

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

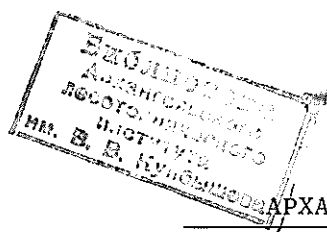
Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

4

1990



АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), проф. О. М. Соколов (зам. гл. редактора), проф. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), канд. техн. наук Н. Г. Багаев, проф. Н. М. Белая, проф. С. П. Бойков, проф. Ю. Г. Бутко, проф. А. В. Веретенников, доц. Е. Д. Гельфанд, проф. И. И. Гусев, проф. Р. Е. Калитевский, проф. А. Н. Кириллов, проф. Н. П. Коваленко, проф. Э. Д. Левин, проф. Е. Г. Мозолева, доц. О. А. Неволин, проф. А. Н. Обливин, проф. А. Р. Родин, д-р биол. наук Л. П. Рысин, проф. В. П. Рябчук, проф. Е. Д. Сабо, проф. В. И. Санев, канд. с.-х. наук С. Г. Синицын, проф. Н. И. Федоров, проф. В. Я. Харитонов, канд. с.-х. наук Г. А. Чибисов, проф. Г. М. Шутов, проф. В. В. Щелкунов, проф. А. А. Эльберт.

Ответственный секретарь Р. В. Белякова.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор Л. С. Окулова. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдан в набор 14.05.90. Подписан в печать 27.09.90.
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 13,075. Усл. кр.-отт. 13,075. Уч.-изд. л. 15,47. Тираж 1500 экз. Заказ 3754. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, наб. В. И. Ленина, 17, тел. 4-13-37.

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*237 : 674.032.477.62

**МОЖЖЕВЕЛЬНИК КАЗАЦКИЙ
КАК ЗАКРЕПИТЕЛЬ МЕЛОВЫХ ОВРАГОВ**

В. М. ИВОНИН, А. В. ПРАХОВ

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
ВНИАЛМИ

Оврагообразование в мелах определяется их трещиноватостью, слабой цементацией, большой влагоемкостью и низкой морозоустойчивостью. Линейная эрозия в таких условиях сопровождается поверхностными и глубинными формами карста. Причиной развития оврагов на меловых склонах обычно являются желобковые карры или цепочки коррозионных (карстовых) воронок [2].

Закрепление меловых оврагов затруднено: с одной стороны, глубинными карстовыми процессами, вызывающими аварии противоэрозийных гидротехнических сооружений; с другой, плохими лесорастительными условиями, приводящими к гибели культур.

Исследования по облесению меловых склонов в бассейне Среднего Дона и испытания некоторых древесных пород на микротеррасах и террасах [4] показали, что растения отличаются замедленным ростом, карликовыми размерами, сильно угнетены. Успешное облесение меловых обнажений и неразвитых почв на склонах возможно лишь при террасировании и землевании полотна террас гумусированным мелкоземом слоем не менее 10 см с последующей посадкой сосен обыкновенной, крымской, а также робинии.

Однако создание лесных культур по этой технологии требует значительных затрат, а главное, ограничено на склонах с достаточно мощными рыхлыми покровными образованиями. Борта же меловых оврагов представляют собой обнажения плотной крупноглыбистой или монолитной толщи мела значительной крутизны (до 80°), террасирование которых в настоящее время практически неосуществимо.

Поэтому актуальна задача закрепления меловых оврагов дешевыми и надежными способами.

Таблица 1

Глубина, м	Порода	Содержание, %, фракций, мм							
		1,0... 0,5	0,50... 0,25	0,25... 0,10	0,10... 0,05	0,05... 0,01	0,010... 0,005	0,005... 0,001	< 0,001
0,05	Гумусовый слой с корнями	4,0	8,0	4,2	12,9	17,0	9,0	34,9	10,0
0,5	То же, белесоватый налет	7,1	12,9	5,2	11,8	16,1	8,9	29,7	8,3
1,5	Мел	2,3	11,9	8,2	26,7	24,7	3,6	18,5	4,1
5,0 (дно)	Слонстый аллювий с включенным щебня	2,3	18,2	0,2	18,0	33,3	3,8	18,4	5,8

Исследования проводили в 1984—1987 гг. в Клетском районе Волгоградской области (сухая степь, каштановые почвы) на коренном берегу р. Дон и балочных склонах с примитивными почвами и меловыми обнажениями, где мощность мелов достигает 40...60 м.

