 + \beta_3|}{2} \leq \mu, \quad (18)$$

а для четырех тел, вытесняемых как одно целое, требуется выполнение уже девяти дополнительных условий.

Подобное обстоятельство, по-видимому, имеет место и при потере равновесия качением.

Таким образом, для реализации «высших форм» нарушения равновесия требуется одновременное выполнение большого числа условий, что затруднительно в общем случае. Этим в какой-то мере объясняется тот факт, почему на практике нарушение равновесия происходит обычно при вытеснении одного — двух бревен.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андронов В. В. О вибрационном развале пакета бревен. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 1. [2]. Калихевич Н. Н. Исследование усилий при сжатии бревен в пучки. — В сб. научно-исследовательских работ по лесосплаву. Под ред. Б. Ю. Калиновича, 1940. [3]. Коробов В. Н. Определение усилия сжатия пучков в сплоченных машинах стоечного типа. — Техническая информация, № 124, ЦНИИЛесосплава, 1960. [4]. Лойцянский Л. Г., Лурье А. И. Курс теоретической механики. Т. I. М., ГИТТЛ, 1955. [5]. Меттус К. Я. Исследование к вопросу о выборе способов сплотки озерных пучков стойками. — Техническая информация, № 127, ЦНИИЛесосплава, 1959. [6]. Смирнов В. И. Курс высшей математики, Т. 3, ч. I. М., «Наука», 1967. [7]. Таубер Б. А. Грейферные механизмы. М., «Машиностроение», 1967. [8]. Таубер Б. А., Карлинский З. И., Козлов В. Ф. Грейфер. Авторское свидетельство № 406794. Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки,

№ 46, 1973. [9]. Труфанов А. А. Некоторые вопросы взаимодействия сплотовых машин с древесиной. — Труды Казанского химико-технологического института, вып. 21, 1956.

Поступила 3 октября 1974 г.

УДК 634.0.378.35

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДНЫХ ПАРАШЮТОВ

Л. В. МЕЛЬНИКОВ, К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Излагаются результаты исследования сопротивления неравномерному движению одиночных моделей водного парашюта. Установлено, что коэффициент совокупного влияния присоединенных масс и нестационарности движения зависит от безразмерной относительной скорости движения, безразмерных геометрических характеристик парашюта и безразмерного ускорения. Полученные зависимости можно использовать для расчетов по остановке натуральных плотов гидродинамическим торможением.

При гидродинамическом способе остановки плотов на рейдах прибытия* первоначальная тормозная сила создается водным парашютом**, который в процессе остановки плота движется с ускорением навстречу речному потоку. Полученная тормозная сила увеличивается затем до требуемой величины с помощью фрикционного тормозного устройства***.

Для расчета инерционных характеристик плотов при указанном способе их остановки (тормозное расстояние, длительность торможения) необходимо знать гидродинамические характеристики водных парашютов при их неравномерном движении.

В опытовом бассейне гравитационного типа кафедры водного транспорта леса АЛТИ и полевой лаборатории выполнены исследования парашютов на моделях масштаба 1:20 (№ 1А) и 1:40 (№ 3). Парашюты, по форме близкие к полуцилиндру, располагали образующими перпендикулярно к направлению движения. Частично результаты указанных исследований уже опубликованы [7]; в данной статье речь пойдет только о неравномерном движении моделей.

Результаты опытов на моделях обработаны с использованием известной из гидромеханики [1—3], [10], [11] гипотезы стационарности.

При движении тела с ускорением одновременно действуют силы сопротивления и инерционные гидродинамические. Сила сопротивления может быть записана в виде суммы двух слагаемых

$$R_{\text{х вест}} = R + \Delta R_{\text{нест}}, \quad (1)$$

где R — сила сопротивления, вычисленная по гипотезе стационарности, которая предполагает, что мгновенные значения сопротивления воды движению тела с ускорением равны зна-

* Авторское свидетельство на изобретение № 268250. Способ остановки плота на рейдах приплава. Автор Чекалкин К. А.

** Авторское свидетельство на изобретение № 350726. Гидродинамический тормоз для остановки плота. Авторы Мельников Л. В., Чекалкин К. А.

*** Авторское свидетельство на изобретение № 338483. Фрикционное тормозное устройство. Автор Чекалкин К. А.

чению при движении без ускорения, с соответствующими мгновенными скоростями [1], [3], [10];

$\Delta R_{\text{нест}}$ — дополнительное сопротивление, вызванное влиянием нестационарности.

Инерционные гидродинамические силы определяются через присоединенные массы воды λ .

Поскольку при обработке результатов опытов невозможно выделить силу сопротивления, то совместное влияние силы сопротивления и инерционной силы на процесс неравномерного поступательного движения тела принято учитывать безразмерным коэффициентом

$$n = \frac{\lambda \pm \Delta R_{\text{нест}} \frac{dv}{dt}}{M}, \quad (2)$$

где M — масса тела;

$\frac{dv}{dt}$ — ускорение движения.

Дифференциальное уравнение неравномерного поступательного движения тела в жидкости имеет вид

$$M(1+n) \frac{dv}{dt} = -R \pm P, \quad (3)$$

откуда

$$n = \frac{\pm P - R}{M \frac{dv}{dt}} - 1. \quad (4)$$

В выражениях (3) и (4)

P — внешняя сила, приложенная к телу;

R — стационарная часть сопротивления воды неравномерному движению тела, определяемая известной формулой

$$R = C_x \frac{\rho}{2} F v^2, \quad (5)$$

где v — мгновенное значение скорости неравномерного движения;

F — площадь миделевого сечения тела;

C_x — безразмерный коэффициент сопротивления движению тела; определяется из опыта при равномерном движении тела со скоростью v .

Таким образом, если при неравномерном движении тел в жидкости, например, водных парашютов, знать внешнюю силу, действующую на тело, значения коэффициента C_x , а также скорости и ускорения тела в различные моменты времени, то выражение (4) позволяет определять для каждого момента времени значения коэффициента n , а затем, после пересчета результатов опытов на натуре, решать уравнение (3).

Значения мгновенных скоростей и ускорений моделей получали при обработке осциллограмм по известной методике [13].

В каждой серии опытов находили табличную зависимость $v_i = f(t_{i(\text{сп})})$, которую для случая разгона модели аппроксимировали формулой вида

$$v = v_T - Ae^{-Bt_{i(\text{сп})}}, \quad (6)$$

где v_T — скорость движения модели к концу разгона;

e — основание натуральных логарифмов;
 A, B — параметры эмпирической формулы, определяемые методом наименьших квадратов [4].

Ускорение при разгоне

$$\frac{dv}{dt} = A B e^{-B t_{i(\text{cp})}} \quad (7)$$

Кроме этого, для каждого значения $t_{i(\text{cp})}$ вычисляли безразмерную относительную скорость

$$v_0 = \frac{v}{v_T} \quad (8)$$

и безразмерное ускорение

$$a_0 = \frac{\sqrt{F}}{v^2} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (9)$$

Во избежание больших погрешностей при определении коэффициента n по выражению (4), его значения вычисляли только до значения относительной скорости $v_0 = 0,9$ [10]. Вместо массы модели M , ввиду ее малости, в формулу (4) подставляли величину M , равную сумме массы модели и массы воды в объеме гибкого элемента модели, вычисляемую теоретически по ее размерам.

Обработку материалов выполняли на ЭВМ «Наири-С».

Некоторые авторы [1], [2], [9] и [11] указывают, что при движении тел вблизи свободной поверхности жидкости коэффициент n зависит от числа Фруда, безразмерных геометрических характеристик тела и безразмерного ускорения.

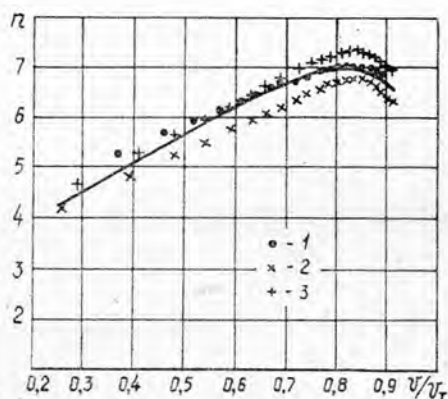


Рис. 1. Зависимость коэффициента n от безразмерной относительной скорости $v_0 = \frac{v}{v_T}$ для модели № 5 при $\psi = 4$.

1 — $v_T = 11,7$ см/с; 2 — $v_T = 14,0$ см/с; 3 — $v_T = 21,9$ см/с.

Опыты по разгону одиночных парашютов показали, что коэффициент n практически одинаков при разных конечных скоростях установившегося движения v_T . Как видно из графика (рис. 1), опытные точки не выражают какой-либо общей закономерности от скорости установившегося движения, что подтверждает выводы о независимости коэффициента совокупного влияния присоединенных масс и нестационарности движения от конечной скорости разгона, приведенные для моделей плотов и ледоколов [8], [9]. Это позволило аппроксимировать их одной общей эмпирической зависимостью, которая для случая разгона модели имеет вид

$$n = a + b \frac{v}{v_T} + ce^{d \frac{v}{v_T}}, \quad (10)$$

где a, b, c и d — параметры эмпирической зависимости, определяемые методом наименьших квадратов.

На рис. 2 представлены зависимости $n = f\left(\frac{v}{v_T}\right)$, вычисленные по выражению (10) для модели № 1А [6] при различных значениях относительного удлинения $\psi = \frac{B}{T}$ (B — ширина, T — высота гибкого элемента модели).

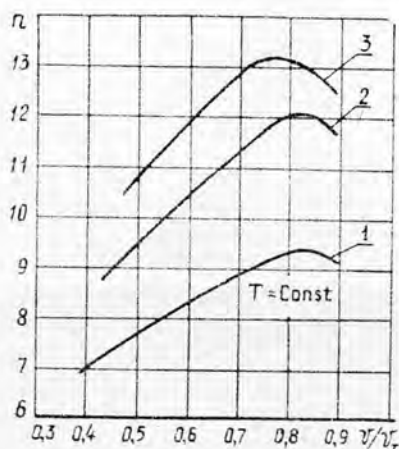


Рис. 2. Зависимость коэффициента n от безразмерной относительной скорости $v_0 = \frac{v}{v_T}$ для модели № 1А.

1 — относительное удлинение $\psi = 4$; 2 — $\psi = 6$; 3 — $\psi = 7,5$.

Относительное удлинение модели изменялось за счет изменения ее ширины, при постоянном значении высоты гибкого элемента. Рост коэффициента n в данном случае можно объяснить тем, что с увеличением ширины модели уменьшается продольное растекание жидкости, возрастает значение присоединенной массы, общее и дополнительное сопротивление [1], [12].

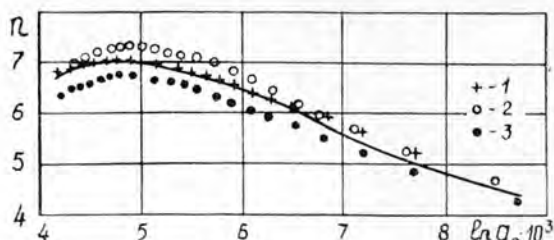
Увеличение, а затем уменьшение коэффициента n с ростом безразмерной относительной скорости движения ($v_0 = \frac{v}{v_T}$) при постоянном значении относительного удлинения объясняется особенностями изменения присоединенной массы, ускорения движения тела и изменением дополнительного сопротивления $\Delta R_{\text{нест}}$. В момент, когда модель получает импульс силы, появляется ускорение, но скорость движения мала, поэтому $\frac{v}{v_T} \approx 0$ и $\Delta R_{\text{нест}} \approx 0$. В момент, когда $\frac{v}{v_T}$ близко по величине к единице, $\Delta R_{\text{нест}} \approx 0$, так как величина ускорения настолько мала, что уже не может оказывать существенного влияния на характер взаимодействия модели с потоком.

Из графика, представленного на рис. 3, видно, что коэффициент n , учитывающий совокупное влияние присоединенных масс и нестационарности движения, зависит от безразмерного ускорения, определяемого из выражения (9).

Значения коэффициента n , вычисленные для разных конечных скоростей установившегося движения, достаточно близко расположены около одной кривой. Это позволило аппроксимировать опытные точки одной эмпирической зависимости вида

Рис. 3. Зависимость коэффициента n от $\ln a_0 \cdot 10^3$ для модели № 5.

1 - $v_T = 11,7$ см/с; 2 - $v_T = 14,0$ см/с; 3 - $v_T = 21,9$ см/с.



$$n = m + px + qx^2 + zx^3, \quad (11)$$

где

$$x = \ln a_0 \cdot 10^3;$$

m, p, q, z — коэффициенты полинома, определяемые методом наименьших квадратов.

Указанная зависимость подтверждает, что при исследовании динамически подобных движений тела в вязкой жидкости в случае ускоренного поступательного движения в число критериев подобия входит и безразмерное ускорение a_0 , являющееся модификацией критерия гомохронности [1—3], [9], [10].

Установлено [2], что при неравномерном движении плохообтекаемых тел (круглый диск в направлении, перпендикулярном плоскости диска) вдали от свободной поверхности жидкости общий коэффициент сопротивления движению, определяемый из выражения

$$C_{x_{\text{нест}}} = \frac{2P}{\rho F v^2}, \quad (12)$$

зависит только от безразмерного ускорения a_0 .

При обработке результатов эксперимента для моделей № 1А и № 3 получены ряды безразмерных величин общего коэффициента сопротивления воды неравномерному движению моделей, учитывающего и сопротивление движению инерционной природы. Указанные модели имели одинаковую конструкцию и одни и те же размеры в пересчете на натуру.

При вычислении общего коэффициента сопротивления в выражение (12) для каждой серии опытов подставляли значения величины буксирующего груза P и мгновенные значения скорости движения модели в фиксированных точках пути разгона, а в выражение (9) — соответствующие значения скорости и ускорения.

Ряды значений $C_{x_{\text{нест}}}$ и a_0 для указанных моделей нанесены на логарифмическую координатную сетку и приведены на рис. 4.

Рисунок показывает, что опытные точки с незначительным разбросом легли около одной кривой, которая сходна по характеру с кривой, приводимой другими авторами [2]. Это говорит о близости связи между общим коэффициентом сопротивления движению и безразмерным ускорением, а также подтверждает выводы А. С. Гиневского и К. К. Федяевского о том, что для плохообтекаемых тел, движущихся с ускорением, влияние чисел Рейнольдса и Фруда на $C_{x_{\text{нест}}}$ незначительно, и коэффициент сопротивления, в основном, определяется безразмерным ускорением a_0 .

Удовлетворительная сходимость результатов для различных масштабов моделирования позволяет сделать вывод о том, что их можно перенести на натуру, не опасаясь масштабного эффекта.

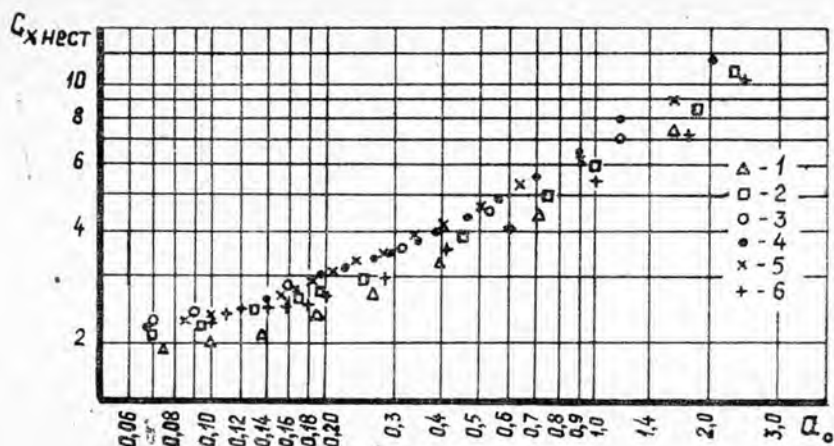


Рис. 4. Зависимость общего коэффициента сопротивления неравномерному движению моделей от безразмерного ускорения.

Модель № 1А, $\psi = 4$; 1 — $v_T = 16,15$ см/с; 2 — $v_T = 60,2$ см/с; 3 — $v_T = 92,7$ см/с.

Модель № 3, $\psi = 4$; 4 — $v_T = 43,0$ см/с; 5 — $v_T = 49,4$ см/с; 6 — $v_T = 55,0$ см/с.

Результаты выполненных исследований дают возможность более точно решать задачи по остановке плотов способом гидродинамического торможения, а также могут найти применение при торможении судов, особенно крупнотоннажных [10], [5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Войткунский Я. И. Сопротивление воды движению судов. Л., «Судо-строение», 1964. [2]. Гиневский А. С., Федяевский К. К. Некоторые закономерности при неустановившемся поступательном движении тел в вязкой жидкости.— Изв. АН СССР. Механика и машиностроение, № 3, М., 1959. [3]. Девнин С. Н. Аэрогидродинамический расчет плохообтекаемых судовых конструкций. Л., «Судо-строение», 1967. [4]. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. М., «Наука», 1967. [5]. Дополнительные тормозные средства крупнотоннажных танкеров.— Информация ВИНТИ. Водный транспорт. М., 1970. № 39. [6]. Мельников Л. В. Методика экспериментального исследования гидродинамических характеристик водных парашютов.— Труды АЛТИ, вып. 43. Архангельск, 1973. [7]. Мельников Л. В., Чекалкин К. А. Некоторые результаты модельных исследований сопротивления воды равномерному движению парашютов для остановки плотов.— Труды АЛТИ, вып. 43. Архангельск, 1973. [8]. Митрофанов А. А., Чекалкин К. А. Результаты исследования на моделях неустановившегося поступательного движения плотов.— Труды АЛТИ, вып. XXXIII. Архангельск, 1972. [9]. Ногид Л. М., Дубровин О. В. Присоединенные массы воды при неустановившемся движении судна.— Труды ЛКИ, вып. 27. Л., 1959. [10]. Павленко В. Г. Элементы теории судовождения на внутренних водных путях. Ч. III. М., «Транспорт», 1971. [11]. Патрашев А. Н., Кивако Л. А., Гожий С. И. Прикладная механика. М., Военное изд-во Министерства Обороны СССР, 1970. [12]. Римап И. С., Крепс Р. Л. Присоединенные массы тел различной формы.— Труды ЦАГИ, вып. 635. 1947. [13]. Чекалкин К. А. Исследования гидродинамических характеристик бревенных пучков при поступательном движении.— Труды АЛТИ, вып. XIX. Архангельск, 1967.

Поступила 30 мая 1974 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.029

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

А. Н. ПЕСОЦКИЙ, В. С. ЯСИНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются различные схемы технологических процессов комплексной переработки пиловочного сырья в лесопилении. За основной критерий оценки принят состав компонентов баланса древесины с их ценностными коэффициентами. Выбор рациональной схемы технологического процесса первичного раскроя древесины проведен на основании технико-экономического анализа, связанного с определением приведенных затрат.

За критерий оценки рассматриваемых схем технологического процесса лесопиления нами принят состав баланса древесины при первичной обработке, в процессе которой устанавливают количественное соотношение пиломатериалов, вторичного сырья (отходов) в виде горбылей, реек, отрезков, опилок и др. Кусковые отходы можно использовать для получения дополнительной пилопродукции (обаполов, тарных заготовок) или технологической щепы. Опилки могут являться технологическим сырьем для гидролизного производства или производства плитных материалов.

Состав компонентов баланса древесины меняется в зависимости от принятой технологии, используемого оборудования и инструмента, размерно-качественного состава пиловочного сырья, точности сортировки бревен, способа распиловки, поставов, обрезки досок на станках, торцовки и т. д. Эффективность лесопильных предприятий значительно возрастет, если в технологической схеме предусмотреть выпуск максимально облагороженной пилопродукции — сухих пиломатериалов, цельных и клееных заготовок определенного назначения, строганых пиломатериалов и погонажных изделий для строительства и т. д.

Усредненный баланс древесины (в процентах) для предприятий севера европейской части СССР при массовой распиловке бревен хвойных пород на лесопильных рамах:

Объем пиловочного сырья	100
Пиломатериалы	50—60
Кусковые отходы	20—24
Опилки	10—12
Припуски на усушку и распыл	8—10
Объем коры вне баланса	10—12

Основная задача в лесопилении при комплексном использовании древесины — установить оптимальное соотношение указанных компонентов баланса, а также найти рациональные пути переработки вторичного сырья (отходов) на промышленную продукцию.

Предварительный анализ существующего баланса при первичном раскрое дает основание считать, что в лесопилении древесину исполь-

зуют на 90—92% от объема пиловочных бревен и только 8—10% являются неизбежными потерями в виде припусков на усушку и отсев мелкой фракции опилок и щепы. Кроме того, около 10—12% составляют небалансовые отходы (кора), которые также можно рационально употреблять. Однако высокий коэффициент использования древесины не дает еще основания для установления рациональной схемы технологического процесса первичного раскроя сырья. Для этого необходимо провести технико-экономический анализ того или иного состава баланса древесины.

Большое значение имеет стоимостная оценка компонентов получаемой продукции, поэтому выход таких ценных компонентов как пиломатериалы, заготовки, технологическая щепка, с учетом их реализации и потребления, следует в возможной степени и в рациональных пределах повышать за счет снижения малоценных компонентов и потерь в балансе древесины — опилок, стружки, отсева щепы и т. д.

Очевидно, основной критерий оптимальности схемы — разность между суммой ценностных коэффициентов всего комплекса баланса и суммой стоимости сырья плюс все приведенные затраты на первичную обработку. Естественно, что при оценке той или другой схемы также должны быть учтены трудозатраты, потребность в том или ином виде продукции, расстояние транспортировки и др. Необходимо иметь в виду, что в себестоимости вырабатываемой пилопродукции основной удельный вес падает на стоимость сырья (60—80%). Поэтому выход получаемых компонентов в значительной мере является определяющим фактором. Это значит, что при комплексной переработке сырья и действующем преysкуранте цен мы не должны снижать требований, обеспечивающих достаточно большой выход основной пилопродукции в некоторых случаях даже за счет переработки деловой части кусковых отходов. Кроме того, направление дальнейшего использования технологической щепы при комплексной переработке древесины может оказать существенное влияние на вопросы рационального использования сырья. Эффективность технологических схем повышается (сокращаются приведенные затраты), если щепу в первую очередь будут поставлять для производства целлюлозы, плитных материалов, а не на энергетические нужды, так как ценностный коэффициент при переработке щепы на топливо резко снижается.

В настоящее время начинают получать распространение три типа агрегатного оборудования, применяемого для переработки сырья: линия агрегатной переработки бревен (ЛАПБ), фрезерно-пильные станки (ФПА) и фрезерно-брусующие станки (ФБА). Станки ФПА и ФБА могут работать в потоке с лесопильными рамами или многопильными круглопильными станками. При переработке на ФБА расчетный выход пиломатериалов на 6—10% ниже, чем на ФПА и лесопильных рамах. Однако можно предположить, что при переработке мелких лесоматериалов на технологическую щепу для ЦБК станки ФБА будут достаточно эффективны.

Применение агрегатного оборудования в потоках лесопильных цехов нуждается в дальнейшем изучении. На ФПА можно перерабатывать сырье несколько больших диаметров (от 20 см и более), чем на ЛАПБ. По предварительным данным, станки ФПА, помимо высокой производительности, позволяют лучше использовать высококачественные зоны бревна; при этом также повышается ценностный и спецификационный выход пиломатериалов.

Для выявления оптимальной схемы технологического процесса мы, пользуясь опытными и нормативными данными, провели соответствующую

шие расчеты компонентов баланса при первичном раскросе. Как известно, основные критерии при выборе той или иной технологии раскроса — размерно-качественная характеристика сырья, а также спецификация и назначение выпускаемой пилопродукции.

Выбор способа переработки сырья и построение технологического процесса — существенные факторы, влияющие на состав баланса древесины при распиловке пиловочника.

Для выявления оптимальной схемы переработки пиловочного сырья нами был выполнен комплексный технико-экономический анализ баланса древесины. Как указывалось выше, варианты баланса древесины разработаны применительно к хвойному пиловочному сырью ($d=20$ см; $l=5,5$ м).

Исходный баланс древесины первичного раскроса для семи различных схем переработки сырья представлен в табл. 1.

Таблица 1

Компоненты баланса	Исходный баланс древесины, %, по схемам переработки						
	Лесопильные рамы		ЛАПБ	ФПА	ФПА-Т-94	ФБА	ФБА-Т-94
	со 100%-ной брусковой	с распиловочной вразвал					
Пиломатериалы обрезные	59,2	54,3	53,6	58,6	58,2	54,2	53,3
в том числе:							
экспортные	38,5	35,3	34,8	38,1	37,8	35,2	34,6
внутрисоюзного назначения	20,7	19,0	18,8	20,5	20,4	19,0	18,7
Отходы:							
горбыли	11,0	10,0	—	6,0	3,0	6,0	3,0
рейки	6,0	15,4	—	7,4	3,7	8,0	3,7
торцы, вырезы	3,0	3,0	—	3,0	3,0	3,0	3,0
опилки	14,8	11,3	10,7	13,0	20,1	9,4	17,6
Усушка и распыл	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Технологическая щепка	—	—	25,5	5,2	5,2	11,6	11,6
Отсев от щепы	—	—	4,2	0,8	0,8	1,8	1,8
Распилено сырья, тыс. м ³ /год	115	93,0	160,0	210,0	213,0	210,0	213,0

Примечание. При брусковке в потоке работают две рамы, при распиловке вразвал — одна рама.

В зависимости от переработки кусковых отходов и направления использования технологической щепы для указанных схем, кроме ЛАПБ, разработано шесть вариантов баланса древесины, а для ЛАПБ — три.

Для сравнимости всех вариантов баланса древесины в каждой из схем технологического процесса переработки сырья принят один и тот же диаметр древесины, являющийся средневзвешенным для предприятий севера европейской части СССР. Варианты разработаны исходя из условий комплексного использования как первичного, так и вторичного сырья. Во всех схемах предусмотрена окорка пиловочника перед переработкой его на рамах или агрегатных станках. Для сравнительной оценки 39 вариантов баланса древесины определяют товарный выпуск продукции в зависимости от состава компонентов и направления дальнейшего использования кусковых отходов и технологической щепы. Выпуск товарной продукции зависит от производительности потока и ценностного состава компонентов баланса древесины.

С целью эффективности использования древесины и выбора оптимального варианта баланса древесины для каждой схемы технологи-

Таблица 2

Схемы технологического процесса	Стоимость товарной продукции из 1 м ³ сырья, р., при вариантах баланса древесины					
	1	2	3	4	5	6
I	36,2	35,7	35,2	37,4	36,9	36,5
II	34,3	33,5	32,9	35,7	35,0	34,4
III	34,0	33,2	32,5	—	—	—
IV	36,1	35,5	35,0	37,0	36,4	36,0
V	35,2	34,8	34,5	35,7	35,5	35,0
VI	34,4	33,6	32,9	35,3	34,5	33,9
VII	33,2	32,6	32,1	33,8	33,2	32,7

Примечание. Для вариантов 1, 2 и 3 предусмотрена переработка всех кусковых отходов на технологическую щепу соответственно по вариантам для ЦБП, на плиты и гидролиз. Для вариантов 4, 5 и 6 деловые кусковые отходы поступают на изготовление тарной мелочи и обопол, а все остальное измельчается в щепу соответственно по вариантам для ЦБП, на плиты и гидролиз. Оптовые цены приняты средневзвешенные по действующему прейскуранту для среднего диаметра хвойных пород по первому поясу.

ческого процесса определен показатель выпуска товарной продукции на 1 м³ перерабатываемого сырья (табл. 2).

Из таблицы видно, что наибольший ценностный выпуск продукции из 1 м³ перерабатываемого сырья соответствует первой схеме четвертого варианта (37,4 р.), то есть распиловке на лесопильных рамах с брусковкой и переработкой деловой части кусковых отходов на тарную мелочь и обопол, а всех мелких кусковых отходов — на технологическую щепу для ЦБП. Из остальных схем наибольший товарный выпуск продукции получается при переработке сырья на фрезерно-пильных станках в сочетании с лесопильными рамами (четвертая схема четвертого варианта).

Однако только по товарному выпуску еще нельзя полностью судить об оптимальности той или иной схемы. Поэтому вопрос об эффективности схемы технологического процесса при комплексном использовании древесины может быть решен после расчета приведенных затрат, которые складываются из определения приведенной себестоимости продукции и капиталовложений.

Таблица 3

Схемы технологического процесса	Главное оборудование	Коэффициенты приведенных затрат по различным вариантам баланса					
		1	2	3	4	5	6
I	РД-50-3 РД-50-3 с брусковкой	1,001	1,020	1,055	1,039	1,050	1,061
II	РД-50-3 вразвал	1,056	1,078	1,099	1,067	1,090	1,108
III	ЛАПБ	1,077	1,103	1,125	—	—	—
IV	ФПА—РД РД	1,000	1,019	1,039	1,006	1,027	1,037
V	ФПА-Т-94	1,007	1,017	1,026	1,015	1,025	1,034
VI	ФБА—РД РД	1,046	1,065	1,094	1,045	1,067	1,084
VII	ФБА-Т-94	1,053	1,081	1,090	1,062	1,081	1,100

В табл. 3 рассчитаны коэффициенты приведенных затрат, где за единицу была принята схема технологического процесса, соответствующая наименьшим затратам. Такая схема соответствует переработке пиловочника на фрезерно-пильных станках в сочетании с лесопильными рамами. Комплексное использование древесины по этой схеме соответствует варианту выработки длинномерных пиломатериалов и технологической щепы для целлюлозного производства.

Очень близка по эффективности к принятой оптимальной схеме технология переработки бревен на лесопильных рамах с брусочкой, где также все кусковые отходы перерабатываются на технологическую щепу для ЦБП. Приведенные коэффициенты затрат по другим схемам распиловки несколько выше и, следовательно, эти варианты комплексной переработки бревен менее экономичны.

Поступила 20 января 1975 г.

УДК 621.91.071

О РАЗРАБОТКЕ ТЕОРИИ МАКСИМАЛЬНЫХ ПОСТАВОВ ЕЕ ОСНОВОПОЛОЖНИКАМИ — Х. Л. ФЕЛЬДМАНОМ И Д. Ф. ШАПИРО

Г. Д. ВЛАСОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Дан анализ работ Х. Л. Фельдмана и Д. Ф. Шапиро. Показано, что основным учением о первичном раскрое пиловочных бревен является теория Д. Ф. Шапиро. Х. Л. Фельдману принадлежит приоритет в введении математического анализа при построении поставов.

Известно, что Х. Л. Фельдман и Д. Ф. Шапиро — основоположники применения математических методов расчета максимальных по объему продукции схем раскроя пиловочных бревен (поставов).

В настоящее время в литературе весьма неточно излагается суть работ этих ученых; часто работу одного приписывают другому или их работы объединяют.

В данной статье автор считает необходимым восстановить историческое наследие и авторство теории «максимальных поставов».

Основные положения теории максимальных поставов

Х. Л. Фельдмана и Д. Ф. Шапиро

- I. Бревно принимают за усеченный параболоид.
- II. Все сечения, параллельные оси бревна, ограничиваются параблами.
- III. Пропилы и усушка включены в расчетную толщину досок.
- IV. Толщина досок в развальном поставе, в основном, пропорциональна их диаметрам.
- V. Расчет ведется на получение длинномерных обрезных досок из всех частей бревна.

Исследования Х. Л. Фельдмана. Как известно, инж. Х. Л. Фельдман впервые предложил применить методы высшей математики к нахождению так называемых максимальных поставов*. Рас-

* Фельдман Х. Л. Система максимальных поставов на распиловку. Гослес-техиздат, 1932.

смотрение вопроса начинается с брусочного постава. Приводится известное положение из геометрии о том, что из всех брусьев, вписанных в цилиндр, наибольшую площадь поперечного сечения имеет брус квадратного сечения со сторонами 0,707 диаметра. По сторонам бруса следует поставить доски толщиной 0,1 диаметра, что доказывается нахождением максимума площади прямоугольников, вписанных в оставшиеся сегменты.

Большое значение придается использованию боковой зоны (сбега). Здесь толщину досок находят путем вписывания в оставшиеся сбеговые части бревен одного или двух параллелепипедов (досок) максимального объема. Впервые доказывается, что такую доску надо укорачивать на $\frac{1}{3}$ высоты параболы, ограничивающей наружную пластъ.

Основные выводы, принятые им для брусоразвального метода, были распространены и на развальный метод. Среднюю часть постава получают путем деления на соответствующее число частей зоны, соответствующей «квадратному» брусу.

Рекомендуется следующий основной постав:
для трех пар развального постава

$$\frac{0,2R}{1} - \frac{0,27R}{1} - \frac{0,43R}{2} - \frac{0,27R}{1} - \frac{0,2R}{1},$$

где R — радиус вершинного сечения бревна;
для четырех пар постава

$$\frac{0,2R}{2} - \frac{0,256R}{4} - \frac{0,2R}{2}.$$

В обоих случаях общая ширина поставов составляет $\approx 0,9$ диаметра; к основному поставу возможны дополнительные приставки для использования сбеговой зоны.

Укажем на недостатки теории Фельдмана.

1. Применен громоздкий способ исследования наивыгоднейших толщин досок, вследствие чего получались сложные математические выкладки с вычислением искомой неизвестной величины в 4-й и даже 6-й степени.

2. Поставы получились статичными и фактически представляют некоторое частное решение вопроса.

3. Вследствие сложности определения толщин досок автор теории в отдельных случаях приходит к неправильным выводам и решениям. Так, для четырех пар досок нарушается основной принцип построения развального постава — ступенчатость размеров досок по толщине и ширине; здесь одну и ту же толщину ($0,256R$) имеют четыре доски.

4. В связи со статичностью поставов и отсутствием совокупности досок в них затруднено выполнение спецификаций пиломатериалов.

5. Рекомендация производить одну из пар пропилов основного постава на расстоянии 0,9 диаметра не согласована с границей сбеговой зоны; граница находится от оси бревна, в основном, на расстоянии 0,85 диаметра. Как известно, за этой границей доски должны укорачиваться.

6. Теория Х. Л. Фельдмана не позволяет сделать общих выводов.

Исследования Д. Ф. Шапиро отличаются простотой, оригинальностью, глубиной выводов. Часто пишут, что Шапиро уточнил и развил теоретические разработки Фельдмана. На самом деле он по-

строил совершенно самостоятельную теорию раскроя, открывшую многие важные закономерности принципов раскроя пиловочных бревен*.

Решая главный вопрос — об определении размеров толщины досок и их размещения в поставе, исследователь пошел по пути рассмотрения совокупности досок. Для этого был применен оригинальный прием: постав начинали рассматривать с крайних досок, учитывая сумму толщин их совокупности A_0 , которую считали заданной,

$$A_0 = 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + \dots,$$

где x_1 — толщина крайней доски;

x_2 — толщина второй от края доски и т. д.

Метод исследования проще всего вначале применить к сечению цилиндрического бревна, представляющему круг. Здесь можно рассматривать не объемы, а площади

$$F = 2f_1 + 2f_2 + 2f_3 + \dots;$$

$$f_1 = x_1 b_1 = x_1 \sqrt{d^2 - A_0^2};$$

$$f_2 = x_2 b_2 = x_2 \sqrt{d^2 - A_1^2} \text{ и т. д.},$$

где F — сумма площадей всех досок постава;

f_1 и f_2 — площади досок толщиной соответственно x_1 и x_2 ;

b_1 и b_2 — размер ширины обрезаемых досок, имеющих толщину соответственно x_1 и x_2 ;

A_0 и A_1 — расстояние между наружными пластами досок толщиной соответственно x_1 и x_2 .

Общий метод исследования на максимум

$$\frac{df_1}{dx_1} = 0. \quad (1)$$

В результате решения этого уравнения, в котором неизвестная величина x находится в первой степени, получаем первое основное выражение для определения толщины крайней доски цилиндрического бревна в совокупном поставе

$$2x_1 = \frac{d^2 - A_0^2}{A_0} = \frac{b_1^2}{A_0}. \quad (2)$$

Здесь величиной A_0 приходится задаваться; в зависимости от нее получаем различные совокупности досок (поставы).

При наличии сбег толщина крайней доски x_1^1 может быть представлена в виде выражения

$$2x_1^1 = \frac{D^2 - A_0^2}{3A_0} = \frac{B_1^2}{3A_0}, \quad (3)$$

где D — диаметр бревна в комле;

B_1 — ширина доски толщиной x_1^1 в комле.

Продолжая подобный анализ для всех других досок, не подлежащих укорачиванию, получаем общую формулу для расчета их толщины

$$2x_m = \frac{b_m}{A_{m-1}} (b_m - b_{m-1}), \quad (4)$$

* Шапиро Д. Ф. Лесопильно-строгальное производство. Гослестехиздат, 1935.

здесь b_m — ширина обрезных досок, имеющих толщину x_m ($b_m = \sqrt{d^2 - A_m^2}$);

b_{m-1} — ширина обрезных досок, толщина которых x_{m-1} ;

A_{m-1} — расстояние между наружными пластинами досок толщиной x_m .

Формулы (2) — (4) представляют весьма простое лаконичное (но изящное) общее математическое решение вопросов раскроя пиловочных бревен вразвал.

Из этих формул вытекает важнейшая закономерность развальных поставов — ступенчатое изменение толщины и ширины досок с постепенным увеличением размеров от периферии к центру поперечного сечения бревна (уменьшение величины A , находящейся в знаменателе, увеличивает x и b). Это положение не учитывал Х. Л. Фельдман.

Подсчитанные по формулам (2)—(4) для наиболее распространенного сбега, характеризуемого отношением $d/D = 0,8$, конкретные поставы:

для трех пар досок

$$\frac{0,22R}{1} - \frac{0,30R}{1} - \frac{0,40R}{2} - \frac{0,30R}{1} - \frac{0,22R}{1};$$

для четырех пар досок

$$\frac{0,176R}{1} - \frac{0,195R}{1} - \frac{0,26R}{1} - \frac{0,38R}{2} - \frac{0,26R}{1} - \frac{0,195R}{1} - \frac{0,176R}{1}.$$

В первом случае общая ширина поставов $A_0 = 0,96d$, во втором случае — $1,01d$.

Для цилиндрических бревен (которые фактически рассматривал Фельдман) значения толщин досок для четырех пар —

$$\frac{0,14R}{1} - \frac{0,193R}{1} - \frac{0,254R}{1} - \frac{0,35R}{2} - \frac{0,254R}{1} - \frac{0,193R}{1} - \frac{0,140R}{1}$$

с общей шириной поставы $0,937d$.

Полученные поставы представляют собой действительный максимум (они соответствуют при подборе A_0 полному числу досок) и названы «абсолютно максимальными». Однако спецификационные требования иногда не соответствуют этим поставам, поэтому можно несколько отступить от указанных поставов; получаются так называемые «относительно максимальные» поставы с малой потерей выхода.

Далее подтверждается вывод Фельдмана о необходимости урезки боковых досок на высоту $1/3$ параболы, ограничивающей наружную пластину доски. Устанавливается граница зоны укорачивания

$$A_{кр} = \sqrt{1,5d^2 - 0,5D^2}. \quad (5)$$

В частности, для распространенного сбега, характеризуемого отношением $d/D = 0,8$, внутренняя зона (где доски не укорачиваются) составляет $0,85d$.

Для практического использования теоретических выводов были составлены таблицы, изданные небольшим тиражом, и предложены графики.

Приведем основные особенности и закономерности теории максимальных поставов, разработанной Д. Ф. Шапиро.

1. Максимальный постав рассматривался как совокупность досок.

2. Размеры толщин досок начинали определять с периферии бревна и далее — к его продольной оси. Искомая величина — толщина доски x — получалась в первой степени.

3. Общее решение поставленной задачи было найдено с помощью простых математических выражений.

4. Поставы имеют динамический характер, определяемый наимыгоднейшей совокупностью досок (нет обязательных точек: 0,7 или 0,9 диаметра). Кроме абсолютно максимальных поставов, можно подобрать большое количество относительно максимальных схем с близкими по максимальному использованию древесины значениями.

5. Размеры толщины досок x представляют функцию от диаметра бревна, сбега, числа досок в поставе, положения доски в поставе и расстояния между крайними пропилами. Установлено, что величина x прямо пропорциональна диаметру бревна.

6. Благодаря свойствам, указанным в пунктах 4 и 5, легко соблюдается спецификационность в схемах поставов, контролировать которую помогают средняя толщина досок, количество и размеры боковых досок, а также широкое применение брусочного способа распиловки.

7. Теорией подтверждено известное практическое положение о том, что постав вразвал имеет строго ступенчатый характер в отношении изменения толщины и ширины досок.

8. Вследствие того, что постав рассматривается как совокупность досок, боковые доски, находящиеся, в основном, в сбеговой зоне, имеют толщины, близкие к требованиям практики. Так, для бревен 18—24 см толщина составляет 16—25 мм. С учетом пропорциональности размеров толщины досок диаметрам бревен для толстых бревен диаметром 40 см и выше толщина боковых досок может быть равна 32—50 мм.

9. Теоретические выводы для практических расчетов можно легко перевести в графики и таблицы.

Общее решение задачи раскроя пиловочной древесины, данное Д. Ф. Шапиро весьма кратко и лаконично, позволило в дальнейшем сделать ряд дополнительных важных научных и практических выводов. К ним принадлежат, например, такие вопросы как влияние диаметров бревен на объемное использование древесины, возможность составления планов раскроя любых партий пиломатериала с минимальными затратами труда.

На основе теории Д. Ф. Шапиро многие авторы исследовали различные вопросы раскроя пиловочных бревен. В частности, нами были разработаны положения о «нормальном» поставе, относительном объеме боковых досок в размере 25—30%, свойство постоянства средней ширины доски и среднего диаметра бревна, методы сокращенного анализа соответствия спецификаций пиломатериалов и бревен, простой график максимальных поставов.

В заключение следует сказать, что из проведенного сравнительного анализа явствует, что основным учением о первичном раскрое пиловочных бревен является теория Д. Ф. Шапиро, не утратившая до настоящего времени своего научного и практического значения. Х. Л. Фельдману принадлежит приоритет в введении математического анализа при построении поставов.

УДК 674.056 : 621.912

К ВОПРОСУ СИНТЕЗА МНОГОПОЗИЦИОННЫХ ДРЕВОШЕРСТНЫХ СТАНКОВ С БИПЛАНЕТАРНЫМ ПРИВОДОМ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА

В. К. ЛОБАСТОВ, А. И. ЛУКАШЕНКОВ

Брянский технологический институт

Обосновано применение многопозиционных дисковых древошерстных станков, решена задача определения геометрических параметров прямолинейно-направляющего бипланетарного механизма. Проведен сравнительный анализ скоростей и ускорений рабочего органа древошерстного станка с приводом от бипланетарного механизма и существующего станка СД-3.

В лесной и деревообрабатывающей промышленности для производства древесной шерсти используют древошерстные станки на базе кривошипно-ползунного механизма. Повышение их производительности при увеличении числа двойных ходов ножевой плиты связано со значительным ростом инерционных сил, со снижением прочности и долговечности этого механизма.

Один из путей устранения отмеченных недостатков — создание дисковых древошерстных станков, у которых стружечные ножи закреплены на диске (водиле H основного планетарного механизма, состоящего из колес 1; 2; 3) неподвижно, а кассета 5 с делительными ножами находится на расстоянии e от центра сателлита 3 и движется по траектории, представляющей собой укороченную гипоциклоиду (рис. 1).

Число лепестков гипоциклоиды определяется передаточным отношением механизма. На участках,

близких к прямым, располагаются питатели. Подаваемые в зону резания заготовки надрезаются делительными ножами вдоль волокон. Этот слой затем срезается стружечными ножами, образуя древесную шерсть. Число одновременно обрабатываемых заготовок равно числу сторон многоугольника (лепестков гипоциклоиды). Увеличивая число одновременно обрабатываемых заготовок, можно существенно повысить производительность станков.

Степень приближения участков укороченной гипоциклоиды к прямой линии зависит от метрических параметров бипланетарного механизма: длины водила r_H и расстояния e .

В данной работе предложен аналитический метод определения метрических параметров бипланетарного механизма станка и дан сравни-

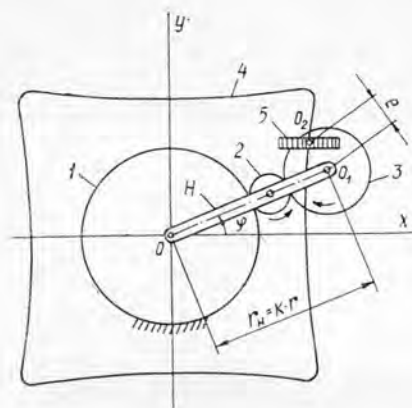


Рис. 1. Схема привода кассеты с делительными ножами дискового древошерстного станка.

тельный анализ скоростей и ускорений кривошипно-ползунного и би-планетарного механизмов.

Уравнения траектории движения кассеты в параметрической форме

$$\begin{aligned} X &= kr \cos \varphi - e \cos k\varphi; \\ Y &= kr \sin \varphi + e \sin k\varphi, \end{aligned} \quad (1)$$

где $k = \frac{r_H}{r}$ — передаточное отношение от водила к сателлиту;

r — радиус сателлита;

φ — угол поворота водила.

Для обеспечения многократных проходов делительных ножей по одному тому же «следу» k должно быть целым числом, то есть гипоциклоида должна иметь фиксированные точки возврата.

Исходные данные для определения метрических параметров би-планетарного привода: длина участка траектории S (рис. 2), которую выбирают исходя из заданной максимальной длины заготовки, и величина отклонения участка траектории от прямой линии δS , влияющая на точность надрезания древесины вдоль волокон (δ — относительная, заранее заданная величина отклонения).

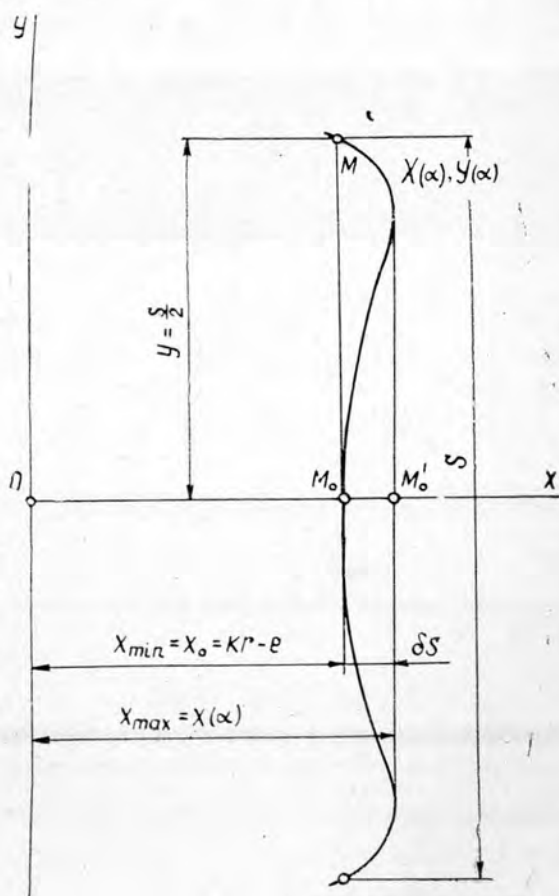


Рис. 2. Сателлитная траектория прямолинейно-направляющего бипланетарного механизма.

На основании предварительных исследований выявлено, что минимальные габариты бипланетарного привода станка можно получить только в случае, когда сателлитная траектория имеет вид, показанный на рис. 2.

Задача заключается в нахождении минимальных значений r и e , обеспечивающих заданные условия в интервале $-\alpha \leq \varphi \leq \alpha$ (α — угол поворота водила основного планетарного механизма, соответствующий крайним точкам рабочего участка циклоидальной траектории); значение угла α не дано, задана длина траектории

$$S = Y(\alpha) - Y(-\alpha).$$

Учитывая изложенное выше, задачу метрического синтеза сформулируем так: даны траектория исполнительного органа станка в параметрическом виде (1), а также значения δ и S ; найти r и e из условий

$$\frac{S}{2} = Y(\alpha); \quad (2)$$

$$X(\alpha) = X(0); \quad (3)$$

$$X_{max} - X_{min} = \delta S. \quad (4)$$

Предлагаем следующую методику решения:

- 1) находим X_{max} ;
- 2) записываем условие (4) — это первое уравнение, содержащее параметры r и e ;
- 3) из равенств (2) и (3) исключаем параметр α — получаем второе уравнение, содержащее r и e ;
- 4) решаем систему полученных уравнений и находим r и e .

Рассмотрим пример решения при $k = 2$. Параметрические уравнения кривой имеют вид

$$\begin{cases} X = 2r \cos \varphi - e \cos 2\varphi; \\ Y = 2r \sin \varphi + e \sin 2\varphi. \end{cases} \quad (5)$$

Найдем угол α , равный тому значению угла φ , при котором X достигает максимума. В этом случае

$$\dot{X} = -2r \sin \varphi + 2e \sin 2\varphi = 2 \sin \varphi (-r + 2e \cos \varphi) = 0.$$

Ввиду того, что $0 < \alpha < \frac{\pi}{k+1}$ ($\frac{\pi}{k+1}$ — угол, определяющий точку возврата гипоциклоиды) или $0^\circ < \alpha < 60^\circ$, то $\sin \varphi \neq 0$, а $-r + 2e \cos \varphi = 0$, откуда $\cos \varphi = \frac{r}{2e}$.

Следовательно,

$$X_{max} = X(\alpha) \text{ при } \cos \varphi = \frac{r}{2e}. \quad (6)$$

Учитывая, что $\cos \alpha < 1$ согласно равенству (6), можно записать, что $\frac{r}{e} < 2$.

Вычислим X_{max} :

$$X_{max} = 2r \cos \alpha - e \cos 2\alpha = 2r \cos \alpha - re \cos^2 \alpha + e.$$

Учитывая равенство (6), имеем

$$X_{max} = 2r \frac{2}{2e} - 2e \left(\frac{r}{2e}\right)^2 + e = \frac{r^2}{2e} + e. \quad (7)$$

Принимая во внимание, что $X_0 = X_{\min} = 2r - e$ (рис. 2), а также равенство (7), запишем условие (4)

$$X_{\max} - X_{\min} = X_{\max} - X_0 = \frac{r^2}{2e} + e - (2r - e) = \delta S,$$

откуда находим

$$\left(2 - \frac{r}{e}\right)^2 = 2\delta \frac{S}{e}.$$

Так как ранее было найдено, что $2 - \frac{r}{e} > 0$, то

$$\left(2 - \frac{r}{e}\right) = \sqrt{2\delta \frac{S}{e}}$$

или

$$\frac{r}{e} = 2 - \sqrt{2\delta \frac{S}{e}}. \quad (8)$$

Запишем условие (3)

$$2r \cos \alpha - e \cos 2\alpha = 2r - e$$

и преобразуем его

$$(\cos \alpha - 1)\left(\cos \alpha + 1 - \frac{r}{e}\right) = 0.$$

Это равенство справедливо при условии

$$\cos \alpha + 1 - \frac{r}{e} = 0,$$

откуда

$$\cos \alpha = \frac{r}{e} - 1.$$

Учитывая пределы изменения угла α (от 0 до 60°), получим

$$\cos \alpha > \frac{1}{2},$$

то есть

$$\frac{r}{e} - 1 > \frac{1}{2} \text{ или } \frac{r}{e} > \frac{3}{2}.$$

Объединяя этот результат с полученным ранее, найдем

$$\frac{3}{2} < \frac{r}{e} < 2.$$

Условие (2)

$$\frac{S}{2} = 2r \sin \alpha + e \sin 2\alpha$$

приводим к виду

$$\frac{S}{e} = 4 \sqrt{2 \frac{r}{e} - \left(\frac{r}{e}\right)^2} \left(2 \frac{r}{e} - 1\right). \quad (9)$$

Следовательно, для нахождения метрических параметров r и e необходимо решить систему уравнений (8) и (9)

$$\frac{r}{e} = 2 - \sqrt{2\delta \frac{S}{e}};$$

$$\frac{S}{e} = 4 \sqrt{2 \frac{r}{e} - \left(\frac{r}{e}\right)^2} (2 \frac{r}{e} - 1).$$

Обозначив $\frac{r}{e} = A$ и подставив (9) в (8), получим

$$A = 2 - 4 \sqrt[3]{\delta^2} \cdot \sqrt[3]{(2A - 1)^2 A}. \quad (10)$$

В качестве начального значения A возьмем любое из указанного выше интервала (например, $A_0 = 1,9$), затем по заданным величинам δ производим итерацию

$$A_{i+1} = 2 - 4 \sqrt[3]{\delta^2} \sqrt[3]{(2A_i - 1)^2 A_i} \quad (11)$$

до тех пор, пока не станет $A_i = A_{i+1}$ в пределах требуемой точности. Тогда задав S , получим

$$e = \frac{S}{4(2A_i - 1) \sqrt[3]{2A_i - A_i^2}};$$

$$r = \frac{SA_i}{4(2A_i - 1) \sqrt[3]{2A_i - A_i^2}}. \quad (12)$$

Определим ускорение движения исполнительного органа станка. Продифференцировав уравнение (1) по углу поворота водила бипланетарного механизма (ведущее звено), найдем скорость резания для кассеты с делительными ножами

$$v = \frac{dS}{d\varphi} \omega_H \sqrt{k^2 r^2 + e^2 k^2 + 2rk^2 e \cos[(k+1)\varphi]} \cdot \omega_H, \quad (13)$$

где ω_H — угловая скорость водила бипланетарного привода.

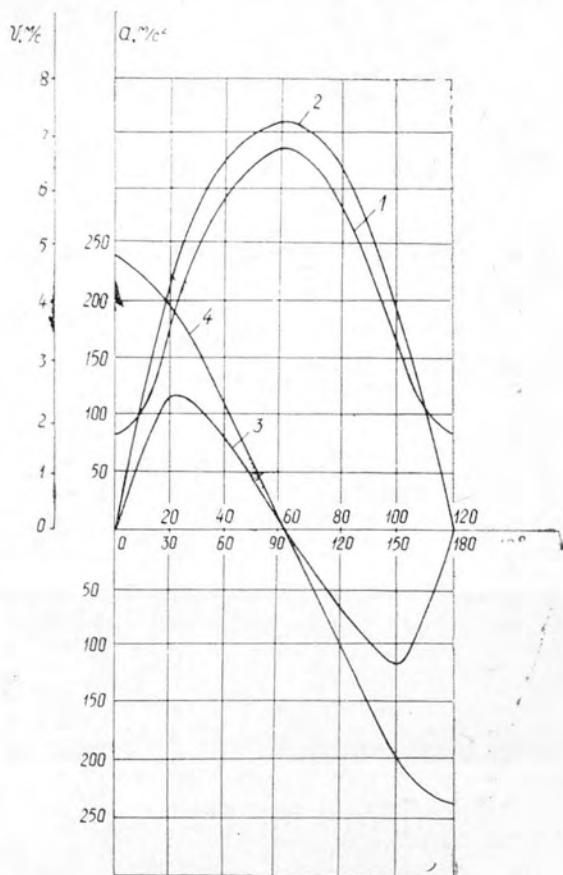
Ускорение при движении исполнительного органа станка

$$a = \frac{d^2 S}{d\varphi^2} \cdot \omega_H^2 = \sqrt{k^2 r^2 + e^2 k^4 - 2rek^3 \cos[(k+1)\varphi]} \cdot \omega_H^2. \quad (14)$$

Проведем сравнительный анализ распределения скоростей и ускорений рабочего органа дискового древошерстного станка с бипланетарным приводом и станка СД-3, созданного на базе центрального кривошипно-ползунного механизма. Параметры станка дискового типа: передаточное отношение от водила к сателлиту $k = 2$; длина рабочего участка траектории $S = 560$ мм; $r_H = 354$ мм; длина шатуна $l = 55,46$ мм; радиус кривошипа $r = 118$ мм; $\delta = 0,04$. Параметры станка СД-3: число оборотов кривошипа $n = 240$ об/мин; радиус кривошипа $r = 280$ мм; длина шатуна $l = 1657$ мм; ход ползуна (ножевой плиты) $S = 560$ мм.

На рис. 3 представлены графики распределения скоростей резания для фазы рабочего хода $\varphi = 120^\circ$ станка дискового типа (кривая 1) и для $\varphi = 180^\circ$ станка СД-3 (кривая 2). Максимальные скорости резания при сравнительных расчетах принимали одинаковыми для обоих типов станков. Как видно из рисунка, скорость резания для станка с бипланетарным приводом изменяется в меньших пределах, чем для станка СД-3, а это соответственно улучшает условия резания древесины. Ускорения, возникающие при движении рабочего органа станка дискового типа (кривая 3), меньше по сравнению с ускорениями рабочего органа СД-3 (кривая 4).

Рис. 3.



Таким образом, использование станков дискового типа с бипланетарным приводом кассеты с делительными ножами позволяет существенно увеличить производительность и улучшить динамические характеристики древошерстных станков.

Поступила 16 декабря 1974 г.

УДК 634.0.824.81/85

ВЛИЯНИЕ НЕПРОКЛЕЯ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕНОЙ ДЕРЕВЯННОЙ БАЛКИ, ЗАГРУЖЕННОЙ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Н. А. КРЫЛОВ, А. И. ПОТАПОВ, М. Л. БИРИЧЕВСКИЙ

Ленинградский инженерно-строительный институт

Исследована прочность двухопорной балки с непроклеем, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, на основе теории расчета составных стержней. Выведены расчетные формулы для определения касательных и нормальных напряжений в любой точке балки. Построен график снижения прочности балки в зависимости от величины и положения возможного непроклея.

В процессе изготовления инженерных конструкций из клееной древесины в них возникают различные непроклеи. Влияние непроклеев на прочность клееных деревянных конструкций изучено еще недостаточно. Рассмотрим этот вопрос теоретически на примере наиболее простого и широко распространенного типа конструкции — клееной двухопорной деревянной балки с непроклеем (длиной $c-a$), нагруженной равномерно распределенной нагрузкой (рис. 1, а).

Используем следующее дифференциальное уравнение*:

$$\frac{T''}{\varepsilon} = \gamma T + \Delta, \quad (1)$$

где T — сдвигающее усилие на уровне непроклея, кгс;
 $\varepsilon = \frac{2Gb}{h}$ — коэффициент жесткости связей сдвига, кгс/см²;
 $\gamma = \frac{1}{EF_1} + \frac{1}{EF_2} + \frac{v^2}{\Sigma EI}$ — коэффициент, характеризующий приращение сдвигов от единичных сдвигающих усилий, 1/кгс;
 $\Delta = -\frac{M^0 v}{\Sigma EI}$ — приращение сдвигов от действия внешней нагрузки;
 v — расстояние между центрами тяжести верхнего и нижнего стержней, составляющих балку.

На первом участке ($0 \leq x_1 \leq a$) изгибающий момент

$$M^0 = \frac{q l x_1}{2} = \frac{q x_1^2}{2}.$$

Общее решение неоднородного линейного дифференциального уравнения

$$T_1 = C_1 \operatorname{sh} \lambda x_1 + C_2 \operatorname{ch} \lambda x_1 + \frac{q v \varepsilon}{2 \lambda^2 \Sigma EI} \left(l x_1 - x_1^2 - \frac{2}{\lambda^2} \right), \quad (2)$$

здесь C_1 и C_2 — постоянные интегрирования;

* Р ж а н и ц и я А. Р. Теория составных стержней строительных конструкций. М., Госстройиздат, 1948.

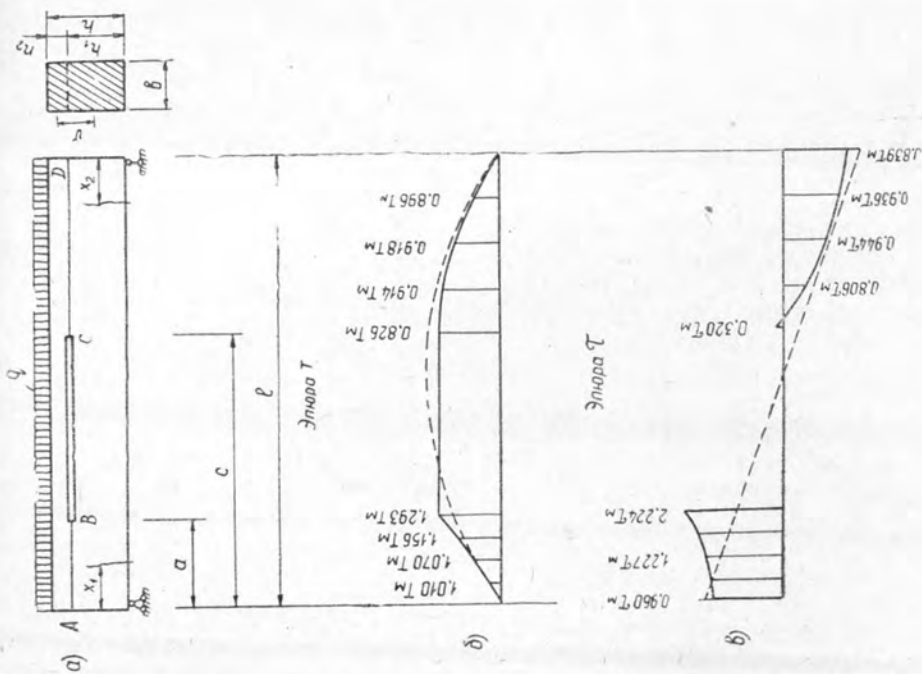


Рис. 1.

$$\lambda = \sqrt{\gamma \varepsilon}$$

Так как при $x_1 = 0$ $T_1 = 0$, то

$$C_2 = \frac{qve}{\lambda^2 \Sigma EI}$$

Следовательно,

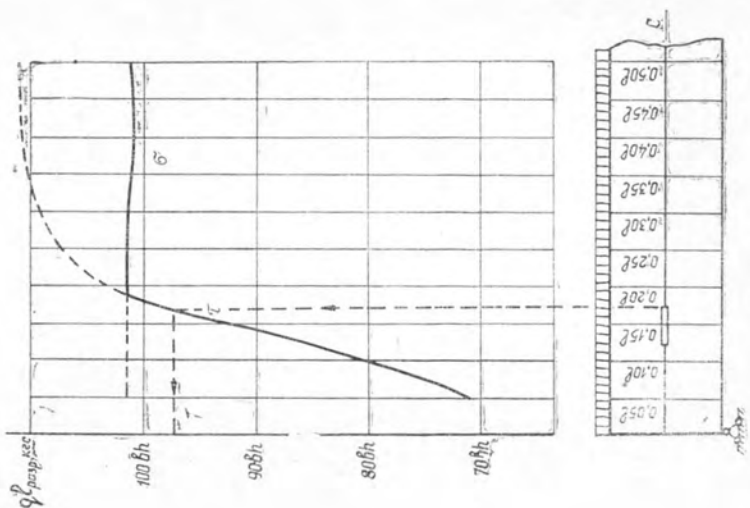


Рис. 2.

$$T_1 = C_1 \operatorname{sh} \lambda x_1 + \frac{qv\varepsilon}{\lambda^4 \Sigma EI} \cdot \operatorname{ch} \lambda x_1 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left(lx_1 - x_1^2 - \frac{2}{\lambda^2} \right). \quad (3)$$

Производная от T_1 по x_1 определяет касательное напряжение, отнесенное к единице длины балки, кгс/см

$$\tau_1 = \lambda C_1 \operatorname{ch} \lambda x_1 + \frac{qv\varepsilon}{\lambda^3 \Sigma EI} \cdot \operatorname{sh} \lambda x_1 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} (l - 2x_1). \quad (4)$$

Аналогично, рассматривая второй участок балки ($0 \leq x_2 \leq l - c$), находим

$$T_2 = C_3 \operatorname{sh} \lambda x_2 + \frac{qv\varepsilon}{\lambda^4 \Sigma EI} \cdot \operatorname{ch} \lambda x_2 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left(lx_2 - x_2^2 - \frac{2}{\lambda^2} \right); \quad (5)$$

$$\tau_2 = \lambda C_3 \operatorname{ch} \lambda x_2 + \frac{qv\varepsilon}{\lambda^3 \Sigma EI} \cdot \operatorname{sh} \lambda x_2 + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} (l - 2x_2). \quad (6)$$

Постоянные C_1 и C_3 определяем из условий:

$$\text{при } x_1 = a \text{ и } x_2 = l - c \quad T_1 = T_2 \text{ и } \frac{1}{\varepsilon} (\tau_1 + \tau_2) = \Delta^m - \Delta^r;$$

отсюда

$$C_1 = \frac{\frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left[\frac{2}{\lambda^2} - \frac{2}{\lambda^2} \operatorname{ch} \lambda(l+a-c) - (la - lc - a^2 + c^2) \operatorname{ch} \lambda(l-c) - \right. \\ \left. - \frac{2}{\lambda}(c-a) \operatorname{ch} \lambda a \operatorname{sh} \lambda(l-c) + \lambda \left(\frac{lc^2}{2} + \frac{la^2}{2} - \frac{c^3}{3} - \frac{2a^3}{3} - lac + \right. \right. \\ \left. \left. + ca^2 \right) \operatorname{sh} \lambda(l-c) \right]}{\operatorname{sh} \lambda(l+a-c) + \lambda(c-a) \cdot \operatorname{sh} \lambda a \cdot \operatorname{sh} \lambda(l-c)} \quad (7)$$

$$C_3 = \frac{C_1 \operatorname{sh} \lambda a + \frac{qv\varepsilon}{2\lambda^2 \Sigma EI} \left\{ \frac{2}{\lambda^2} [\operatorname{ch} \lambda a - \operatorname{ch} \lambda(l-c)] + (la - lc - a^2 + c^2) \right\}}{\operatorname{sh} \lambda(l-c)}. \quad (8)$$

Используя формулы (3), (4), (5), (6), (7) и (8), можно вычислить касательные и нормальные напряжения в любой точке балки при любых значениях a и c , то есть при любой длине и любом положении возможного непрочья.

Пример. Имеем деревянную балку:

$$h_1 = h_2 = 0,5h; \quad l = 10h; \quad a = 0,2l; \quad c = 0,6l; \quad \frac{G}{E} = \frac{1}{20}.$$

Решение:

$$\gamma = \frac{2}{EF} + \frac{2}{EF} + \frac{h^2}{4\Sigma EI} = \frac{16}{Ehb}; \\ \lambda = \sqrt{\gamma \varepsilon} = \sqrt{\frac{16}{Ehb} \cdot \frac{2Gb}{h}} = \frac{1,265}{h} = \frac{12,65}{l}.$$

Задаемся значениями x_1 , равными 0; 0,05 l ; 0,10 l ; 0,15 l и 0,2 l . По формулам (3) и (4) вычисляем величины сдвигающей силы T_1 (кгс) и касательных напряжений τ_1 (кгс/см). Аналогично, задаваясь значениями x_2 , равными 0; 0,10 l ; 0,20 l ; 0,30 l и 0,40 l , получаем величины T и τ на втором участке.

Результаты вычислений представлены на рис. 1, б, в, где штриховыми линиями показаны графики сдвигающей силы T и касательных напряжений τ в монолитной балке.

На основе полученного решения можно теоретически оценить снижение прочности балки при возможных дефектах — непрочьях. Наибольшую опасность для прочности балки представляют не-

проклеи на середине высоты, то есть на нейтральном слое. Нами произведены расчеты влияния непроклея длиной $0,05l$, расположенного на нейтральном слое и занимающего 10 различных фиксированных положений по длине балки (через $0,05l$). Вычислим разрушающие нагрузки для этих положений исходя из прочности балки по касательным напряжениям. Для этого воспользуемся формулами (4) и (6), приняв предел прочности древесины на скалывание при изгибе $\tau_b = 70 \text{ кгс/см}^2$. По полученному напряжению вычисляем разрушающую нагрузку ql . Строим график разрушающих нагрузок, обусловленных касательными напряжениями (рис. 2).

Чтобы построить график разрушающих нагрузок на основе прочности балки по нормальным напряжениям, рассечем балку по нейтральному слою и рассмотрим равновесие ее верхней части (рис. 3).

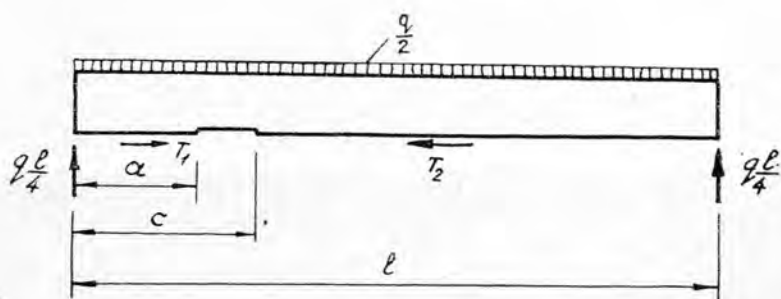


Рис. 3.

Пользуясь данной расчетной схемой, определяем максимальное напряжение, имея в виду, что T_1 и T_2 — функции абсциссы x ; их вычисляем по формулам (3) и (5).

По величине максимального напряжения находим разрушающую нагрузку ql , приняв предел прочности древесины при изгибе $\sigma_b = 800 \text{ кгс/см}^2$. По вычисленным разрушающим нагрузкам для десяти фиксированных положений непроклея строим график (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что снижение прочности балки по нормальным напряжениям не превышает 1% и практического значения не имеет, а уменьшение прочности балки по касательным напряжениям весьма значительно. Наиболее опасен непроклея, расположенный вблизи концов балки. Недопустим непроклея, выходящий на торец балки (типа $a = 0$; $c \neq 0$). Такой непроклея длиной $0,05l$ снижает прочность балки почти в 1,5 раза.

Пользуясь графиком, можно определить разрушающую нагрузку для балки, загруженной равномерно распределенной нагрузкой и имеющей непроклея на середине высоты. Определив величину и положение непроклея одним из способов дефектоскопии, восстанавливаем перпендикуляр из края непроклея, наиболее близкого к середине балки, до пересечения с графиком. Проектируя полученную точку пересечения на ось ординат, находим искомую разрушающую нагрузку; величины b и h выражаем в сантиметрах, а результат получаем в килограммах. При $0 \leq c \leq 0,20l$ решающими являются касательные напряжения, а при $0,20l \leq c \leq 0,50l$ — нормальные напряжения. Если величина непроклея меньше $0,05l$, то имеем несколько заниженную разру-

шающую нагрузку, что идет в запас прочности. Если непроклея больше величины 0,05l, то графиком пользоваться нельзя. В этом случае необходимо построить график, рассчитанный на большие длины дефектов.

Не представляет трудностей построение графиков для непроклеев, находящихся выше или ниже нейтрального слоя.

Поступила 1 июля 1974 г.

УДК 634.0.812

К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В НЕОДНОРОДНОМ МАТЕРИАЛЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Л. И. ОРЛОВ

Свердловский архитектурный институт

Рассматривается применение метода расчленения тела для расчета напряжений в ранней и поздней древесине годичного слоя растущего дерева. Приводятся общие формулы для случаев, когда модуль упругости изменяется по известному закону как по сечению тела, так и в процессе нагружения; при этом удается учесть факторы неоднородности, вызванные включениями или пустотами и действием внутренних напряжений (деформаций).

Как отмечается в одной из работ [2], наиболее важный фактор неоднородности древесины — различие механических свойств ранней и поздней древесины годичного слоя, особенно резко выраженное у хвойных и лиственных кольцепоровых пород, что оказывает существенное влияние на деформации и напряжения, возникающие в древесине при механических воздействиях.

1. Для расчета напряжений применим метод расчленения тела [1]. При упругом изгибе со сжатием (от ветровой нагрузки, собственного веса и веса осадков) для неоднородного бруса с поперечным сечением произвольной формы и одной осью симметрии (рис. 1) имеем следующие уравнения приближенного расчета напряжений в ранней σ^p и поздней σ^n древесине годичного слоя:

$$\sigma_i^p = \varepsilon_i^p E_i^p = \left[-\delta_i^p + \frac{(-P \frac{n}{a}) + R_0}{R_0} \gamma_i + \left(-i + \frac{R_1}{R_0}\right) \alpha \gamma_i \right] E_i^p; \quad (1)$$

$$\sigma_i^n = \varepsilon_i^n E_i^n = \left[-\delta_i^n + \frac{(-P \frac{n}{a}) + R_0}{R_0} \gamma_i + \left(-i + \frac{R_1}{R_0}\right) \alpha \gamma_i \right] E_i^n. \quad (2)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$\begin{aligned} R_0 &= (sm + 1) \sum_1^n E_i^n b_i^n \gamma_i; \\ R_1 &= (sm + 1) \sum_1^n E_i^n b_i^n \gamma_i i; \\ R_2 &= (sm + 1) \sum_1^n E_i^n b_i^n \gamma_i i^2; \end{aligned} \quad (3)$$

$$R_0 = (sm + 1) \sum_1^n E_i^n b_i^n \gamma_i \delta_i;$$

$$R_{\delta_i} = (sm + 1) \sum_1^n E_i^n b_i^n \delta_i i;$$

$$\alpha = \frac{M_0 \frac{n^2}{a^2} R_0 - R_0 R_1 + R_{\delta_i} R_0}{R_1^2 - R_2 R_0} \cdot (4)$$

В формулах (1) — (4) обозначено:
 F_i^p — модуль Юнга (упругости) ранней древесины годичного слоя;
 E_i^n — модуль упругости поздней древесины годичного слоя;
 n — количество полос, на которое разбивается площадь сечения;

$\frac{a}{n}$ — толщина одной полосы;

b_i^p — суммарная ширина ранней древесины всех слоев в полосе;

b_i^n — суммарная ширина поздней древесины в полосе;

δ_i — внутренние (генетические) деформации в растущей древесине;

M_0 — изгибающий момент в сечении (от ветровой нагрузки);

$$m = \frac{b_i^n}{b_i^p}; \quad b_i = b_i^n + b_i^p = (1 + m) b_i^p; \quad s = \frac{E_i^n}{F_i^p};$$

$$\gamma_i = \frac{\rho + 0,5 \frac{a}{n}}{\rho + (i - 0,5) \frac{a}{n}},$$

где ρ — радиус искривления дерева.

При расчетах величины модулей упругости E_w , определяемые по слою при влажности, например, $W_{15} = 15\%$ (отличной от фактической W), следует пересчитывать на влажность W , установленную по керну из дерева в расчетном сечении, по известным гостированным зависимостям.

Если в i -том слое имеются пустоты или включения, то их можно учесть следующей заменой:

$$E_i^n = 0 \text{ или } E_{\text{вкл}}^n = k E_i^n,$$

где $k = f(E_{\text{вкл}})$.

В процессе роста в древесине развиваются внутренние напряжения и деформации; по данным исследований [3], в периферической части ствола древесины — напряжения и деформации растягивающие, а в центральной — сжимающие.

Полагая, что наибольшие внутренние деформации растяжения δ_p в периферической части по абсолютной величине равны максималь-

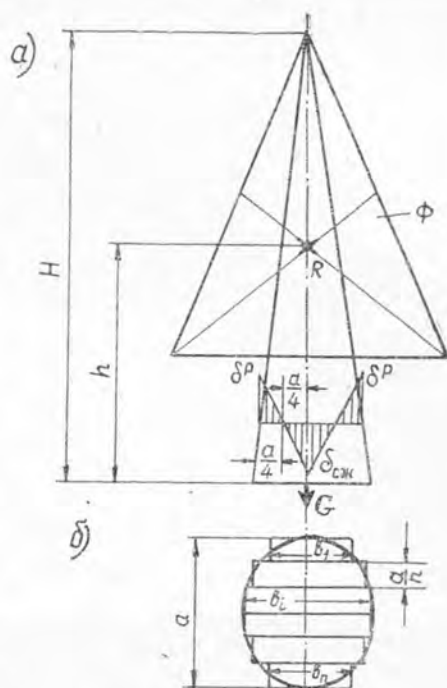


Рис. 1. Расчетная схема.

ным деформациям сжатия в центральной части δ_c , и принимая закон изменения деформаций по поперечному сечению по прямой линии, из подобия треугольников (рис. 1, а) имеем

$$\begin{aligned} \delta_{i_1} &= + \delta_p \left(1 - \frac{4}{n} i_1\right) \text{ при } i = \left(0 \div \frac{n}{4}\right); \\ \delta_{i_2} &= - |\delta_c| i'_2 \frac{4}{n} \text{ при } i'_2 = \left(i_2 - \frac{n}{4}\right); \quad i_2 = \frac{n}{4} \div \frac{n}{2}; \\ \delta_{i_3} &= - |\delta_c| \left(1 - \frac{4}{n} i'_3\right) \text{ при } i'_3 = \left(i_3 - \frac{n}{2}\right); \quad i_3 = \frac{n}{2} \div \frac{3n}{2}; \\ \delta_{i_4} &= + \sigma_p \left(\frac{4}{n} i'_4\right) \text{ при } i'_4 = \left(i_4 - \frac{3n}{4}\right); \quad i_4 = \frac{3n}{2} \div n. \end{aligned} \quad (5)$$

В случае, когда $\delta_p \neq |\delta_c|$, значения δ_i можно определить графически при любом известном законе их изменения. Деформации от изменения температуры δ_i по сечению можно учесть алгебраическим суммированием с внутренними (генетическими) деформациями.

В качестве примера рассмотрим частный случай. Определим наибольшие напряжения в периферической части ранней и поздней древесины прямоствольной сосны от ветровой нагрузки $q = 0,1 \text{ т/м}^2$.

Примем следующие таксационные данные: высота ствола h до приложения равнодействующей R равна 10 м; диаметр ствола в расчетном сечении $a = 30 \text{ см}$; вес ствола с кроной $P = 3 \text{ т}$; площадь (по рис. 1) $\Phi = 20 \text{ м}^2$; $M_0 = R \cdot h = 1 \cdot 20 \cdot 10^3 \times \times 10^2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кгс} \cdot \text{см}$.

По данным работы [2], примем $s = 3$; $m = \frac{3}{7}$; $E_i^n = E_{ср}^n = 1 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$; на основании данных [3] $\delta_{max} \approx \pm 0,6 \cdot 10^{-6}$, а δ_i находим по формуле (5); назначим $n = 10$; так как брус прямой, то $\gamma = 1$. По формулам (1) — (4) вычисляем значения коэффициентов

$$\begin{aligned} R_0 &= 163 \cdot 10^6; \quad R_1 = 900 \cdot 10^6; \quad R_2 = 6000 \cdot 10^6; \\ R_{\delta} &= -14,8 \cdot 10^3; \quad R_{\delta_i} = -76 \cdot 10^3; \quad \alpha = -3 \cdot 10^{-4}; \\ \sigma_{10}^p &= \varepsilon_{10}^p \cdot E_{ср}^p = 165 \text{ кгс/см}^2; \\ \sigma_{10}^n &= \varepsilon_{10}^n \cdot E_{10}^n = 500 \text{ кгс/см}^2. \end{aligned}$$

2. Предположим, что в процессе нагружения полосы $1 + c$ испытывают упругую деформацию, а полосы от $c + 1$ до n — упруго-пластическую в цельной (ранней и поздней) древесине.

Задача определения напряжений методом расчленения тела может быть решена для любых известных зависимостей (заданных аналитически или графически) между напряжениями и деформациями при одноосном растяжении (сжатии), в том числе и с учетом ползучести. Например, зависимости между напряжениями и деформациями цельной древесины определяются:

для упругодеформируемых полос

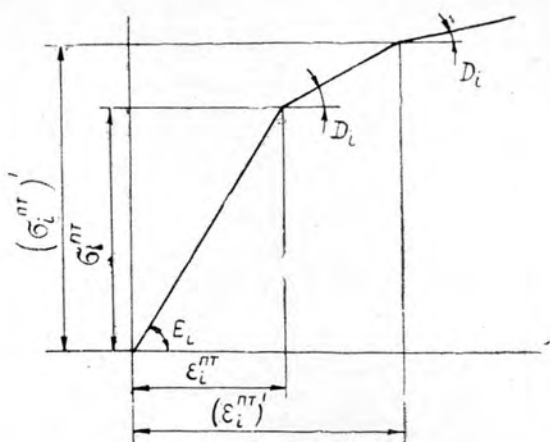
$$\sigma_i^y = \varepsilon_i E_i;$$

для упругопластических деформируемых полос — функцией, полученной из диаграммы растяжения (рис. 2),

$$\sigma_i^n = \sigma^{нr} \left(1 - \frac{D_i}{E_i}\right) + \varepsilon_i D_i.$$

В этом случае формулы для определения нормальных напряжений имеют вид

Рис. 2. График функции $\delta_i^n = f(\varepsilon_i)$.



$$\sigma_i^y = \varepsilon_i E_i = \left[-\delta_i + \frac{-P \frac{n}{a} + N_\delta - \sum_{c+1}^n \sigma^{nr} \left(1 - \frac{D_i}{E_i}\right) b_i}{N_0} \gamma_i + \left(-i + \frac{N_1}{N_0}\right) \alpha \gamma_i \right] E_i; \quad (9)$$

$$\sigma_i^n = \sigma^{nr} \left(1 - \frac{D_i}{E_i}\right) + \left[-\delta_i + \frac{-P \frac{n}{a} + N_\delta - \sum_{c+1}^n \sigma^{nr} \left(1 - \frac{D_i}{E_i}\right) b_i}{N_1^1 - N_2 N_0} \gamma_i + \left(-i + \frac{N_1}{N_0}\right) \alpha \gamma_i \right] D_i; \quad (10)$$

$$\left[-M_0 \frac{n^2}{a^2} + N_\delta \delta_i - \sum_{c+1}^n \sigma_i^{nr} \left(1 - \frac{D_i}{E_i}\right) i b_i \right] N_0 -$$

$$- \left[N_\delta - \sum_{c+1}^n \sigma_i^{nr} \left(1 - \frac{D_i}{E_i}\right) b_i \right] N_1 ;$$

где $\alpha = \frac{N_1^1 - N_2 N_0}{N_1^1 - N_2 N_0}$

$$N_0 = \sum_1^c E_i b_i \gamma_i + \sum_{c+1}^n D_i b_i \gamma_i; \quad N_\delta = \sum_1^c E_i b_i \delta_i + \sum_{c+1}^n D_i b_i \delta_i;$$

$$N_1 = \sum_1^c E_i b_i \gamma_i i + \sum_{c+1}^n D_i b_i \gamma_i i; \quad N_{\delta_i} = \sum_1^c E_i b_i \delta_i i + \sum_{c+1}^n D_i b_i \delta_i i;$$

$$N_2 = \sum_1^c E_i b_i \gamma_i i^2 + \sum_{c+1}^n D_i b_i \gamma_i i^2.$$

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Абрамов В. В. Остаточные напряжения и деформации в металлах. М., Машгиз, 1963. [2]. Иванов Ю. М. О деформациях и напряжениях в древесине как неоднородном материале. — Труды Института леса, т. 4. М., 1949. [3]. Кузнецов А. И. Внутренние напряжения в древесине. М., Гослесбумиздат, 1950.

УДК 674.812

СТАТИЧЕСКИЙ ГИСТЕРЕЗИС В ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЕ БЕРЕЗЫ ПРИ СЖАТИИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН

Л. А. БЯЛЬСКИЙ, В. Е. ВАЙМАН

Воронежский лесотехнический институт

Описана методика и приведены результаты определения вибропоглощающих свойств прессованной древесины березы при сжатии вдоль волокон способом статической петли гистерезиса, показана возможность применения статического метода определения коэффициента поглощения для прессованной древесины березы.

Прессованную древесину применяют в качестве конструкционного материала в различных отраслях машиностроения, что позволяет снизить уровень шума и вибраций в работающих механизмах [5].

Ранее опубликованные результаты исследования вибропоглощающих свойств прессованной древесины березы относятся к случаю нагружения поперек волокон [1]. В связи с применением втулок из древесины березы с радиальным расположением волокон возникает вопрос о величине вибропоглощения в этом материале при сжатии вдоль волокон.

Определение вибропоглощающих свойств конструкционных материалов вибрационными методами сопряжено со значительными техническими трудностями. Поэтому нами был использован метод статического гистерезиса, примененный ранее Ю. М. Ивановым в испытаниях натуральной древесины [3]. Механические характеристики прессованной древесины определяли на стандартных образцах размером $20 \times 20 \times 60$ мм в соответствии с ГОСТом 13594—68.

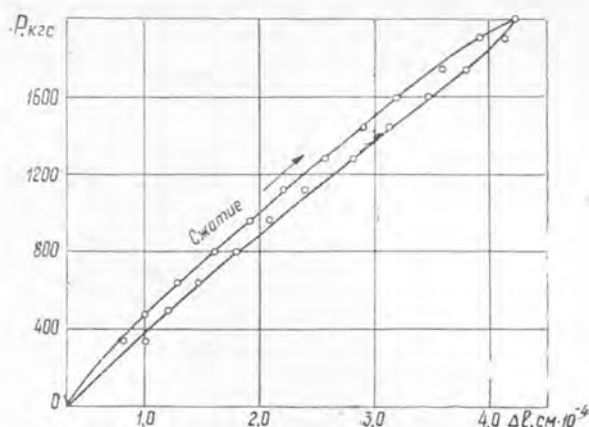
При влажности $W = \%$ плотность образцов составляла $\sim 1,11$ г/см³. Их устанавливали между захватами испытательной машины УМ-5 и нагружали с помощью ручного привода со скоростью $V_p = 80$ кгс/мин. Сжатие и разгрузку производили ступенями через каждые 80 кгс. Максимальные нормальные напряжения в сечениях образцов составляли 500 кгс/см².

Деформации расчетных участков измеряли двумя тензодатчиками Гугенбергера, установленными на двух противоположных гранях, для исключения погрешностей, связанных с центрированием при установке и нагружении образцов. С целью предотвращения врезания ножевых опор тензодатчиков в древесину под опоры подклеивали металлические пластинки размером 5×5 мм.

По результатам опытов при нагружении и разгрузке строили диаграмму «сила — перемещение» (рис. 1) и по ней измеряли площади, соответствующие величинам работ сил упругого и неупругого сопротивлений.

Из-за особенностей, связанных с конфигурацией кривых, площади определяли не с помощью планиметров, а с помощью метода Симпсона приближенного определения интегралов, который широко распространен в строительной механике [6].

Рис. 1. Петля статического гистерезиса прессованной древесины березы при сжатии вдоль волокон.



В качестве меры вибропоглощения был принят коэффициент поглощения, численно равный отношению поглощенной энергии к полной энергии деформации за цикл нагружения, то есть $\psi = \frac{\Delta W}{W}$ [4]. Вычислены значения коэффициента поглощения, обработанные методами вариационной статистики (табл. 1). Приведенные в табл. 1 данные показывают, что доля необратимо поглощенной энергии при медленном циклическом деформировании прессованной древесины березы вдоль волокон весьма велика и достигает 10% от полной потенциальной энергии деформации, что характерно для материалов с высокой демпфирующей способностью.

Таблица 1

	Статистические величины			
	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %
0,0913	0,0174	0,0071	7,7	3,27

Величины коэффициента поглощения, полученные нами ранее для этого материала, при действии нагрузки поперек волокон вибрационным методом и способом статического гистерезиса составили соответственно 0,083 и 0,095 [1]. Следовательно, результаты исследования вибропоглощающих свойств прессованной древесины березы при нагружении вдоль волокон хорошо согласуются с полученными ранее данными о ее демпфирующих свойствах. В связи с выпуском недорогих приборов для математической обработки экспериментальных кривых, в частности интеграфов, существенно облегчается трудоемкий процесс определения площадей [2]. Тем самым открываются возможности для изучения упругих и диссипативных свойств древесины и древесных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бяльский Л. А. Неупругое сопротивление прессованной древесины при асимметричных циклах напряжений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 2. [2]. Васманов В. В. Приборы для математической обработки и построения кривых. М., «Машиностроение», 1973. [3]. Иванов Ю. М. Деформация древесины под действием повторной статической нагрузки при сжатии вдоль волокон. — В кн.: Вопросы прочности и изготовления деревянных конструкций. М., Госстройиздат, 1952. [4]. Писаренко П. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Вибропоглощающие свойства кон-

струкционных материалов. — Справочник. Киев, «Наукова думка», 1970. [5]. Прессованная древесина в народном хозяйстве. — Сборник материалов. М., ГосИНТИ, 1964. [6]. Снитко Н. К. Строительная механика. М., «Высшая школа», 1965.