По глубине врезов исследуемых оврагов в гранулометрическом составе мела (табл. 1) преобладают частицы размером 0,01...0,1 мм (более 50 %). В покровных рыхлых образованиях содержание глинистой фракции возрастает до 29...35 %. Анализ суммарных кривых гранулометрического состава свидетельствует о большой неоднородности фракций (коэффициент неоднородности достигает 30).

Изучение физико-механических характеристик пород по глубине вреза оврагов (табл. 2) показало, что мел обладает высокими пределами пластичности (17...33 %). Его естественная влажность (в летний период) очень низка (до 1,9 %), плотность скелета невысока (1090 кг/м³), порозность достигает 57 %, а коэффициент порозности — 1,34.

Таблица 2

Глубина, %	Гумус, %	Корни, %	Влажность, %			Число пла- стич- ности	Удель- ная масса, кг/м ³	Плот- ность скелета, кг/м ³	По- роз- ность, %	Ко- эффи- циент пороз- ности	Коэф- фици- ент водо- насы- щения
			есте- ствен- ная	на границе							
				теку- чести	рас- каты- вания						
0,05	2,5	7,8	10,7	35,3	17,1	18,2	2530	1030	59,2	1,46	0,186
0,5	1,2	3,6	10,4	37,2	19,5	17,7	2510	1120	55,4	1,24	0,210
1,5	0,4	0	1,9	32,8	17,8	15,0	2550	1090	57,2	1,34	0,035
5,0 (дно)	0,4	0,1	13,0	30,0	15,1	14,9	2440	1080	55,7	1,26	0,252

Толща мела характеризуется полным отсутствием корней и низким содержанием гумуса (0,4 %). В покровных рыхлых образованиях содержание гумуса увеличивается до 1,2...2,5 %, а корней до 3,6...7,8 % (растительность представлена изреженными ценозами полукустарничков иссопа и чабреца меловых и др.).

Спротивление сдвигу трещиноватого мела определяется только силами внутреннего трения (коэффициент 0,35), так как по трещинам



Рис. 1. Побег можжевельника на борту мелового оврага

(иногда с глинистыми заполнителями) силы сцепления практически отсутствуют (в покровных образованиях сцепление не превышает 0,01 МПа). Это характеризует неустойчивость овражных бортов.

Очевидно, большая влагоемкость и своеобразие прочностных характеристик мелов (полное отсутствие сил сцепления) объясняет факт активизации гравитационных процессов на террасах. Наряду с неблагоприятными для большинства древесных растений характеристиками состава, физикохимических и других свойств мелов, это обрекает на неудачу лесные культуры по террасам.

Наблюдения показали, что в исследуемом регионе на меловых обнажениях, в том числе на оврагах, и примитивных почвах естественно произрастает можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) в форме стелющегося кустарника, образующего клоны самых разнообразных плановых очертаний (круги, эллипсы, звезды с различным числом лучей, многоугольники и др.).