Поступила 27 мая 1974 г.

УДК 674.093

К ВОПРОСУ ОБ ОТЕПЛЕННЫХ БАССЕЙНАХ НА ЛЕСОПИЛЬНЫХ ЗАВОДАХ*

Л. Л. КРОВОТА

Ленинградская лесотехническая академия

В связи с изменившейся техникой и технологией заготовки, транспортировки и механической обработки древесины возник вопрос о целесообразности наличия бассейнов на лесопильных заводах.

При распиловке древесины на лесопильных заводах в технологический процесс обычно входят оттаивание (в зимнее время) и окончательная сортировка бревен в отепленных бассейнах. Для обеспечения нормальной и бесперебойной работы лесопильного цеха необходимы бассейны значительных размеров, что связано с большим расходом воды, а в зимнее время и тепла. Весьма трудоемкой является операция очистки бассейнов от ила, коры и др. В зимнее время работа на бассейнах тяжела и опасна.

Ряд заводов не располагает достаточными водными и энергетическими ресурсами для организации отепленных бассейнов, и в зимнее время бревна к лесопильным рамам поступают в замерзшем состоянии. Между тем, подготовка сырья к распиловке имеет важное значение. Поэтому вполне естественно, что целесообразность оттаивания древесины перед распиловкой должна быть изучена со всех позиций.

До недавнего времени необходимость оттаивания бревен в зимнее время в большой степени была связана с их окоркой и рассматривалась как обязательная стадия подготовки сырья к этой операции. В настоящее время процесс окаривания мерзлой древесины не является проблемой. Рядом предприятий освоены соответствующие режимы работы окорочных станков и параметры короснимателей. Качество окорки мерзлой древесины вполне удовлетворительное. Поэтому необходимость оттаивания бревен перед окоркой в значительной степени отпадает. К тому же окончательная сортировка бревен на воде — далеко несовершенный процесс, поскольку плавающее бревно просматривается только частично. Чем выше влажность древесины и больше ее плотность, тем меньшая часть бревна видна над водой. Для сосны и ели при влажности древесины в свежесрубленном состоянии видимая часть бревна составляет не более 25% объема. Следовательно, качество сортировки бревен на плаву ухудшается с повышением влажности древесины. Это обстоятельство имеет значение при уточнении выхода пилопродукции.

Как показывает опыт, оттаявшая древесина периферийного кольца снижает силовые параметры пиления, и, значит, расход энергии. При этом достаточно ограничиться оттаиванием наружного слоя в 3—4 см, что позволяет устранить поверхностную ледяную корку, ил

* Статья публикуется в порядке дискуссии.

и грязь и оттаять заболонную часть бревна. Однако бревно, погруженное в воду примерно на 75% своего объема, имеет не достаточно оттаявшую часть наружного кольца. Приблизительно можно считать, что оттаивает всего около 85% объема периферийного кольца, а 15% остается в замерзшем состоянии.

Таким образом, даже при наличии утепленных бассейнов в лесопильные цехи поступает фактически замороженная древесина. Перспектива отказа в лесопилении от утепленных бассейнов и перехода к сухопутной сортировке и распиловке бревен в зимнее время без предварительного оттаивания представляет определенный интерес. При этом, по нашему мнению, необходимо рассмотреть, с учетом технологических и экономических показателей, следующие вопросы:

- 1) возможность высококачественной окорки мерзлой древесины;
- 2) влияние распиловки мерзлой древесины на силовые параметры пиления и расход энергии, на качество пиломатериалов;
- 3) преимущества сортировки бревен в бассейнах на плаву и на сухопутных транспортерах;
- 4) исследование проблем строительства и эксплуатации утепленных бассейнов с учетом всех основных технико-экономических показателей;
- 5) влияние наличия или отсутствия бассейнов на весь технологический процесс лесопиления вплоть до сушки пиломатериалов.

Поступила 16 октября 1974 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16.022.16

ИССЛЕДОВАНИЕ СУЛЬФОНИРОВАННЫХ УГЛЕВОДОВ,
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ БИСУЛЬФИТНОЙ ВАРКЕ ЕЛИ

Е. А. ПИСАРЕВСКАЯ, Р. К. БОЯРСКАЯ, Ю. Н. НЕПЕНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Из щелоков от бисульфитной варки ели методом ионного исключения были выделены продукты сульфонирования углеводов и лигнина. В выделенных фракциях определяли количество кислотных групп, а также содержание серы, химически связанной с лигнином и углеводами.

При варке древесины с солями сернистой кислоты, кроме растворения гемицеллюлоз, происходят реакции взаимодействия углеводов с бисульфитом. Одна из основных реакций превращения углеводов в процессе варки — их сульфонирование. Наблюдаемый при бисульфитной варке целлюлозы повышенный расход серы по сравнению с сульфитной варкой дает возможность предположить, что в бисульфитных щелоках больше содержится соединений углеводов с прочно-связанной серой.

Настоящая работа посвящена исследованию продуктов сульфонирования углеводов при бисульфитной варке целлюлозы и изучению их молекулярно-массового распределения.

Бисульфитную варку еловой древесины проводили с кислотой следующего состава: всей SO_2 — 4%, связанной SO_2 — 2%, рН = 4,5 при гидромодуле 5:1 по такому температурному графику: подъем до 160° — 3 ч, стоянка на 160° — 3 ч. Зная выход целлюлозы, содержание в ней лигнина, количество редуцирующих веществ (РВ) в щелоке и гидромодуль варки, можно вычислить количество углеводов, перешедших в раствор и разрушенных при варке (табл. 1).

Таблица 1

Показатели	Единицы измерения	Численные значения показателей
Выход целлюлозы	% от древесины	54,0
Выход целлюлозы за вычетом лигнина	" " "	48,9
Количество растворенного лигнина	" " "	22,5
Количество растворенных углеводов	" " "	21,5
Содержание РВ:		
до инверсии	г/100 мл щелока	0,90
после инверсии	" " "	1,85
Рассчитанное количество РВ (исходя из выхода гидромодуля)	" " "	3,93
Количество разрушенных углеводов	" " "	2,08
" " "	% к рассчитанному количеству РВ	53

Как видно из данных табл. 1, при достаточно большом количестве растворенных углеводов содержание РВ в щелоке невелико. Допол-

нительный гидролиз (инверсия 2%-ной серной кислотой в течение 3 ч) увеличивает количество редуцирующих веществ почти вдвое. Это говорит о том, что в условиях бисульфитной варки большая часть углеводов переходит в раствор в виде олигосахаридов.

Степень разрушения углеводов при бисульфитной варке достигает 53%, в то время как при сульфитной варке — не превышает 40—45% [7]. Вероятно, это можно объяснить большим содержанием основания в варочном растворе и более высокой температурой варки.

Кислотный состав подготовленного к анализу щелока [10] определяли с помощью кондуктометрического титрования по методу Самуэльсона [11], содержание прочносвязанной серы — по методу Шённигера [8]. Сумма кислотных групп и содержание SO_3H^- , COOH^- групп отнесены к сухим органическим веществам (с. о. в.) щелока (процент в пересчете на серу).

Таблица 2

Содержание серы, %	Анализ щелока							Анализ целлюлозы	
	Сумма кислотных групп, %	SO_3H^- -группы		Сера по разности (1—3)		COOH^- -группы		Содержание серы, %	
		%	% к сумме всех кислот	%	% к сумме всех кислот	%	% к сумме всех кислот	в твердом остатке	в лигнине твердого остатка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8,55	11,20	6,34	56,5	2,21	19,7	2,65	23,8	0,47	5,00

Обращает внимание довольно высокое содержание серы в щелоке (табл. 2). Поскольку известно [2], что лигносульфонаты от бисульфитной варки целлюлозы сульфонируются всего лишь на 5—6%, можно предположить, что степень сульфонирования углеводов значительно выше. Кроме того, общее содержание серы в щелоке превышало количество найденных SO_3H^- -групп, титрующихся кондуктометрически уксуснокислым калием [11]. Группировки, содержащие серу и рассчитанные по разности между общим содержанием серы в образце и количеством сульфокислот, связаны, по-видимому, с лигнином в виде OSO_3H^- -групп, так как в сульфонированных углеводах от варки холоцеллюлозы в идентичных условиях вся сера была найдена в виде SO_3H^- -групп [4].

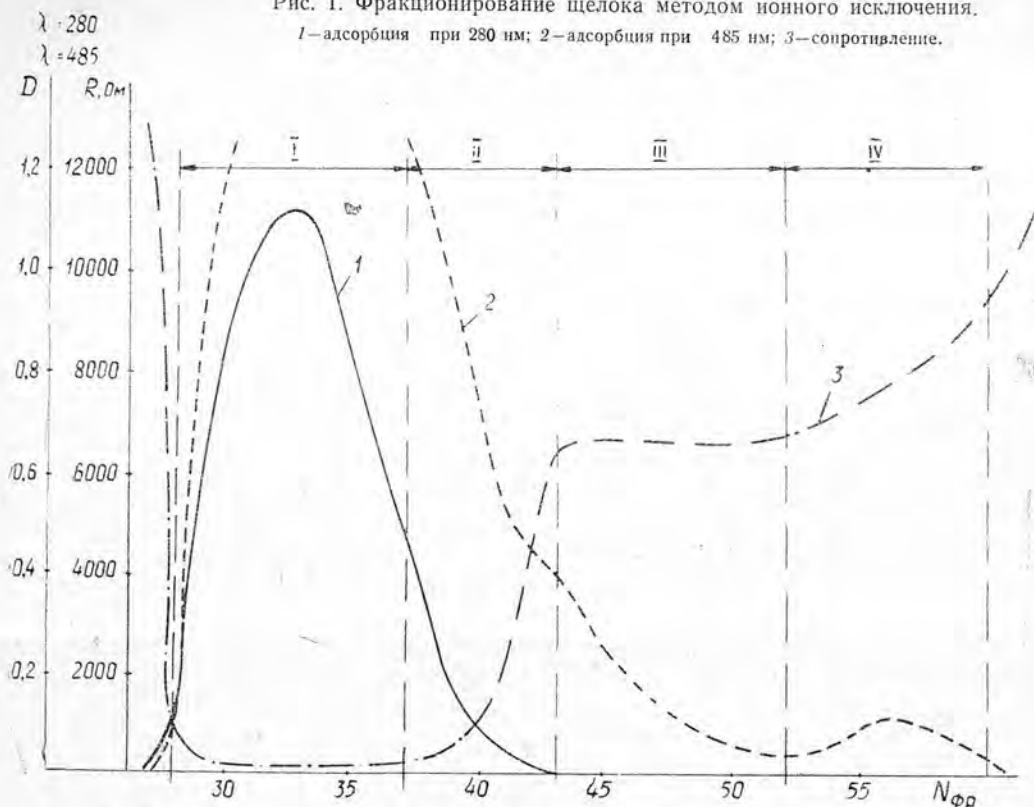
Если предположить, что вся сера в твердом остатке связана с лигнином, то, как видно из данных табл. 2, нерастворившийся лигнин в условиях бисульфитной варки сульфонируется почти в той же степени, что и растворенные лигносульфонаты.

Разделение компонентов щелока проводили методом ионного исключения по Форсу [10]. Ароматические компоненты обнаруживались

Таблица 3

Показатели	Численные значения показателей по фракционным группам			
	I	II	III	IV
Общая кислотность:				
1) методом в. ч. т.	18,08	7,14	3,27	—
2) методом кондуктометрии	12,50	5,40	3,10	—
Содержание фенольных гидроксидов по разности (1—2)	5,58	1,74	0,17	—
Содержание серы	8,58	1,02	0,10	—

Рис. 1. Фракционирование щелока методом ионного исключения.
 1—адсорбция при 280 нм; 2—адсорбция при 485 нм; 3—сопротивление.



на спектрофотометре по поглощению при длине волны 280 нм, а углеводные — при 485 нм после реакции с фенолом и концентрированной серной кислотой по методу Дюбуа [9]. Процесс разделения компонентов дополнительно контролировали замером электрического сопротивления каждой фракции. Все собранные фракции были разделены на четыре группы (табл. 3, рис. 1), в каждой из которых определяли количество серы и общую кислотность методами кондуктометрии и высокочастотного титрования (в. ч. т.) [3].

Исходя из принципа ионного исключения следует ожидать, что в состав группы I войдут сильные электролиты. Поскольку сульфонируемые лигнин и углеводы имеют примерно одинаковую константу диссоциации, разделение их этим методом невозможно. На присутствие сульфонированных углеводов указывает большое количество серы в пробе, присутствие же лигносульфоновых кислот подтверждает высокое содержание фенольных гидроксидов. Группа II имела низкое содержание серы и более низкую кислотность, чем группа I. Наличие фенольных гидроксидов дает основание считать, что группа II содержит в своем составе сульфонированный лигнин, вероятно, имеющий меньшую константу диссоциации из-за наличия OSO_3H^- -групп [2], [3]. Наличие адсорбции при 485 нм указывает на присутствие несulfонированных углеводов. Фракционная группа III, согласно исследованиям Форса [10], состоит, в основном, из альдоновых кислот, поскольку содержит довольно значительное количество кислых групп и показывает некоторую оптическую плотность D при 485 нм. В группе IV не

удалось обнаружить ни серы, ни кислых групп, однако пик значений оптической плотности при 485 нм позволяет предположить наличие в ней моносахаридов.

Методом ионного исключения не удалось разделить углеводсульфоновые (УСК) и лигносульфоновые (ЛСК) кислоты, однако дало возможность отделить их от продуктов деструкции углеводов и лигнина.

Далее фракционную группу I, содержащую в своем составе ЛСК и УСК, исследовали методом гель-фильтрации.

Известно, что при варках в мягких условиях, в наибольшей степени предохраняющих лигнин как от конденсации, так и от деградации, то есть в условиях бисульфитной варки ($\text{pH} = 4,5$), в растворенных лигносульфонатах преобладают фракции с молекулярной массой от 10 000 до 50 000 [6]. Поскольку углеводсульфоновые кислоты от варки холоцеллюлозы имеют молекулярную массу от 1000 до 5000 [4], то с помощью гель-хроматографии, используя определенный тип сефадекса, можно отделить с достаточной полнотой высокомолекулярные лигносульфоновые кислоты от углеводсульфоновых, а также разделить последние по молекулярным массам.

Суммарное поглощение при 485 нм ($D_{\text{общ}}$) в исследуемой фракции I обусловлено наличием оптического поглощения как углеводсульфоновых ($D_{\text{уск}}$), так и лигносульфоновых кислот $D_{\text{лск}}$

$$D_{\text{общ}} = D_{\text{уск}} + D_{\text{лск}}$$

Чтобы количественно определить примеси лигносульфонатов и ввести поправки на их присутствие, снимали калибровочные кривые выделенных ЛСК [5] при 280 нм, а также при 485 нм после реакции с фенолсерной кислотой. Калибровочная кривая для определения содержания углеводсульфоновых кислот, находящихся во фракции I, была построена с помощью образцов УСК, выделенных из щелоков от бисульфитной варки холоцеллюлозы и очищенных от продуктов деструкции методом ионного исключения [4].

Раздельное содержание углеводсульфоновых и лигносульфоновых кислот в данной работе определяли с помощью номограммы, построенной на основании вышеназванных калибровочных кривых. Принцип построения и пользования номограммой описан в одной из работ [1].

Для приближенного подсчета молекулярных масс, по данным гель-фильтрации на сефадексе, Сквайр [12] предложил следующее уравнение (при использовании воды в качестве элюента):

$$M^{\frac{1}{3}} = \frac{c}{q} \left[1 + q - \left(\frac{V_e}{V_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right],$$

где q — константа, равная 0,45—0,48;

V_e — объем элюирования вещества, молекулярную массу которого определяют;

V_0 — объем элюирования молекул с молекулярной массой c ;

c — соответствует наименьшему значению молекулярной массы молекул, исключаемых данным типом геля.

Как известно [12], при элюировании ЛСК и УСК водой, может иметь место полиэлектролитический эффект. Проведение опытов в одних и тех же условиях нивелирует влияние этого эффекта, который может создаваться из-за использования воды в качестве элюента [13].

Для сравнения данных, полученных на различных колонках, по оси абсцисс откладываем коэффициент распределения между подвижной

Рис. 2. Гель-хроматограмма ЛСК (кривая 1) и УСК (кривая 2) на сефадексе G-50.

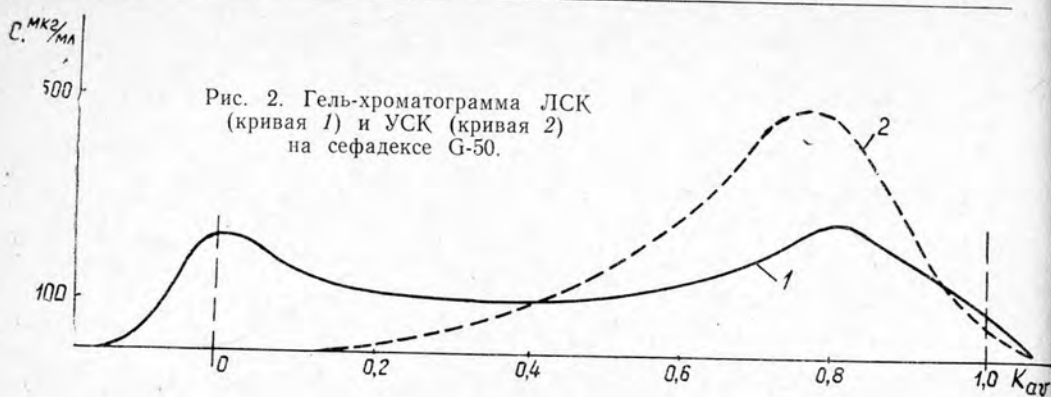


Рис. 3. Гель-хроматограмма ЛСК (кривая 1) и УСК (кривая 2) на сефадексе G-25.

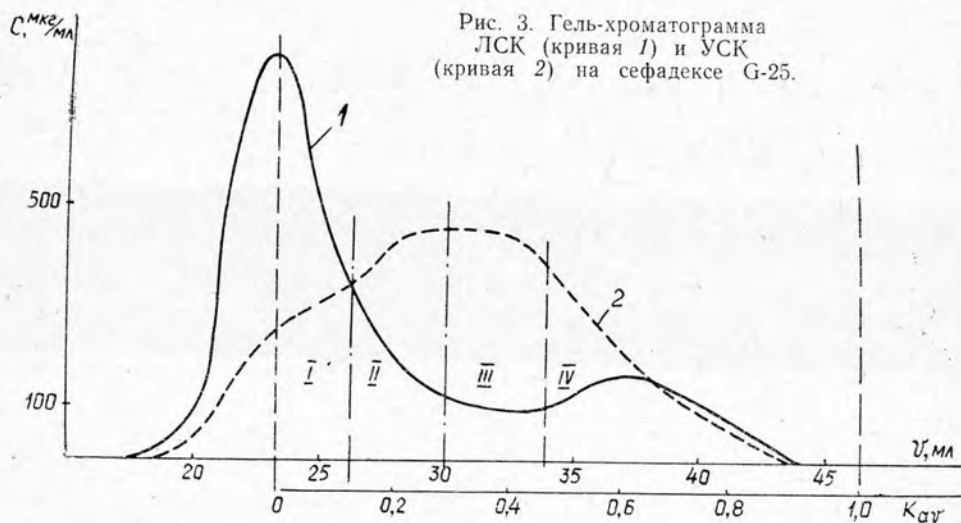
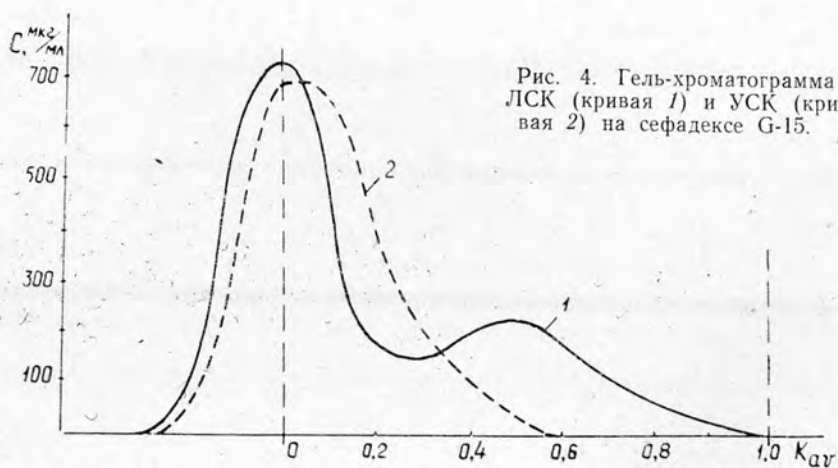


Рис. 4. Гель-хроматограмма ЛСК (кривая 1) и УСК (кривая 2) на сефадексе G-15.



и стационарной фазы K_{av} , а по оси ординат — концентрацию C . Из гель-хроматограммы на сефадексе G-50 (рис. 2) видно, что лигносуль-

фонаты имеют высокомолекулярный и низкомолекулярный пики (кривая 1), в то время как углеводсульфоновые кислоты имеют один пик, смещенный в низкомолекулярную область (кривая 2).

При фракционировании на сефадексе G-25 (рис. 3) лигносульфонаты имеют один высокомолекулярный пик, почти полностью исключенный (кривая 1). Углеводсульфоновые кислоты выходят достаточно широким размытым пиком (кривая 2), что говорит об их полидисперсности в пределах разделения молекулярных масс на данном геле, то есть от 1000 до 5000. Фракционирование на сефадексе G-15 (рис. 4) не дало никаких дополнительных результатов, так как и лигносульфонаты, и углеводсульфоновые кислоты находятся в исключенном пике.

Поскольку углеводсульфоновые кислоты фракционируются на сефадексе G-25, соответствующую хроматограмму разделили на четыре фракции (рис. 3), в каждой из которых подсчитывали ориентировочные значения молекулярных масс по формуле Сквайра, а также соотношение ЛСК и УСК по данным гель-фильтрации (табл. 4).

Таблица 4

№ фракции	Интервал, V_e , мл	ЛСК : УСК	Интервал молекулярных масс
I	18—26	1:0,40	5000—4100
II	27—30	1:2,30	3600—2900
III	31—34	1:4,10	2700—1900
IV	35—42	1:1,20	1700— 800

Хотя рассчитанные величины молекулярных масс и не являются абсолютными, однако, как видно из данных табл. 4, углеводсульфоновые кислоты состоят из набора фракций с различной молекулярной массой. Основное количество углеводсульфовых кислот имеет молекулярную массу в пределах от 1900 до 3600. Результаты фракционирования щелоков от варки древесины (в присутствии ЛСК) хорошо согласуются с данными, полученными нами ранее по фракционированию щелоков от варки холоцеллюлозы. Используя последовательно два метода — ионное исключение и гель-фильтрацию можно с достаточной полнотой выделить из отработанного щелока углеводсульфоновые кислоты и определить их количественно.

Выводы

1. Методом ионного исключения из щелоков от бисульфитной варки ели были достаточно полно выделены продукты сульфирования углеводов и лигнина.

2. Методом гель-хроматографии были выделены отдельно углеводсульфоновые (УСК) и лигносульфоновые (ЛСК) кислоты.

3. С помощью построенной номограммы количественно определено содержание УСК и ЛСК в отдельных фракциях и по формуле Сквайра подсчитаны относительные величины их молекулярных масс. Показано, что углеводсульфоновые кислоты от бисульфитной варки ели полидисперсны, но основная часть их имеет молекулярную массу в пределах от 1900 до 3600.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Арончик Б. М., Крейцберг З. Н. К вопросу о количественном определении углеводов в присутствии лигнина фенолсерниокислотным методом. — В сб.: Химия древесины. Рига, 1974, № 15, с. 126—129. [2]. Боярская Р. К. Влияние условий

- варки с сульфитными варочными растворами на процессы сульфирования и сульфирования лигнина. — «Cellulose Chem. and Technol.», 1971, 5, 489. [3]. Васильева Т. М., Боярская Р. К., Григорьев Г. П. Кислотная характеристика некоторых препаратов лигнина с применением метода высокочастотного титрования. — ЖПХ, XXXII, 1968, № 3, с. 603—608. [4]. Писаревская Е. А., Боярская Р. К., Непенин Ю. Н. Исследование углеводсульфоновых кислот, образующихся при бисульфитной варке холоцеллюлозы. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 3, с. 104—110. [5]. Цыпкина М. Н., Балашова И. М. К методике разделения лигносульфоновых и углеводсульфоновых кислот. — ЖПХ, 32, 1959, № 1, с. 166—170. [6]. Цыпкина М. Н., Боярская Р. К., Вишневская С. С. О некоторых вопросах химии сульфитной варки. — В сб.: Химия и использование лигнина, Рига, «Зинатне», 1974, с. 309—320. [7]. Adler E. Formation and Structure of Sulphocarboxylic acids — «Svensk Papperstidning», 49, 1946, 15, 339. Косилова Е. И. Некоторые реакции углеводов при сульфитной варке. — Труды ЛТА, 1958, № 80, с. 117—133. Schmidt U., Schwabe K. Kohlehydratsulfosäuren in Sulfitablauge — ihre Bestimmung und Bedeutung. — «Zellstoff und Papier», 1967, № 7, 210. [8]. Alpo Oja. Determination of General Sulphur Content in Sulphite and Sulphate Waste Liquors. — «Papperi ja Puh», 42, 1960, 4, с. 299. [9]. Dubois M. et al. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related. — «Anal. Chem.», 1956, 28, 3, 350. [10]. Forss K. The Composition of Spent Spruce Sulfite Liquor. — «Acta Polytechn. Scand.» 1961, 82, 17. [11]. Samuelson O. A. Contribution to the Chemistry of the Sulphite Process. — «Svensk Kemisk tidskrift», 1948, 6, 128. [12]. Stenlund B. Polyelectrolyte Effect in Gel Chromatography of Lignosulfonates. III. The Fractionation Mechanism. — «Pap. ja Puh», 1970, 52, 4-a, 197. [13]. Stenlund B. Polyelectrolyte Effects in Gel Chromatography of Lignosulfonates. IV. The Relationship between Molecular Weight and Elution Volume. — «Pap. ja Puh», 1970, 52, 5, 333.

Поступила 27 января 1975 г.

УДК 674.815

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА И МЕТАНОЛА, ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ПРИ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ СМОЛ В УСЛОВИЯХ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

А. Н. ОБЛИВИН, Г. Н. АФАНАСЬЕВ

Московский лесотехнический институт

Предложен метод и создана экспериментальная установка для определения летучих продуктов, выделяющихся при поликонденсации смол в условиях горячего прессования древесностружечных плит. На примере смол М-70 и М-19-62 показана работа установки, которая может быть использована в заводских и исследовательских лабораториях.

Методам определения формальдегида в смеси посвящен ряд работ [1—5]. Авторами данной статьи предложены методика и устройство для определения количества формальдегида, выделяющегося при поликонденсации мочевино-формальдегидных смол (МФС) в условиях, близких к условиям прессования древесностружечных плит. В основу положен метод газовой хроматографии.

Для улавливания летучих продуктов поликонденсации МФС создана специальная установка, позволяющая проводить отверждение связующего при различной температуре T и давлении P в течение времени τ . Диапазон изменения этих величин устанавливали из условий, близких к режимам прессования древесностружечных плит. Величина T изменялась от 293 до 473°K, P — от $9,8 \cdot 10^4$ до $10,78 \cdot 10^5$ Н/м². Длительность выдержки связующего в рабочей зоне при заданных значениях T и P практически не ограничена.

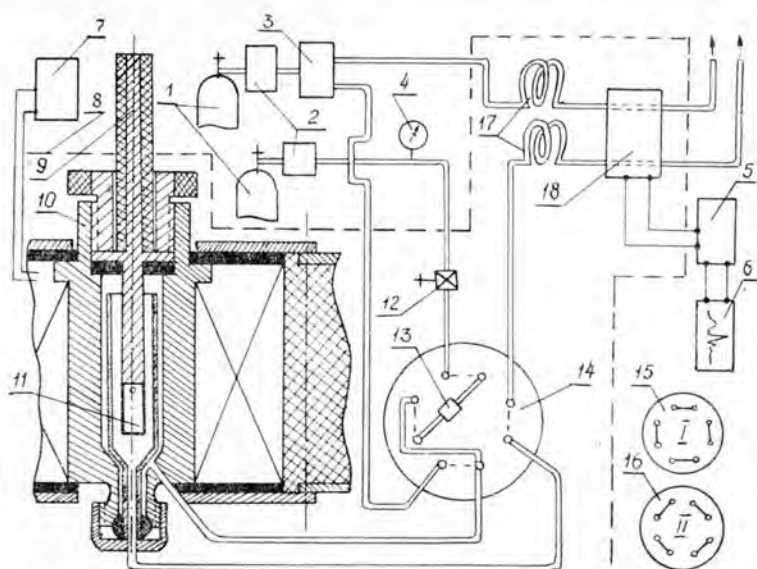


Рис. 1.

Принципиальная схема установки, созданной на базе хроматографа ЛХМ-8 мд, приведена на рис. 1. Панель 8 выполнена в виде съемной крышки термостата блока анализатора хроматографа. На панели размещены реактор 10, кран-переключатель 14, кран давления 12, катарометр 18, соединительные капилляры. С помощью загрузочного устройства 9, 11 связующее помещается в рабочую зону реактора, где подвергается воздействию температуры и давления в течение времени τ .

Образовавшиеся летучие продукты при положении 1 крана-переключателя 15 через компенсатор сопротивления 13 выносятся газом-носителем в рабочую колонку 17, где разделяются на составные компоненты, попадают в виде бинарной смеси (газ-носитель + компонент) в катарометр 18, определяются им, усиливаются 5 и регистрируются электронным самопишущим потенциометром 6 в виде кривых. В качестве газа-носителя используют гелий, который из баллона 1 через редуктор 2 подается к блоку подготовки газов 3, где задается необходимая скорость газа-носителя для сравнительной и рабочей колонки. Давление в реакторе контролируется манометром 4.

В процессе создания установки особое внимание уделяли термостатированию коммуникаций, снижению осевого градиента температуры в рабочей зоне, точному поддержанию температуры в реакторе, отсутствию диффузионных «мешков».

Реактор представляет собой полый цилиндр с нагревательным элементом. Внутри цилиндра находится рабочая зона (диаметр ее 4 мм, длина 15 мм). Нагревательный элемент спрофилирован и расположен таким образом, чтобы осевой градиент температуры от центра рабочей зоны составлял $\pm 0,5^\circ\text{K}$. Было испытано несколько моделей реактора с различным вводом исследуемой пробы смолы и термостатированием коммуникаций. Термостатирование в блоке анализатора, с точки зрения повышения разделяющей способности, показало лучшие результаты.

Температуру в рабочей зоне регулировали и поддерживали (точность $\pm 2^\circ\text{K}$) с помощью бесконтактного электронного терморегулятора 7 по сигналу от терморезистора, заделанного в цилиндре реактора параллельно рабочей зоне на расстоянии 2 мм от ее стенки.

При отработке на модельной смеси — техническом формалине (9% метанола, 68% воды, 23% формальдегида) — установка показала высокую воспроизводимость эксперимента.

Отработку проводили при следующих условиях хроматографирования:

хроматограф	ЛХМ-8 мд
детектор	катарометр
колонки	стеклянные ($D = 3 \cdot 10^{-3}$ м; $L = 4,5$ м)
носитель	полихром-1
жидкая фаза	стеарокс-6 в количестве 20%
температура реактора	413—453°K
объем модельной смеси	10^{-9} м ³
температура термостата	403°K
давление в реакторе	$9,8 \cdot 10^4$; $10,78 \cdot 10^5$ Н/м ²
продолжительность выдержки смеси	180, 300, 600 с
длительность продувки летучих продуктов на колонки	30 с
газ-носитель	гелий
скорость газа-носителя	$0,5 \cdot 10^{-6}$ м ³ /с
ток моста	0,12 А
скорость ленты самописца	$\frac{1}{6} \cdot 10^{-3}$ м/с

Использовали смолы М-70 с максимальным и М-19-62 с минимальным выделением формальдегида при горячем отверждении.

Пробу 50%-ного раствора смолы вводили в гильзу 11, взвешивали и при положении II крана-переключателя 16 помещали в рабочую зону и выдерживали определенное время под воздействием температуры и давления. По истечении заданного времени пробу извлекали из рабочей зоны и повторно взвешивали. Хроматограммы летучих продуктов смол показали их хорошее разделение. Количество компонента рассчитывали по хроматограмме методом внутренней нормализации

$$y_i = \frac{k_i s_i}{\sum_{i=1}^3 k_i s_i} y_{\text{общ}}^i = 1, 2, 3,$$

где k_i — весовые поправочные коэффициенты;

s_i — площадь пика формальдегида, воды, метанола;

$y_{\text{общ}}$ — общее количество летучих продуктов, выделившихся при поликонденсации;

$$y_{\text{общ}} = \frac{m_d - m_n}{m_d},$$

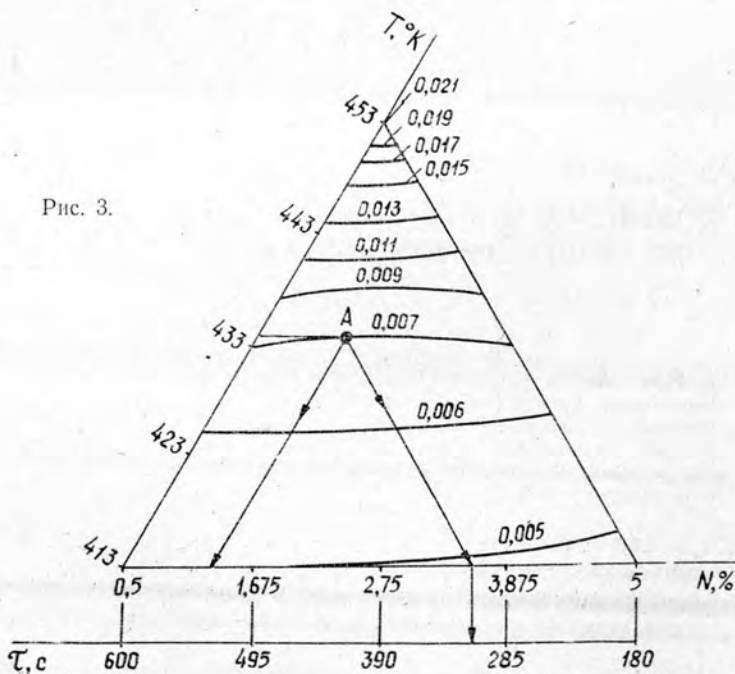
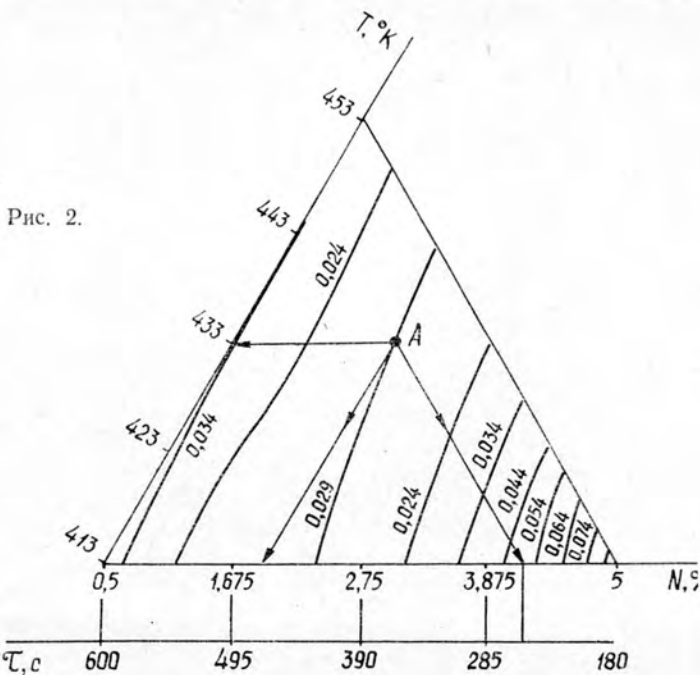
здесь m_d — масса пробы до отверждения;

m_n — масса пробы после отверждения.

Весовые поправочные коэффициенты определяли с помощью хроматограмм модельной смеси, полученных при различных температурах и давлениях. Обработка хроматограмм показала, что отклонение значений для каждого коэффициента находится в пределах 3% и не зависит от температуры и давления, при котором происходило испарение модельной смеси.

Количество формальдегида и метанола при поликонденсации смол М-70 и М-19-62 в условиях горячего прессования древесностружечных плит определяли при различных давлениях $9,8 \cdot 10^4$ — $10,78 \cdot 10^5$ Н/м², температурах 413—453°K, продолжительности отверждения 180—600 с и количествах отвердителя — хлористого аммония 0,5—5% от 50%-ного раствора смолы.

В исследуемом интервале влияние давления незначительно. Влияние температуры, длительности отверждения и количества отвердителя



на количество выделяющегося формальдегида для смол М-70 показано на рис. 2, а для смол М-19-62 — на рис. 3. Диапазон изменения количества формальдегида:

$$(0,085 \div 0,017) \frac{\text{кг формальдегида}}{\text{кг 50\%-ного раствора смолы}} \text{ для М-70;}$$

$$(0,021 \div 0,037) \frac{\text{кг формальдегида}}{\text{кг 50\%-ного раствора смолы}} \text{ для М-19-62.}$$

Из рис. 2 и 3 видно, что для связующего на основе М-70 большее влияние на выделение формальдегида оказывает количество отвердителя, а для связующего на основе М-19-62 — температура.

Анализ хроматограмм летучих продуктов поликонденсации связующих показал наличие метанола, который выделяется при отверждении, по-видимому, за счет имеющегося в смоле метанола. Диапазон изменения метанола для М-70 и М-19-62

$$(0,02 \div 0,005) \frac{\text{кг метанола}}{\text{кг 50\%-ного раствора смолы}}$$

Длительность процесса от момента приготовления пробы смолы до получения числовых значений количества метанола и формальдегида не превышала 20 мин. Это время значительно меньше необходимого времени при применении существующих способов. Поэтому предложенный метод можно использовать в заводских и исследовательских лабораториях при определении количества формальдегида в готовой смоле в условиях горячего прессования древесностружечных плит и при разработке способов уменьшения выделения формальдегида.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гаврилина Л. Я., Натальина Н. И. — Известия СО АН СССР, сер. хим. наук, 1964, 3, № 11, с. 143. [2]. Минин В. А., Зисман Д. О., Файдель Г. И. — «Пластические массы», 1966, № 10, с. 53. [3]. Стыскин Е. Л., Гуревич Я. А. — «Химическая промышленность», 1972, № 5. [4]. J. Chromatogr, 1969, 40, № 2, p. 209. [5]. J. Chromatogr, 1970, 41, № 10, p. 490.

Поступила 21 октября 1974 г.

УДК 547.565.2 : 634.0.867.39.9

К ВОПРОСУ О ВЫДЕЛЕНИИ ПИРОКАТЕХИНА ИЗ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ КИСЛОЙ ВОДЫ

Т. И. ПРОХОРЧУК, Э. М. ЦАЦКА, Н. В. ФЕРДИНАНД

Ленинградская лесотехническая академия

Исследованы условия выделения пирокатехина из газогенераторной кислой воды с помощью тетрабората натрия. Показано, что при весовом соотношении пирокатехин — тетраборат натрия, равном от 1:1 до 1:4, можно извлечь соответственно 58—87% ортодиоксибензолов с содержанием их в концентрате 58—67%.

Данное исследование посвящено изучению условий избирательного извлечения пирокатехина из газогенераторной кислой воды с помощью тетрабората натрия. Предлагаемый метод основан на известной способности полиоксисоединений образовывать комплексы с борной кислотой.

Пирокатехин извлекали по следующей схеме. Газогенераторную кислую воду обрабатывали расчетным количеством сухого бикарбоната натрия для нейтрализации содержащихся в ней кислот, после чего экстрагировали серным эфиром, извлекая фенолы и эфирорастворимые нейтральные вещества. К полученному эфирному экстракту добавляли насыщенный раствор тетрабората натрия с целью извлечения ортодиоксибензолов в виде комплексных соединений. После подкисления тетраборатной вытяжки свободные ортодиоксибензолы извлекали серным эфиром, затем от экстракта отгоняли растворитель и получали концентрат пирокатехина. Оставшиеся в эфирном растворе фенолы выделяли обработкой 5%-ным раствором едкого кали. После подкисления ще-

точной вытяжки, экстракции фенолов эфиром и отгонки растворителя получали суммарные фенолы, оставшиеся при извлечении пирокатехина.

Для исследования использовали кислую воду, полученную на Верховской газогенераторной установке при пиролизе лесосечных отходов, в основном, хвойных пород древесины. Кислая вода (КВ) характеризовалась следующими показателями: плотность при 20°C — 1,084 г/см³; содержание растворимой смолы (РС) — 22,10%, летучих кислот (в пересчете на уксусную кислоту) — 2,06%. С целью определения суммарных фенолов и пирокатехина в этой воде ее экстрагировали серным эфиром в объемном отношении 1:3 при механическом перемешивании. После удаления растворителя экстракт составлял 7,7%, эфировода 90,0% от исходной кислой воды. Эфировода имела плотность при 20°C — 1,070 г/см³ и содержала 23,90% органических веществ, в том числе 19,65% растворимой смолы и 0,97% летучих кислот.

На водяной бане при остаточном давлении 20—30 мм рт. ст. от экстракта отгоняли легколетучие вещества (в основном, воду, уксусную кислоту и ее гомологи) в количестве около 13% от веса экстракта. Остаток экстракта (ОЭ), представляющий собой, за вычетом оставшихся летучих кислот (4,31%) и воды (4,65%), эфирорастворимую часть РС (~70% от экстракта), был подвергнут групповому разделению щелочным методом на фенолы, кислоты и нейтральные вещества.

Состав безводного остатка экстракта (в процентах) представлен в табл. 1, из данных которой видно, что кислот содержится 37,6% от безводного ОЭ, нейтральных веществ 7,8%; реагирующих со щелочью веществ 49,4%, в том числе несомненных фенолов 33,8%. В фенолах I и II найдено соответственно 66,1 и 27,0% ортодиоксибензолов (условного пирокатехина) объемным методом. В пересчете на растворимую смолу это составляет 4,34%. Концентрация условного пирокатехина в кислой воде равна 0,96%.

Таблица 1

Вещества, не растворимые в эфире	Кислоты		Вещества, реагирующие со щелочью (ВРЩ),				Нейтральные вещества	Потери	
	эфирорастворимые	бутаноло-растворимые	фенолы I (выделенные при подкислении CO ₂)	выделены из осадка		выделены из раствора			
				фенолы II	бутаноло-растворимые	эфирорастворимые			бутаноло-растворимые
1,1	28,2	9,4	26,2	7,6	3,1	8,9	3,6	7,8	4,1

На основании полученных данных установлен (табл. 2) групповой состав эфирорастворимой части РС (в процентах). Найдено, что вещества, реагирующие со щелочью, которые обычно целиком принимают за суммарные фенолы, составляют около 11% от РС.

Таблица 2

Нелетучие кислоты	Вещества, реагирующие со щелочью	В том числе		Нейтральные вещества
		несомненные фенолы	ортодиоксибензолы	
7,92	11,06	7,57	4,34	1,73

Для выяснения возможности влияния первой ступени предлагаемой схемы выделения пирокатехина (нейтрализация бикарбонатом натрия) на его содержание мы повторно определяли ортодиоксибензолы по несколько видоизмененной методике.