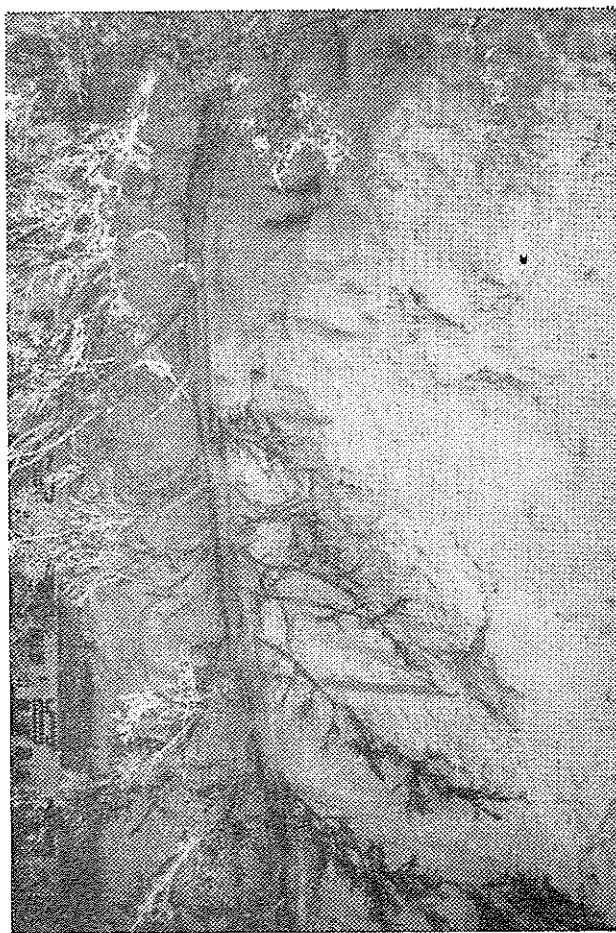


Рис. 2. Внедрение побега можжевельника в меловую толщу овражного борта

Процессы самозарастания оврагов протекают следующим образом. В приовражной (прибровочной) зоне в процессе роста клона или расширения оврага побеги можжевельника под действием силы тяжести опускаются вниз по борту оврага. Под влиянием геотропизма верху-

шечные (неодревесневшие) части таких побегов (длиной 30...40 см) плавно изгибаются вверх (рис. 1).

Одревесневшие части побегов, протянувшиеся вниз по борту, выполняют функции трансформаторов ветровой энергии в упругие колебания и денудацию поверхности мела, т. е. растения служат фактором экзогенных процессов в первый период самозарастания оврагов. Подтверждение этого факта находим и у других исследователей [3]. При этом указывается, что точечная денудация склонов мала, но она постепенно образует формы нанорельефа и подготавливает обломочный материал к дальнейшему перемещению.

Такие желобковые (вытянутые по овражным бортам) формы нанорельефа концентрируют сток даже при небольших осадках и временно усиливают локальную эрозию бортов (хвоинки побегов разных порядков сосредоточивают капельки стекающей воды к основному побегу). Желобковый нанорельеф углубляется и под воздействием на мел смол и эфирного масла (сабиноль), содержащихся в побегах.

В результате побеги на бортах по всей длине постепенно внедряются в толщу мела (рис. 2). Густая хвоя побегов способствует аккумуляции осыпавшегося материала покровных образований приовражной зоны с повышенным содержанием гумуса и глинистых частиц, что улучшает условия укоренения и разрастания побегов. При этом описанные процессы повторяются.

В итоге меловой овраг оказывается полностью или частично затянутым покровом можжевельника мощностью 20...60 см.

В покрове можжевельника часто наблюдается «дырчатость», объясняющаяся не столько пестротой лесорастительных условий, сколько незавершенными процессами самозарастания оврагов (рис. 3). Небольшие овраги цирковидной формы в плане полностью затягиваются можжевельником в течение 18...22 лет (рис. 4).

Раскопки показали, что главные корни клонов по трещинам проникают в толщу мела на глубину 6 м и более. При этом в местах усиленной трещиноватости разрастаются мочки корней. Основная масса

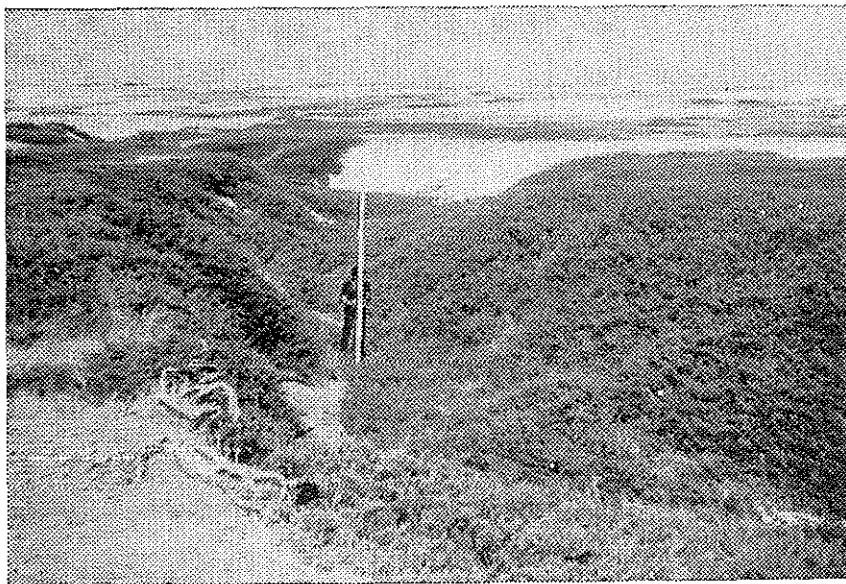


Рис. 3. Меловой овраг, затянутый «дырватым» пологом можжевельника казацкого

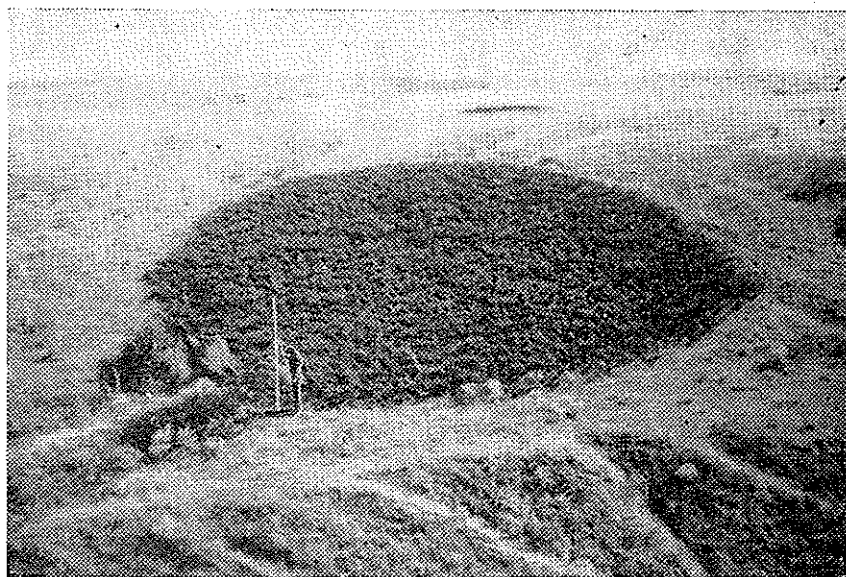


Рис. 4. Цирковидный овраг, полностью затянутый пологом можжевельника казацкого

корней сосредоточена в слое мелового рыхляка 0...60 см. Корни, причудливо переплетаясь, повторяют «рисунок» трещин, усиливая прочностные характеристики меловой толщи, повышая устойчивость овражных бортов.

Следовательно, регулирование трещиноватости мела на привражных участках склонов и овражных бортах является основным мероприятием, способствующим самооблесению оврагов. Это соответствует рекомендациям Г. Н. Высоцкого [1] по облесению каменистых склонов путем образования каверн-углублений с уходящими вглубь трещинами, где аккумулируется мелкозем и стекающие осадки.

Прирост побегов можжевельника в длину на привражных участках склонов не превышает 11...15,5, в оврагах 15...24 см в год. Под покровом можжевельника за 10...15 лет на меловом субстрате овражных бортов формируются примитивные почвы с мощностью гумусового горизонта до 8...12 см.

На привражных участках склонов площади, занятые можжевельником, обычно не превышают 5...10 м², и его рост идет относительно медленно. На оврагах интенсивность разрастания увеличивается, и клоны за 10...20 лет, соединяясь друг с другом, могут покрыть площадь до 900 м² и более.

Сроки смыкания соседних клонов на овражных бортах можно сократить при создании повышенной трещиноватости верхнего слоя меловой толщи. Приемы, способствующие самозарастанию меловых оврагов, следует сочетать с посадкой отводков можжевельника казацкого в привражных зонах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Высоцкий Г. Н. Гидромелиорация нашей равнины главным образом с помощью леса // Почвоведение.— 1939.— № 1.— С. 76—89. [2]. Ивонин В. М., Прахов А. В., Суковатов Ю. М. Эрозионно-аккумулятивные процессы при оврагообразовании в различных породах // Почвоведение.— 1986.— № 1.— С. 79—90. [3]. Ключкин А. А. Денудация склонов ветвями деревьев и кустарников // Изв. Всесоюз. геогр. об-ва.— 1985.— Т. 117, вып. 1.— С. 27—30. [4]. Токарев А. Д.

К лесомелиорации меловых обнажений в условиях сухой степи на юго-востоке // Лесомелиорация склонов: Сб. науч. тр. / ВНИАЛМИ.— Волгоград, 1985.— Вып. 3 (86).— С. 133—138.

Поступила 31 января 1990 г.

УДК 630*232 : 630*176.322.6

ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА СЕЯНЦЕВ ДУБА В ПНЯХ РАННЕ СРУБЛЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ

В. В. ЦЫПЛАКОВ, О. Е. ФЕДОРОВ, Ю. М. ГРИШИН

Саратовский сельскохозяйственный институт

В связи с наблюдающимся усыханием дубрав особую значимость приобретает их восстановление. Главная трудность этого процесса — недостаточная изученность причин усыхания. Из многочисленных исследований проблемы наибольшего внимания заслуживает явление «утомляемости» почвы.