Навеску КВ нейтрализовали расчетным количеством сухого бикарбоната натрия, после чего экстрагировали серным эфиром. Полученный эфирный экстракт обрабатывали 5%-ным раствором едкого кали. Щелочной раствор фенолятов продували углекислым газом и экстрагировали эфиром, в результате чего получали экстракт фенолов I. Осадок, выделившийся из щелочного раствора при насыщении его углекислотой, отделяли, обрабатывали разбавленной соляной кислотой и экстрагировали эфиром, в результате чего получали экстракт фенолов II. После удаления растворителя в фенолах I и II определяли содержание условного пирокатехина объемным методом; получено соответственно 59,6 и 43,3%. В пересчете на растворимую смолу это составило

4,48%, а на кислую воду — 1,0%, что практически мало отличается от ранее найденных значений (4,34 и 0,96%).

Полученные результаты позволяют считать, что при нейтрализации кислой воды расчетным количеством сухого бикарбоната натрия не изменяется содержание в ней пирокатехина.

При исследовании условий выделения пирокатехина из газогенераторной кислой воды по описанной выше схеме расход основного реагента изменяли от 1:1 до 4:1 (весовое соотношение тетрабората натрия и пирокатехина, содержащегося в КВ). В качестве определяющих показателей, характеризующих эффективность метода, рассматривали степень извлечения пирокатехина по отношению к исходному количеству в КВ и содержание пирокатехина в концентрате.

Результаты выделения пирокатехина из газогенераторной кислой воды представлены в табл. 3. Экспериментальные данные свидетельствуют, что предлагаемым методом можно получить довольно высокие результаты. При его реализации, по-видимому, можно принять оптимальное соотношение пирокатехин — тетраборат натрия как 1:2; в условиях минимально возможных затрат на реагент это обеспечивает достаточно хорошую степень извлечения пирокатехина из кислой воды (72%) и высокое содержание его в концентрате (62%).

Таблица 3

Количество кислой воды, взятое на анализ	Весовое соотношение пирокатехина и тетрабората натрия	Выход, % от ВРЦ,		Содержание пирокатехина, %		Количество пирокатехина, % от исходного в КВ	
		концентрата пирокатехина	оставшихся фенолов	в концентрате	в оставшихся фенолах	извлеченное	оставшееся
500,0	1:1	41,2	48,3	57,8	27,8	58,7	33,1
545,0	1:1	40,2	51,9	58,2	27,1	57,8	34,7
543,0	1:1	39,8	50,7	58,6	28,3	57,5	35,4
500,0	1:2	46,2	35,6	62,2	18,5	71,0	16,2
500,0	1:2	46,6	34,4	62,5	18,5	71,9	15,7
545,0	1:2	46,3	34,6	62,5	17,9	71,6	15,3
250,0	1:3	49,5	26,7	65,2	11,0	79,7	7,3
1000,0	1:3	49,9	32,5	64,6	12,3	79,7	9,8
500,0	1:3	47,8	29,9	66,7	12,7	78,7	9,4
540,0	1:3	48,2	30,5	67,2	11,5	80,0	8,6
544,0	1:4	55,6	27,1	63,2	9,0	86,7	6,0
250,0	1:4	56,4	27,0	62,7	8,6	86,8	5,7

Концентраты пирокатехина, а также фенолы, оставшиеся после его извлечения при соотношениях тетраборат натрия — пирокатехин как 2:1 и 4:1, были перегнаны в вакууме и проанализированы методом газожидкостной хроматографии, что позволило судить об их качественном и относительно количественном составе. В результате перегонки концентратов получен кристаллический продукт (около 80% от веса фракции) в смеси с жидкой частью; их анализировали раздельно. Условия хроматографирования: хроматограф «Хром-31» с пламенно-ионизационным детектором; неподвижная фаза — 20% ПФМС-6 на хромасорбе-Г (120/140 меш); газ-носитель гелий, расход 1,5 л/час; программирование температуры колонки в интервале 90—210° со скоростью 3°/мин.

Результаты хроматографического разделения сведены в табл. 4, из которой видно, что даже неочищенный кристаллический продукт на 85—90% состоит из пирокатехина и 4-метилпирокатехина; основными примесями являются гваякол и 4-этилгваякол, а также одноатомные

Таблица 4

Компоненты	Количество компонентов, % от суммы элюированных		
	в концентрате пирокатехина		в фенолах, оставшихся после извлечения ортодиоксибензолов
	в жидкой фракции	в кристаллическом продукте	
Фенол	0,51	—	9,98
	<u>2,01</u>	<u>2,85</u>	<u>27,95</u>
Неидентифицированный	0,17	—	—
	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>
о-крезол	0,58	—	3,96
	<u>0,81</u>	<u>—</u>	<u>6,78</u>
м+п-крезолы	5,01	—	34,53
	<u>4,36</u>	<u>0,96</u>	<u>22,62</u>
2,6-ксиленол	—	—	—
	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>3,09</u>
3,6-ксиленол	—	—	4,87
	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>2,74</u>
Всего одноатомных фенолов	6,27	—	53,34
	<u>7,18</u>	<u>3,81</u>	<u>63,18</u>
Гваякол	2,04	1,06	19,82
	<u>2,36</u>	<u>2,97</u>	<u>22,00</u>
4-метилгваякол	—	—	—
	<u>1,09</u>	<u>—</u>	<u>11,58</u>
4-этилгваякол	11,67	7,85	4,20
	<u>16,94</u>	<u>8,20</u>	<u>2,00</u>
4-пропилгваякол	2,81	—	—
	<u>3,33</u>	<u>—</u>	<u>0,19</u>
Эвгенол	—	—	—
	<u>2,35</u>	<u>—</u>	<u>—</u>
Пирокатехин	45,15	76,94	22,64
	<u>36,94</u>	<u>68,63</u>	<u>0,50</u>
4-метилпирокатехин	28,66	14,15	—
	<u>26,74</u>	<u>16,39</u>	<u>0,17</u>
Всего двухатомных фенолов	90,33	100,0	46,66
	<u>89,75</u>	<u>96,19</u>	<u>36,44</u>
Диметилловый эфир пирогаллола	3,40	—	—
	<u>3,07</u>	<u>—</u>	<u>0,38</u>

Примечание. В числителе данные для соотношения пирокатехин — тетраборат натрия как 1:2; в знаменателе — 1:4.

фенолы в случае увеличенного расхода тетрабората натрия. Жидкая часть на 64—74% состоит из пирокатехина и 4-метилпирокатехина, причем с увеличением расхода реагента количество ортодиоксибензолов в ней несколько снижается, а содержание примесей (одноатомные фенолы, гваякол и его гомологи) возрастает. Следовательно, повышение расхода тетрабората натрия при выделении ортодиоксибензолов из кислой воды наряду с увеличением степени их извлечения ухудшает избирательность. Это дополнительное подтверждение целесообразности выбора соотношения пирокатехин — тетраборат натрия как 1:2 в качестве оптимального.

Рассматривая состав фенолов, оставшихся после извлечения условного пирокатехина, нетрудно заметить, что в них преобладают одноатомные фенолы (53—63%), гваякол и его гомологи (24—36%), причем их количество возрастает с увеличением расхода реагента, а остаточное содержание ортодиоксибензолов резко снижается. Данные газожидкостной хроматографии свидетельствуют о значительной избирательности предлагаемого метода по отношению к ортодиоксибензолам и о возможности получения кристаллического продукта достаточно высокой чистоты. Этот вывод подтверждается также результатами элементарного анализа очищенного перекристаллизацией из бензола следующего кристаллического продукта: %С = 65,65; %Н = 6,07; %О = 28,28 (для пирокатехина %С = 65,45; %Н = 5,45; %О = 29,10).

Чтобы сравнить возможности предложенного ранее* и рассматриваемого методов для газогенераторной кислой воды, мы использовали первый для получения пирокатехина из Верховской кислой воды. Для этого кислую воду экстрагировали серным эфиром, от экстракта после удаления растворителя угоняли в вакууме летучие кислоты и воду, после чего осуществляли фракционированную разгонку остатка экстракта. В каждой из полученных фракций определено содержание условного пирокатехина объемным методом и рассчитан его выход.

Таблица 5

№ фракции	Температура в парах, °С	Остаточное давление, мм рт. ст.	Выход, %	Содержание условного пирокатехина, %	
				во фракции	по отношению к исходному количеству
1	60—94	4	13,9	21,05	14,6
2	95—116	4	21,4	46,76	50,0
3	117—149	4	14,6	31,19	22,8
4	150—270	4	26,8	—	—
	Остаток	—	16,2		

Результаты вакуум-разгонки остатка экстракта приведены в табл. 5, из данных которой видно, что путем разгонки не удастся сконцентрировать ортодиоксибензолы в одной фракции, а имеет место неравномерное распределение их по нескольким фракциям. Наиболее высокое содержание условного пирокатехина получено во второй фракции — около 47%, что составляет половину от исходного количества; в двух других фракциях его концентрация значительно ниже. В четвертой фракции преобладают высшие жирные и смоляные кислоты, выделенные из ее щелочного раствора обработкой 10%-ным хлористым барием; при этом получено 82% веществ, высаживаемых хлористым барием, и 12% веществ, извлеченных из подкисленного раствора после отделения осадка бариевых солей.

Качественный и относительный количественный состав суммарных фенолов первых трех фракций, по данным газожидкостной хроматографии, приведен в табл. 6. Условия хроматографирования: хроматограф «Шмадзу»; неподвижная фаза — 5% ПФМС-6 на хромсорбе G (120/140 меш); газ-носитель аргон, расход 2,4 л/ч; программирование температуры колонки в интервале 120—214°C со скоростью 4°/мин.

* Тищенко Д. В., Носова Н. И., Водзинская А. Н., Гордон Л. В. Технический пирокатехин из древесной газогенераторной кислой воды. — В сб.: Труды ЦНИЛХИ, вып. 12, 1957, 104—112.

Таблица 6

Компоненты	Количество компонентов, % от суммы элюированных компонентов по фракциям		
	I	II	III
Фенол	19,81	—	—
Неидентифицированный	4,29	—	—
о-крезол	23,48	0,79	—
м+п-крезолы	17,32	0,58	—
2,6-ксиленол	2,20	0,78	—
2,4-ксиленол	1,10	1,81	—
Всего одноатомных фенолов	68,20	3,96	—
Гваякол	8,47	9,48	—
4-метилгваякол	8,25	1,69	—
Неидентифицированный	—	2,03	—
4-этилгваякол	14,13	43,80	59,22
Пирокатехин	0,56	6,60	20,30
4-метилпирокатехин	0,39	22,90	5,98
Эвгенол	—	2,32	—
Всего двухатомных фенолов	31,80	88,82	85,50
Диметилловый эфир пирогаллола	—	3,72	2,37
Диметилловый эфир 4-метилпирогаллола	—	3,50	5,10
Диметилловый эфир 4-этилпирогаллола	—	—	7,03
Всего трехатомных фенолов	—	7,22	14,50

Из данных табл. 6 видно, что в первой фракции преобладают одноатомные фенолы (около 70%) в смеси с гваяколом и его гомологами (около 30%); во второй фракции количество одноатомных фенолов резко падает (до 4%), а количество гваякола и его гомологов возрастает (до 57%), пирокатехин и 4-метилпирокатехин составляют около 30%, кроме того, появляются трехатомные фенолы (7%). В третьей фракции количество ортодиоксибензолов несколько снижается (до 26%), этилгваякол составляет 59%, а содержание трехатомных фенолов возрастает до 14%. Полученные данные указывают на практическую невозможность выделения чистых ортодиоксибензолов таким путем. Между тем, тетраборатный метод дает возможность получить пирокатехин значительно более высокой концентрации; при однократной вакуум-перегонке можно получить достаточно чистый кристаллический продукт.

В заключение следует отметить, что тетраборатный метод выделения ортодиоксибензолов из газогенераторной кислой воды позволяет достичь довольно высокой степени их извлечения при значительной концентрации получаемого продукта.

Поступила 23 августа 1974 г.

УДК 547.992.3

О СОЛЬВАТАЦИИ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

В. В. НЕКРАСОВ, О. М. СОКОЛОВ, И. М. БОХОВКИН

Архангельский лесотехнический институт

Приведены результаты исследования мольной сольватации сульфатного лигнина в растворах диметилформамида, диметилсульфоксида, диоксана и этиленгликоля.

При изучении лигнина широко применяют различные органические растворители [1]. Сольватация молекул органических растворителей макромолекулами лигнина оказывает влияние на некоторые свойства растворов и гидродинамические параметры макромолекул лигнина [3], [13], [14], на его химическую активность [5] и, как показали недавние исследования [2], [11], может изменять условия делигнификации древесины.

Для того, чтобы оценить влияние сольватации на свойства и поведение сульфатного лигнина (СЛ) в различных процессах, необходимо в первую очередь определить величину этой сольватации в данном растворителе. Изучение процессов растворения СЛ в ацетоне и диоксане [8], [9] показало, что в сольватной оболочке молекулы растворителя удерживаются водородными связями, причем количество сольватированного растворителя зависит от содержания кислых функциональных групп в лигнине. Исследования сольватации СЛ, проведенные акустическим методом, привели к аналогичным результатам [6].

Данная работа посвящена определению сольватации сульфатного лигнина в различных органических растворителях: диметилформамиде (ДМФ), диметилсульфоксиде (ДМСО), диоксане (Д) и этиленгликоле (ЭГ). Молекулы ДМФ и ДМСО содержат по одному атому кислорода, способного образовывать водородные связи с гидроксильными группами СЛ, молекулы Д имеют по два атома кислорода, а молекулы ЭГ — по две гидроксильные группы.

Исследования сольватации СЛ в диоксане [6] позволили нам разработать методику приготовления растворов, определить интервалы концентраций и температур, в пределах которых необходимо произвести измерения. Из указанных выше растворителей готовили четыре серии растворов с массовой долей от 2 до 8%. Исследования проводили в интервале температур 20—80°C. Перед приготовлением растворов образец СЛ очищали от смолистых и водорастворимых веществ по методикам [1], а растворители — по методикам [12].

Сольватацию СЛ в растворе при данной температуре рассчитывали по методу А. Г. Пасынского [7] на основе уравнения

$$h = \left(1 - \frac{\beta_s}{\beta_s^0}\right) \frac{W_1}{W_2}, \quad (1)$$

где h — количество граммов растворителя, сольватированного 1 г СЛ;

β_s^0 и β_s — адиабатические сжимаемости растворителя и раствора, $\text{с}^2/\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

W_1 и W_2 — массовые доли растворителя и лигнина в растворе.

Адиабатическую сжимаемость растворов рассчитывали по скорости распространения ультразвука (УЗ) [4]

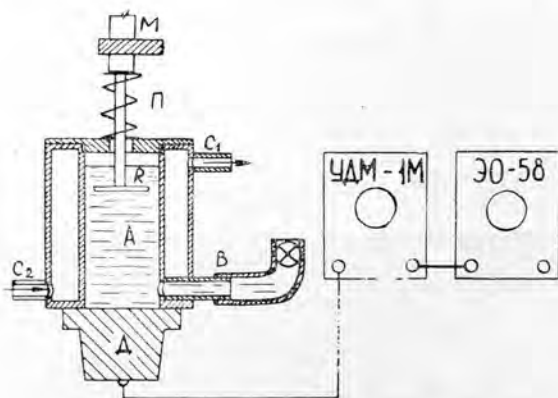
$$\beta_s = u^{-2} \rho^{-1}, \quad (2)$$

где u — скорость распространения УЗ в растворе или растворителе, м/с;

ρ — плотность раствора или растворителя, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Уравнение (1) не позволяет рассчитать с высокой точностью сольватацию СЛ, но, несомненно, может быть использовано для ее сравнительной характеристики.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки для определения скорости распространения ультразвука в растворах.



Плотность растворов определяли с помощью пикнометра (точность до 0,05%), скорость распространения УЗ — на установке, которая схематически представлена на рис. 1. В ячейку А через штуцер В заливался исследуемый раствор, по штуцерам С₁ и С₂ в рубашку ячейки подавалась вода от термостата. Выработанные ультразвуковым дефектоскопом УДМ-1М импульсы на частоте 1,8 Мгц датчиком Д посылались в раствор. После отражения от рефлектора Р импульс возвращался к датчику-приемнику Д. Время прохождения УЗ-импульса от Д к Р и обратно отсчитывали по меткам времени осциллографа ЭО-58. При измерениях скорости УЗ рефлектор с помощью микрометрического винта М смещали так, чтобы на экране осциллографа УЗ-импульс сместился на одну метку. Для данной температуры по мере приближения рефлектора к датчику снимали 30 показаний и столько же при обратном движении. По полученным показаниям рассчитывали скорость распространения УЗ (точность до 0,5%).

Опыт показал, что во всех исследованных растворах при данной концентрации скорость УЗ линейно падает с ростом температуры. Наклон прямых $u=f(t^\circ)$ для растворов и для чистого растворителя практически одинаков. При постоянной температуре скорость УЗ линейно растет с повышением концентрации раствора.

По результатам измерений рассчитаны молярные сольватации СЛ в растворах. При 20°C в 2%-ных растворах молярная сольватация СЛ в диметилформамиде составляет 11,4 мг-моль/г, диоксане — 6,9 мг-моль/г, диметилсульфоксиде — 5,7 мг-моль/г, этиленгликоле —

5,2 мг-моль/г. По данным Проблемной лаборатории АЛТИ, в исследуемом образце СЛ общее число гидроксильных групп составляет 6,9 мг-экв/г (в том числе сумма кислых групп равна 5,05 мг-экв/г).

Мольная сольватация СЛ в растворах ЭГ наиболее низка, значит, макромолекулы СЛ менее активно взаимодействуют с молекулами ЭГ по сравнению с другими изученными растворителями.

В одном и том же растворителе при изменении условий также изменяется сольватация СЛ.

Расчеты показали, что в изотермических условиях с ростом массовой доли раствора от 2 до 8% сольватация СЛ во всех растворах убывает приблизительно на 6%. Зависимость мольной сольватации СЛ (h/M_1) от температуры представлена на рис. 2, из которого видно, что в ЭГ и ДМФ сольватация практически не зависит от температуры, а в растворах ДМСО и Д она увеличивается примерно на 1 мг-моль/г лигнина при нагревании раствора от 20 до 70°C.

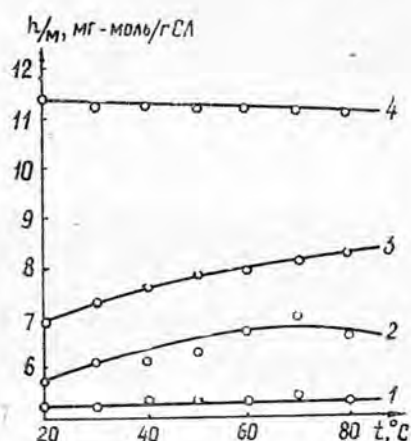


Рис. 2. Зависимость мольной сольватации сульфатного лигнина от температуры при массовой доле 2% в растворах.

1 — этиленгликоля; 2 — диметилсульфоксида; 3 — диоксана; 4 — диметилформамида.

Исходя из полученных нами данных о сольватации СЛ и положении, выдвинутого В. М. Никитиным с сотрудниками [10], о неодинаковой доступности функциональных групп макромолекулы СЛ можно утверждать следующее. Доступность функциональных групп лигнина зависит не только от свойств растворителей, их способности образовывать водородные и другие связи, пространственной геометрии, но и, несомненно, от ассоциации и конформации макромолекул лигнина в растворе. Ассоциация, сольватация и конформация в свою очередь определяются соотношением внутри- и межмолекулярных взаимодействий компонентов раствора. Следовательно, изменение этого соотношения в различных исследованных нами растворителях при изменениях концентрации и температуры раствора должно сопровождаться появлением или исчезновением активных зон макромолекул лигнина, способных к сольватации.

По нашему мнению, в изотермических условиях при переходе от ЭГ к ДМСО, Д и ДМФ внутри- и межмолекулярные силы в растворе изменяются так, что макромолекулы СЛ приобретают все более «рыхлую» конформацию и становятся менее ассоциированными. Это приводит к появлению новых, доступных для взаимодействия с растворителем, функциональных групп, к увеличению сольватации. В растворах Д и ДМСО увеличение сольватации СЛ с повышением температуры мы также связываем с появлением новых, доступных для взаимодействия с растворителем, функциональных групп.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д., Соколова А. А. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. М., Гослесбумиздат, 1962, с. 436. [2]. Васильева Т. М., Андреев В. И., Григорьева Г. П. Влияние некоторых органических веществ на взаимодействие еловой древесной муки с едким натром. — «Химия древесины», № 1, Рига, «Зинатне», 1974, с. 83—86. [3]. Воюцкий С. С. Растворы высокомолекулярных соединений. М., Госхимиздат, 1960, с. 132. [4]. Михайлов И. Г., Соловьев В. А., Сырников Ю. П. Основы молекулярной акустики. Под редакцией И. Г. Михайлова. М., «Наука», 1964, с. 514. [5]. Можейко Л. Н., Яунземс В. Ф., Закис Г. Ф., Сергеева В. Н. Об определении кислых групп в лигнине методом высокочастотной кондуктометрии. — В сб.: Химия древесины. Рига, «Зинатне», 1969, вып. 3, с. 139—146. [6]. Некрасов В. В. О сольватации лигнина в растворах диоксана. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 1, с. 168—170. [7]. Пасынский А. Г. Сольватация неэлектролитов и сжимаемость их растворов. — ЖФХ, 1946, 20, вып. 9, с. 981—994. [8]. Пилюгина Л. Г. Энергетика взаимодействия лигнина с диоксаном и ацетоном. — Автореферат дис. на соиск. учен. степени канд. хим. наук. Л., 1971, с. 24. [9]. Пилюгина Л. Г., Васильева Т. М., Мищенко К. П. О возможности применения калориметрического метода исследования при взаимодействии лигнина с органическими растворителями. — В сб.: Современные методы исследования в химии лигнина. Архангельск, 1970, с. 93—98. [10]. Чупка Э. И., Оболенская А. В., Никитин В. М. Влияние внутренней структуры лигнина на некоторые его свойства. — В сб.: Химия древесины. Рига, «Зинатне», 1969, вып. 5, с. 53—58. [11]. Чупка Э. И., Чуйко Г. В., Алексеева Л. П., Никитин В. М. Влияние неводных добавок на процесс делигнификации и превращение компонентов при щелочной варке древесины. — Доклады на Советско-Финском симпозиуме. Л., 1972, с. 1—5. [12]. Юрьев Ю. К. Практические работы по органической химии. МГУ, вып. I и II, 1961, с. 419. [13]. Gross S. K., Sorkahen K., Schuerch C. Determinations of molecular weight of lignin degradation product by thue methods. — Anal. Chem., 1958, 31, p. 518—521. [14]. Lindberg I., Tylli H., Majani C. Molecular weight and fractionation of lignins by organic solvents. — Paperi ja Puu, 1964, 46, 59, p. 521—526.

Поступила 17 января 1975 г.

УДК 674.032.14 : 668.411 : 0,01.5

О ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВАХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АРАБОГАЛАКТАНА ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

М. М. ЧОЧИЕВА, С. Д. АНТОНОВСКИЙ, Т. И. АГИШЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Изучено изменение вязкости водных растворов арабогалактана в зависимости от концентрации, температуры, pH и времени хранения растворов.

В Советском Союзе наиболее распространены виды лиственницы — *Larix dahurica* Turcz. и *Larix sibirica* Ldb. Поэтому все большее внимание уделяется изучению древесины этих видов и возможности ее комплексного использования в целлюлозном производстве.

Для исследования вязкостных свойств водных растворов арабогалактана лиственницы сибирской использовали арабогалактан из натечной камеди; натечки были собраны у оснований стволов горелого лиственничного леса в окрестностях г. Саянска (Красноярский край). Арабогалактан очищали от окрашивающих примесей с помощью капронового сорбента и двукратным переосаждением этанолом из водного раствора и сушили в вакууме над фосфорным ангидридом при комнатной температуре.

Стабильность вязкости 0,18 и 9,14%-ных водных растворов во времени проверяли через каждые 24 ч в течение 14 суток при 20°C. Кинематическая вязкость первого раствора арабогалактана составляла 0,999 сСт и была постоянной в течение всего опыта; кинематическая вязкость второго раствора равнялась 1,51 сСт и оставалась постоянной лишь 12 суток, затем начинала меняться. Полученные данные указывают на достаточно высокую стабильность вязкости водных растворов очищенного арабогалактана исследованных концентраций.

Изменение вязкости водных растворов арабогалактана в зависимости от концентрации определяли при $25 \pm 0,02^\circ\text{C}$ на вискозиметре с висющим уровнем типа ВПЖ-1, диаметр капилляра 0,54 мм. Техника измерения вязкости была строго стандартизирована. Расчеты вели по обычным для полимеров формулам. Кинематическая вязкость для 0,04 и 20%-ных растворов менялась соответственно от 0,913 до 3,099 сСт, относительная — от 1,001 до 3,397, приведенная — от 0,023 до 0,120 мл/г.

Зависимость относительной (1) и кинематической (2) вязкостей от концентрации водного раствора арабогалактана прямолинейна лишь до 4%-ной концентрации (рис. 1).

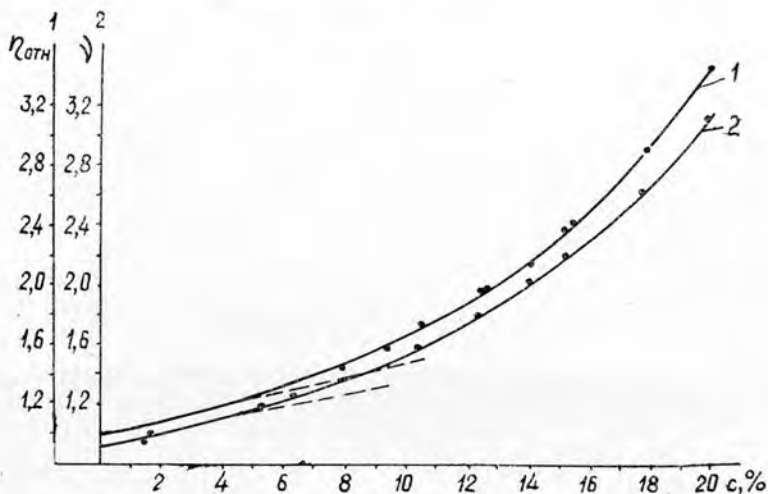


Рис. 1.

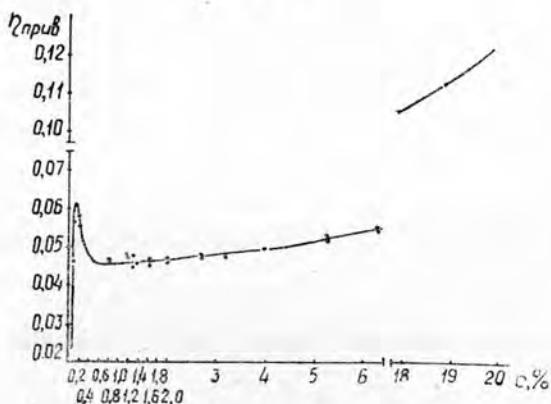


Рис. 2.

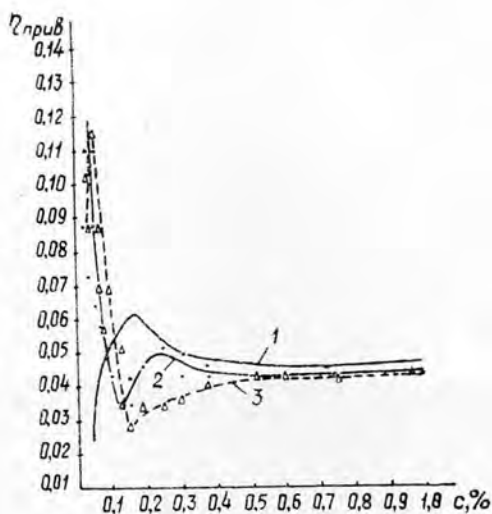
Кривая зависимости приведенной вязкости от концентрации водных растворов очищенного от примесей арабогалактана имеет сложный характер (рис. 2). Это кривую условно можно разделить на три участка. В области концентраций раствора от 0,5 до 4% наблюдалась прямолинейная зависимость. В растворах выше 4%-ной концентрации (до 20%) наблюдалось отклонение от прямолинейного направления в сторону более высоких значений вязкости за счет структурирования раствора (как и у других полимеров). В пределах от 0,04 до 0,5% кривая также имела аномалию с максимумом в области примерно 0,15%-ного раствора, что, вероятно, можно объяснить разветвленной

структурой [4] молекулы арабогалактана и полиэлектролитным характером полимера в водном растворе, обусловленным присутствием 6,5%-ных карбоксильных групп*.

Известно [3], что вязкость растворов полиэлектролитных полимеров при низких концентрациях увеличивается незначительно или совсем не увеличивается в случае добавления минеральных солей. Так, в присутствии хлористого калия разной концентрации (рис. 3) мы

Рис. 3. Влияние электролита на концентрационную зависимость приведенной вязкости растворов арабогалактана.

1 — без добавления электролита;
2 — в присутствии 0,001 моль/л КСl;
3 — в присутствии 0,01 моль/л КСl



наблюдали снижение высоты максимума кривой и сдвиг его в сторону более высоких концентраций. Это подтверждает подавление полиэлектролитного характера арабогалактана в водном растворе. Сильное повышение вязкости в области концентраций растворов ниже 0,1%, вероятно, связано с влиянием разветвленности полимерной молекулы. При понижении концентрации раствора происходит как бы распрямление [2] разветвленной молекулы, что ведет к увеличению ее объема, а следовательно, и вязкости раствора. Не увенчались успехом попытки выпрямить кривую зависимости путем построения графика зависимости приведенной вязкости, рассчитанной по истинному времени истечения растворителя [2], от концентрации или графика зависимости величины обратной приведенной вязкости от корня квадратного из концентрации.

Характеристическая вязкость водных растворов арабогалактана, найденная экстраполяцией [2] прямолинейного участка кривой к нулевой концентрации, оказалась довольно низкой и равной 0,045. Растворы высокой концентрации также имели сравнительно низкую вязкость. Например, для 10%-ного водного раствора арабогалактана динамическая вязкость равна 1,5 сП [1], тогда как для аналогичного раствора гуммиарабика — около 16 сП. Низкая вязкость растворов арабогалактана подтверждает сильно разветвленную структуру его молекул, благодаря чему имеет место внутримолекулярное взаимодействие разных частей молекулы.

* По данным А. Ф. Чочиевой.

Характер влияния температуры на вязкость водных растворов арабогалактана такой же, как у других полимеров, то есть с повышением температуры вязкость растворов понижается, а при охлаждении возрастает. Например, относительная вязкость 9,24%-ного раствора арабогалактана равна 1,58 при 20°C и 1,47 — при 50°C. Кривые изменения относительной вязкости от температуры при повышении ее и обратном снижении практически совпадают.

Влияние рН на вязкость 1%-ных растворов арабогалактана определяли при $25 \pm 0,05^\circ\text{C}$ в том же вискозиметре. Для создания различного рН использовали растворы соляной кислоты и едкого натра. Опыты показали, что в области $\text{pH} = 1 \div 11$ изменения вязкости 1%-ных растворов незначительны. Например, при $\text{pH} = 1$ относительная вязкость равна 1,048, при pH , равном 6, — 1,040, при pH , равном 11, — 1,043. Это показывает, что при низкой температуре и непродолжительном контакте арабогалактана со слабыми растворами кислоты или щелочи не происходит заметных изменений его средней степени полимеризации.

Среднюю степень полимеризации (СП) арабогалактана рассчитывали по формуле

$$\frac{\eta_{\text{уд}}}{c} = K_m \cdot \text{СП},$$

где c — концентрация раствора, г/л;

$K_m = 0,25 \cdot 10^{-4}$ (по данным одного из авторов [6], [7]).

Для исследуемого образца арабогалактана сибирской лиственницы средняя степень полимеризации равнялась 187 и была близка к СП других видов лиственницы. Кривая гель-хроматографии (на сефадексе G-100) имела один максимум, что указывает на однородность образца по молекулярному весу.

Итак, нами установлено, что по вязкостным свойствам арабогалактан сибирской лиственницы подобен арабогалактану западной лиственницы [5]. При низких концентрациях водных растворов (ниже 0,5%) арабогалактана сибирской лиственницы наблюдалась аномалия зависимости приведенной вязкости от концентрации, что связано с полиэлектролитными свойствами полимера и разветвленной структурой его молекул.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антоновский С. Д., Чочиева М. М., Чочиева А. Ф. Влияние способов очистки и сушки растворов арабогалактана на их вязкость и плотность. — «Лесохимия и подсочка», реферативная информация, ВНИПИЭИлеспром, 1970, № 12, с. 14. [2]. Рафиков С. Р., Павлова С. А., Твердохлебова И. И. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. М., АН СССР, 1963. [3]. Цветков В. Н., Эскин В. Е., Френкель С. Я. Структура макромолекул в растворах. М., «Наука», 1964. [4]. Bouyeng H. O., Lindberg B. Studies on Arabogalactans. I. Products from the Mild Hydrolysis of the Arabogalactan from *Larix occidentalis*. — «Acta Chem. Scand», 1956, 10, 1515—1519. [5]. Ekman K. H., Douglas C. Some Physicochemical Properties of Arabinogalactan from Western Larch (*Larix occidentalis* Nutt.) «Tappi», 1962, 45, № 6, 477—481. [6]. Husemann E. — «Die Naturwissenschaften», 1939, h. 35, 1, 9. [7]. Husemann E. — «J. pract. chem.», 1940, 155, 13.

УДК 634.0.813.13

**О ПРИЧИНАХ ОКРАШИВАНИЯ ФРАКЦИИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ
ПРИ РЕКТИФИКАЦИИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА***Г. Ф. ПРОКШИН, Л. М. СОФРЫГИНА, В. Н. ПНЯЛКИН
В. Я. МУХИНА*Архангельский лесотехнический институт
Ленинградская лесотехническая академия
Котласский ЦБК

Спектрохимическими методами показано, что окрашивание жирных кислот (ЖК), получаемых при ректификации таллового масла, вызывается продуктами окисления ЖК и нейтральных веществ, поглощающими при 235 и 400—435 нм. Эти полосы можно отнести к поглощению diketонов и хинонов.

Окрашивание фракции жирных кислот (их потемнение) — одно из препятствий для использования их в лакокрасочной промышленности.

Данная работа проведена с целью изучения причин окрашивания фракции жирных кислот (ЖК), получаемых на лесохимическом заводе Котласского ЦБК дистилляцией таллового масла на трехколонном аппарате. По данным работы Ю. В. Водзинского с сотрудниками [1], в талловом масле Котласского ЦБК содержится около 30% смоляных кислот, 50% жирных кислот, 15% неомыляемых и 3,3% окисленных веществ. В результате дистилляции получается фракция ЖК, которая не свободна от всех этих веществ. В ее составе находится около 2—4% смоляных кислот, 5—7% неомыляемых веществ и до 90% ЖК [3], [4].

Согласно данным лесохимического завода Котласского ЦБК, цветность по йодной шкале находится в пределах 20—60 единиц, что соответствует требованиям ГОСТа 14845—69 на кислоты марок Б—Г. Цветность 20 получена в 1971 г. в результате изменения технологической схемы дистилляции таллового масла. Фракции ЖК зарубежных фирм, обладающие низкой цветностью, отличаются пониженным содержанием смоляных и неомыляемых веществ (0,4—3%).

Анализ литературных данных позволяет сделать вывод, что цветность отечественных образцов ЖК может быть обусловлена достаточно высоким содержанием смоляных и неомыляемых веществ, природой кислот неопределенного типа.

Природа окрашивания ЖК, получаемых из таллового масла, не имеет удовлетворительного объяснения. ЖК окрашены обычно в желтый или оранжево-коричневый цвет. Как известно, это дополнительные цвета, воспринимаемые глазом человека при поглощении раствором кислот синего, зелено-синего и сине-зеленого цветов ($\lambda = 435 \div 480; 480 \div 490; 490 \div 500$ нм). С учетом этого замечания можно заключить, что неопределенные кислоты не могут вызвать желтое окрашивание продукта, так как поглощение света этими кислотами наблюдается в УФ-области, не воспринимаемой глазом.

Так как кислоты при стоянии желтеют в темноте сильнее, чем на свету, то для объяснения их пожелтения можно принять существующую гипотезу: пожелтение лаков на основе ЖК — результат образования diketонов и хинонов [5].

Для решения вопроса о природе окрашивающих веществ применены химические, газо-хроматографические и спектральные исследования фракций ЖК, отобранных из производственного потока дистилляционной установки Котласского ЦБК.

Таблица 1

№ п/п	Цвет (по йодной шкале)	Содержание неомыляемых веществ, %	Количество смоляных кислот, %	Кислотное число, $\frac{\text{мг КОН}}{\text{г}}$	Число омыления, %	Эфирное число, $\frac{\text{мг КОН}}{\text{г}}$	Йодное число (по Маргошесу)
1	60	6,01	5,58	178,2	19,97	21,48	122,1
2	25	6,58	5,27	179,8	19,72	17,45	124,3
3	15—20	7,46	3,68	179,9	19,75	17,17	124,9
4	20	7,61	4,31	183,7	18,59	—	115,1
5	20	9,03	3,75	181,3	18,62	—	113,1
6 (продукт из зумпфа III колонны)	≥ 60	5,52	20,34	175,2	19,78	22,63	117,3

Результаты химического анализа жирных кислот представлены в табл. 1, а данные анализа состава проб жирных кислот методом газо-жидкостной хроматографии — в табл. 2. Как видно из данных этих таблиц, есть некоторое соответствие между снижением цветности кислот и возрастанием содержания неомыляемых веществ, уменьшением содержания смоляных кислот, эфирного и йодного чисел. Поэтому можно предположить, что цветность кислот обусловлена целым рядом факторов, главный из которых, по-видимому, — содержание окисленных омыляемых веществ.

Таблица 2

Кислоты	Состав проб жирных кислот				
	1	2	3	4	5
Пальмитиновая	6,30	10,76	14,12	2,57	2,01
Стеариновая	1,19	2,88	3,94	1,54	1,30
Олеиновая	42,45	49,46	43,24	27,06	25,01
Линолевая	32,72	20,28	6,62	43,16	44,21
Линоленовая	6,36	1,00	4,59	7,28	6,70
C ₂₀ (неидентифицированные)	7,79	4,57	—	11,19	13,26
Нерасшифрованные	3,20	11,08	27,49	7,20	7,51
Цвет (по йодной шкале)	60	25	15÷20	20	20

Результаты газо-жидкостной хроматографии показывают (табл. 2), что непредельные кислоты (олеиновая, линолевая, линоленовая) являются основными компонентами ЖК. Однако соответствия между количеством отдельных кислот и цветностью не выявлено. Следовательно, ни одна из идентифицированных кислот не окрашивает продукт непосредственно. Можно лишь предполагать, что высокая непредельность способствует образованию окрашенных веществ вследствие вторичных процессов.

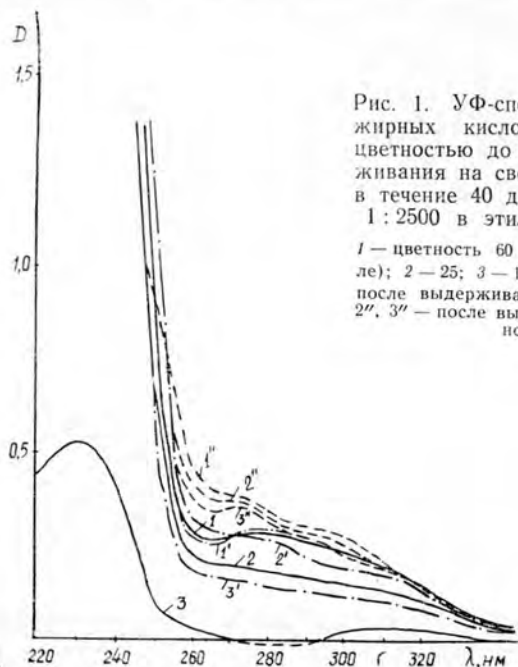


Рис. 1. УФ-спектры фракций жирных кислот с различной цветностью до и после выдерживания на свету и в темноте в течение 40 дней (разведение 1 : 2500 в этиловом спирте).

1 — цветность 60 (по йодной шкале); 2 — 25; 3 — 15 $\frac{1}{2}$ 20; 1', 2', 3' — после выдерживания на свету; 1'', 2'', 3'' — после выдерживания в темноте.

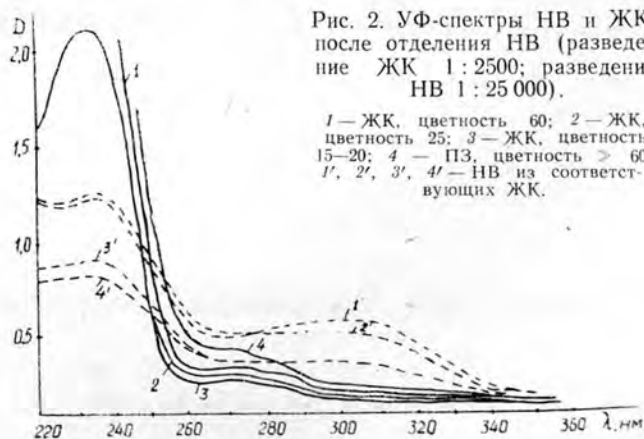


Рис. 2. УФ-спектры НВ и ЖК после отделения НВ (разведение ЖК 1 : 2500; разведение НВ 1 : 25 000).

1 — ЖК, цветность 60; 2 — ЖК, цветность 25; 3 — ЖК, цветность 15—20; 4 — ПЗ, цветность > 60; 1', 2', 3', 4' — НВ из соответствующих ЖК.

Для выявления природы окрашенных веществ были записаны спектры фракции жирных кислот с различным показателем цветности в УФ-области (рис. 1), в видимой области, а также спектры кислот и продукта из зумпфа (ПЗ) после выделения неомыляемых веществ (НВ) и спектры неомыляемых веществ (рис. 2). Спектры в видимой области приведены на рис. 3. Продукт из зумпфа имеет темную окраску и взят для сравнения. Характеристика его представлена в табл. 1.

В области, большей 260 нм, спектры ЖК характеризуются достаточно высокой интенсивностью поглощения, а значения плотности изменяются соответственно показателю цветности, определяемому по йодной шкале. При этом спектр наиболее светлой кислоты (спектр 3, рис. 1) имеет минимальное значение плотности и отличается от спектров других

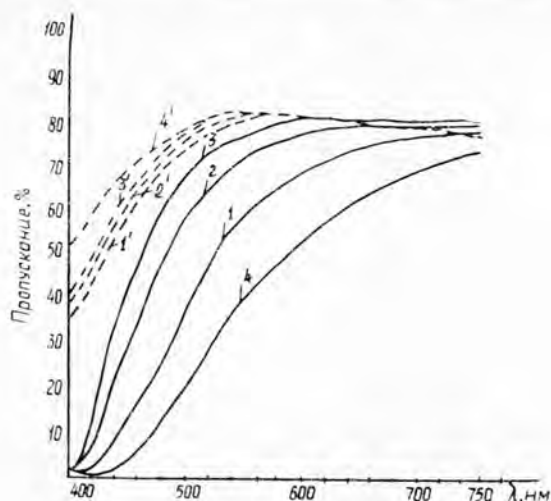


Рис. 3. Спектры ЖК и НВ в видимой области ЖК записаны без разбавления.

1 — ЖК, цветность 60; 2 — ЖК, цветность 25; 3 — ЖК, цветность 15—20; 4 — ПЗ; 1', 2', 3', 4' — НВ из соответствующих ЖК; 1 — концентрация НВ в эфире 2,14 г/л; 2 — 2,18 г/л; 3 — 1,67 г/л; 4 — 1,84 г/л.

кислот. При выдерживании кислот и на свету, и в темноте они темнеют. Соответственно меняется характер спектра: оптическая плотность во всей области возрастает, причем на свету меньше, чем в темноте. Примечательно, что для всех образцов почти выравниваются и потемнение, наблюдаемое визуально, и значение оптической плотности. Это фиксируется также спектрами в видимой области. Следует обратить внимание на то, что самая светлая кислота потемнела до того же уровня, что и темные кислоты.