В сельском хозяйстве при интенсивном земледелии обоснован севооборот с парованием земли. Аналогичную картину наблюдаем в лесных питомниках. В природе этот процесс саморегулируется. Так, например, в таежной зоне хвойные насаждения заменяются лиственными, а затем, практически через 100 лет, вновь образуются хвойные. Таким образом, происходит своеобразный природный севооборот, который вызывает изменения как микробиологической деятельности почвенного горизоннта, так и в растительности и фауне.

В упрощенной форме это можно сравнить с деятельностью человека. Чтобы повысить его производительность, снизить утомляемость, необходимо чередовать (разнообразить) труд, например умственный с физическим. В природе такое чередование в произрастании различных растений на одном и том же месте обеспечивается севооборотом. В районах с интенсивно развитыми промышленностью и сельским хозяйством природный севооборот в лесу неприемлем. Поэтому в дубравах при интенсивной их эксплуатации и одновременном воспроизводстве необходимо учитывать многие факторы, в том числе и утомляемость почвы. Нам представляется, что последняя устраняется внесением необходимых для растений удобрений и микроэлементов. При этом экологически целесообразно внутрпочвенное и локальное их внесение.

В данной статье предлагается новая технология лесовосстановления, позволяющая реализовать указанное направление и одновременно снизить отрицательное воздействие машин и механизмов на природу.

В юго-восточной географической зоне европейской части СССР, включающей дубравы Ростовской, Воронежской, Саратовской и Волгоградской областей, дуб черешчатый занимает преимущественно поймы рек, образуя так называемые пойменные дубравы [2], корчевка которых при искусственном лесовосстановлении нежелательна.

Разрабатываемый институтом технологический комплекс машин для искусственного восстановления дубрав предусматривает создание культур дуба на вырубках без корчевки пней. Он включает две технологические схемы семенного восстановления свежих дубовых вырубков.

Схема № 1 основана на частичной фрезерной подготовке почвы при количестве пней до 600 шт./га. Подготовку почвы, внесение минеральных удобрений, посев желудей осуществляют сеялкой фрезерной лесной комбинированной (СФК-1) в агрегате с трактором МТЗ-82 или ЛХТ-55.

Схема № 2 — создание культур дуба на вырубках с количеством пней свыше 600 шт./га. Она предусматривает создание механизирован-

ным путем посадочных (посевных) мест в центре пня и посев в них семян дуба (желудей) [1].

В статье приведены результаты роста сеянцев дуба 1981 (Урюпенский мехлесхоз Волгоградской области) и 1987 (Вязовский учебно-опытный лесхоз Саратовской области) годов посева в пнях. Для сравнения в Урюпенском мехлесхозе (1986 г.) обследовали культуры, созданные не только в пнях, но и в ямках (ямкокопатель КЯУ-100 в агрегате с трактором МТЗ-82) и бороздах (сеялка СЖН-1 в агрегате с трактором МТЗ-82).

Посевные (посадочные) места в пнях готовили с помощью устройства, разработанного Саратовским сельскохозяйственным институтом [3]. Каждое сквозное отверстие в пне диаметром около 100 мм заполняли землей, а затем на глубине 12...16 см от торца пня высевали желуди (по 3 шт.). Сквозное отверстие в пне (шурф) заполняли землей ниже его торца на 6...8 см. Средняя высота пня составила 17,5 см. Таким образом, высеянные желуди находились выше уровня почвы на вырубке на 2...6 см.

Для сравнения показателей роста культур дуба, созданных по новой технологии посева и традиционной, минеральных удобрений и микроэлементов не вносили ни внутрь почвы, ни локально (на дно шурфа). Расстояние между пнями, в торцы которых высевали желуди, составляло 5 м. Поросль на пнях отсутствовала, вырубка возобновлялась порослью других пород (осины, березы, клена и т. д.).

Приживаемость культур, созданных таким способом, в первый год составила более 90 %, во второй — 87 %. Замеры сеянцев производили осенью. Результаты замеров (рис. 1) обработаны методом математической статистики и приведены в табл. 1.

В процессе роста культур дуба брали (с 3-кратным повторением) пробы грунта на влажность по горизонтам (табл. 2).