Согласно литературным данным, продукты окисления этиллинолеата, который можно рассматривать как модельное вещество исследуемых фракций ЖК, в УФ-области имеют спектр, аналогичный спектру ЖК [2]. Можно утверждать, что в результате выдерживания фракций кислот в темноте и на свету происходит накопление таких же или аналогичных окрашенных продуктов окисления. Значительное уменьшение интенсивности спектров в УФ-области в результате восстановления боргидридом натрия (гладко восстанавливает альдегиды и хиноны) показывает, что продукты окисления кислот относятся к карбонилсодержащим соединениям.

Очень интенсивные полосы в спектрах при 235 нм (в УФ-области) и 435 нм (в видимой области), согласно литературным данным, следует отнести к поглощению хинонов и дикетонов. Таким образом, проведенные исследования подтверждают выдвинутую гипотезу о дикетонной и хинонной природе веществ, окрашивающих кислоты, и указывают на их окислительное происхождение.

Смоляные кислоты, присутствующие в ЖК, непосредственно не вызывают их окрашивания, так как добавка канифоли в продукт при визуальной оценке не изменила цвета кислот.

С целью оценки влияния неомыляемых веществ (НВ) на окрашивание фракции ЖК после омыления кислот произведено извлечение НВ из щелочного раствора экстракцией петролейным эфиром. Спектры НВ и ЖК, в составе которых остаются смоляные кислоты, после разделения представлены на рис. 2 и 3. Извлекаемые при этой обработке НВ, как и кислоты, характеризуются интенсивными полосами в области 235 нм и более интенсивной полосой при 300 нм. В видимой области НВ также имеют достаточно интенсивное поглощение при 400—430 нм. Следова-

тельно, природа окрашивания НВ и кислот одна и та же. Однако ЖК после отделения НВ характеризуются большим потемнением и более интенсивным максимумом при 435 нм, чем до выделения НВ, хотя в то же время в УФ-области интенсивность спектра снижается.

Так как при удалении НВ, путем омыления фракции ЖК в спирто-щелочной среде, кислоты не только не обесцвечиваются, а, наоборот, интенсивность окрашивания их даже усиливается, то это дает основание сделать вывод, что неомыляемые вещества не являются основной первопричиной окрашивания ЖК, а носители цветности — главным образом продукты окисления ЖК и НВ, содержащие вещества хинонного и дикетонного характера.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Водзинский Ю. В., Гребнев Л. В. и др. Состав жирных талловых масел. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1969, № 4. [2]. Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров. М., ИЛ, 1959. [3]. Гребнев А. Н., Стефановская Л. К. и др. Получение новых флотационных реагентов из жирнокислотной фракции таллового масла. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1971, № 1. [4]. Заводчиков В. В., Узлов Г. А. Физико-химические свойства талловых продуктов. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1971, № 3. [5]. Шампетье Г., Рабатэ Г. Химия лаков, красок и пигментов, т. 1, М., ГХИ, 1960.

Поступила 11 ноября 1974 г.

УДК 62-493.004.04

ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ЕЕ КАЧЕСТВА И ПЛОТНОСТИ ПРИ ОТКРЫТОМ ХРАНЕНИИ

А. М. СОРОКИН, М. Я. ГАШКОВА

Ленинградская лесотехническая академия

В работе обсуждается газообмен и теплообразование в технологической щепе при открытом хранении и их связь с изменением качества и плотности щепы. Характер газообмена указывает на преобладание в щепе процессов химического окисления.

При открытом хранении технологической щепы в ней ускоряются химические и биологические процессы, ведущие к ее разогреванию и порче. Изучение газообмена, тесно связанного с изменением качества щепы и потерями сухой массы древесины, имеет научный и практический интерес для целлюлозно-бумажной промышленности.

В данной статье представлены результаты работы, проведенной на бирже Братского ЛПК в 1971—1973 гг. со щепой осенней, весенней и летней закладок. Кучи формировали с помощью бульдозера; высота их около 6 м, объем 1,5—2 тыс. м³. Щепа состояла преимущественно из сосновой древесины (80%) с примесью лиственницы (20%). В кучи закладывали капроновые сетки с образцами сосновой и лиственничной щепы и изучали изменение ее плотности и степень поражения дерево-разрушающими и деривоокрашивающими грибами, а также состав воздуха на различной глубине и тепловой режим поверхностного слоя щепы в процессе открытого хранения.

Изменение условной плотности щепы ρ при ее хранении в поверхностных слоях куч различных сроков закладки показано в табл. 1,

Таблица 1

Месяц формирования куч щепы	Длительность хранения щепы, месяцев	$\rho_{\text{сул}}, \text{кг/м}^3$ $M \pm m$	t-критерий		Степень поражения грибами, %
			табличный	фактический	
Ноябрь	0	$341 \pm 3,9$	1,75		0
		$454 \pm 6,5$	1,75		0
	4	$332 \pm 3,4$		1,45	0
		$452 \pm 6,8$		—	0
	10	$339 \pm 4,5$		—	80
$462 \pm 5,2$		0,97		30	
11,5	$336 \pm 3,5$		—	94	
	$459 \pm 4,0$			85	
Апрель	0	$369 \pm 5,9$	1,73		0
		$459 \pm 6,4$	1,73		0
	2	$372 \pm 7,2$		0,29	60
		$436 \pm 9,2$		2,05	58
	4	$357 \pm 12,8$		1,75	21
$438 \pm 7,4$		2,14		30	
6	$350 \pm 7,7$		1,75	—	
	$425 \pm 13,3$		2,30	—	
Июнь	0	$360 \pm 3,9$	1,73		0
		$450 \pm 6,1$	1,73		0
	2	$334 \pm 6,3$		3,84	18
		$428 \pm 5,7$		2,51	17
4	$331 \pm 4,7$		4,75	77	
	$416 \pm 9,0$		3,13	24	

Примечание. В числителе данные для сосны; в знаменателе — для лиственницы. M — средняя арифметическая; m — средняя ошибка средней арифметической.

из которой видно, что плотность щепы ноябрьской закладки через 11,5 месяца практически не изменилась. Некоторое снижение плотности сосновой щепы через 4 месяца хранения согласно критерию Стьюдента не существенно. Температура внутренних слоев опытной кучи колебалась в зависимости от температуры окружающего воздуха.

При формировании кучи в апреле щепу смешивали со снегом. Через 2 месяца поверхностные слои толщиной 1—1,5 м разогревались до 40°C; плотность лиственничной щепы уменьшалась на 5%. В последующие 4 месяца саморазогревание продолжалось и плотность лиственничной щепы снизилась на 7,4%, а сосновой — на 5,2% (по t-критерию эта разница существенна).

Щепа июньской закладки в течение месяца разогрелась до 40°C и через несколько недель стала остывать. Плотность сосновой щепы через 2 месяца уменьшилась на 7,2%, а через четыре — на 8,1%. Плотность лиственничной щепы снижалась постепенно на 4,9% через 2 месяца и на 7,6% — через 4 месяца (по t-критерию разница существенна). Снижение плотности в первые месяцы происходило, вероятно, за счет потерь экстрактивных веществ, чему значительно способствовало разогревание верхних слоев технологических куч щепы.

На неразогревшейся щепе осенней закладки постепенно появлялись грибные окраски, а к концу летнего сезона — и гнили. Сосновая щепа была поражена на 94%, а лиственничная на 85%. Сосновая щепа апрельской закладки в первые 2 месяца хранения была поражена грибами на 60%, но через 4 месяца степень поражения ее составляла лишь 21%, а лиственничной — 30%. Меньший процент зараженности после четырех месяцев хранения говорит об очаговости поражения и разогревания.

Сосновая щепа июньской закладки через 4 месяца хранения была поражена грибами на 77%, а лиственничная — лишь на 24%. Через 10 месяцев хранения степень поражения сосновой щепы ноябрьской закладки составляла 80%, а лиственничной — 30%, но еще через 1,5 месяца лиственничная уже была поражена на 85%. Значит, лиственничная щепа в первые месяцы хранения более устойчива к грибам, чем сосновая.

Изменение состава воздуха на различной глубине опытной кучи, сформированной в ноябре 1971 г., изучали с помощью металлической трубки с внутренним диаметром 0,7 см и длиной 3 м, соединенной отрезком резинового шланга с трехходовым краном. Трубку погружали в щепу в различных точках кучи (вершина, северная и южная стороны). Для взятия проб воздуха использовали медицинские шприцы емкостью 20 мл. Первые 6 проб (объем воздуха в трубке) отбрасывали в атмосферу, а последующие анализировали в аппарате Холдена и определяли содержание CO_2 и O_2 . Предполагали, что остаток газовой смеси после поглощения CO_2 и O_2 состоит из биологически неактивных газов, которые в дальнейшем обозначали через N_2 . На основании данных о составе воздуха в щепе вычисляли показатель газообмена, введенный В. А. Соловьевым [1].

В начале хранения щепы концентрация CO_2 в центре кучи равнялась 0,5%. В зимний период щепа промерзала и даже в конце июня при температуре воздуха $+25^\circ\text{C}$ температура внутри кучи была около 0°C . Постепенное повышение температуры щепы от поверхностных слоев к центру сопровождалось оживлением деятельности микроорганизмов и усилением дыхания паренхимных клеток, что повлекло за собой повышение концентрации CO_2 в поверхностных слоях кучи до 0,6%. Осенью 1972 г., несмотря на достаточно высокую температуру в центре кучи ($+18^\circ\text{C}$), понижение температуры воздуха до $+6^\circ\text{C}$ отразилось на активности биологических процессов в ее периферийных областях, где концентрация CO_2 снизилась до 0,3%. Однако с северной стороны на глубине 1 м отмечена самая высокая концентрация CO_2 — 6%, которой соответствовала самая низкая концентрация O_2 — 14,9%. Показатель газообмена равен 1,0, то есть приход CO_2 равен расходу O_2 . Исследование газового состава на большей глубине показало, что количество CO_2 там не превышало 0,2%. Следовательно, повышенная активность дыхания паренхимных клеток и микроорганизмов носила локальный характер. В большинстве случаев показатель газообмена был меньше единицы, то есть химические процессы в древесине преобладали над деятельностью микроорганизмов.

Газовый и тепловой режимы поверхностных слоев открытых куч щепы различных сроков закладки приблизительно оценивали по изменению состава воздуха в металлическом цилиндре (высотой 12 см и диаметром 25 см), установленном на поверхности куч. Использовали методику, аналогичную методике Люндегорда при изучении почвенного дыхания [2].

Данные наших исследований показали, что с увеличением температуры щепы в процессе ее саморазогревания повышается не только максимальная концентрация CO_2 , но и скорость его накопления в цилиндре. Так, например, на щепе апрельской закладки в июне при температуре щепы 38°C за 16 мин концентрация CO_2 в цилиндре достигла 2,1%, а через два месяца при 50°C за 4 мин — 3,0%.

По результатам газового анализа вычисляли интенсивность выделения CO_2 , а также интенсивность поглощения O_2 (Q_{O_2}) и дыхательный коэффициент (ДК). Теплообразование H вычисляли по поглощению O_2

$$H = \frac{Q_{\text{O}_2} \cdot K \cdot 10^{-3}}{1,429},$$

где K — калориметрический коэффициент.

При изменении ДК от 0,65 до 1,0 величина K изменяется от 0,00462 до 0,00505 кал на 1 мкл O_2 .

Результаты газового и теплового режимов поверхностного слоя куч щепы (по изменению газовых концентраций в цилиндре за 2 мин) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Месяц формирования куч щепы	Дата анализа	Температура, $^\circ\text{C}$		Выделение CO_2 г за 1 мин на 1 м ²	Поглощение O_2 г за 1 мин на 1 м ²	ДК	$K \cdot 10^{-3}$, кал/мкл O_2	H , ккал/мин на 1 м ²
		воздуха	щепы					
Ноябрь 1971 г.	26.VI.72 г.	25	26	0,11	0,18	0,40	4,5	0,6
	10.IX.72 г.	6	12	0,11	0,20	0,40	4,5	0,6
Апрель 1973 г.	29.VI.73 г. (1)	18	38	0,29	0,18	1,20	5,1	0,6
	29.VI.73 г. (2)	18	38	0,68	0,91	0,75	4,8	3,1
	24.VIII.73 г.	14	50	2,50	2,50	0,72	4,7	8,2
	25.VIII.73 г.	16	50	1,84	1,75	0,76	4,8	5,9
Июнь 1973 г.	2.VII.73 г.	18	22	0,43	0,89	0,35	4,5	2,8
	25.VIII.73 г.	16	28	0,31	0,41	0,55	4,5	1,3

Как видно из таблицы, газовый и тепловой режимы поверхностного слоя куч щепы зависят от времени формирования куч и процесса их саморазогревания. Наименьшие потери сухого вещества в виде CO_2 отмечены в щепе ноябрьской закладки, а наибольшие — в щепе апрельской закладки. Дыхательный коэффициент в большинстве случаев был меньше единицы, что указывает на преобладание в щепе процессов химического окисления.

Теплообразование в щепе ноябрьской закладки в течение лета было очень низким, а температура зависела от температуры окружающего воздуха. В щепе апрельской закладки по мере ее разогревания теплообразование увеличивалось. В щепе июньской закладки сначала было зафиксировано теплообразование 2,8 ккал/мин на 1 м², а в период остывания кучи — 1,3 ккал/мин на 1 м². Теплообразование в различных точках поверхностного слоя щепы неодинаково (см. замеры от 26.VI.73 г.). Два измерения в одной точке с интервалом в 24 ч (24.VIII.73 г. и 25.VIII.73 г.) также заметно отличались. Отсюда можно заключить, что теплообразование в куче щепы происходит неравномерно по всему объему и, вероятно, колеблется в течение суток.

Сравнивая данные табл. 1 и 2, отмечаем, что малому тепловыделению поверхностных слоев щепы ноябрьской закладки соответствуют

самые низкие значения потерь ее плотности. Наибольшие потери плотности щепы апрельской и июньской закладок в большинстве случаев отмечены в период максимального теплообразования.

Щепа, отсыпанная на хранение поздней осенью (ноябрь), в условиях Братского ЛПК может храниться до лета следующего года без существенных потерь; к концу 10-го месяца качество щепы значительно снижается. Сосновую щепу, отсыпанную весной или летом, можно хранить в течение 2 месяцев, а лиственничную — в течение 4 месяцев.

Следовательно, для обеспечения минимальных потерь щепы при открытом хранении следует всегда учитывать время ее закладки и в зависимости от этого планировать сроки хранения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Соловьев В. А. Газовый режим в стволах осины в связи с развитием гнили, вызываемой осиновым трутовиком *Phellinus tremulae* (Bond. et Boriss.) — «Микология и фитопатология», т. 2, вып. 3, 1968. [2]. Соловьев В. А. Газовый режим технологической щепы при ее саморазогревании. — Научные труды ЛТА, № 155, «Лесное хозяйство», 1973.

Поступила 20 января 1975 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.30

ВОПРОСЫ АНАЛИЗА СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВОК С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЗМОВ

Н. Ф. КОВАЛЕВ, И. В. ТУРЛАЙ

Белорусский технологический институт

Исследованы системы массового обслуживания лесозаготовок с учетом надежности агрегатов. Приведены формулы для определения параметров работы, простоев и размеров запасов.

Процессам лесозаготовок свойственны определенные закономерности и особенности:

1) механизмы, обрабатывающие предметы труда (деревья, хлысты, сортименты), повторяют операции обработки многократно;

2) предметы труда поступают на обработку в случайные моменты времени, случайна и продолжительность обработки каждого из них;

3) механизмы не обладают абсолютной надежностью и подвержены случайным отказам;

4) в ряде случаев (валка, трелевка, погрузка и др.) оборудование не имеет строго фиксированного местоположения при выполнении операций;

5) поступление предметов труда и собственно обработка производится как поштучно, так и пачками.

Анализ лесозаготовительных систем в целях поиска наиболее эффективных решений целесообразно проводить методами теории массового обслуживания. Для установления параметров законов распределения случайных величин, имеющих место в лесозаготовительном производстве, нами в течение 325 смен проведены наблюдения за работой систем валки, трелевки, погрузки, раскряжевки и сортировки лесоматериалов в леспромхозах Минлеспрома БССР и ряде других предприятий. В результате установлено, что 25% потоков предметов труда являлись простейшими, 75% обладали различной степенью последовательности. Для потоков отказов оборудования эти величины составили соответственно 77 и 23%. С учетом полученных данных разработаны математические модели систем обслуживания лесозаготовок.

Рассмотрим работу механизма, который подвержен отказам. Поступление предметов труда на обработку характеризуется интенсивностью λ_2 .

Интенсивность обработки — μ_2 . Степень надежности механизма характеризуется: интенсивностью отказов, наступающих в период рабочего цикла λ_{12} и в свободном состоянии λ_{10} ; интенсивностью восстановления, соответственно μ_{12} и μ_{10} .

Отказы можно рассматривать как заявки на «обработку» (в данном случае ремонт), так как если при поступлении предмета труда в систему затрачивается определенное время на его обработку, то при появлении отказа определенное время уйдет на восстановление рабо-

тоспособности. В целом в механизм поступают две разновидности заявок: предметы труда на обработку и отказы оборудования.

Особенностями подобной системы являются: первоочередное обслуживание отказов; возможность возникновения отказов в любой момент времени; окончательная обработка предмета труда после устранения отказа.

Система на базе механизма может находиться в следующих возможных состояниях:

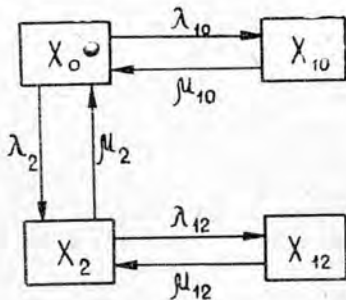


Рис. 1.

X_0 — механизм исправен и свободен;

X_{10} — механизм в состоянии ремонта, поломка наступила в свободном состоянии;

X_{12} — состояние ремонта, поломка в период рабочего цикла;

X_2 — механизм занят обработкой.

Схема функционирования систем, в которых механизмы имеют значительные продолжительности холостых ходов (трелевочные тракторы, валочные машины, краны и др.), представлена на рис. 1. В момент t система будет находиться в одном из четырех состояний с со-

ответствующей вероятностью. Вероятности нахождения механизма в состояниях:

P_0 — в свободном и исправном;

P_{10} — в состоянии ремонта при отказе в свободном состоянии;

P_{12} — в ремонте при отказе в период обработки предмета труда;

P_2 — в состоянии обработки.

Для случая простейших потоков функционирование, согласно схеме рис. 1, опишется системой линейных дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -(\lambda_{10} + \lambda_2) P_0(t) + \mu_{10} P_{10}(t) + \mu_2 P_2(t);$$

$$\frac{dP_{10}(t)}{dt} = -\mu_{10} P_{10}(t) + \lambda_{10} P_0(t);$$

$$\frac{dP_{12}(t)}{dt} = -\mu_{12} P_{12}(t) + \lambda_{12} P_2(t);$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -(\lambda_{12} + \mu_2) P_2(t) + \lambda_2 P_0(t) + \mu_{12} P_{12}(t).$$

Начальные условия для решения системы (механизм исправен и свободен): $t = 0$; $P_0(t) = 1$; $P_{10} = P_{12} = P_2 = 0$.

При установившемся режиме работы, основном для лесозаготовительных систем (не рассматриваем периодов ввода оборудования в эксплуатацию и опытных испытаний), то есть при $t \rightarrow \infty$, получим стационарные вероятности. Система дифференциальных уравнений трансформируется в систему линейных алгебраических уравнений с левой частью, равной нулю. Выражения для определения численных значений вероятностей состояний имеют вид:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_{10} + \rho_{12} \rho_2 + \rho_2}; \quad P_{10} = \frac{\rho_{10}}{1 + \rho_{10} + \rho_{12} \rho_2 + \rho_2};$$

$$P_{12} = \frac{\rho_{12} \rho_2}{1 + \rho_{10} + \rho_{12} \rho_2 + \rho_2}; \quad P_2 = \frac{\rho_2}{1 + \rho_{10} + \rho_{12} \rho_2 + \rho_2},$$

$$\text{где } \rho_{10} = \frac{\lambda_{10}}{\mu_{10}} < 1; \quad \rho_{12} = \frac{\lambda_{12}}{\mu_{12}} < 1; \quad \rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2} < 1;$$

$$\rho_{10} + \rho_{12} < 1; \quad \rho_1 + \rho_2 \leq 1.$$

Производительность системы в случае жесткой связи определится по формуле

$$P_{\text{ж}} = \frac{\lambda_2 \rho_2}{1 + \rho_{10} + \rho_{12} \rho_2 + \rho_2} = \lambda_2 P_2.$$

Размер запаса предметов труда при условии максимального использования механизма

$$m = P_0 \lambda_2 T_1 = \frac{\lambda_2 T_1}{1 + \rho_{10} + \rho_{12} \rho_2 + \rho_2} \text{ шт.},$$

где T_1 — длительность простоя механизма из-за отсутствия предметов труда, определенная с вероятностью $P = 0,9$.

В целях максимального использования механизма, а также устранения простоев предыдущего, которые вызываются отказами настоящего, емкость площадки (буферного устройства) определится как

$$m_0 = [P_0 T_1 + (P_{10} + P_{12}) T_2] \lambda_2 = \frac{\lambda_2 [T_1 + (\rho_{10} + \rho_{12} \rho_2) T_2]}{1 + \rho_{10} + \rho_{12} \rho_2 + \rho_2} \text{ шт.},$$

где T_2 — время восстановления механизма, установленное с вероятностью $P = 0,9$ при $\rho_2 \leq 0,5$ и $P = 0,95$ при $\rho_2 > 0,5$.

Вероятность работы предыдущего механизма с устройством гибкой связи возрастет на величину $(P_{10} + P_{12})$, а для рассматриваемого — на величину P_0 .

Если механизм установлен стационарно (раскряжечная установка, шпалорезный станок и др.), схема возможных состояний будет иметь вид, показанный на рис. 2. Здесь:

X_0 — свободное и исправное состояние механизма;

X_1 — состояние ремонта;

X_2 — состояние обработки предмета труда.

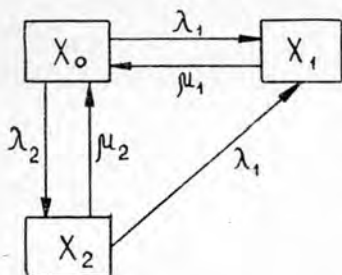


Рис. 2.

Согласно теории массового обслуживания [2], система дифференциальных уравнений, описывающих процесс, примет вид:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2) P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t);$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -\mu_1 P_1(t) + \lambda_1 P_0(t) + \lambda_1 P_2(t);$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \mu_2) P_2(t) + \lambda_2 P_0(t).$$

Начальные условия для ее решения: $t = 0$; $P_0(t) = 1$; $P_1(t) = P_2(t) = 0$. Для установившегося режима работы значения вероятностей нахождения механизма:

в свободном состоянии

$$P_0 = \frac{\lambda_1 + \frac{\lambda_2}{\rho_2}}{(1 + \rho_1) \left(\lambda_1 + \lambda_2 + \frac{\lambda_2}{\rho_2} \right)}; \quad \lambda_1 = \lambda_{10} + \lambda_{12};$$

в ремонте

$$P_1 = \frac{\rho_1}{1 + \rho_1};$$

в состоянии обработки предметов труда

$$P_2 = \frac{\lambda_2}{(1 + \rho_1) \left(\lambda_1 + \lambda_2 + \frac{\lambda_2}{\rho_2} \right)}.$$

В этом случае емкость буферного устройства определится из формулы

$$m_0 = (P_2 + P_1) \lambda_2 T_2 = \left[\frac{\lambda_1 + \mu_2 + \rho_1 (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)}{(1 + \rho_1) (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)} \right] \lambda_2 T_2 \text{ шт.}$$

При рассмотрении систем, в которых поступление или обработка осуществляется пачками, возникает ряд особенностей в определении вероятностей нахождения механизмов в различных состояниях. Отдельные результаты приводятся в работе [1].

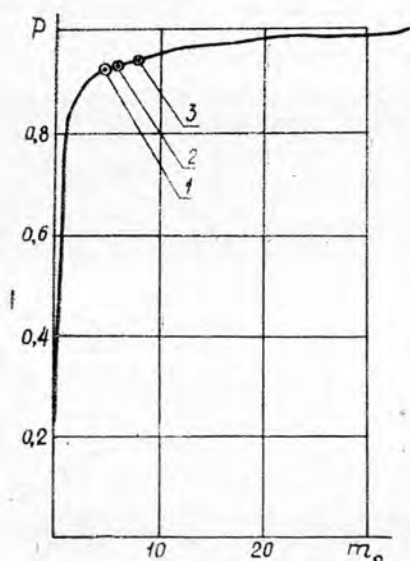


Рис. 3. Вероятностная зависимость размера емкости m_0 между ПЛХ—ЗАС и сортировочным лесотранспортером при $\rho_2 = 0,4$, $\rho_1 = 0,1$.

$$1 - T_P = 0,90; \quad 2 - T_P = 0,95; \\ 3 - T_P = 0,98.$$

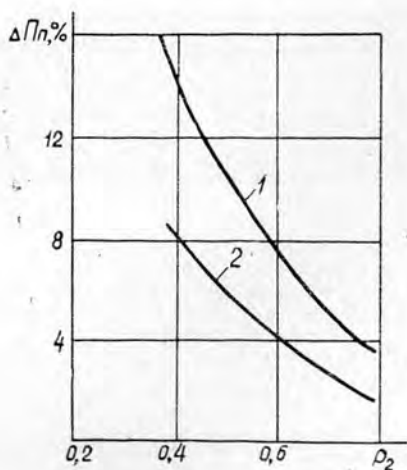


Рис. 4. Зависимость потерь производительности $\Delta\Pi_p$, % ПЛХ—ЗАС (при принятии размера запаса m с различной вероятностью) от ρ_2 .

$$1 - P = 0,8; \quad 2 - P = 0,9.$$

Значение вероятности, с которой следует устанавливать T_1 и T_2 для подстановки в формулы при определении m и m_0 , а также потери производительности системы определяли следующим образом. С помощью метода статистического моделирования имитировалась работа механизма на ЭВМ «Минск-22М». Одним из результатов моделирования явилось получение вероятностной зависимости размера буферного устройства между ПЛХ—ЗАС и сортировочным лесотранспортером с ГСУ (рис. 3). На кривую нанесены значения m_0 , вычисленные

при различной вероятности T_2 . Из рис. 3. видно, что получаемые в этих случаях значения m_0 имеют доверительную вероятность не ниже 0,9. На рис. 4 представлены зависимости потерь производительности ПЛХ—ЗАС при принятии m_0 с различной вероятностью против максимального размера m_0 , полученного в процессе моделирования. Как следует из зависимостей, при степени загрузки оборудования $\rho_2 \geq 0,5$ допускается определение m_0 с вероятностью не ниже 0,9, так как потери производительности не превысят 5,4%. Для $\rho_2 \geq 0,7$ возможно вычисление m_0 с нижней границей вероятности $P = 0,8$.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ковалев Н. Ф., Турлай И. В. Системы с групповым обслуживанием в лесозаготовительном производстве. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 1. [2]. Шульга Ю. Н. Применение методов теории массового обслуживания при исследовании процессов добычи и транспортирования угля. М., «Недра», 1971.

Поступила 3 января 1975 г.

УДК 65.011.56

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА НА ЗАГРУЗКУ ОБОРУДОВАНИЯ

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

Уменьшение дисперсии продолжительности цикла без изменения его средней величины позволяет уменьшить величину необходимых межоперационных запасов объектов труда и повысить коэффициент использования рабочего времени оборудования. Полученные аналитические соотношения позволяют определить основные количественные показатели качества использования отдельных технологических агрегатов с большим диапазоном статистических характеристик времени цикла.

Значительные потери рабочего времени производственного оборудования происходят из-за неравномерности подачи объектов труда и переменной продолжительности цикла их обработки. Потери особенно характерны для производственных процессов лесной и деревообрабатывающей промышленности, где процесс поступления объектов труда в большинстве случаев соответствует чисто случайному марковскому процессу, а продолжительность цикла их обработки — экспоненциальному закону [1], [2], [6]. В связи с этим эффективность использования рабочего времени производственного оборудования, загрузка его по времени ρ определяются величиной допустимого межоперационного запаса объектов труда [3], [4].

Один из важных путей повышения эффективности использования производственных систем — уменьшение отклонений продолжительности цикла от ее среднего значения. Со снижением дисперсии продолжительности обработки объектов труда (заготовок) при постоянной интенсивности их обработки μ возрастает параметр распределения Эрланга k . Процесс работы производственных систем при этом отклоняется от чисто случайного к регулярному. В силу самой природы процесса Эрланга обработку заготовки на агрегате с эрланговским распределением продолжительности цикла можно условно раз-

делить на k последовательных экспоненциальных фаз обслуживания, имеющих одинаковую интенсивность обслуживания $k\mu$.

Состояние технологического агрегата вместе с зоной приема и накопления заготовок как системы обслуживания определяется вероятностью $P_n(t)$ того, что с момента времени t для окончания обработки тех заготовок, которые поступили к агрегату раньше t , необходимо выполнить n фаз обслуживания. Каждая поступающая заготовка увеличивает число фаз обслуживания на величину k , а в каждый момент времени, когда завершается одна условная фаза обслуживания, общее число фаз системы уменьшается на единицу. На основании этого составим уравнения для вероятностей различных состояний агрегата, к которому поступает входящий поток заготовок интенсивностью λ ,

$$\begin{aligned} P_0(t + \Delta t) &= P_0(t) (1 - \lambda\Delta t) + P_1(t) k\mu\Delta t; \quad n = 0; \\ P_n(t + \Delta t) &= P_n(t) [1 - (\lambda + k\mu)\Delta t] + P_{n+1}(t) k\mu\Delta t + \\ &\quad + P_{n-k}(t) \lambda\Delta t; \quad n \geq 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Для стационарного процесса работы технологического агрегата получим

$$\begin{aligned} \lambda p_0 + k\mu p_1 &= 0; \\ -(\lambda + k\mu)p_n + k\mu p_{n+1} + \lambda p_{n-k} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Из решения этих уравнений [5] находим вероятность того, что в системе производственного агрегата имеется n/k заготовок

$$p_n = (1 - k\rho) \sum_{m=0}^{\infty} \rho^m \sum_{j=0}^{\infty} \binom{m+j-1}{j} \sum_{i=0}^m (-1)^i \binom{m}{i}, \quad (3)$$

где j, i, m — параметры разбиения числа n ; $n = j + ik + m$.

Среднее число заготовок, находящихся в зоне технологического агрегата,

$$L = \frac{2k\rho + (1 - \rho)k}{2k(1 - \rho)}. \quad (4)$$

Среднее число накапливаемых перед агрегатом заготовок, ожидающих начала обработки,

$$L_{\text{ож}} = \frac{k+1}{2k} \cdot \frac{\rho^2}{1-\rho}. \quad (5)$$

Средняя продолжительность пребывания заготовок в устройстве накопления перед агрегатом до начала их обработки, или время ожидания начала обработки,

$$\tau_{\text{ож}} = \frac{k+1}{2k} \cdot \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}. \quad (6)$$

Из анализа полученных уравнений и сравнения количественных показателей качества функционирования производственных агрегатов с соответствующими показателями при экспоненциальном распределении вероятностей продолжительности цикла [3] следует, что при марковском процессе поступления заготовок и при эрланговской продолжительности цикла заданная загрузка производственного оборудования может быть обеспечена при меньших межоперационных запасах объектов труда. При постоянной средней величине продолжительности цикла работы агрегата и уменьшении только дисперсии в k раз среднее число накапливаемых перед агрегатом заготовок уменьшается

в $\frac{2k}{k+1}$ раз. Наряду с этим снижение дисперсии продолжительности цикла дает возможность повысить коэффициент использования рабочего времени ρ технологического оборудования без увеличения емкости устройств приема и накопления заготовок

$$\rho = \frac{k}{k+1} \left[\sqrt{L_{ож}^2 + 2\left(1 + \frac{1}{k}\right)L_{ож}} - L_{ож} \right]. \quad (7)$$

В случае обеспечения постоянной продолжительности цикла средняя величина межоперационного запаса объектов труда, необходимого для обеспечения заданной загрузки оборудования, уменьшается в два раза по сравнению с экспоненциальной продолжительностью цикла. Средняя величина коэффициента использования рабочего времени

$$\rho = \sqrt{L_{ож}^2 - 2L_{ож}} - L_{ож}. \quad (8)$$

Полученные нами аналитические соотношения позволяют определить основные количественные показатели качества использования технологических агрегатов с большим диапазоном статических характеристик продолжительности цикла — от чисто случайной до постоянной — и дают возможность количественно оценить эффективность упорядочения продолжительности цикла работы оборудования в конкретных производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дудюк Д. Л. К вопросу математического моделирования штабелевочно-прогрузочных процессов.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 5. [2]. Дудюк Д. Л., Садовский Ю. А. Математическое описание производственных процессов нижних складов лесопромышленных предприятий.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 5. [3]. Дудюк Д. Л. Математическое описание процесса работы автоматизированных поточных линий.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 1. [4]. Дудюк Д. Л. Статистическое моделирование автоматизированных линий.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 1. [5]. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. М., «Советское радио», 1965. [6]. Шургот Б. И. Дудюк Д. Л. Определение математической модели динамики поступления сырья.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4.

Поступила 4 ноября 1974 г.

УДК 65.011.56

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИЛЕНИЯ ПИЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ

С. В. ДМИТРИЕВ, Г. Ф. ШЕСТАКОВСКИЙ

ЦНИИМЭ, Московский лесотехнический институт

Изложена постановка многофакторного эксперимента по плану B_5 для получения уравнений регрессии, описывающих процесс пиления древесины пильными цепями ПЦУ-10,26. По математической модели проведен анализ характера и степени влияния факторов на основные показатели пиления.

Применение на переносных моторных пилах универсальных пильных цепей типа ПЦУ-10,26 улучшило условия работы моториста, особенно на валке леса, так как цепи позволяют пилить древесину под любым углом к волокнам без снижения производительности пиления. Нужно, однако, обосновать оптимальные режимы пиления и рабочие параметры строгающего зуба цепи.

В ЦНИИМЭ проведены исследования по изучению процесса пиления цепями ПЦУ-10,26. Использовали современные методы планирования и обработки результатов многофакторного эксперимента, что позволило получить математическую модель, описывающую процесс пиления.

Учитывая сложность процесса пиления, математическую модель отыскивали в виде уравнения регрессии второго порядка. В основу эксперимента был положен план B_5 , близкий к D -оптимальному [1] и содержащий 42 опыта.

Исследования, проведенные ранее классическими методами, позволили выделить пять основных факторов, влияющих на процесс пиления пильными цепями: снижение ограничительного выступа строгающего зуба цепи; скорость резания; усилие надвигания; длина пропила и рабочая длина пильного аппарата. Эти факторы и были включены в эксперимент. В табл. 1 даны выбранные интервалы и уровни варьирования факторов в натуральных величинах.

Таблица 1

Факторы	Кодовое обозначение	Единицы измерения	Интервалы варьирования	Уровни варьирования		
				-1	0	+1
Снижение ограничительного выступа строгающего зуба пильной цепи	x_1	мм	0,3	0,6	0,9	1,2
Скорость резания	x_2	м/с	4,6	8,9	13,5	18,1
Усилие надвигания пильного аппарата на образец	x_3	Н	30	60	90	120
Длина пропила	x_4	мм	100	100	200	300
Рабочая длина пильного аппарата	x_5	"	180	300	480	660

В качестве выходных величин, характеризующих процесс пиления, были выбраны следующие: производительность пиления; усилие резания; мощность и удельная работа.

Эксперимент проведен на специализированном пильном стенде лаборатории моторных инструментов ЦНИИМЭ, описание которого дано в одной из работ [2]. Для опытов брали брусья прямоугольного сечения, изготовленные из свежесрубленной березы. Каждый опыт повторяли 5 раз.

После обработки результатов вычисляли средние значения выходных величин, их дисперсии и другие статистические оценки. Подтверждена гипотеза об однородности ряда дисперсий с помощью критерия Кохрана.

Средние значения выходных величин использованы для расчета на ЭВМ «Наири-2» коэффициентов четырех уравнений регрессии: для производительности пиления ($\text{см}^2/\text{с}$)

$$P = 122,5 + 17,1x_1 + 31,2x_2 + 27,8x_3 - 16,3x_4 + 10x_5 - 0,1x_1^2 + 4,6x_1x_2 + 5,2x_1x_3 + 3,3x_1x_4 - 1,5x_1x_5 + 1,7x_2^2 + 9,2x_2x_3 - 7,2x_2x_4 + 2,6x_2x_5 - 7,6x_3^2 + 1,7x_3x_4 + 1,6x_3x_5 - 8,8x_4^2 + 1,1x_4x_5 - 25,3x_5^2;$$

для усиления резания H

$$F_p = 215,3 + 29,4x_1 + 3,8x_2 + 51,8x_3 - 8,7x_4 + 20,8x_5 + 2,8x_1^2 + 0,3x_1x_2 + 5,4x_1x_3 + 2,3x_1x_4 - 3,1x_1x_5 + 0,4x_2^2 + 1,7x_2x_3 - 1,5x_2x_4 + 2x_2x_5 - 8,4x_3^2 + 3,4x_3x_4 + 4,7x_3x_5 - 23,1x_4^2 + 8,4x_4x_5 - 23,2x_5^2;$$

для мощности пиления (кВт)

$$P = 2,916 + 0,39x_1 + 0,838x_2 + 0,703x_3 - 0,115x_4 + 0,283x_5 + 0,011x_1^3 + \\ + 0,133x_1x_2 + 0,078x_1x_3 + 0,021x_1x_4 - 0,042x_1x_5 + 0,046x_2^2 + \\ + 0,26x_2x_3 - 0,054x_2x_4 + 0,117x_2x_5 - 0,089x_3^2 + 0,064x_3x_4 + \\ + 0,06x_3x_5 - 0,304x_4^2 + 0,114x_4x_5 - 0,339x_5^2;$$

для удельной работы (ДЖ/см²)

$$K = 23,3 - 2x_1 - 0,28x_2 - 1,62x_3 + 5,1x_4 - 0,39x_5 + 0,74x_1^2 + \\ + 0,58x_1x_2 + 0,21x_1x_3 - 2,15x_1x_4 + 0,31x_1x_5 + 0,74x_2^2 + 0,38x_2x_3 + \\ + 0,25x_2x_4 + 0,55x_2x_5 + 1,79x_3^2 - 1,74x_3x_4 + 0,28x_3x_5 - \\ - 0,4x_4^2 + 0,1x_4x_5 + 3,24x_5^2.$$

Значимость полученных коэффициентов регрессии оценивали по критерию Стьюдента. В частности, во всех уравнениях коэффициенты при x_1^2 и x_2^2 оказались незначимыми. Средние отклонения выходных величин, вычисленных по полученным уравнениям, от результатов опыта составляют не более 3,63—7,1% по всем уравнениям, что можно считать допустимым для моделей, описывающих процессы механической обработки древесины.

Анализ уравнений регрессии позволяет отметить, что незначимость коэффициентов при x_1^2 и x_2^2 во всех уравнениях свидетельствует о линейной зависимости искомых функций от величин снижения ограничительного выступа строгачевого зуба пильной цепи и скорости резания.

Основное влияние на мощность пиления и усилие резания оказывают (в порядке убывания степени влияния) усилие надвигания, снижение ограничительного выступа строгачевого зуба и рабочая длина пильного аппарата. Влияние рабочей длины пильного аппарата объясняется, на наш взгляд, следующими обстоятельствами:

1) с изменением длины пильной шины изменяются условия натяжения цепи, а следовательно, при прочих равных условиях, и продольная устойчивость строгачевого зуба, что, в свою очередь, влияет на усилие резания;

2) различные соотношения длин пильного аппарата и пропила вызывают изменения условий выхода стружки из пропила, а следовательно, влияют на весь процесс стружкообразования;

3) рабочая длина пильного аппарата оказывает существенное влияние на процесс автоколебаний и вынужденных колебаний системы «пильный аппарат» пилы, что влияет на динамику резания древесины.

Доминирующее влияние на производительность пиления оказывают скорость резания и усилие надвигания, а также снижение ограничительного выступа строгачевого зуба цепи. Во всех уравнениях регрессии весьма существенно влияние снижения ограничительного выступа строгачевого зуба цепи, что объясняется, в первую очередь, неустойчивым положением строгачевого зуба в пропиле. Поэтому для улучшения режущих свойств пильной цепи ПЦУ-10,26 необходимо уделить особое внимание повышению продольной устойчивости строгачевого зуба.

Таким образом, получена математическая модель, позволяющая установить характер влияния и степень значимости основных факторов и их взаимодействий на производительность пиления, усилие резания, мощность пиления и удельную работу. Математические модели по каждой поверхности отклика дают возможность оптимизировать режимы пиления цепью ПЦУ-10,26 применительно к конкретным конструкциям моторных инструментов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Пижурин А. А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. М., «Лесная промышленность», 1972. [2]. Полищук А. П. и др. Моторные инструменты для лесозаготовок. М., «Лесная промышленность», 1970.

Поступила 22 апреля 1974 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 631.82

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУР СОСНЫ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

И. В. ВОРОНИН, А. Н. БАГЛАЙ

Воронежский лесотехнический институт

Подведен итог 5-летних исследований влияния минеральных удобрений на повышение продуктивности культур сосны 17-, 27- и 50-летнего возраста. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений рассмотрена при разовом и регулярном внесении удобрений. Разовое внесение удобрений целесообразно лишь в культурах 50 лет в вариантах NPKCa , N_2PKCa и N_3PKCa . Экономическая эффективность регулярного применения минеральных удобрений очевидна во всех случаях.

Воронежская область относится к лесостепной зоне с острым дефицитом древесины. Чтобы полностью удовлетворить ежегодную потребность промышленности и сельского хозяйства в древесине, требуется 2400 тыс. м³, поэтому Воронежская область вынуждена ежегодно ввозить из северных областей до 1700 тыс. м³. Согласно исследованиям проф. И. В. Воронина, ежегодные дополнительные транспортные расходы по перевозкам составляют 2 р. 57 к./м³, а всего 4,4 млн. р. Встает вопрос, каким образом избавиться, хотя бы частично, от завоза в область такого количества древесины при наличии 320 тыс. га местных лесов. Единственный способ решения этого вопроса — увеличение продуктивности лесов и перевод лесного хозяйства на интенсивную форму его ведения. Доказано ([2—4], [7] и др.), что важнейшим фактором повышения продуктивности лесов является применение минеральных удобрений.

Экономическая эффективность такого агротехнического приема определена на примере удобрения культур сосны 12-, 22-, 45-летнего возраста. Опыты заложены в 1967 г. в учебно-опытном лесхозе ВЛТИ в нескольких вариантах: контроль, NPKCa , N_2PKCa , N_3PKCa , NP_2KCa и NPK_2Ca . Норма внесения удобрений: для культур I класса возраста $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{60}\text{Ca}_{80}$; II — $\text{N}_{140}\text{P}_{120}\text{K}_{80}\text{Ca}_{220}$ и III — $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{60}\text{Ca}_{140}$ килограммов действующего начала на 1 га).

Почвы на всех участках слабогумусированные, песчаные. На опытных участках исследования проводили ежегодно, но здесь приведены материалы по результатам 5-летнего действия удобрений (табл. 1, 2).

Исследование средних высот и диаметров в различных вариантах опыта показали, что в культурах 17- и 27-летнего возраста различия средних высот и диаметров достоверны. В 50-летних культурах эти различия не всегда достоверны (например, по высоте в вариантах N_3PKCa и NP_2KCa). Минеральные туки положительно влияют не только на рост надземной части, но и на развитие корневых систем. Вес корней на 1 га в вариантах с удобрениями превышает контроль на 200—700 кг (N_2PKCa в культурах 50-летнего возраста). При этом ко-

Таблица 1

Вариант опыта	Высота, м	Диаметр, см	Число стволов на 1 га, шт.	Абс. сухой вес корней на 1 га, т			Абс. сухой вес хвои на 1 га		Коэффициент биологической активности хвои	Процент хлорофилла к контролю	
				<1 мм	>1 мм	всего	%	т			физиологической активной, %
17-летние культуры											
Контроль	6,1	6,5	4862	2,2	2,3	4,5	100	3,9	88,2	2,85	100
NPKCa	6,5	6,9	4920	2,8	3,1	5,9	131	6,3	89,4	2,93	118
N ₂ PKCa	6,9	7,1	4840	3,5	3,5	7,0	156	7,1	93,5	3,98	119
N ₃ PKCa	6,6	7,0	4743	2,9	3,2	6,1	136	5,7	85,3	3,31	107
NP ₂ KCa	6,5	6,8	4807	2,3	2,4	4,7	104	5,8	90,3	4,97	115
NP ₃ K ₂ Ca	6,6	6,9	4573	2,6	2,9	5,5	122	5,9	88,9	3,06	118
27-летние культуры											
Контроль	9,3	9,0	4020	2,8	5,9	8,7	100	9,1	90,8	6,52	100
NPKCa	10,2	9,1	4183	2,9	6,1	9,0	103	9,6	91,4	6,71	100
N ₂ PKCa	10,3	9,8	3500	3,1	6,6	9,7	112	9,8	91,1	7,23	112
N ₃ PKCa	10,3	9,6	3467	3,0	6,3	9,3	107	9,2	94,0	7,09	104
NP ₂ KCa	10,2	8,6	3420	2,8	5,9	8,7	100	9,2	93,7	6,39	90
NP ₃ K ₂ Ca	10,4	9,4	3907	2,8	6,1	8,9	103	9,6	94,1	6,90	91
50-летние культуры											
Контроль	18,7	15,8	1386	1,8	4,2	6,0	100	4,4	95,2	1,6	100
NPKCa	20,5	17,4	956	2,3	6,3	8,6	143	6,7	88,6	1,9	95
N ₂ PKCa	20,3	19,8	1343	3,5	9,7	13,2	220	11,8	96,0	3,5	103
N ₃ PKCa	18,5	17,4	1570	3,5	9,4	12,9	215	10,4	92,0	4,5	104
NP ₂ KCa	17,8	16,8	1046	1,8	4,2	6,0	100	4,8	91,0	2,0	100
NP ₃ K ₂ Ca	19,6	19,6	1367	2,4	6,8	9,2	154	8,3	90,0	2,5	95

личество всасывающих и проводящих корней под влиянием минеральных удобрений мало изменяется по сравнению с контрольным вариантом.

Рассматривая показатели табл. 1, видим, что минеральные удобрения существенно влияют и на развитие хвои в культурах сосны.

Таблица 2

Вариант	Текущий прирост за 5 лет, м ³ /га		Затраты, связанные с внесением и приобретением удобрений (всего к возрасту спелости с учетом лага 1,5%), р.	Доход от реализации дополнительного прироста, р.—к.		Сокращение затрат по заводу древесины из других районов, р.—к.	Величина эффекта, р.	Чистый эффект за вычетом всех затрат, р.	Экономическая эффективность от применения минеральных удобрений, %
	общий	в том числе за счет минеральных удобрений		при промежуточном использовании с учетом лага 1,5%	при главном пользовании				
17-летние культуры									
Контроль	22,00	—	—	—	—	—	—	—	—
NPKCa	34,93	12,93	124	87—70	23—18	33—15	144	+20	116
N ₂ PKCa	45,60	23,60	151	162—00	40—22	60—65	263	+112	174
N ₃ PKCa	35,34	13,34	189	89—11	24—59	34—18	148	-41	—
NP ₂ KCa	33,86	11,86	145	81—73	20—64	30—35	132	-13	—
NPK ₂ Ca	34,56	12,56	116	86—16	22—54	32—38	141	+25	121
27-летние культуры									
Контроль	30,00	—	—	—	—	—	—	—	—
NPKCa	48,00	18,28	133	83—25	32—65	46—26	162	+29	122
N ₂ PKCa	53,00	23,00	165	139—55	42—89	59—11	242	+77	147
N ₃ PKCa	34,91	4,91	197	30—36	8—55	12—85	52	-145	—
NP ₂ KCa	33,00	3,00	186	17—60	5—80	7—71	31	-155	—
NPK ₂ Ca	36,07	6,07	138	35—20	10—75	15—42	61	-77	—
50-летние культуры									
Контроль	32,00	—	—	—	—	—	—	—	—
NPKCa	53,30	21,30	62	73—35	69—83	54—74	198	+136	314
N ₂ PKCa	62,77	30,87	70	104—88	101—29	72—16	278	+208	315
N ₃ PKCa	55,87	23,87	112	82—87	77—97	61—42	222	+110	200
NP ₂ KCa	18,70	—	78	—	—	—	—	-78	—
NPK ₂ Ca	37,72	5,72	65	7—78	18—41	14—65	41	-24	—

Как известно, активность физиологических процессов различна у хвой разного возраста и расположения в кроне дерева. По данным А. М. Пинчука [1], хвой сосны первых двух лет жизни в физиологическом отношении более активна.

Анализ данных табл. 2 показывает, что под влиянием минеральных удобрений запас стволовой древесины увеличился до 44%, а всей биомассы до 53%.

Нами произведены расчеты экономической эффективности: при разовом внесении минеральных удобрений в культурах различного возраста (табл. 2) и для культур сосны, в которые минеральные удобрения вносятся регулярно через каждые 5 лет, то есть при непрерывном пополнении элементов питания в почве (табл. 3). Для сравнения с контролем взят вариант N_2PKCa .

Таблица 3

Возраст культур, лет	Текущий прирост за 5 лет, м ³		Затраты на удобрения, р.	Общие затраты с учетом лага, р.	Доход от реализации дополнительной продукции по таксовым ценам		Экономия от сокращения затрат по ввозу древесины из других районов, р.	Величина эффекта, р.	
	общий	в том числе за счет минеральных удобрений			при промежуточном пользовании с учетом лага	при главном пользовании, м ³			
									м ³
15	22	—	59	155	—	—	—	—	
20	46	24	59	144	14	188	62	250	
25	55	33	74	168	20	249	85	334	
30	68	31	74	156	19	200	80	280	
35	68	31	74	156	19	204	80	284	
40	66	31	74	134	12	154	80	234	
45	64	33	57	96	13	155	85	240	
50	63	30	57	89	12	133	77	210	
55	62	30	57	83	6	73	77	150	
60	42	23	57	77	5	57	59	116	
65	41	23	57	70	5	52	59	111	
70	35	20	57	66	4	38	51	89	
75	27	15	—	—	3	27	39	66	
80	20	—	—	—	—	—	192	839	
Итого	629	324	756	1394	132	1530	192	834	3203

Из данных табл. 2 видно, что дополнительный прирост древесины наблюдается в любом рассматриваемом возрасте культур и при любом сочетании туков (исключая вариант NP_2KCa в культурах 50-летнего возраста). Однако этот дополнительный прирост древесины не всегда экономически оправдан. В некоторых случаях затраты на внесение минеральных удобрений выше дохода, полученного от реализации дополнительного прироста древесины, и прибегать к удобрению можно только при условии, что потребность в древесине допускает повышение цен на лес на величину отрицательного эффекта.

В культурах 50-летнего возраста в вариантах $NPKCa$, N_2PKCa , N_3PKCa применять минеральные удобрения выгодно как с точки зрения получения дополнительного прироста древесины, так и экономического эффекта. В этих вариантах экономическая эффективность применения минеральных удобрений составляет 200—300%.

Причины различной эффективности внесения удобрений, по нашему мнению, заключаются в различном сочетании элементов питания. Например, в варианте $NPKCa$ результат удовлетворительный, при N_2PKCa — хороший, а при N_3PKCa — отрицательный. Это можно объяснить большим количеством ионов азота, которые образуют биурет $[(CONH_2)_2 \cdot HN]$, действующий на растения токсично при содержании в удобрении более 3%. Сочетание NP_2KCa на рост деревьев действует

хуже всего, так как значительная часть фосфора связывается почвой в неусвояемую форму, а в растениях он образует органические соединения (нуклеопротеиды). Вариант NPK_2Ca в молодых культурах сосны оказывает положительное влияние. Калий — незаменимый питательный элемент растений, легко растворим и хорошо поглощается растением.

Экономическую эффективность определяли сопоставлением затрат на внесение минеральных удобрений с размером валового дохода от реализации дополнительного прироста древесины плюс величина экономии от сокращения затрат по заводу древесины из многолесных областей.

Фактические затраты на приобретение, перевозку и внесение минеральных удобрений приведены к времени получения эффекта, в нашем случае к возрасту спелости культур сосны (80 лет) из расчета 1,5% годовых. Коэффициент приведения определен по формуле сложных процентов [5].

При регулярном, через каждые 5 лет, внесении удобрений на одну и ту же площадь культур сосны с 15- до 70-летнего ее возраста (за 10 лет до возраста спелости) мы наблюдаем, что общий запас древесины на 1 га повышается с 55 до 722 м³.

Текущий прирост за 5 лет (как общий, так и дополнительный) исследовали на пробных площадях, где минеральные удобрения действовали 5 лет. По отдельным возрастам (не менее 5) строили кривую приростов, которую затем делили по оси абсцисс через каждые 5 лет. Определение расходов и эффективности применения минеральных удобрений ясны из табл. 3. Для нахождения процента текущего прироста при рубках ухода использовали классификацию проф. А. В. Тюрина [6].

Повышение запаса древесины может избавить Воронежскую область от частичного завоза из северных областей РСФСР, что даст экономию в затратах на транспорт 831 р. Все это составит величину эффекта в сумме 3203 р. Тогда чистый доход будет 1809 р. на каждом гектаре культур, а экономическая эффективность применения минеральных удобрений 229%.

Из рассмотренного следует, что применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве, наряду с достижениями селекции, гибридизации и мерами борьбы с вредителями леса, является мощным фактором повышения продуктивности лесов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Пинчук А. М. Влияние густоты древостоя на развитие ассимиляционного аппарата сосны. — Леса Подмосковья. М., «Наука», 1965. [2]. Ремезов Н. П., Быкова Л. Н., Смирнова К. М. Биологический круговорот азота и зольных элементов в лесных насаждениях. — Труды Института леса, т. 24, М., 1955. [3]. Слядцев А. П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. М., 1971. [4]. Смольянинов И. И. Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов. М., 1969. [5]. Смородин В. П., Котикова Н. Ф. Справочный нормативный материал по лесному хозяйству для дипломного проектирования. Воронеж, 1969. [6]. Тюрин А. В. Об организационно-хозяйственном моменте при рубках ухода. [7]. Шумаков В. С., Федорова Е. Л. Применение минеральных удобрений в лесу. М., 1970.

УДК 65.012.3

МЕТОДЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ПРОИЗВОДСТВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

А. П. ПЕТРОВ, Л. Г. ТЕВОСОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Предложены критерий и метод для установления оптимальных форм организации перерабатывающих производств при использовании в качестве сырья низкосортной древесины и древесных отходов. Предложенный метод иллюстрируется на примере установления оптимального размера производства древесностружечных плит в леспромхозах Свердловской области.

В проектной практике обоснования оптимальных размеров производств по переработке древесного сырья критерием оптимальности служит минимум приведенных затрат $C + EK$. При этом оптимальные решения достигаются лишь в отношении размеров мощностей отдельных производств при их структуре, задаваемой априорно или устанавливаемой другими методами оптимизации. Практически это означает, что в случае комплексного использования сырья с одновременным получением ряда товарных продуктов применение приведенных затрат в качестве критерия не обеспечивает установления оптимальных форм организации лесоперерабатывающего комплекса.

Мы рекомендуем использовать модели оптимизации с целевой функцией «максимум прибыли». С учетом обеспечения рентабельности предприятий-поставщиков сырья (технологической щепы) и предприятий-потребителей аналитическое выражение целевой функции приобретает вид

$$e = a - (p + T), \quad (1)$$

где a — предельная цена щепы, устанавливаемая по условиям ее эффективного потребления;

p — нормативная стоимость технологической щепы из низкосортной древесины и отходов, обеспечивающая ее эффективное производство;

T — транспортные расходы по доставке сырья (щепы) потребителям.

Оптимальные решения, дающие возможность обосновать структуру и размеры предприятий, получаются тогда, когда значения этой функции максимальны.

Методы определения предельных цен и нормативной стоимости производства щепы разработаны Проблемной экономической лабораторией ЛТА [1], [2]. Как показали исследования, величина предельной цены щепы зависит от концентрации перерабатывающих производств; эту зависимость можно установить методами регрессии на основании обработки статистических или нормативных данных. Зависимость предельной цены щепы от степени концентрации перерабатывающих производств удовлетворительно выражается формулой гиперболы

$$a = f(M) = b - \frac{c}{M}, \quad (2)$$

где a — предельная цена щепы, р;
 M — выпуск продукции перерабатывающих производств, тыс. м³;
 b, c — числовые параметры.

Нормативная стоимость производства технологической щепы из низкосортной древесины и отходов обеспечивает предприятиям, работающим в средних условиях, возмещение затрат и получение нормальной прибыли.

Транспортные расходы, оцениваемые в формуле (1) параметром T , зависят от концентрации перерабатывающих производств, поскольку с возрастанием размеров предприятий по объемам перерабатываемого сырья увеличиваются расстояния его перевозок. Выбор метода установления зависимости транспортных расходов от степени концентрации перерабатывающих производств предопределяется наличием и характером информации о размещении потребителей и поставщиков сырья.

Здесь возможны два подхода. Первый заключается в том, что отсутствует информация о размещении и концентрации ресурсов сырья (технологической щепы) в местах его заготовки (например, строительство предприятий во вновь осваиваемых районах). Для этого случая среднее расстояние перевозки сырья в связи с объемами его концентрации у потребителей оценивается по формуле

$$R_{cp} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{QN}{qk_1\pi}} k_2 k_3, \quad (3)$$

где Q — объем перерабатываемого сырья;
 q — удельная норма образования сырья на 1 га лесозаготовительной площади;
 k_1 — отношение эксплуатационной площади лесов к общей площади территории района;
 N — оборот рубки или срок действия лесозаготовительных предприятий;
 k_2 — коэффициент, учитывающий кривизну дорог ($k_2 > 1,0$);
 k_3 — коэффициент, учитывающий несовпадение реальной конфигурации района с формой круга ($k_3 > 1,0$);
 R_{cp} — средний радиус доставки сырья ($2/3$ максимального).

Второй подход предполагает наличие информации о размещении и концентрации ресурсов сырья в местах его заготовки.

В этом случае зависимость транспортных расходов от объемов перерабатываемого сырья устанавливается следующим путем. Для ряда условно принимаемых объемов концентрации сырья определяют средние расстояния его перевозки до пункта потребления, при этом ресурсы сырья (щепы) отбирают по принципу обеспечения минимальных транспортных расходов.

Например, для объема концентрации ресурсов в размере Q среднее расстояние определяется по формуле

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i l_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (4)$$

где Q_i — объемы ресурсов сырья в i -том предприятии ($\sum_{i=1}^n Q_i = Q$);

l_i — расстояние от i -того предприятия-поставщика до пункта концентрации ресурсов сырья (отбор ведется по принципу нарастания l_i);

n — количество отобранных предприятий-поставщиков сырья (технологической цепи).

Транспортные расходы T в зависимости от расстояния перевозки сырья l определяются по формуле

$$T = tl + U, \quad (5)$$

где t и U — числовые параметры, значения которых устанавливаются расчетным путем.

В общем виде соотношение между параметрами Q , l и T может быть представлено следующим образом:

$$\begin{array}{ccccccc} Q_1 & \dots & l_1 & \dots & T_1 & & \\ Q_2 & \dots & l_2 & \dots & T_2 & & \\ & \dots & & \dots & & & \\ Q_k & \dots & l_k & \dots & T_k & & \end{array}$$

где k — количество условно принятых для расчета объемов концентрации ресурсов сырья в местах его переработки.

По числовым значениям параметров Q , l , T устанавливается зависимость транспортных расходов от объемов концентрируемого в местах переработки сырья $T = f(Q)$, а также, принимая во внимание, что $Q = mM$, (где m — удельный расход сырья) — зависимость транспортных расходов от объемов перерабатывающих производств $T = f(M)$.

Результаты исследований показывают, что зависимость транспортных расходов по перевозке сырья от степени концентрации объемов переработки близка к линейной и описывается уравнением

$$T(M) = b + cM,$$

где b — постоянная часть транспортных расходов в себестоимости конечной продукции;

cM — переменная часть транспортных расходов, возрастающая с увеличением размеров предприятий.

Предложенный метод оптимизации размеров предприятий был проверен на примере установления оптимального размера производства древесностружечных плит при его организации в леспромхозах Свердловской области.

Расчеты производили в следующем порядке.

1. Установили зависимость предельной цены щепы от концентрации производства древесностружечных плит

$$a = 28,1 - \frac{458,2}{M}.$$

Расчеты выполнены на основании статистической обработки материалов по совокупности 26 цехов с объемом производства 1144 тыс. м³ за 1972 г.

2. Нормативная стоимость технологической щепы для средних сложившихся условий ее производства в Свердловской области была принята в размере 10 р./м³.

3. Зависимость транспортных расходов от концентрации производства древесностружечных плит, установленную по данным о наличии

сырья, расстояний его транспортировки для 12 леспромхозов Свердловской области за 1972 г., определяли по выражению

$$T = 1,53 + 0,082M$$

(параметры t и U в формуле (5) для расчетов были приняты соответственно в размере 0,035 и 0,58).

Исходя из приведенных данных, оптимальные размеры производства древесностружечных плит были установлены дифференцированием функции

$$e = \{a(M) - p - T(M)\}, \quad (6)$$

где e — разница между предельной ценой сырья и нормативной стоимостью его заготовки и транспортировки.

Подставив в формулу (6) числовые значения параметров $a(M)$, p , $T(M)$, получили

$$e = \frac{-458,2 + 16,57M - 0,082M^2}{M}$$

Дифференцированием этого выражения по аргументу M был установлен оптимальный размер производства $M = 74,3$ тыс. м³, что соответствует типовой стандартной мощности 75 тыс. м³. Для этого объема предельное снижение затрат на переработку при росте концентрации равно предельному росту транспортных расходов.

Таким образом, предложенный метод оптимизации позволяет определить эффективность различных направлений промышленного использования древесного сырья, обосновать наиболее целесообразные формы комбинирования и концентрации производства, то есть установить оптимальный размер и структуру предприятий, обеспечивающих полное и рациональное использование древесного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Определение экономической доступности ресурсов низкосортной древесины и древесных отходов лесозаготовок. — Научные труды № 116. Л., 1968. [2] Петров А. П. Экономика промышленного использования низкосортной древесины и отходов. М., «Лесная промышленность», 1971.

Поступила 9 декабря 1974 г.

УДК 634.0.863.003.13

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В РАСЧЕТАХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ГИДРОЛИЗНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. В. ПЛАСТИНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Ставится вопрос о необходимости получения предельных показателей эффективности производства на основе дифференцирования производственных функций. Рассматриваются некоторые проблемы построения производственных функций для предприятий гидролизной промышленности.

Широко используемые показатели эффективности производства основаны на принципе соотношения результатов производства и затрат. Так, например, показатели, характеризующие эффективность ис-

пользования трех основных факторов процесса производства, обычно представляются следующим образом:

$$f_0 = y \cdot x_1; \quad p = y \cdot x_2; \quad q = y \cdot x_3, \quad (1)$$

где f_0 — фондоотдача;
 p — производительность труда;
 q — выход продукции из сырья;
 x_1 — основные производственные фонды;
 x_2 — численность работающих;
 x_3 — сырье;
 y — выпуск продукции.

Отсюда получается система уравнений:

$$\left. \begin{aligned} y &= f_0 x_1; \\ y &= p x_2; \\ y &= q x_3. \end{aligned} \right\} \quad (1')$$

Эта система не так тривиальна, как кажется на первый взгляд, ибо ее можно рассматривать как одну из простейших экономико-математических моделей процесса производства. Необходимо четко представлять, что традиционные показатели эффективности, получаемые из этой системы, носят ярко выраженный статический характер, так как y , x_1 , x_2 , x_3 представляют здесь средние за год показатели. Соответственно средними получаются и показатели фондоотдачи, производительности труда, выхода продукции из сырья, хотя совершенно ясно, что в течение года они постоянно изменяются, поэтому практический интерес представляет их значение не только в статике, в виде средних величин, но и в динамике. Кроме того, отражение связи основных факторов производства моделью (1') соответствует представлению о том, что эти факторы не зависят друг от друга и не взаимодействуют, что, конечно, весьма условно и приближенно отражает реальный процесс производства. Поэтому актуальной представляется задача получения показателей эффективности использования факторов производства исходя из представления процесса производства в динамике, как непрерывного процесса, основные факторы которого находятся в единстве и во взаимодействии.

Располагая среднегодовыми данными о размерах y , x_1 , x_2 , x_3 , можно получить показатели $\frac{y}{x_1}$; $\frac{y}{x_2}$; $\frac{y}{x_3}$ в динамике, если задаваться не абсолютными значениями, а их приращениями, то есть Δy , Δx_1 , Δx_2 , Δx_3 . В этом случае получаем показатели эффективности в виде:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x_1}; \quad \frac{\Delta y}{\Delta x_2}; \quad \frac{\Delta y}{\Delta x_3}. \quad (2)$$

Анализируя соотношения (2), можно признать, что x_1 , x_2 , x_3 являются причиной роста y , а y — следствие x_1 , x_2 , x_3 ; или в математических терминах y есть функция, а x_1 , x_2 , x_3 — аргументы.

Дифференцированием функции можно найти искомый показатель, и задача заключается лишь в том, чтобы определить аналитический вид функции, которая включала бы в себя все три интересующие нас фактора производства: x_1 , x_2 , x_3 . Различия в условиях производства, технике и технологии, в используемом сырье делают невозможной функциональную связь между y и x_1 , x_2 , x_3 , но не являются препятствием к наличию между ними корреляционной зависимости. В экономической

литературе статистические зависимости такого рода получили название производственных функций [6], [7], [10].

Идея производственной функции ни в коей мере не противоречит марксистскому экономическому учению, в частности, теории трудовой стоимости. К. Маркс в своих трудах анализировал производство в единстве двух его сторон: как процесс создания стоимости и как процесс труда вообще, то есть как процесс создания материальных благ, потребительных стоимостей: «Как сам товар есть единство потребительной стоимости и стоимости, так и процесс производства товара должен быть единством процесса труда и процесса создания стоимости» [4]. Процесс труда по К. Марксу есть процесс производства потребительных стоимостей, основными факторами которого являются конкретный труд, средства и предметы труда, а результатом — продукт как потребительная стоимость. Труд играет важную роль лишь в создании стоимости, но никак не потребительной стоимости. «Относительно труда, поскольку он производит потребительную стоимость, ошибочно утверждать, что он есть единственный источник произведенного им, а именно вещественного богатства» [5]. Важным моментом в марксистском учении о факторах производства является и то обстоятельство, что овеществленный труд (средства и предметы труда) по-разному участвует в формировании стоимости и потребительной стоимости. «Оказывается, что известный фактор процесса труда, известное средство производства, целиком принимает участие в процессе труда, но лишь частью — в процессе образования стоимости» [4]. Отсюда ясно, почему, например, текущие затраты или амортизация не могут, а основные и оборотные фонды могут выступать в качестве факторов производства.

Таким образом, производственная функция — математическая модель, с той или иной степенью точности отражающая процесс производства именно как процесс производства потребительных стоимостей. Однако непосредственная реализация расчетов производственной функции содержит в себе внутреннее противоречие, ибо как затраты, так и результаты производства в абсолютном большинстве случаев представляют собой множество разнородных потребительных стоимостей, агрегирование которых может быть осуществлено лишь на основе цен, то есть в стоимостной форме. Сами цены играют в этом случае лишь роль инструмента расчета, поэтому наиболее правильно для построения производственных функций использовать неизменные цены, которые призваны отражать движение так называемого физического объема производимых материальных благ и услуг.

Многочисленные проблемы, встречающиеся при расчете производственных функций, обусловлены слабостью и неразработанностью математического аппарата и постановкой задач исследования в жестко детерминированном виде. Так, нами была поставлена задача рассчитать производственную функцию для Запорожского гидролизно-дрожжевого завода и дифференцированием ее получить предельные показатели эффективности факторов. При такой постановке вопроса параллельно может быть решена задача получения коэффициентов приведения различных факторов производства в знаменателе обобщающего показателя эффективности производства [8]. В качестве исходных данных были приняты следующие показатели: y (ТП) — объем товарной продукции, млн. р./год; y (ЧП) — объем чистой продукции, сотни тыс. р./год; x_1 — среднегодовая стоимость основных производственных фондов, млн. р.; x_2 — нормируемые оборотные средства, сотни тыс. р.; x_3 — фонд заработной платы ППП, сотни тыс. р. Набор этих показателей

может изменяться в широких пределах, в зависимости от целей исследования. При расчете параметров производственной функции предприятия типичными проблемами, требующими применения специальных методов математической статистики, являются: ограниченность числа исходных данных, автокорреляция и мультиколлинеарность.

Задачу расчета производственной функции для одного предприятия мы должны быть готовы решить на основе ограниченного числа исходных данных. Трудно установить точные минимальные и максимальные границы числа исходных данных, но совершенно очевидно, что нецелесообразно использовать данные менее чем за 5 лет. Использовать многолетние данные одного предприятия также нельзя, так как в этом случае нарушается однородность экономической информации. Поэтому в зависимости от темпов изменения в составе и структуре производственных фондов, технологии, организации производства, номенклатуры, ассортимента выпускаемой продукции и других факторов практически можно использовать отчетные данные предприятия за 5—8 лет.

Автокорреляция исходных данных, представленных в виде временных рядов, проявляется в том, что показатели какого-либо ряда y_i или x_i не являются вполне независимыми, и каждое последующее значение ряда зависит от значения предыдущего. В табл. 1 приведены результаты проверки на автокорреляцию исходных данных временных рядов y , x_1 , x_2 , x_3 для Запорожского гидролизно-дрожжевого завода (1968—1973 гг.).

Таблица 1

Показатели	Значения первого эмпирического нециклического коэффициента автокорреляции, представленные		
	в преобразованном виде	в виде первых разностей	как отклонения от временного тренда
1	2	3	4
y (III)	+ 0,9941 (+)	+ 0,6240 (+)	+ 0,1078 (—)
y (VII)	+ 0,9888 (+)	+ 0,8024 (+)	+ 0,0009 (—)
x_1	+ 0,9233 (+)	+ 0,4659 (+)	+ 0,2209 (—)
x_2	+ 0,4265 (+)	— 0,6191 (+)	— 0,5160 (—)
x_3	+ 0,8501 (+)	+ 0,1866 (—)	+ 0,1931 (—)

Примечание. Знак «плюс» в скобках означает наличие; «минус» — отсутствие автокорреляции; определяется по таблицам [9, с. 336].

Из графы 2 следует, что данные, предназначенные для расчета производственной функции, в сильной степени автокоррелированы, то есть не вполне независимы. Поэтому возникает вопрос: можно ли на основе таких данных строить статистическую модель? Положительный ответ на этот вопрос может быть дан только в том случае, если наша статистическая модель будет рассматриваться в первую очередь как «регрессионная модель», в отличие от понятия «корреляционная модель», ибо «...корреляционная модель предполагает строго случайные выборки из нормальных генеральных совокупностей», а в случае «регрессионной модели» значения факторов могут быть «...отобраны исследователем заранее, как в типичных контролируемых опытах, не требующих, чтобы распределение этих факторов в выборке репрезентировало таковое в генеральной совокупности» [2]. Небезынтересно также отметить, что если статистическую модель рассматривать с позиций «регрессионной модели», то неслучайный отбор факторов приводит к

тому, что «... величина коэффициента корреляции сильно изменяется, а величина коэффициента регрессии остается прежней» [1]. Это весьма важное обстоятельство, так как в соответствии с поставленной задачей и выбранными для этого методами нас в первую очередь интересуют именно коэффициенты регрессии, а не коэффициент корреляции производственной функции.

Автокорреляция значений временного ряда допустима, ибо «...оценки коэффициентов регрессии, полученные при помощи способа наименьших квадратов, являются все же несмещенными и имеют минимальную дисперсию» [9], и только при расчете доверительных границ и критерия существенности для коэффициента регрессии необходимо применять специальные методы, позволяющие учесть влияние автокорреляции [2], [9].

Более серьезна проблема автокорреляции так называемых остатков уравнения регрессии ε . Под остатками понимаются алгебраические разности между фактическими y_i и расчетными (теоретическими) y_i значениями, полученными из уравнения регрессии. Если такие остатки автокоррелированы, то «...обычное вычисление коэффициентов регрессии способом наименьших квадратов дает смещенные результаты и при этом не будет получена минимальная дисперсия» [10]. Таким образом, если результаты проверки остатков ε на автокорреляцию не позволяют опровергнуть гипотезу о наличии таковой, следует по отношению к временным рядам исходных данных применить специальные методы, позволяющие исключить автокорреляцию. Это метод исключения тренда из временного ряда образованием первых разностей между его членами [1], [2], и метод исключения тренда, рассчитанного аналитическим путем [1], [2], [7]. После исключения тренда одним из этих методов заметно снижается автокорреляция исходных данных, в качестве которых здесь уже выступают отклонения от временного тренда (табл. 1, графы 3 и 4). Существуют методы, позволяющие и в условиях автокорреляции получать довольно надежные значения критерия существенности и доверительных границ коэффициента регрессии. Они основаны на идее о том, что ряд из N автокоррелированных наблюдений включает в себя число степеней свободы меньше, чем N [2], [9].

В качестве примера рассмотрим одну из производственных функций, построенных нами по данным Запорожского гидролизно-дрожжевого завода за 1968—1973 гг.,

$$y = 0,0337x_1^{0,1756} x_2^{0,4371} x_3^{1,9731}, \quad (3)$$

здесь y — товарная продукция; остальные обозначения соответствуют приведенным выше.

Трудно ожидать высоких значений статистических критериев при расчете статистической модели на основе столь малого числа наблюдений, так как при этом и число степеней свободы очень мало. Действительно, для уравнения регрессии (3) расчетное значение критерия Фишера невелико ($F_p = 8,53$), в то время как табличное $F_7 = 19,16$ при данном числе степеней свободы [1]. Это означает, что уравнение (3) статистически ненадежно. Тем не менее в экономических исследованиях неправильно автоматически отвергать уравнение регрессии и его параметры на основе только статистических критериев [3]. Как положительное явление можно отметить, что остатки уравнения (3) не автокоррелированы, так как их коэффициент автокорреляции $r_a = -0,1404$ статистически ненадежен [9].

Дифференцированием производственной функции (3) можно получить так называемые показатели дополнительного продукта фактора, которые и являются предельными показателями эффективности использования соответствующего фактора производства. Так, для первого фактора дополнительный продукт равен

$$D_{x_1} = \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0,0059 x_1^{-0,8244} x_2^{0,4371} x_3^{1,9711}$$

или при средних значениях x_1, x_2, x_3

$$\bar{D}_{x_1} = 0,0892.$$

Аналогично

$$\bar{D}_{x_2} = 0,4044; \quad \bar{D}_{x_3} = 1,2770.$$

Этот же показатель в относительных единицах (%) носит название коэффициента эластичности. Так, для первого фактора в общем виде

$$\mathcal{E}_{x_1} = D_{x_1} \frac{x_1}{y} = a_1,$$

аналогично для второго и третьего факторов

$$\mathcal{E}_{x_2} = a_2; \quad \mathcal{E}_{x_3} = a_3,$$

где a_i — коэффициенты регрессии степенной функции при соответствующем факторе.

В конкретных значениях для функции (3)

$$\mathcal{E}_{x_1} = 0,1756; \quad \mathcal{E}_{x_2} = 0,4371; \quad \mathcal{E}_{x_3} = 1,9731.$$

На основе соотношения D_x и \mathcal{E}_x получают показатели предельных норм заменяемости i -того фактора j -тым фактором, а именно

$$ПНЗ_{D(i/j)} = D_{x_j} : D_{x_i}; \quad ПНЗ_{\mathcal{E}(i/j)} = \mathcal{E}_{x_j} : \mathcal{E}_{x_i}.$$

Отсюда для (3) имеем:

$$ПНЗ_{D(1/2)} = 14,316; \quad ПНЗ_{\mathcal{E}(1/2)} = 11,236;$$

$$ПНЗ_{D(2/3)} = 3,158; \quad ПНЗ_{\mathcal{E}(2/3)} = 4,514.$$

Экономическая интерпретация параметров производственной функции требует специального разбора.

Предельные показатели эффективности, выведенные из производственных функций, ни в коей мере не противоречат традиционным средним показателям. Они тесно связаны между собой, и средние показатели нужно рассматривать как накопление и интегрирование предельных показателей, использование которых в анализе эффективности производства значительно расширяет наши знания и возможности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дружинин Н. К. Математическая статистика в экономике. М., «Статистика», 1971, с. 264. [2]. Езекиел М., Фокс К. Методы анализа корреляций и регрессий. М., «Статистика», 1966, с. 557. [3]. Лизер С. Эконометрические методы и задачи. М., «Статистика», 1971, с. 140. [4]. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23. [5]. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 13. [6]. Матлин А. М. План, цена и эффективность производства. М., «Экономика», 1970, с. 225. [7]. Нарышев Г. А., Демидович П. П. Некоторые проблемы ложной корреляции в экономико-статистическом моделировании. В сб.: Вопросы построения и применения статистических моделей экономических показателей предприятия, ч. II. Новосибирск, 1971. [8]. Система пока-

зателей эффективности общественного производства. — «Экономическая газета», № 34, 1972. [9]. Тинтнер Г. Введение в эконометрию. М., «Статистика», 1965, с. 361. [10]. Хеди Э., Диллон Д. Производственные функции в сельском хозяйстве. М., «Прогресс», 1965, с. 600.

Поступила 27 декабря 1974 г.

УДК 676 : 658.516.3

НОРМИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ ВВОДИМЫХ В ДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Б. И. ПАВЛОВ, Г. В. ДАВЫДОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматриваются вопросы определения нормативного уровня экономических показателей в период освоения проектных мощностей вводимых в действие предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

В 1969 г. были утверждены нормы продолжительности освоения проектных мощностей вводимых в действие предприятий и отдельных объектов, что явилось важным шагом в улучшении планирования использования мощностей в отраслях народного хозяйства.

Однако достижение запроектированного эффекта предусматривает освоение проектного уровня не только по объему производства продукции, но и качественных экономических показателей. Практика показывает, что освоение экономических показателей работы вновь вводимых предприятий затягивается на более продолжительное время по сравнению с освоением проектной мощности. Если фактические сроки освоения проектных мощностей в целлюлозно-бумажной промышленности составляют 5—6 лет, то экономическое освоение введенных в действие предприятий выходит за пределы этого периода. Такое положение приводит к дополнительным затратам труда и средств на производство продукции.

На необходимость комплексного освоения вводимых производственных объектов неоднократно указывалось в решениях партии и правительства. Директивами XXIV съезда КПСС поставлена задача «более быстрого освоения вновь введенных в действие фондов и мощностей... улучшения каждого показателя эффективности... с тем, чтобы в конечном результате достигалась наибольшая экономия всех затрат общественного труда»*.

Следовательно, оценка освоения введенных предприятий должна отражать степень достижения проектного уровня объема производства, себестоимости единицы продукции, производительности труда и рентабельности.

Одним из необходимых условий сокращения сроков экономического освоения вводимых предприятий должно явиться дальнейшее улучшение планирования в первые годы их эксплуатации. Основанием для планирования экономических показателей работы вновь введенных предприятий должны служить нормы продолжительности освоения их проектных мощностей. Рост объема производства в процессе освоения проектной мощности обуславливает изменение всех экономиче-

* Материалы XXIV съезда КПСС. М., Политиздат, с. 114.

ских показателей. Так, увеличение объема производства снижает себестоимость единицы продукции за счет уменьшения в ней доли условно-постоянных расходов. Это должно быть положено в основу расчета проектной себестоимости продукции на различные этапы освоения проектной мощности.

Нормами освоения проектных мощностей задан среднегодовой объем производства по годам освоения, что дает возможность определить нормативный уровень себестоимости продукции также в годовом разрезе. Однако совершенствование текущего планирования в период освоения предприятия требует нормирования процесса экономического освоения по кварталам года. Для этого необходимо определить поквартальные нормативные уровни освоения проектной мощности, которые могут быть рассчитаны математически.

Характер нарастания объема производства в процессе освоения проектных мощностей близок к кривой, описываемой уравнением

$$y = ax^b.$$

По заданным нормами «точкам» методом наименьших квадратов можно определить значение параметров a и b .

Так, для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, выпускающих целлюлозу, бумагу и картон, с годовой мощностью 100 тыс. т и выше продолжительность освоения проектной мощности определена нормами в 33 месяца. При этом уровень освоения проектной мощности на конец первого года задан в размере 60%, на конец второго года — 85% и на конец третьего квартала третьего года — 100%.

Рассчитанные по этим данным параметры a и b позволили получить уравнение

$$y = 17,36 \sqrt{x},$$

по которому определен уровень освоения проектной мощности на конец каждого квартала. Графическое изображение нормативного освоения проектных мощностей V для рассматриваемой группы предприя-

Таблица 1

Период освоения		Объем производства продукции, % от проектной мощности
год	квартал	
1-й	I	15
	II	36
	III	47
	IV	56
В среднем		38,5
2-й	I	65
	II	72
	III	78
	IV	84
В среднем		75
3-й	I	88
	II	94
	III	98
	IV	100
В среднем		95

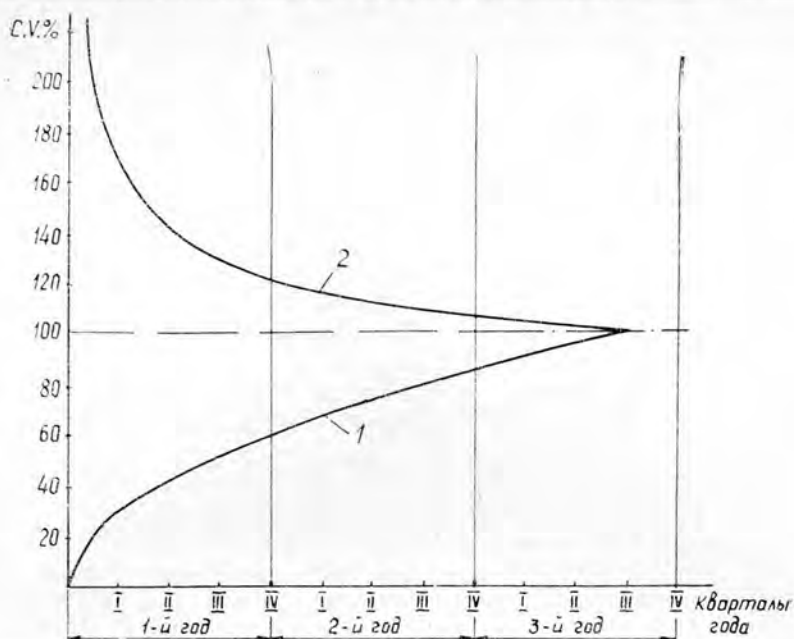


Рис. 1.

тий представлено кривой 1 на рис. 1. Среднеквартальные объемы производства продукции в процентах от квартальной мощности представлены в табл. 1.

Расчитанные по кварталам объемы производства определяют несколько повышенный, по сравнению с нормами, объем производства первого года освоения (38,5% против 35%).

Как показывает анализ освоения введенных объектов целлюлозно-бумажной промышленности, в большинстве случаев объем производства в первый год эксплуатации достигает примерно 40% от проектной мощности. Это подтверждает правильность наших расчетов.

Нормативная себестоимость на каждый квартал освоения может быть рассчитана способом прямых калькуляционных расчетов. При этом должны учитываться следующие характерные для целлюлозно-бумажной промышленности положения:

затраты на сырье, химикаты, электроэнергию, воду и упаковку являются условно переменными, их величина изменяется пропорционально объему выпускаемой продукции;

заработная плата производственных рабочих с начислениями, цеховые и общезаводские расходы принимаются как условно-постоянные, их сумма не зависит непосредственно от объема выпускаемой продукции;

внепроизводственные расходы могут быть приняты исходя из проектной практики в размере 2,5% от заводской себестоимости.

В табл. 2 приведена себестоимость 1 т тарного гофрированного картона. Расчет сделан для производства с годовой мощностью 162,0 тыс. т.

Расчет себестоимости продукции по кварталам года можно упростить. Зависимость себестоимости продукции от объема производства обычно выражается уравнением гиперболы (кривая 2, рис. 1).

$$y = a + \frac{b}{x}.$$

По среднегодовым нормативным значениям объема производства и себестоимости продукции методом наименьших квадратов определяют параметры уравнения, по которому может быть определена себестоимость продукции на любой момент освоения проектной мощности. Для нашего примера $a = 74,3$; $b = 1125,06$.

Таблица 2

Период освоения		Объем производства		Себестоимость 1 т гофрированного картона, рассчитанная			Прибыль (убыток), % к проектной
год	квартал	тыс. т	% к проектной мощности	способом калькулирования, р.-к.	в процентах к проектной себестоимости	по уравнению регрессии, р.-к.	
1-й	I	6,1	15,0	259—44	254,3	258—94	—6,4
	II	14,6	36,0	151—21	148,2	151—36	20,0
	III	19,0	47,0	133—52	130,9	133—51	33,5
	IV	22,7	56,0	123—81	121,4	123—86	45,0
2-й	I	26,3	65,0	116—97	114,7	117—08	56,2
	II	28,4	72,0	113—91	111,7	113—95	62,6
	III	32,4	78,0	109—00	106,8	109—09	74,9
	IV	34,4	85,0	106—97	104,9	107—01	81,1
3-й	I	35,6	88,0	105—86	103,8	105—90	84,8
	II	38,1	94,0	103—77	101,7	103—88	92,6
	III	39,7	98,0	102—58	100,5	105—64	97,5
	IV	40,5	100,0	103—02	100,0	102—08	100,0

Из табл. 2 видно, что значения себестоимости по кварталам, определенные по данному уравнению и способом калькулирования, очень близки.

Таким образом, себестоимость продукции в первый год может планироваться на 43,5% выше проектной, во 2-й год — на 9,1% и в 3-й — на 1,4%. По кварталам себестоимость изменяется более резко. Так, если в I квартале она составляет 254,3% от проектной, то в IV квартале — 121,4%. Это и подтверждает необходимость планирования себестоимости продукции и других показателей по кварталам. В табл. 2 показано, как уровень прибыли изменяется по кварталам освоения. Используя проектные данные о численности промышленно-производственного персонала, стоимости основных фондов и оборотных средств, можно рассчитать для каждого периода освоения нормативную производительность труда и рентабельность.

Множество особенностей формирования уровня экономических показателей на конкретно взятом предприятии затрудняет разработку единых нормативов экономического освоения для всего многообразия вводимых объектов целлюлозно-бумажной промышленности. Поэтому расчет нормативных экономических показателей на базе норм продолжительности освоения проектных мощностей следовало бы возложить на проектные организации и включать в технический проект. Определение экономических показателей в соответствии с нормами освоения проектных мощностей должно служить совершенствованию планирования деятельности вновь введенных предприятий и тем самым нацеливать коллектив предприятия на скорейшее получение запроецированного эффекта.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.425

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЫЛЬ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СОСНЫ
В ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСАХ ЛЕНИНГРАДА

Н. В. ПОДЗОРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приводятся данные о зональном распределении аэрозолей промышленного происхождения, о дисперсности промышленной пыли, оседающей на хвое сосны, в зависимости от расстояния до заводов, о степени охвоения побегов сосны в зависимости от расстояния до точек выброса дымовых газов.

Из литературных источников известно, что многие из типичных загрязнителей городского воздуха являются специфическими ядами для растений. Частицы золы, сажи, мелкодисперсной пыли, оседая на поверхности хвои и листьев, закупоривают устьица и препятствуют нормальному ходу физиологических процессов в растительном организме.