Содержание воды в почве определяли весовым методом: бюксы с грунтом высушивали в сушильном шкафу при температуре 100...105 °С и по потере в массе рассчитывали влажность грунта.



Рис. 1. Культуры дуба, созданные посевом в пень



Рис. 2. Корневая система сеянцев дуба, посеянного в пень (для контрастности окрашена в белый цвет)

Анализ материалов табл. 1 показывает, что культуры дуба, созданные методом посева в пни, дают лучшие результаты по сравнению с

Таблица 1

Место посева	Год посева	Год замера	Средняя высота сеянцев (\bar{H}), см	Коэффициент вариации ($V\bar{H}$), %	Ошибка выборочной средней ($m\bar{H}$), см	Критерий достоверности выборочной средней ($t\bar{H}$)	Точность опыта ($P\bar{H}$), %
В ямки	1981	1986	114,0	19,85	3,20	35,62	2,8
В борозды	1984	1986	41,0	24,63	1,43	28,67	3,5
В пни	1981	1986	143,0	42,70	8,63	16,57	6,0
	1987	1987	12,7	34,38	0,58	21,90	4,6
	1987	1988	20,4	56,86	1,52	13,42	7,4

другими традиционными методами посева. Так, средняя высота сеянцев в пнях на 25,4 % больше, чем в ямках (по результатам наблюдений 1986 г.). При этом различия между средними существенны ($\Delta t_{\bar{H}} = = 3,15$ при уровне значимости 0,05).

Это объясняется повышенным содержанием влаги в корневой системе (табл. 2), образовавшейся в результате ограничения (пнем) площади ее распространения и уменьшения испарения; наиболее рациональным расположением посадочных мест (пней) по площади питания вследствие естественного отбора; лучшей микросредой, образуемой в результате процесса разложения пня.

Таблица 2

Горизонт, см	Открытый грунт		Посадочные места в пнях		
	Влажность, %		Горизонт, см	Влажность, %	
	14.06.87	23.07.87		14.06.87	23.07.87
0...5	22,25	22,08	0...5	25,18	25,10
10...15	21,70	21,69	10...15	26,91	27,00
20...25	21,18	24,08	20...25	26,13	27,10
30...35	17,10	23,12	30...35	23,57	25,14
40...45	16,33	20,27	40...45	22,31	21,64
60...65	17,54	14,98	60...65	22,89	21,75

Сравнение результатов наблюдений за сеянцами, посеянными в пни в 1981 и 1987 гг., показывает что они хорошо растут как в первый, так и в последующие годы (см. табл. 1).

Рост культур дуба в пнях зависит от развития корневой системы. Ее изучение показало, что в первом году жизни стержневой корень сеянца дуба выходит за пределы комлевой части пня (рис. 2). Следовательно, у культур, созданных указанным способом, не будет наблюдаться угнетения корневой системы габаритами посадочного отверстия, так как стержневой корень имеет выход в плодородный слой почвы, расположенный вне зоны пня.

Исследования дают основание считать, что посев желудей в пни со сквозным их сверлением более эффективен по сравнению с известными способами и имеет ряд преимуществ:

исключается из технологического процесса создания лесных культур на вырубках их очистка от порубочных остатков и пней;

в процессе создания культур отсутствуют ручные и механизированные агротехнические уходы;

улучшается водный режим питания корневой системы лесных культур;

посевы желудей сохраняются от уничтожения дикими кабанами.

Таким образом, анализ роста культур дуба черешчатого, созданных посевом на вырубках, позволяет сделать вывод, что посев желудей

в пень более эффективен и его можно широко использовать в зоне Поволжья.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белоусов В. И., Цыплаков В. В., Цыплаков Г. И. Технология создания культур на дубовых вырубках // Лесн. хоз-во.— 1983.— № 1.— С. 45—46.
[2]. Ростовцев С. А. Климатические экотипы дуба черешчатого в европейской части СССР // Сб. работ по лесному хозяйству.— М.: Гослесбумиздат, 1960.— Вып. 40.— С. 62—94.
[3]. Цыплаков В. В., Федоров О. Е., Гришин Ю. М. Устройство для подготовки посадочных отверстий в пнях // Информ. листок № 425—87 / Саратов. ЦНТИ.— 1987.

Поступила 18 сентября 1989 г.