Наши обследования показали, что растения в Охтинской лесной даче, из-за близости промышленных предприятий, покрыты слоем копоти и пыли, не смываемой даже длительными осадками. Крупные аэрозоли промышленного происхождения, оседая на листьях и хвое древесных пород, образуют клейкие скопления, закрывающие целиком отдельные участки поверхности хвои. Ввиду большого содержания смол и сажи, они плохо стряхиваются ветром и смываются дождями. Мелкодисперсная пыль, оседая на листьях и хвое отдельными небольшими вкраплениями, быстрее подсыхает под солнечными лучами, лучше стряхивается ветром и, попадая под непосредственное ударное действие капель, лучше смывается ими.

Для определения дисперсности оседающей пыли в зависимости от расстояния до заводов, лесная дача была разбита на четыре зоны (500—1900 м; 1900—2650 м; 2650—3850 м и 3850—4650 м).

В каждой зоне было отобрано по 5 пылевых смывов из разных частей кроны сосны. В каждой пробе производили микроскопическое определение дисперсности у 100 пылевых частиц. По полученным данным составляли процентное соотношение размеров пылевых частиц.

Дисперсность пыли определяли при помощи окулярного микрометра (измерительной линейки, помещаемой в окуляр). Цену деления микрометра устанавливали при помощи объективного микрометра (измерительной линейки, помещаемой под объектив вместо препарата). Деления окулярного и объективного микрометров сопоставляли при той оптической системе микроскопа, при которой определяли размеры частиц пыли. Подсчет и измерение их производили одновременно при помощи счетно-измерительной сетки Е. А. Вигдорчика. Сетка имеет две строчки по 10 квадратов в каждой. Размер стороны квадрата рассчитан таким образом, чтобы при увеличении, при котором подсчитываются и измеряются частицы, сторона квадрата занимала на препарате интервал в 5 мк. На сетке нанесены также шаблоны в 1, 2, 3 и 4 мк, что облегчает определение размеров пылевых частиц. Дисперсность пыли определяли при 450-кратном увеличении, что дает возможность определить величины пылинок до 1 мк (табл. 1).

Таблица 1

Расстояние от источников загрязнения, м	Количество частиц, %, размером, мк			
	>10	10-5	5-1	<1
500—1900	33,6	25,7	20,6	20,1
1900—2650	28,6	27,2	22,1	22,1
2650—3850	17,2	18,4	43,1	21,3
3850—4650	10,5	12,1	52,2	25,2

Как видно из таблицы, крупнодисперсная пыль (с размером частиц более 10 мк) оседает на хвое сосны главным образом в насаждениях, находящихся вблизи от источников задымления. В смывах, взятых с хвои сосны, растущей в насаждениях, удаленных от черты города, преобладающее количество частиц относится к мелкодисперсным (с размерами менее 5 мк).

В наиболее удаленных от промышленных предприятий насаждениях, где значительную часть общей запыленности воздуха в летний период составляет почвенная пыль, на хвое сосны оседают и удерживаются более мелкие ее фракции, которые легко стряхиваются ветром и смываются дождями.

Дымовые газы и содержащиеся в них аэрозоли вызывают значительные морфологические изменения хвои в сосновых древостоях. Наиболее поврежденной оказалась хвоя, покрытая крупными аэрозолями промышленного происхождения, в насаждениях, примыкающих к черте города (от 8 до 31%).

Приспевающие, спелые и перестойные сосновые насаждения на этих участках имеют изреженные кроны, ибо хвоя на ветвях деревьев держится 1—2 года, лишь в некоторых случаях — 3 года. В сосновых насаждениях, наиболее удаленных от основных очагов задымления воздуха, где на хвое оседают и удерживаются более мелкие фракции, поврежденной хвои меньше (от 1 до 16%). В этих насаждениях хвоя на ветвях держится 3 года. Количество поврежденной хвои зависит также от ее возраста.

Признаки интенсивного повреждения сосновой хвои старшего возраста появляются в конце июля (до 31%). Хвоя текущего года наиболее сильно повреждается в период интенсивного роста сосны (16%). К концу октября наблюдается увеличение повреждения хвои сосен второго и третьего года. В ноябре количество поврежденной хвои на сосновых деревьях уменьшается, так как она постепенно опадает. Опадающая хвоя сильно загрязнена копотью и сажеей, имеет явно выраженные признаки повреждения в виде ожогов, пятен, побурения.

Таблица 2

Расстояние от источников задымления, м	№ пробных площадей	Длина хвои, см	
		без признаков повреждения	с признаками повреждения
300—1900	1	5,4±0,5	4,2±0,3
	3	6,3±0,5	4,2±0,3
	4	6,1±0,5	4,8±0,3
	7	5,6±0,5	4,9±0,4
	10	5,8±0,6	4,7±0,5
1900—2650	1	5,0±0,5	4,2±0,3
	5	6,4±0,5	4,8±0,5
	7	6,2±0,6	2,6±0,2
	9	5,2±0,5	4,1±0,3
2650—3850	5	5,3±0,5	4,6±0,4
	6	6,2±0,6	4,3±0,3
	8	6,1±0,5	5,5±0,5
	9	5,3±0,5	4,2±0,4
3850—4650	1	6,3±0,5	5,0±0,5
	4	5,7±0,6	4,2±0,4
	5	6,1±0,5	5,1±0,5
	8	7,1±0,1	5,0±0,5

У поврежденной хвои изменяются не только форма, но и размеры. Измерения хвои, взятой в различных по составу и возрасту насаждениях, расположенных в различных участках лесной дачи, показали, что поврежденная хвоя сосны отстает в росте (табл. 2, среднее из 50 измерений). На одних и тех же сосновых ветвях, независимо от их расположения в кроне дерева, хвоя без признаков повреждения длиннее, а хвоя, имеющая явно выраженные признаки повреждения, короче.

Вес 1000 хвоинок сосны с признаками повреждения и без явных признаков повреждения различен (табл. 3, среднее из взвешивания 3 проб).

В насаждениях сосны одной полноты, возраста и состава вес 1000 хвоинок увеличивается по мере удлинения древостоев от очагов задымления воздуха. Вес сосновой хвои с явно выраженными признаками повреждения на всех обследованных нами пробных площадях меньше, чем вес хвои без явно выраженных признаков повреждения.

Таблица 3

Расстояние от источников задымления, м	№ пробных площадей	Вес сырой хвои, г	
		без признаков повреждения	с признаками повреждения
300—1900	1	13,7	8,9
	3	15,1	12,9
	4	14,8	9,6
	7	12,8	8,3
	10	13,6	8,8
1900—2650	1	12,7	9,2
	5	15,1	4,2
	7	13,3	11,0
	9	16,9	12,3
2650—3850	5	12,7	10,4
	6	15,5	12,9
	8	16,1	13,4
	9	14,9	12,5
3850—4650	1	16,3	13,7
	4	17,6	14,5
	5	16,9	14,3
	8	14,3	12,1

Из изложенного можно заключить, что степень вредного действия твердых пылевых примесей на растения зависит от дисперсности этих частиц. Нормальному ходу физиологических процессов в растительном организме препятствуют крупные аэрозоли, которые вызывают значительные морфологические изменения хвои. Борьба с этими явлениями представляет одно из важных мероприятий по охране окружающей среды.

УДК 634.0.165.62

О ВЛИЯНИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ СЕМЯН НА РОСТ СОСНЫ В ПРЕДУРАЛЬЕ

А. И. ВИДЯКИН, Н. Х. ХАСАНОВ

Уральский лесотехнический институт

Изложены материалы исследований сохранности и роста по высоте, диаметру, длине хвои сосны различного географического происхождения. Сделан вывод о неравноценной адаптивной способности к данным условиям различных по географическому происхождению сосен.

Влиянию происхождения семян на рост культур посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей, однако для района Предуралья такие материалы пока не были опубликованы.

В нашем сообщении излагаются результаты изучения трехлетних географических культур сосны, заложенных в 1970 г. лабораторией лесной селекции Уральского лесотехнического института в Куменском лесхозе Кировской области.

В культурах представлены 26 образцов из 22 областей СССР, в том числе подвидов сосна лапландская — 2 образца, сосна лесная — 10, сосна сибирская — 12, сосна степная — 2. Распределение образцов по подвидам сделано по классификации Л. Ф. Правдина*.

Инвентаризация культур произведена осенью 1972 г. У 25 растений каждого образца измерены высота стволика, диаметр у шейки корня и длина хвои. Статистически обработанные данные сведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, наивысшая сохранность культур наблюдается у сибирского подвида сосны обыкновенной, на втором месте находится лапландский подвид, на

* Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная, изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М., «Наука», 1964.

Таблица 1

Область, лесхоз	Сохранность, %	Общая высота стволика, см	Диаметр у корневой шейки, мм	Длина хвои, см
Сосна лапландская				
Архангельская обл., Плесецкий лесхоз	71,6	35,9±1,1	9,1±0,3	5,2±0,1
Коми АССР, Сторожевский лесхоз	88,3	42,9±1,6	11,7±0,6	4,8±0,2
Среднее	80,0	39,4	10,6	5,0
Сосна лесная				
Оренбургская обл., Бузулукский лесхоз	35,3	31,8±1,5	8,1±0,6	5,8±0,4
Пермская обл., Оханский лесхоз	81,7	32,0±1,5	5,9±0,8	5,3±0,3
Удмуртская АССР, Глазовский лесхоз	73,3	37,8±0,8	10,9±0,3	5,6±0,1
Удмуртская АССР, Воткинский лесхоз	73,3	38,8±1,1	10,8±0,4	5,4±0,22
Марийская АССР, Куяровский лесхоз	78,3	39,2±0,9	10,7±0,3	5,6±0,2
Татарская АССР, Зеленодольский лесхоз	63,3	36,2±1,2	9,2±0,3	5,4±0,1
Смоленская обл., Велижский лесхоз	65,0	41,3±1,1	10,2±0,6	4,2±0,1
Ленинградская обл., Рощинский лесхоз	88,3	39,1±0,9	11,1±0,6	6,0±0,2
Калининградская обл., Курский лесхоз	65,0	41,4±1,4	10,5±0,7	5,5±0,2
Кировская обл., Куменский лесхоз (контроль)	88,3	37,0±1,1	9,6±0,4	4,8±0,1
Среднее	73,0	37,5	10,0	5,4
Сосна сибирская				
Амурская обл., Тындинский лесхоз	70,0	38,5±1,3	8,9±0,3	4,5±0,16
Иркутская обл., Тангуйский лесхоз	95,0	37,7±1,2	8,7±0,4	5,5±0,2
Новосибирская обл., Дубровинский лесхоз	91,7	48,8±1,4	11,8±0,9	5,4±0,3
Томская обл., Молчановский лесхоз	96,7	45,0±2,0	11,1±0,1	6,1±0,2
Бурятская АССР, Баргузинский лесхоз	88,3	42,3±1,2	12,3±0,7	6,5±0,2
Алтайский край, Лебяжский лесхоз	81,7	38,8±2,5	10,8±0,6	6,1±0,2
Тюменская обл., Урайский лесхоз	85,0	31,4±0,8	9,8±0,3	5,2±0,2
Челябинская обл., Нязепетровский лесхоз	83,3	31,5±1,1	8,6±0,5	6,0±0,1
Челябинская обл., Анненский лесхоз	75,0	32,9±1,1	8,8±0,5	5,2±0,1
Челябинская обл., Кунашакский лесхоз	90,0	36,5±1,4	10,5±0,4	5,6±0,2
Челябинская обл., Еткульский лесхоз	83,3	37,5±1,5	10,4±0,7	5,2±0,1
Свердловская обл., Исовский лесхоз	85,0	35,2±1,2	10,1±0,5	5,7±0,2
Среднее	85,7	37,9	10,2	5,6
Сосна степная				
Читинская обл., Нерчинский лесхоз	83,3	40,3±1,5	9,8±0,4	4,8±0,1
Казахская ССР, Арык-Балыкский лесхоз	71,7	38,1±1,5	10,8±0,8	5,9±0,2
Среднее	77,5	39,2	10,3	5,4

третьем степной, а самую низкую сохранность имеет лесной подвид сосны. При этом культуры, выращенные из семян, собранных в разных лесхозах, показали различную сохранность; так, у сосны сибирской она колеблется от 70,0 до 96,7%, у сосны лесной от 35,3 до 88,3%.

Наблюдаются различия культур по высоте и толщине. Образцы бузулукского, велижского, оханского, дубровинского, молчановского, баргузинского происхождения выделяются лучшим ростом по высоте по сравнению с контролем, тогда как культуры лебяжского и урайского происхождения значительно отстают, о чем говорят вычисленные значения $t_{\text{разл}}$ ($t_{\text{разл}} > 3,0$).

Наибольший диаметр у культур Томской области и Бурятской АССР из подвидов сосны сибирская.

По длине хвои сосна сибирская превосходит лапландскую, тогда как у подвидов лесного, сибирского и степного длина хвои практически одинакова.

УДК 634.0.165.6

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА

С. А. ПЕТРОВ

Алма-Атинская лесная опытная станция КазНИИЛХА

Изучена изменчивость длины, диаметра, веса и формы желудей, высоты и диаметра плюски, длины плодоноса. Показано, что различный уровень метамерной изменчивости признаков характеризует разную степень их автономности по отношению к формирующим факторам внешней среды. Степень изменчивости признаков в популяции значительно выше, чем в метамерах кроны отдельных деревьев, что свидетельствует о наличии в популяции генотипического разнообразия и указывает на возможность искусственного отбора в селекционных целях.

Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) на юго-востоке Казахстана — интродуцированный вид. В новых условиях дуб прекрасно акклиматизировался и в настоящее время является одной из наиболее быстрорастущих и долголетних древесных пород, широко используемой в озеленительных посадках и лесных культурах [2], [5].

На современном этапе интродукция, как один из путей улучшения и пополнения региональных дендрофлор хозяйственно ценными видами и формами, не мыслится без детального изучения изменчивости признаков интродуцентов, так как изменчивость — основа любого отбора. В условиях юго-востока изменчивость признаков в искусственных популяциях дуба черешчатого изучена крайне неполно, что существенно снижает эффективность селекционной работы с этой ценнейшей древесной породой.

Изучали изменчивость признаков генеративных органов дуба черешчатого в экспериментальной популяции, созданной сеянцами в 1962 г. в Иссыкском опытно-показательном дендрарии КазНИИЛХА (Алма-Атинская область). В состав популяции входят около 400 особей, большинство из которых уже плодоносит, продуцируя вполне жизнеспособные желуди. Методом случайной выборки были отобраны 117 особей, у которых определяли длину, диаметр и вес желудей, их форму (отношение диаметра к длине), высоту и диаметр плюски, длину плодоноса. Наряду с метамерной изменчивостью, была исследована также популяционная изменчивость названных признаков. Обширный экспериментальный материал (всего выполнено около 22 500 различных измерений)* был обработан биометрическими методами, точность наблюдений изученных признаков не выходит за пределы 5%. Рассмотрим изменчивость отдельных признаков.

Длина желудей. Кривая частотного распределения длины желудей в популяции близка к кривой нормального распределения. Об этом свидетельствуют значительные величины ее эксцесса ($E = 0,214$) и асимметрии ($A = -0,078$). У некоторых деревьев, входящих в состав популяции, средняя длина желудей колеблется от $15,00 \pm 0,30$ до $33,98 \pm 0,20$ мм. Средняя длина желудей в популяции составила $27,28 \pm 0,08$ мм. Следовательно, деревья с наиболее крупными желудями превышают популяционную среднюю почти на 7 мм, или на 20%. Степень изменчивости длины желудей в метамерах кроны отдельных деревьев невысока (средний коэффициент вариации $S = 6,12\%$), изменчивость признака в популяции в 2,5 раза шире, чем в метамерах ($S = 15,18\%$).

Диаметр желудей. Частотное распределение желудей по величине их диаметров характеризуется кривой, также близкой к кривой нормального распределения ($E = 0,211$; $A = -0,056$). Средний диаметр желудей у отдельных деревьев варьирует от $7,35 \pm 0,16$ до $18,20 \pm 0,39$ мм при среднем значении признака в популяции $14,35 \pm 0,04$ мм. Превышение диаметра желудей у крупноплодных особей над средней популяционной величиной признака составляет 20—23%. Изменчивость диаметра желудей в пределах кроны отдельных деревьев незначительна (среднее значение $S = 6,78\%$), в популяции признак варьирует значительно шире ($S = 16,08\%$).

* В работе принимала участие П. А. Рязанцева.

Вес желудей. Вес плода — объемный признак. Поскольку объем представляет собой не сумму, а произведение высоты, диаметра и толщины, действие генов на вес плода является не арифметически аддитивным, а множественным, или мультипликативным [3]. Одно из следствий множественного действия генов, как отмечает Дж. Л. Брюейкер [3], заключается в том, что значения количественного признака в популяции не будут следовать нормальному распределению вероятностей. Действительно, как показывают наши исследования, распределение веса желудей в изученной популяции характеризуется кривой с левосторонней асимметрией, для которой $E = 2,70$; $m_E = 0,1012$; $A = 0,130$ и $m_A = 0,056$; нулевая гипотеза отвергается на 1%-ном уровне значимости. По мнению Мак-Артура (цит. по [3]), убедительным доказательством множественного действия генов служит корреляция средних значений признака и их вариантов. Однако при наличии множественного действия генов вариантса становится зависимой от средней, то есть при возрастании средних возрастают и их варианты. Нашими исследованиями выявлена тесная положительная корреляция между средним весом желудей и его вариансой ($r = 0,90 \pm 0,04$). Следовательно, вес желудей у дуба черешчатого обусловлен действием мультипликативного эффекта генов, что имеет большое значение при селекции на этот хозяйственно важный признак.

Средний вес желудей изменялся у отдельных деревьев от $1,23 \pm 0,05$ до $6,90 \pm 0,19$ г при среднем значении признака в популяции $3,61 \pm 0,04$ г. Среднеметамерный коэффициент вариации признака равен 16,91%, популяционный — 43,77%. Значение среднеметамерного коэффициента вариации веса желудей в 2,5 раза выше, чем их длины и диаметра. Здесь мы сталкиваемся с тем случаем [4], когда изменчивость веса плодов как бы складывается из изменчивости его составляющих (длины, ширины и толщины).

Форма желудей может быть охарактеризована отношением их диаметра к длине. В пределах кроны отдельных деревьев она достаточно устойчива (среднее значение $C = 6,64\%$), в популяции изменчивость ее значительно шире ($C = 15,76\%$). По форме желудей четко выделяются две крайние вариации дуба: с узкоцилиндрическими (отношение диаметра к длине 0,42—0,45) и широкоцилиндрическими (боченковидными) плодами (отношение диаметра к длине 0,63—0,65) с многочисленными переходными формами.

Диаметр плюски. К числу устойчивых в метамерах кроны количественных признаков нужно отнести и диаметр плюски (средний коэффициент вариации признака 6,80%). Средний диаметр плюски в популяции составляет $13,61 \pm 0,22$ мм с колебаниями у отдельных деревьев от $8,20 \pm 0,24$ до $19,84 \pm 0,15$ мм. Изменчивость диаметра плюски в популяции значительно сильнее ($C = 45,93\%$).

Высота плюски в метамерах кроны варьирует на более высоком уровне, чем ее диаметр ($C = 11,08\%$); несколько больше, по сравнению с метамерной, популяционная изменчивость этого признака ($C = 16,99\%$). Средняя высота плюски в исследованной популяции составляет $7,49 \pm 0,13$ мм с колебаниями у отдельных деревьев от $4,50 \pm 0,16$ до $10,45 \pm 0,11$ мм.

Длина плодоноса относится к наиболее подвижным из изученных признаков. Она довольно значительно варьирует как в метамерах кроны (среднее значение $C = 21,21\%$), так и в популяции ($C = 24,58\%$). Среднее значение признака в популяции составляет $40,25 \pm 1,22$ мм, у отдельных деревьев — от $20,98 \pm 0,70$ до $70,78 \pm 3,02$ мм. По длине плодоноса ясно выделяются две вариации дуба: с коротким (20—30 мм) и длинным (60—70 мм) плодоносом.

Приведенные материалы позволяют разделить все изученные признаки генеративных органов дуба черешчатого по степени устойчивости в метамерах кроны на три основные категории:

- 1) устойчивые — коэффициент изменчивости не превышает 7% (длина и диаметр желудей, их форма, диаметр плюски);
- 2) варьирующие на среднем уровне — коэффициенты вариации равны 11—17% (вес желудей, высота плюски);
- 3) неустойчивые — коэффициент изменчивости выше 20% (длина плодоноса).

Эволюцию организмов можно рассматривать как процесс последовательной автономизации отдельных, наиболее важных систем организма от влияния внешней среды, причем сама автономизация является элементом прогрессивной эволюции [1]. Очевидно, что к таким системам, прежде всего, относятся признаки генеративных органов, в частности, размеры цветков, плодов и семян. Показателем автономизации признаков может служить степень их устойчивости в метамерах кроны — устойчивые признаки (размеры и форма желудей) обладают наибольшей автономностью по отношению к условиям внешней среды. Автономизация этих признаков заключается в том, что их формирование и функционирование обусловлено в основном внутренними, генетическими причинами [1].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Берг Р. Л. Корреляционные плеяды и стабилизирующий отбор. — В сб.: Применение математических методов в биологии, III. Изд. ЛГУ, 1964. [2]. Бессчетнов 11*

П. П. Агробиологическая характеристика дуба в предгорной зоне Заилийского Алатау.— Труды КазСХИ, т. V, вып. 1. Алма-Ата, 1955. [3]. Брюс Бейкер Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика, М., «Колос», 1966. [4]. Мамаев С. А. Закономерности внутривидовой изменчивости семейства *Pinaceae* на Урале. Автореферат докторской диссертации. Свердловск, 1970. [5]. Скупченко Б. К., Романовская Е. А. Итоги интродукции древесных и кустарниковых растений в Иссыкском дендрарии за 1960—1967 гг.— В сб.: Научные основы восстановления лесного фонда и повышения продуктивности леса Казахстана.

УДК 621.43

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР НА АКТИВНЫЙ ХОД ПЛУНЖЕРА

Р. И. МАКАРЬИН

Архангельский лесотехнический институт

Экспериментально исследован характер изменения активного хода плунжера при износе плунжерных пар в эксплуатационных условиях. Обоснована необходимость контроля их гидравлической плотности при постоянной величине активного хода плунжера.

Гидравлическая плотность плунжерных пар при неизменных условиях их испытания в основном определяется активным ходом плунжера h и зазором в сопряжении δ . Об этом убедительно свидетельствуют результаты теоретических и экспериментальных исследований плунжерных пар ЯЗТА [2], показавшие, что активный ход плунжера при постоянном угле его поворота относительно втулки β изменяется в значительных пределах. Так, для новых плунжерных пар ЯЗТА, вследствие отклонений в размерах плунжера и втулки, при $\beta = 40^\circ$ активный ход плунжера изменяется в пределах 0,35—0,97 мм. Поскольку эти отклонения оказывают огромное влияние на оценочные параметры гидравлической плотности плунжерных пар, ее следует контролировать только при постоянном активном ходе (a не при $\beta = \text{const}$).

Обобщенная эмпирическая функция, выражающая зависимость максимально развиваемого давления от h и δ , полученная в результате математической обработки экспериментальных данных, имеет вид

$$P_{max} = (10,98 + 111,13h)e^{-0,14 \sqrt[4]{\delta^3}} \text{ Мн/м}^2,$$

где h — активный ход плунжера, измеренный при $\beta = 40^\circ$, мм;
 δ — диаметральный зазор, мкм.

Указанная зависимость была получена для рабочего диапазона диаметральных зазоров новых плунжерных пар ЯЗТА ($\delta = 0,6 \div 1,4$ мкм), динамическая плотность которых контролировалась на режиме частичной подачи при 250 об/мин и угле $\beta = 40^\circ$.

Износ плунжерных пар в процессе эксплуатации приводит не только к увеличению зазора в сопряжении, но и к изменению активного хода плунжера, что вызывает снижение гидравлической плотности. Обычно при оценке влияния износа плунжерных пар на гидравлическую плотность принимают во внимание только увеличение зазора в паре и совершенно пренебрегают изменением активного хода плунжера, то есть необоснованно полагают, что гидравлическая плотность данного сопряжения определяется только величиной зазора в паре.

Активный ход плунжера при износе плунжерных пар был измерен в зависимости от угла β для плунжерных пар с различным эксплуатационным износом на приспособлении, работающем от сжатого воздуха [2]. Среднее значение коэффициента изменчивости данного приспособления оказалось равным 1,24%, что свидетельствует о достаточно высокой точности контроля.

По результатам выполненных исследований на рис. 1 построены графики для 10 наиболее характерных плунжерных пар ЯЗТА, показывающие зависимость изменения активного хода плунжера от угла β . Кривая 1 характеризует изменение h от угла β новой плунжерной пары ($\delta = 1$ мкм); остальные кривые относятся к плунжерным парам с различной величиной эксплуатационного износа. Износ плунжерной пары в зоне всасывающего отверстия $\delta_{в}$ оценивали в соответствии с разработанной нами методикой [1], позволяющей наиболее точно рассчитать зазор и утечки топлива в данном сопряжении.

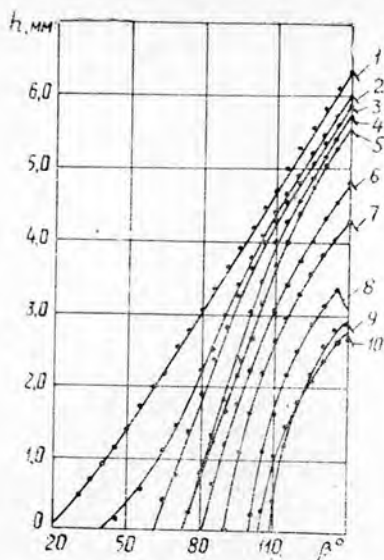


Рис. 1.

1 — $\delta_{\text{н}} = 0$; 2 — $\delta_{\text{н}} = 2,8$ мкм; 3 — $\delta_{\text{н}} = 3,6$ мкм;
 4 — $\delta_{\text{н}} = 3,8$ мкм; 5 — $\delta_{\text{н}} = 4,6$ мкм; 6 — $\delta_{\text{н}} =$
 = 5,0 мкм; 7 — $\delta_{\text{н}} = 5,7$ мкм; 8 — $\delta_{\text{н}} = 5,8$ мкм.
 9 — $\delta_{\text{н}} = 7,1$ мкм; 10 — $\delta_{\text{н}} = 7,6$ мкм.

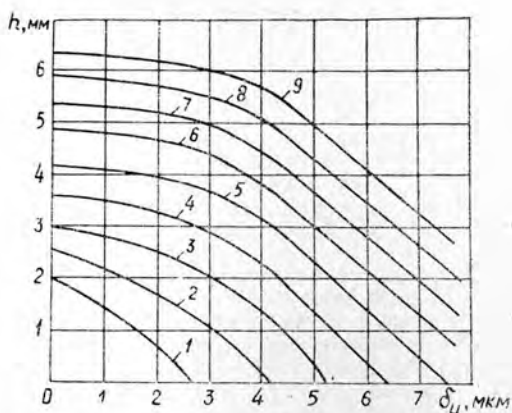


Рис. 2. Изменение активного хода плунжера при нарастании износа в зоне всасывающего отверстия плунжерной пары.

1 — $\beta = 60^\circ$; 2 — $\beta = 70^\circ$; 3 — $\beta = 80^\circ$; 4 — $\beta = 90^\circ$;
 5 — $\beta = 100^\circ$; 6 — $\beta = 110^\circ$; 7 — $\beta = 120^\circ$;
 8 — $\beta = 130^\circ$; 9 — $\beta = 140^\circ$.

Из рис. 1 видно, что характер зависимостей не претерпевает существенных изменений, а кривые смещаются вправо, в сторону больших значений углов β . Нарастание износа $\delta_{\text{н}}$ сопровождается одновременным увеличением крутизны характеристик. В количественном отношении активный ход плунжера при износе плунжерных пар в области больших значений углов β вначале уменьшается незначительно (рис. 2), а затем, начиная с $\delta_{\text{н}} = 3 \div 4$ мкм, изменяется более резко. Наибольшее же влияние износа плунжерных пар на активный ход плунжера проявляется при малых значениях углов β , которым соответствует максимальный износ плунжера.

Из сказанного следует, что к конструкции стенов для контроля гидравлической плотности плунжерных пар должно предъявляться дополнительное требование — обеспечение контроля плотности при одинаковой величине активного хода плунжера.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Макарьин Р. И. К вопросу об оценке износа плунжерной пары. — В сб.: Исследование конструкций и технологии производства и ремонта машин и механизмов лесной промышленности. Архангельск, 1972. [2]. Попов В. Ф., Макарьин Р. И. Исследование влияния зазора и активного хода плунжера на показатели динамической плотности плунжерных пар ЯЗТА. — Труды ЦНИТА, вып. 39, 1968.

УДК 634.0.812

О СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРАХ ПРИ ОКОРКЕ ДРЕВЕСИНЫ

О. В. ПОКРЫШКИН

КирНИИЛП

Приведены расчеты сил, действующих со стороны реза на кору и древесину, а также взаимодействие между ними при поперечной окорке. Расчеты произведены как для влажной, так и для мерзлой древесины.

В данной статье рассмотрен частный случай окорки древесины, когда вектор скорости резания расположен нормально к лезвию реза и направлению волокон.

Окорочный резец может иметь положительный передний угол (ножевые или фрезерные окорочные станки) или отрицательный передний угол (роторные окорочные станки). Рассмотрим последний случай.

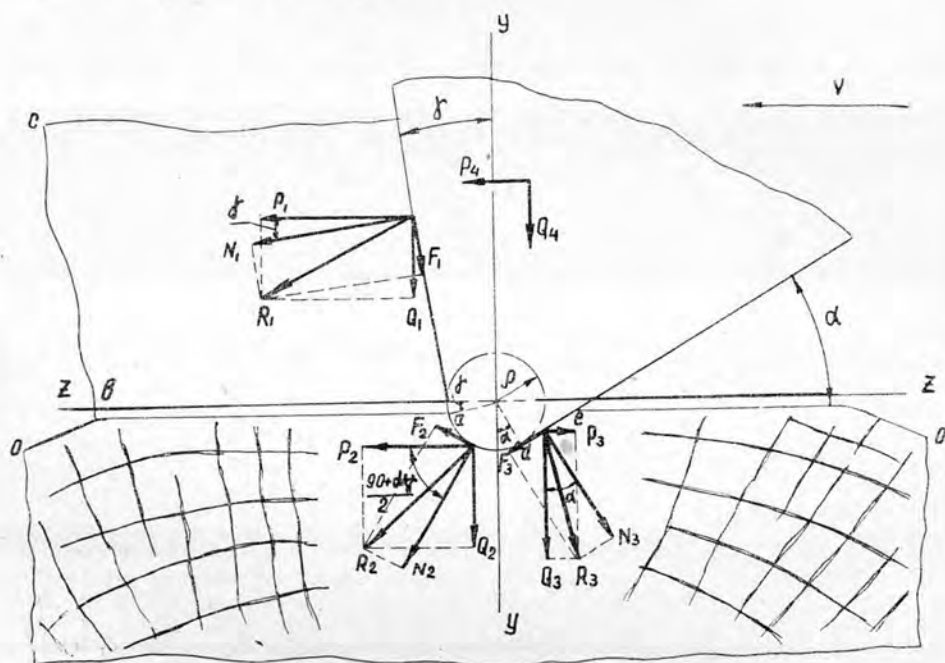


Рис. 1.

На рис. 1 приведена схема нормальных сил N и сил трения F , действующих со стороны реза на кору и древесину, при поперечной окорке. Спроектируем эти силы на две взаимно перпендикулярные оси координат: ось z параллельна, а y перпендикулярна вектору скорости окорки. Сумма проекций всех указанных сил на ось z дает величину касательной силы окорки

$$P_z = P_1 + P_2 - P_3 + P_4, \quad (1)$$

а сумма их проекций на ось y — величину силы прижима

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4. \quad (2)$$

След новой поверхности по камбиальному слою обозначим буквами OO' . При продвижении реза сружка отделяется по траектории abc (рис. 1).

Уточним такую особенность расчета. При окорке влажной древесины влияние толщины коры на силу P_z выражено менее резко, чем при окорке мерзлой древесины, поэтому в расчетных формулах величину толщины коры обычно прямо не учитывают. Однако по мере накопления экспериментального материала по поперечно-винтовой окорке древесины выяснено, что целесообразно пользоваться и формулами, включающими толщину коры, так как по мере увеличения диаметра бревна составляющие силы окорки (резания) тоже возрастают. В приведенных ниже расчетах величина толщины коры включена в основные формулы.

Касательную силу, действующую со стороны передней грани реза, определяют по уравнению

$$P_1 = q_1 bh (1 - \mu \operatorname{tg} \gamma), \quad (3)$$

где q_1 — среднее давление передней грани реза на поперечное сечение стружки, кгс/мм²;

b — ширина стружки, мм;

h — толщина стружки, мм;

γ — передний угол;

μ — коэффициент трения передней грани реза о стружку (кору);

$$q_1 = \frac{N_1 \cos \gamma}{hb}, \quad (4)$$

здесь N_1 — нормальная сила со стороны передней грани реза, кгс.

Величина q_1 , в основном, зависит от механических свойств коры, размеров стружки, величины переднего угла и скорости резания, а также от породы древесины, ее состояния и влажности. По результатам опытов при окорке мерзлой сплавной сосны величина q_1 составляет 0,4—0,8 кгс/мм², а при окорке влажной сосны 0,2—0,4 кгс/мм² для следующих условий: подача на резец U_z соответственно равна 25 и 10 мм, диаметр пиловочника 20 см (толщина коры 4,2 мм), абс. влажность $100 \pm 10\%$, скорость резания $v = 1,5$ м/с, угол резания 90° . Если $d = 50$ см, $v = 4,2$ м/с, $U_z = 12$ мм, то $q_1 = 0,3$ кгс/мм² (сосна мерзлая).

Составляющая сила прижима (кгс), действующая со стороны передней грани реза,

$$Q_1 = q_1 bh (\operatorname{tg} \gamma + \mu). \quad (5)$$

При отрицательном переднем угле появляются добавочные силы отжима со стороны древесины и коры. Поэтому при расчете сил, действующих на рабочую кромку, учитывают влияние этого угла на площадь контакта рабочей кромки короснимателя с древесиной. Во время окорки происходит механическое истирание поверхности рабочей кромки реза и разрушение ее при ударе реза о сучки и неровности. Износ рабочей кромки неравномерен. В первую очередь изнашивается передняя грань и нижняя часть реза. Поэтому расчет сил, действующих со стороны рабочей кромки на древесину по контуру ad , проведем исходя из среднего давления.

Рабочая кромка реза обычно бывает затуплена (радиус закругления $\rho = 0,1$ мм и выше), что облегчает копирование обрабатываемой поверхности и уменьшает повреждение древесины.

Касательная сила, действующая со стороны рабочей кромки,

$$P_2 = q_2 \pi \rho L \frac{90 + \alpha - \gamma}{180} \left(\cos \frac{90 + \alpha + \gamma}{2} + f \sin \frac{90 + \alpha + \gamma}{2} \right), \quad (6)$$

где q_2 — среднее давление рабочей кромки, приходящееся на единицу площади древесины, кгс/мм²;

L — длина рабочей кромки реза, мм;

α — задний угол;

f — коэффициент трения рабочей кромки о древесину.

Установлено, что при высококачественной окорке древесины давление q_2 в процессе работы должно изменяться незначительно, для чего следует постепенно повышать удельную силу прижима при затуплении реза и увеличении толщины коры. Величина q_2 в значительной степени зависит от радиуса закругления рабочей кромки, ее длины и состояния древесины. По результатам экспериментов, при окорке мерзлой сплавной ели величина q_2 составляет 1,0—1,2 кгс/мм², а при окорке влажной древесины 0,6—0,8 кгс/мм² (при $L = 50$ мм; $\rho = 0,5$ мм).

$$q_2 = \frac{N_2}{\pi \rho L \frac{90 + \alpha - \gamma}{180}}, \quad (7)$$

здесь N_2 — нормальная сила, действующая со стороны рабочей кромки реза, кгс.

Отметим, что сила N_2 направлена по биссектрисе угла $90 + \alpha - \gamma$. Точка приложения силы N_2 — центр круга, построенного радиусом рабочей кромки.

Составляющая сила прижима со стороны рабочей кромки

$$Q_2 = q_2 \pi \rho L \frac{90 + \alpha - \gamma}{180} \left(\sin \frac{90 + \alpha + \gamma}{2} - f \cos \frac{90 + \alpha + \gamma}{2} \right). \quad (8)$$

Задняя грань изнашивается медленнее, чем передняя. Это большей частью объясняется тем, что задний угол у резцов роторных окорочных станков имеет значительную величину ($30 \div 45^\circ$) и менее резко влияет на суммарные силы при окорке древесины.

Принимаем, что давление реза на древесину в точке e задней грани равно нулю, а в точке d не равно нулю, так как наблюдения показали, что износ по задней грани от точки e до d повышается. При этом задняя грань, кроме ровных поверхностей, продвигается через неровности и сучки.

По экспериментальным данным, касательная сила со стороны задней грани P_3 при задних углах 35 и 15° и радиусе закругления рабочей кромки $0,5$ мм составляет $5-10\%$ от силы P_z

$$P_3 = q_3 \pi \rho L \frac{90 - \alpha}{180} (f' \cos \alpha - \sin \alpha), \quad (9)$$

где q_3 — среднее давление реза, приходящееся на единицу площади древесины со стороны задней грани, кгс/мм²;

$$q_3 = \frac{N_3}{\pi \rho L \frac{90 - \alpha}{180}}, \quad (10)$$

здесь N_3 — нормальная сила со стороны задней грани, кгс.

Отметим, что сила N_3 направлена нормально к задней грани, а точка ее приложения расположена на линии de на расстоянии $2/3 de$ от точки e .

Коэффициент трения между задней гранью реза и древесиной

$$f' = \frac{F_3}{N_3},$$

где F_3 — сила трения между задней гранью реза и древесиной, кгс.

Составляющая сила прижима со стороны задней грани

$$Q_3 = q_3 \pi \rho L \frac{90 - \alpha}{180} (\cos \alpha + f' \sin \alpha). \quad (11)$$

Кроме того, в расчетах учтены силы P_4 и Q_4 , действующие на боковую грань реза,

$$P_4 = N_4 h \cos \gamma + \mu' P_6, \quad (12)$$

здесь N_4 — удельная нормальная сила со стороны боковой острой кромки реза и приходящаяся на 1 мм толщины коры, кгс/мм;

μ' — коэффициент трения между боковой гранью реза и корой;

P_6 — нормальная сила со стороны боковой грани.

Отметим, что сила P_4 в значительной степени зависит еще и от угла заострения боковой кромки ϵ . При $\epsilon = 60 \div 80^\circ$ (ель сплавная мерзлая) $\gamma = -10^\circ$, сила P_4 составляет $6-12\%$ от силы P_z .

Составляющая сила прижима со стороны боковой грани реза

$$Q_4 = N_4 h \sin \gamma + F_d, \quad (13)$$

где F_d — добавочная сила трения между боковой гранью реза и корой, появляющаяся при вертикальном перемещении реза, кгс.

Пример. Произведем окорку сплавного елового пиловочника диаметром 20 см при следующих данных: $q_1 = 0,15$ кгс/мм²; $b = 25$ мм; $\mu = \mu' = 0,25$; $\gamma = -10^\circ$; $q_2 = 0,8$ кгс/мм²; $\rho = 0,6$ мм; $\alpha = 30^\circ$; $L = 50$ мм; $f = f' = 0,2$; $q_3 = 0,4$ кгс/мм²; $N_4 = 0,5$ кгс/мм; $h = 4$ мм; $F_d = 2$ кгс; $P_6 = 8$ кгс.

По формулам (1), (3), (6), (9), (12) сила $P_z = 41,3$ кгс. По формулам (2), (5), (8), (11), (13) $Q = 60,9$ кгс.

Проведенные нами эксперименты показали, что расхождения между опытными и теоретическими значениями P_z и Q составляют соответственно $4,5$ и 6% .

Таким образом, зависимости, изложенные в данной статье, можно использовать для определения силовых параметров при поперечной окорке древесины.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ОДНОЙ ИНТЕРЕСНОЙ СТАТЬЕ*

В рассматриваемой статье Г. В. Савича затронут очень важный в теоретическом и практическом отношениях вопрос — о генотипической обусловленности продолжительности жизни каждого дерева.

Тезис автора, что продолжительность жизни каждого дерева в значительной степени зависит от генотипа, не вызывает сомнений. Поэтому попытку фактического обоснования и раскрытия закономерностей его проявления у древесных пород нужно всячески приветствовать.

На основании изучения отмирания и дифференциации деревьев в культурах сосны 10—30-летнего возраста автор приходит к выводу, что основным фактором в жизни отдельных деревьев следует признать индивидуальную изменчивость и связанную с нею индивидуальную продолжительность жизни.

Интересна попытка автора исследовать продолжительность жизни деревьев, выращенных из семян ширококромной сосны, а также увязать жизнеспособность деревьев в изучаемых культурах с характером строения корневой системы и числом смоляных ходов в хвое.

Не совсем правильно утверждение автора, что до сих пор лесоводы обращают недостаточно внимания индивидуальной изменчивости сосны. В наставлениях по рубкам ухода за лесом давно учитывается разнообразие деревьев по росту, характеру кроны и качеству ствола. Во многих классификациях деревьев в древостоях дифференциация деревьев объясняется не только влиянием экологических факторов, но и индивидуальной изменчивостью деревьев. Конечно, это не означает, что в области изучения и выявления значения индивидуальной изменчивости деревьев лесных пород уже все сделано. Здесь предстоит большая исследовательская работа на уровне современных знаний и методов изучения.

Нельзя согласиться с утверждением автора, что уже в 10-летних культурах сосны деревья отмирают в силу их генетической недолговечности или, как он выражается, «слабости». Приведенный фактический материал по изучению закономерностей естественного отбора в культурах сосны в Бегеневском мехлесхозе недостаточен для такого заключения. Заложена одна пробная площадь, строгая однородность ее не показана. Полученное распределение деревьев по группам высот не может служить исчерпывающим доказательством его обусловленности только генетической разнородностью деревьев, хотя оно с нею безусловно связано. Необходимо поставить методически выдержанные опыты на исключительно однородном экологическом и агротехническом фоне, с надлежащим отбором испытуемых растений.

Автор правильно считает, что число смоляных ходов — наследственный признак и пытается подтвердить это данными определения числа смоляных ходов в хвое, взятой с осевого побега прироста прошлого года у деревьев, различающихся по темпам роста. Однако методически эта работа выполнена не совсем удачно. Выявленные различия в числе смоляных ходов в хвоинках у деревьев хорошего роста, отставших в росте и погибающих может быть связано и с дифференциацией деревьев под влиянием экологических факторов.

Представляют интерес исследования автора в культурах сосны Вагановского лесничества Всеволожского парклесхоза под Ленинградом, созданных посадкой в 1959 г.

* Савич Г. В. О продолжительности жизни отдельных деревьев в культурах сосны. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5.

в сосняке бруснично-черничном. По результатам проведенных исследований автор приходит к заключению, что интенсивность роста коррелятивно связана с характером строения корневой системы и что число смоляных ходов в хвое даже 24-летних деревьев в какой-то степени характеризует индивидуальные качества последних. Неясно, почему выраженность этого признака должна ослабляться с возрастом дерева, если он характеризует индивидуальные, наследственные качества.

Заслуживает внимания выделение автором групп деревьев с поверхностной корневой системой и с хорошо развитым стержневым корнем. При этом Г. В. Савич полагает, что индивидуальная изменчивость деревьев тесно связана с наличием в древостоях разных генетических форм сосны: образующих поверхностную корневую систему или глубокую. Такие группы деревьев действительно имеются в древостоях и по-разному реагируют, например, на состояние водного режима почвы. Однако по материалам автора трудно придти к такому заключению, так как им были исследованы деревья в культурах, произведенных посадкой, но без учета деформации корней. Такие исследования необходимо проводить в культурах посевного или же в молодняках естественного происхождения.

В конце статьи Г. В. Савич пишет: «...основным фактором, не менее важным, чем естественный отбор в жизни отдельных деревьев, следует признать индивидуальную изменчивость деревьев и связанную с нею индивидуальную продолжительность их жизни». Здесь индивидуальная изменчивость противопоставляется естественному отбору, тогда как в учении Ч. Дарвина изменчивость рассматривается как важнейшая предпосылка естественного отбора.

Необходимость рассмотрения статьи Г. В. Савича связана с тем, что в ней поднят важный вопрос, разрешение которого имеет большое научно-теоретическое и практическое значение. Но в выборе объектов и методов исследования автором допущены погрешности. Высказанные замечания должны быть учтены при дальнейших исследованиях в этом направлении.

М. Д. Данилов.

Марийский политехнический институт.

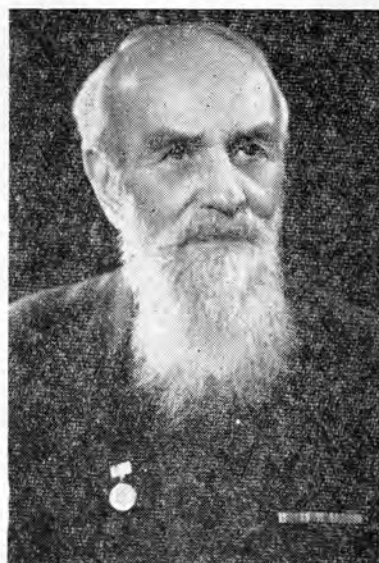
ЮБИЛЕИ

БОРИС ДМИТРИЕВИЧ ЖИЛКИН

К 80-летию со дня рождения

В 1975 г. исполняется 80 лет со дня рождения и 60 лет производственной, научно-педагогической и общественной деятельности заслуженного лесоведа Белорусской ССР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Бориса Дмитриевича Жилкина.

Б. Д. Жилкин родился в 1895 г. в семье помощника лесничего Гостынского лесничества Варшавской губернии. Работать в лесном хозяйстве начал с 1915 г. В июне



1917 г. окончил Петроградский лесной институт и был направлен на работу помощником лесничего Мамадышского лесничества Казанской губернии. Затем работал лесничим, лесоинспектором и заведующим лесоустроительной партией. С 1921 г. начинается его непрерывная плодотворная педагогическая и научно-исследовательская работа. В 1921—1926 гг. он работал в Лубянском лесном техникуме и Лубянском учебно-опытном лесничестве, созданных по его инициативе и при его деятельном участии. С 1926 г. Борис Дмитриевич — доцент, декан лесохозяйственного факультета Казанского сельскохозяйственного института, затем и. о. директора Казанского лесотехнического института.

С 1930 г. по 1947 г. он работал в Брянском лесохозяйственном институте. В 1931 г. был утвержден в звании профессора по лесоведению и лесоводству. В Брянском институте, кроме заведования кафедрой, он много лет был деканом факультета и заместителем директора по научной и учебной работе. Им многое сделано для развития этого института.

С 1947 г. Б. Д. Жилкин в течение 28 лет заведовал кафедрой лесоводства Белорусского лесотехнического (ныне технологического) института, а с 1 сентября 1974 г.,

в связи с переходом на пенсию, продолжает работать профессором-консультантом этой кафедры.

С участием Б. Д. Жилкина подготовлено свыше 6000 лесоводов и инженеров лесного хозяйства. Многие из них успешно защитили кандидатские и докторские диссертации и работают на разных кафедрах лесохозяйственных факультетов, в научно-исследовательских учреждениях и на руководящей работе в лесном хозяйстве.

Имя Бориса Дмитриевича Жилкина широко известно в нашей стране и за ее пределами. Им написано свыше 100 научных работ по вопросам дендрологии, биологии, экологии и типологии леса, ухода за лесом, влияния леса на водный баланс и повышения продуктивности лесов. Особенно большое научное и практическое значение имеют многолетние стационарные исследования по проблеме биологической мелиорации лесов культурой люпина. За эти работы им получены пять медалей участника ВСХВ, серебряная медаль ВДНХ СССР, ряд почетных грамот министерств. По этой теме Б. Д. Жилкиным защищена докторская диссертация.

В июле 1974 г. вышла в свет монография Б. Д. Жилкина «Повышение продуктивности сосновых насаждений культурой люпина», обобщающая многолетний опыт исследований, выполненных автором и его учениками по этой проблеме. Монография получила высокие оценки специалистов разных отраслей знания.

Широкая эрудиция, неугасающий энтузиазм, страстность и убежденность в правоте своих научных воззрений в сочетании с большой доброжелательностью характеризуют Бориса Дмитриевича как крупного ученого и прекрасного человека.

За плодотворную научную, учебно-воспитательную и общественную работу Б. Д. Жилкин награжден орденом Ленина и медалями.

Свое славное восьмидесятилетие Борис Дмитриевич встречает полным творческих замыслов. Его многочисленные ученики сердечно желают дорогому юбиляру крепкого здоровья, долгих лет жизни и дальнейших творческих успехов на благо нашей Родины!

Коллектив кафедры лесоводства
Белорусского технологического института

СОЛОМОН АБРАМОВИЧ САПОТНИЦКИЙ

К 60-летию со дня рождения

6 апреля 1975 г. исполнилось 60 лет доктору технических наук, профессору кафедры гидролизных производств Ленинградской лесотехнической академии Соломону Абрамовичу Сапотницкому.

Окончив в 1938 г. с отличием Ленинградскую лесотехническую академию, Соломон Абрамович работал на Ленинградском гидролизном заводе инженером-исследователем и начальником смены. С 1939 г. он в Советской Армии, где прошел всю Отечественную войну. В наиболее грозный период — осенью 1941 г. — вступил в ряды Коммунистической партии.

С 1945 г. в течение 20 лет С. А. Сапотницкий работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидролизной и сульфитно-спиртовой промышленности (ВНИИГС) сначала старшим научным сотрудником, а с 1954 г. — заведующим лабораторией переработки сульфитных щелоков. В период с 1962—1965 гг. он одновременно работал заместителем директора Института по научной части. В 1965 г. С. А. Сапотницкий был избран на должность доцента, а после защиты в 1966 г. докторской диссертации — профессора кафедры гидролизных производств Ленинградской лесотехнической академии, где и работает по настоящее время.

С. А. Сапотницкий — ведущий ученый в области теории и технологии переработки сульфитных щелоков. Им опубликовано 6 монографий и учебников, 110 научных статей, он получил 25 авторских свидетельств на изобретения.



Под руководством Соломона Абрамовича подготовлено значительное число кандидатов наук, инженеров и научных сотрудников. Наряду с научно-педагогической деятельностью С. А. Сапотницкий ведет большую общественную работу. Много лет он был научным руководителем студенческого научного общества академии.

С. А. Сапотницкий имеет пять правительственных наград.

Коллектив химико-технологического факультета и кафедра гидролизных производств академии желают Соломону Абрамовичу долгих лет жизни, доброго здоровья и дальнейшей плодотворной научной и педагогической деятельности!

Группа товарищей.

СОДЕРЖАНИЕ

Е. Д. Федотова. 30-я годовщина великой победы советского народа в Великой Отечественной войне	3
---	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. М. Еремин. Влияние избыточного увлажнения на анатомическую структуру коры сосны обыкновенной	7
Т. С. Момот. Синтез и обновление белков в изолированных корнях сосны обыкновенной и ели европейской в стерильной культуре	11
А. И. Баранов, А. И. Землянухин, М. А. Малофеева. Пути уменьшения повреждения семян при механической обработке	14
Е. Н. Самошкин. Действие химических мутагенов на рост сеянцев дуба черешчатого	18
В. С. Поляков, А. В. Полякова, И. А. Перепечен. Таблицы объемов стволов для культур сосны Брянского лесного массива	21
В. В. Марков, Г. Т. Румянцев, Н. М. Колпикова, Т. А. Бабак. Динамика естественного лесовозобновления при постепенной и группово-выборочной рубках	24
А. Д. Дударев, В. И. Душа, Н. Г. Косарев, В. В. Успенский. Рост и продуктивность представителей североамериканской дендрофлоры на Черноморском побережье Кавказа	28
В. А. Букштынов. О некоторых особенностях систем электроснабжения предприятий лесного хозяйства	32
М. А. Данилин. Влажность и плотность древесины осины с учетом пола	34

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

В. И. Пындак, И. В. Лямин. Экспериментальное исследование работы гидрофицированного тракторного погрузчика специальной конструкции	38
В. И. Драгунович, Б. И. Пугин. О приспособленности трелевочных тракторов к проведению текущих ремонтов	42
А. В. Жуков, Ю. Ю. Беленький, К. Б. Абрамович, А. И. Петрович. Исследование вертикальной динамики лесовозного автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803	45
С. И. Морозов. Влияние начальной неровности синусоидального вида на устойчивость верхнего строения пути железных дорог	50
В. В. Андронов. О формировании пакета железных лесоматериалов сжатием	59
Л. В. Мельников, К. А. Чекалкин. Экспериментальное исследование неравномерного движения водных парашютов	65

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

А. Н. Песоцкий, В. С. Ясинский. Сравнительный анализ различных схем технологических процессов лесопиления	71
Г. Д. Власов. О разработке теории максимальных поставок ее основоположниками Х. Л. Фельдманом и Д. Ф. Шапиро	75
В. К. Лобастов, А. И. Лукашенок. К вопросу синтеза многопозиционных древошерстных станков с бипланетарным приводом исполнительного органа	80
Н. А. Крылов, А. И. Потапов, М. Л. Бйричевский. Влияние непроклея на прочность клееной деревянной балки, загруженной равномерно распределенной нагрузкой	86
Л. И. Орлов. К расчету напряжений и деформаций в неоднородном материале древесных растений	90
Л. А. Бяльский, В. Е. Вайман. Статический гистерезис в прессованной древесине березы при сжатии вдоль волокон	94
Л. Л. Кротова. К вопросу об отеленных бассейнах на лесопильных заводах	96

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Е. А. Писаревская, Р. К. Боярская, Ю. Н. Непенин. Исследование сульфированных углеводов, образующихся при бисульфитной варке ели	98
--	----

А. Н. Обливин, Г. Н. Афанасьев. Метод определения формальдегида и метанола, выделяющихся при поликонденсации смол в условиях горячего пресования древесностружечных плит	104
Т. И. Прохорчук, Э. М. Цацка, Н. В. Фердинанд. К вопросу о выделении пирокатехина из газогенераторной кислой воды	108
В. В. Некрасов, О. М. Соколов, И. М. Боховкин. О сольватации сульфатного лигнина в некоторых органических растворителях	114
М. М. Чочиева, С. Д. Антоновский, Т. И. Агишева. О вязкостных свойствах водных растворов арабогалактана лиственницы сибирской	117
Г. Ф. Прокшин, Л. М. Софрыгина, В. Н. Пиялкин, В. Я. Мухина. О причинах окрашивания фракции жирных кислот при ректификации таллового масла	121
А. М. Сорокин, М. Я. Гашкова. Газовый режим технологической щепы в связи с изменением ее качества и плотности при открытом хранении	125

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Н. Ф. Ковалев, И. В. Турлай. Вопросы анализа систем массового обслуживания лесозаготовок с учетом надежности механизмов	130
Д. Л. Дудюк. Влияние характеристик продолжительности цикла на загрузку оборудования	134
С. В. Дмитриев, Г. Ф. Шестаковский. Математическое моделирование процесса пиления пильными цепями	136

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

И. В. Воронин, А. Н. Баглай. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений при выращивании культур сосны в условиях Воронежской области	140
А. П. Петров, Л. Г. Тевосова. Методы установления оптимальных размеров производств по использованию низкосортной древесины и древесных отходов	145
А. В. Пластинин. Производственные функции и предельные показатели в расчетах эффективности производства на гидролизных предприятиях	148
Б. И. Павлов, Г. В. Давыдова. Нормирование экономического освоения вводимых в действие предприятий целлюлозно-бумажной промышленности	154

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Н. В. Подзоров. Промышленная пыль и жизнедеятельность сосны в пригородных лесах Ленинграда	158
А. И. Видякин, Н. Х. Хасанов. О влиянии происхождения семян на рост сосны в Предуралье	160
С. А. Петров. Изменчивость признаков генеративных органов дуба черешчатого на юго-востоке Казахстана	162
Р. И. Макарьин. Влияние износа плунжерных пар на активный ход плунжера	164
О. В. Покрышкин. О силовых параметрах при окорке древесины	166

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

М. Д. Данилов. Некоторые замечания по одной интересной статье	169
---	-----

ЮБИЛЕИ

Коллектив кафедры лесоводства БелТИ. Борис Дмитриевич Жилкин	171
Группа товарищей. Соломон Абрамович Сапотницкий	172

CONTENTS

<i>E. D. Fedotova.</i> 30-th Anniversary of Great Victory of Soviet People in the Great Patriotic War	3
---	---

The Forestry

<i>V. M. Eremin.</i> Influence of the excessive moistening on the anatomic structure of the Common pine bark	7
<i>T. S. Momot.</i> The synthesis and turnover of the proteins in isolated roots of <i>Pinus silvestris</i> L. and <i>Picea abies</i> (L.) Karst. under sterile conditions	11
<i>A. I. Baranov, A. I. Zemlyanuhin, M. A. Malofeeva.</i> The ways of the diminishing of breaking down the grains in the mechanical process	14
<i>E. N. Samoshkin.</i> Influence of the chemical mutagenes on the growth of summer oak seedlings	18
<i>V. C. Polyakov, A. B. Polyakova, I. A. Perepechen.</i> Tables of stem volumes for pines of the Briansk forests	21
<i>V. V. Markov, G. T. Rumyantsev, N. M. Kolpikova, T. A. Babak.</i> Natural reforestation dynamics in connection with gradual and group-selection cuttings	24
<i>A. D. Dudarev, V. I. Dusha, N. G. Kosarev, V. V. Uspensky.</i> The growing of North american trees on the Caucasus's coast-line Black Sea	28
<i>V. A. Bukshntinov.</i> On some peculiarities of electrical-supplying systems at forestry enterprises	32
<i>M. A. Danylin.</i> Moisture and density of aspen wood depending on sex	34

THE FOREST EXPLOATATION

<i>V. I. Pindak, I. V. Lyamin.</i> Experimental investigation of hydrolic tractor-loader of special design in work	38
<i>V. I. Dragunovitch, B. I. Pugin.</i> On adaptability of skidding trucks for current repairs	42
<i>A. V. Zhukov, Iu. Iu, Belenky, K. B. Abramovich, A. I. Petrovich.</i> Investigation of vertical dynamics of the timber autotrain MAZ-509+TMZ-803	45
<i>S. I. Morosov.</i> Influence of initial unevenness of sinusoidal form on the stability of long welded rails	50
<i>V. V. Andronov.</i> On the formation of round wood packages by pressing	59
<i>L. V. Melnikov, K. A. Chekalkin.</i> Experimental research of uneven motion of water parachutes	65

MACHINING WOODWORKING

<i>A. N. Pesotsky, V. S. Yasinsky.</i> The comparative analysis of the sawmill technological processes	71
<i>G. D. Vlasov.</i> On working out the theory of optimal cutting diagrams by its founders H. L. Feldman and D. F. Shapiro	75
<i>V. K. Lobastov, A. U. Lukashenkov.</i> Some information about manypositional woodshaving lathes with twoplane drive of performing instrument	80
<i>N. A. Krilov, A. I. Potapov, M. L. Birihevsky.</i> Influence of poor glueing on the strength of glued wooden beam with uniformly distributed load	86
<i>L. I. Orlov.</i> The calculation of tension and deformation in heterogeneous wood plants material	90
<i>V. A. Byalsky, V. E. Vaiman.</i> Statical hysteresis in pressed birchwood under Compression along fibre	94
<i>L. L. Krotova.</i> On heated pools at sawmills	96

CHEMICAL WOODWORKIND

<i>E. A. Pisarevskaya, R. K. Boyarskaya, Ju. N. Nepenin.</i> Sulphonated carbohydrates studies during spruce bisulphite pulping	98
<i>A. N. Obltvin, G. N. Afanasiev.</i> The method of distinguishing formaldehyde and methanole educed during polycondensation of resins in the conditions of hot pressing of chip-boards	104

<i>T. I. Prokhorchuk, E. M. Tsatska, N. V. Ferdinand.</i> Some aspects of pyrocatechol isolation from the acidic water produced on woodwaste gasification	108
<i>V. V. Nekrasov, O. M. Sokolov, I. M. Bokhovkin.</i> About solvation of sulphate lignin in certain organic solvents	114
<i>M. M. Chochieva, S. D. Antonovskiy, T. I. Agisheva.</i> About viscosity properties on aqueous solutions of arabogalactan in siberian larch	117
<i>G. F. Prokshin, L. M. Sofrigina, V. N. Piyalkin, V. J. Muhina.</i> About the reasons of colour fat acids under the rectification of talle oil	121
<i>A. M. Sorokin, M. J. Gashkova.</i> Gas regime of chips in relation with quality and density changes at outside storage	125

**COMPOSITE MECHANIZATION
AND AUTOMATION PROCESSES OF PRODUCTION**

<i>N. F. Kovalev, I. V. Turly.</i> Aspects of analysis of the systems of mass processing of Logging concerning the reliability of mechanisms	130
<i>D. L. Dudjuk.</i> The influence of the cycle length characteristics on the equipment capacity	134
<i>S. V. Dmitriev, G. F. Shestakovskiy.</i> Mathematical simulation of the chain saw process	136

ECONOMIC AND ORGANISATION OF THE PRODUCTION

<i>I. V. Voronin, A. N. Bagly.</i> The economic effectiveness of applying mineral fertillizers while growing pines in Voronezg region	140
<i>A. P. Petrov, L. G. Tevosova.</i> The optimisation of production capacity for low-grade wood and waste utilization, theory and methods	145
<i>A. V. Plustinin.</i> Production functions and marginal indexes in the calculation of the efficiency of production at wood-chemical enterprisses	148
<i>B. I. Pavlov, G. V. Davidova.</i> The economic planning of the commissioning of new pulp and paper mills	154

SHORT REPORTS AND EXCHANGE BY EXPERIENCE

<i>N. V. Podzorov.</i> Industrial dust and development of pine on the Leningrad region	158
<i>A. I. Vldyakin, N. H. Hasanov.</i> About the influence of the origin of the seeds to the growth of pine (<i>Pinus silvestris</i>) in the Pre-Urals	160
<i>S. A. Petrov.</i> Traits variability of generative organs in <i>Quercus robur</i> in the south-east Kazakhstan SSR	162
<i>R. I. Makaryin.</i> Wear effect of plunger couples on active stroke of plunger	164
<i>O. V. Pokrishkin.</i> Force characteristics in wood barking	166

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>M. D. Danilov.</i> Some remarks about an interesting article	169
---	-----

JUBILEES

<i>The group of the Byelorussian technological institut' chair of Forestry.</i> <i>B. D. Zhilkin</i>	171
<i>The group of collegas.</i> <i>S. A. Sapotnitsky</i>	172

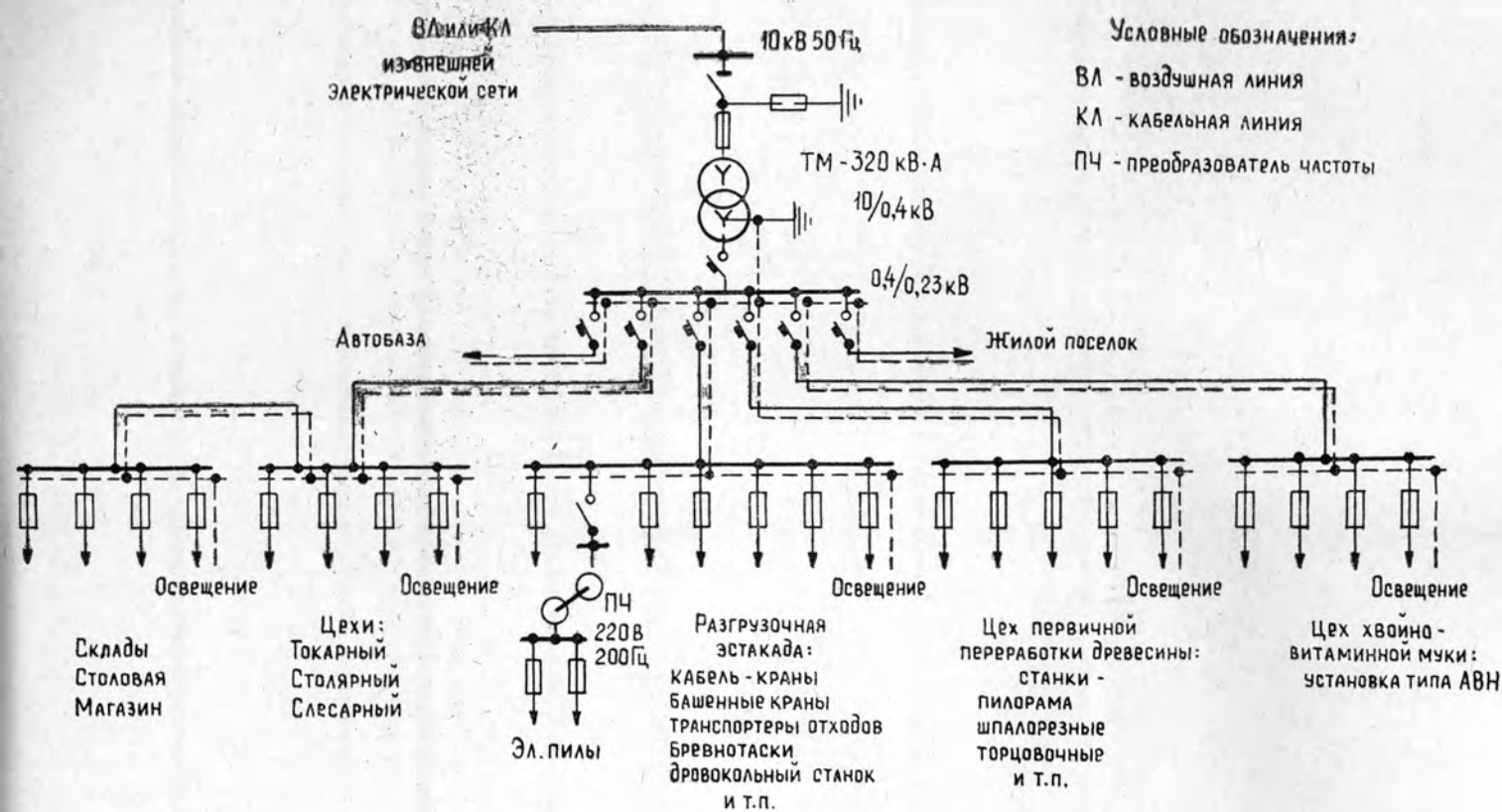


Рис. 1. Структурная схема электроснабжения комплексного лесохозяйственного предприятия.

Условные обозначения:
 ВЛ - воздушная линия
 КЛ - кабельная линия
 ПЧ - преобразователь частоты

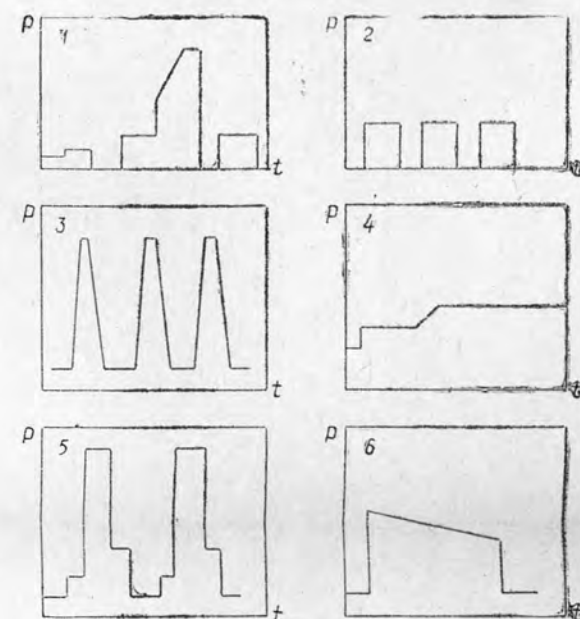


Рис. 2. Примерные индивидуальные графики работы отдельных механизмов, используемых на предприятиях лесного хозяйства.

1 — разгрузка хлыстов лебедкой; 2 — разделка хлыстов электропилами; 3 — раскалывание дров дровокольным станком; 4 — сортировка древесины транспортером; 5 — шпалопиление; 6 — продольная распиловка на пилораме; P — мощность; t — время.

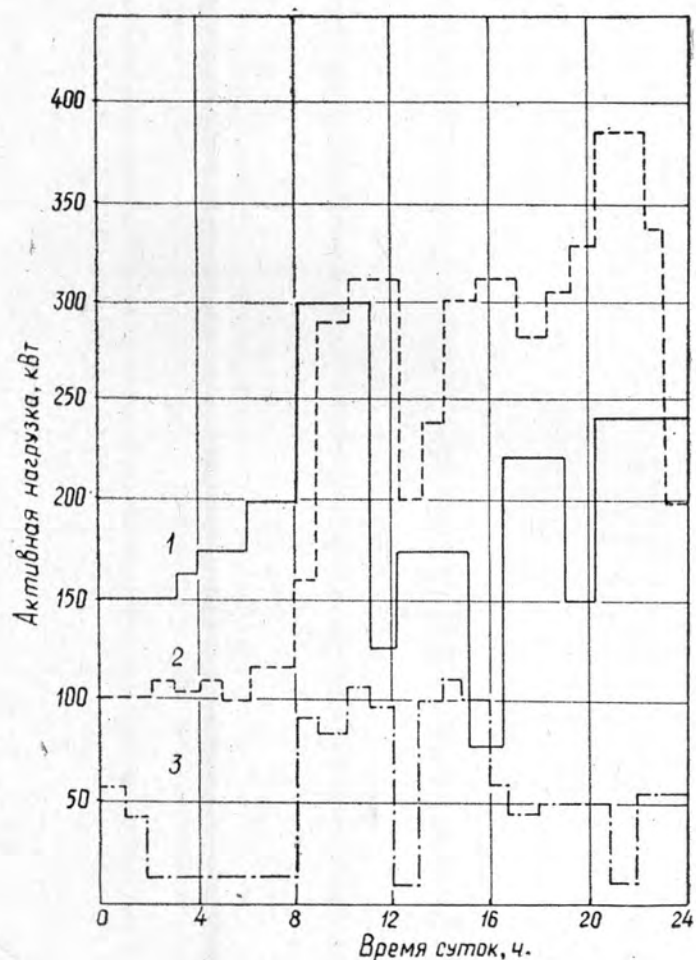


Рис. 3. Примерные суточные графики активной электрической нагрузки лесохозяйственных предприятий.

1 — Первомайский лесокombинат (Чувашская АССР); 2 — Первомайский леспромхоз (Краснодарский край); 3 — Карымский лесхоз (Читинская область).

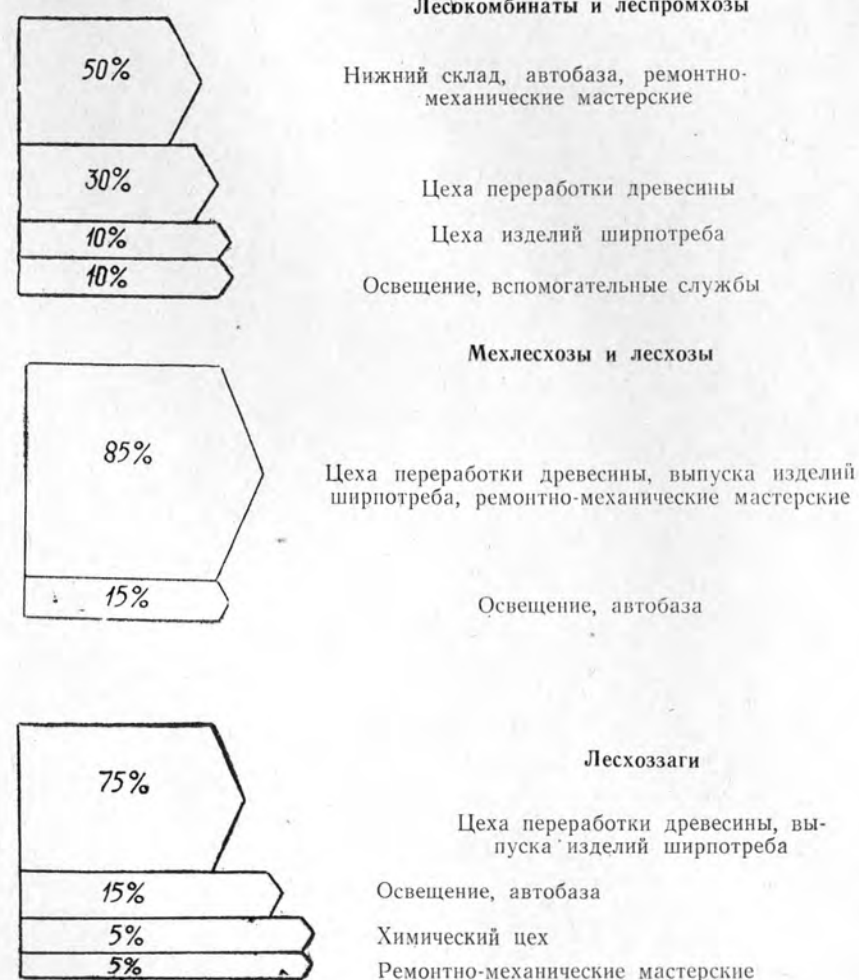


Рис. 4. Структура расхода электроэнергии комплексными предприятиями лесного хозяйства.

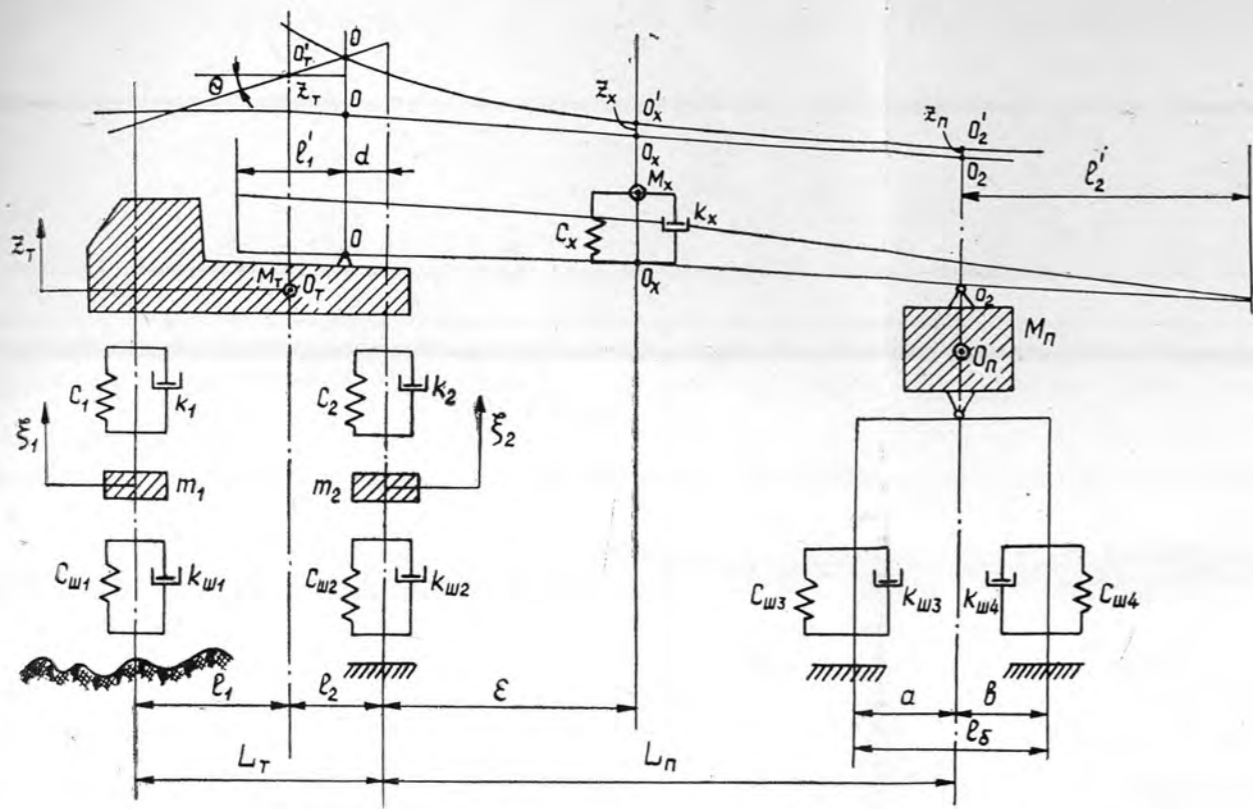


Рис. 1. Колебательная схема для лесовозного автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 (колебания в продольной вертикальной плоскости).

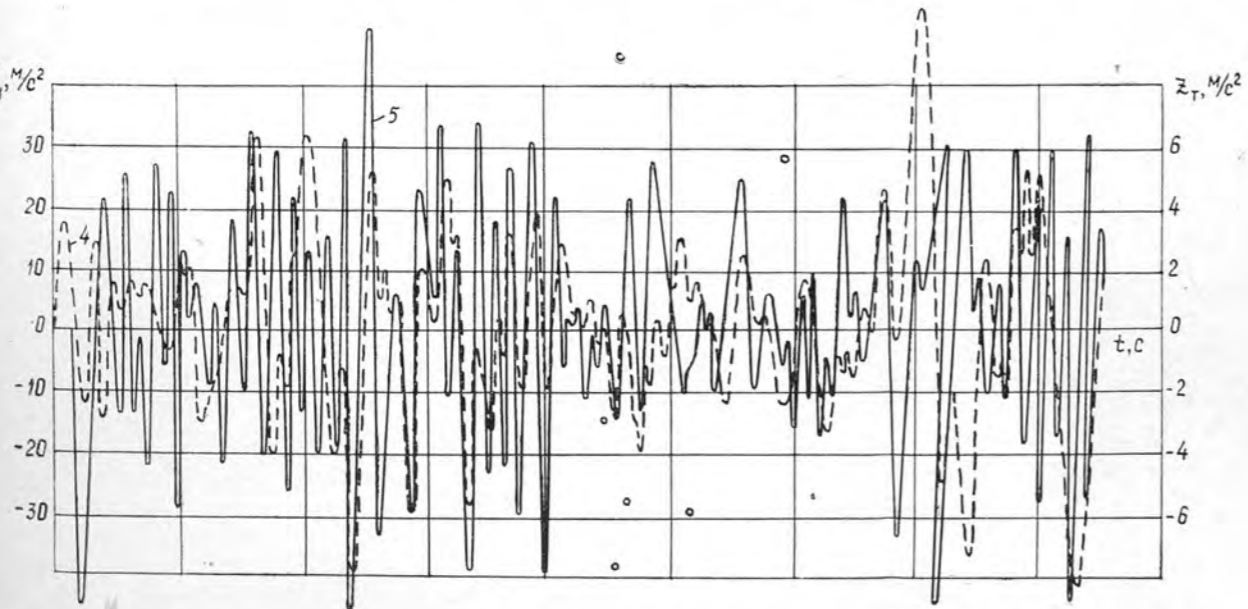
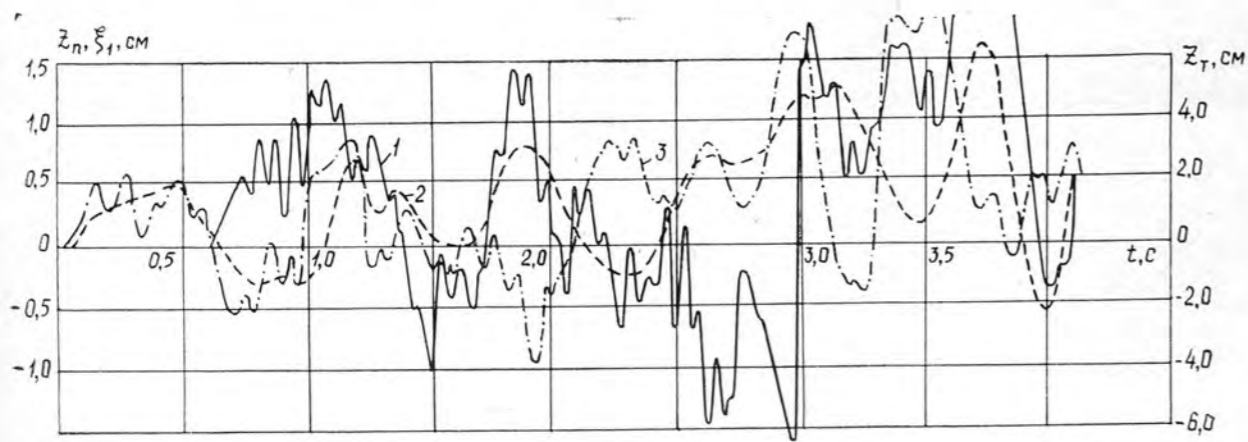


Рис. 2. Зависимости вертикальных ускорений и перемещений масс автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 от времени при движении его по булыжному шоссе со скоростью 70 км/ч.

$$1 - z_n = f(t); \quad 2 - z_T = f(t); \quad 3 - \xi_1 = f(t); \quad 4 - z_T = f(t); \quad 5 - \xi_1 = f(t).$$

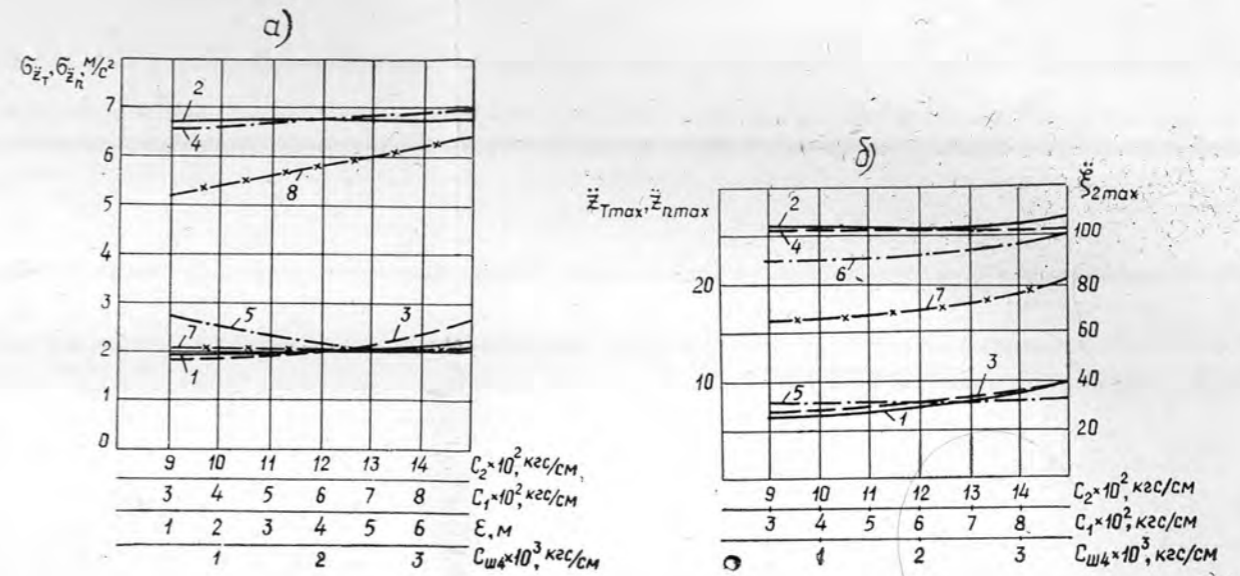


Рис. 3. Зависимости вертикальных ускорений лесовозного автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 от его параметров при движении по участку дороги с булыжным покрытием ($v = 50$ км/ч).

- а) 1 - $\sigma_{z_T} = f(c_2)$; 2 - $\sigma_{z_n} = f(c_2)$; 3 - $\sigma_{z_T} = f(c_1)$; 4 - $\sigma_{z_n} = f(c_1)$; 5 - $\sigma_{z_T} = f(\epsilon)$; 6 - $\sigma_{z_n} = f(\epsilon)$; 7 - $\sigma_{z_T} = f(c_{ш4})$; 8 - $\sigma_{z_n} = f(c_{ш4})$;
 б) 1 - $\ddot{z}_{T \max} = f(c_2)$; 2 - $\ddot{z}_{n \max} = f(c_2)$; 3 - $\ddot{z}_{T \max} = f(c_1)$; 4 - $\ddot{z}_{n \max} = f(c_1)$;
 5 - $\ddot{z}_{T \max} = f(c_{ш4})$; 6 - $\ddot{z}_{n \max} = f(c_{ш4})$; 7 - $\ddot{\xi}_1 \max = f(c_2)$.

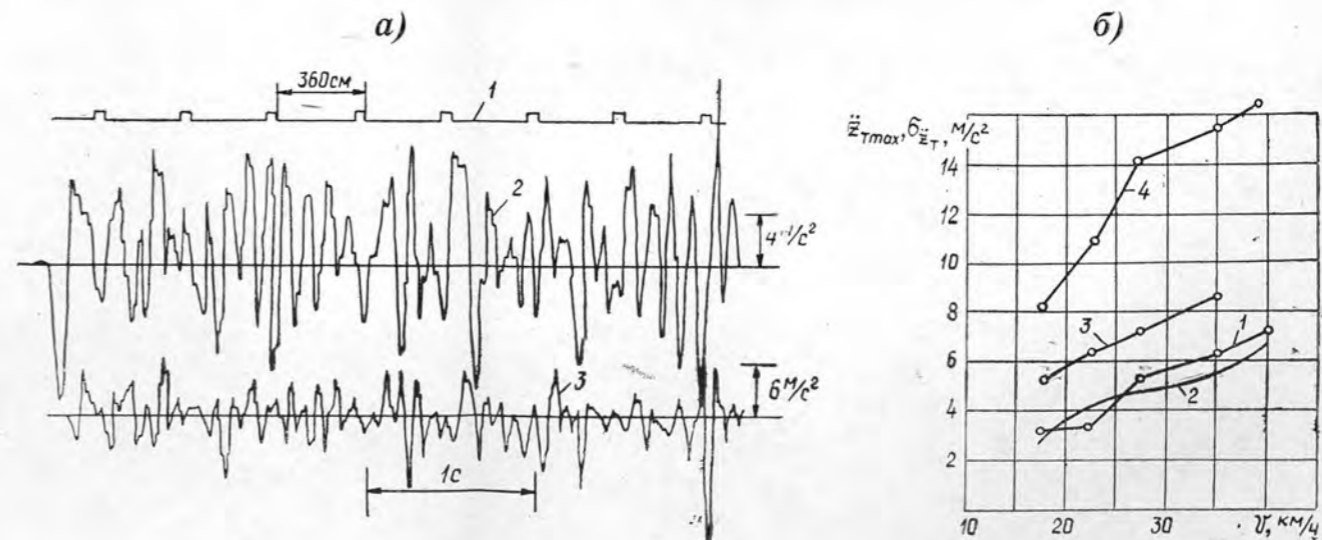


Рис. 4. Экспериментальные графики вертикальных ускорений лесовозного автомобиля МАЗ-509 (гравийная дорога).

- а) образец осциллограммы: 1 - путь; 2 - задняя ось; 3 - поддресоренная масса; б) зависимость $\ddot{z}_{T \max}$ и $\ddot{z}_{n \max}$ от скорости движения: 1, 2 - $\sigma_{z_T}^{\max}$ (1 - экспериментальная кривая; 2 - теоретическая кривая; $\sigma_n = 1,15$ см); 3, 4 - экспериментальные кривые (3 - $\sigma_{z_T}^{\max}$; 4 - $\ddot{z}_{T \max}$; $\sigma_n = 3,8$ см).

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь
на журнал на 1975 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск-7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

05.
ИЗБ2

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ



2
1975