УДК 676.11.082.1 : 631.811.98

СТИМУЛЯЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ХВОЕ ЕЛИ И СОСНЫ ПРЕПАРАТАМИ НА ОСНОВЕ ЧЕРНЫХ СУЛЬФАТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Л. Г. ПОПОВА, А. А. ЮРИНОВА, А. И. КИПРИАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследования, выполненные нами ранее, показали присутствие в органической части отработанных сульфатных щелоков биологически активных веществ, способных регулировать рост растений хвойных древесных пород [2]. Установлено, что черные щелока и препараты на их основе активизируют прорастание семян, деление и растяжение клеток [5], рост корней, стеблей, хвои [4]. Представляет интерес изучить влияние этих продуктов на процесс образования хлорофилла в хвое указанных пород, так как содержание его в значительной степени обуславливает интенсивность фотосинтеза. С этой целью проведены испытания в лабораторных и полевых условиях. Препараты применяли для обработки корней проростков и саженцев ели и сосны.

Проростки выращивали из семян ели европейской (*Picea excelsa* L.) в лабораторных условиях в течение 20 дн. с использованием стола Якобсена. Для опытов отбирали растения, одинаковые по высоте и длине главного корня. Корневую часть растений погружали в растворы препаратов концентрацией $10^{-2} \dots 10^{-6} \%$ и выдерживали при комнатной температуре в течение 2, 4 и 20 ч). Затем корешки ополаскивали водой и растения доращивали в воде в течение месяца. Контрольные проростки без обработки препаратами выдерживали в воде в течение того же времени. Кроме того, был поставлен опыт по доращиванию 20-дневных проростков в растворах препаратов в течение 2 недель. Контрольные проростки в течение того же времени выдерживали в воде. Все варианты ставили в трех повторностях, размер выборки при этом составил 100...150 шт. в каждом варианте. Содержание хлорофилла определяли в хвое опытных и контрольных проростков по известной методике [3]. В качестве препаратов испытывали два вида производственных щелоков от варки лиственной и хвойной древесины, отобранных на Котласском ЦБК в январе 1987 г. Щелока имели плотность 1198 и 1191 кг/м³, рН 12 и 13, содержали 32,1 и 33,2 % сухого остатка, в том числе 14,0 и 12,3 % минеральных веществ, 18,1 и 21,1 % органических веществ для лиственного и хвойного потоков соответственно.

Результаты определения содержания хлорофилла в хвое проростков, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о существенном положительном влиянии испытанных черных щелоков на его образование. Во всех вариантах опыта содержание хлорофилла превысило контроль (в оптимальных вариантах с лиственным щелоком — в 1,4—2,5 раза, с хвойным — на 55...60 %). Из табл. 1 следует, что эффективность действия препаратов зависит от их концентрации и продолжительности обработки корней проростков. При уменьшении концентрации хвойного щелока от 10^{-2} до $10^{-5} \%$ содержание хлорофилла возросло с 920 до

Таблица 1

Условия опыта			Содержание хлорофилла в хвое				Показатели роста проростков					
Препарат	Концентрация раствора препарата, %	Время обработки корней	мкг/г	% к контролю	Длина корня		Длина гипокотыля		Длина семядоли			
					мм	%	мм	%	мм	%		
ЧЩ листовный	10 ⁻⁴	2 ч	1760,0	167,5	40,7 ± 1,0	104,9	39,5 ± 0,6	99,5	16,4 ± 0,2	97,6		
	10 ⁻⁴	4 ч	2711,1	258,1	39,3 ± 0,9	101,3	45,8 ± 0,7	115,4	16,4 ± 0,2	97,6		
	—	—	1050,5	100,0	38,8 ± 0,9	100,0	39,8 ± 0,5	100,0	16,8 ± 0,2	100,0		
ЧЩ листовный	10 ⁻³	20 ч	2255,0	135,8	42,4 ± 1,2	103,2	46,3 ± 0,6	107,4	17,6 ± 0,2	110,0		
	10 ⁻⁴	20 ч	2293,5	138,1	45,5 ± 1,2	110,7	41,1 ± 0,5	95,4	16,4 ± 0,2	102,5		
	—	—	1661,0	100,0	41,1 ± 1,4	100,0	43,1 ± 0,6	100,0	16,0 ± 0,2	100,0		
ЧЩ листовный	10 ⁻³	2 нед.	1562,0	121,4	41,3 ± 1,1	112,2	42,2 ± 0,5	90,6	16,8 ± 0,2	105,0		
	10 ⁻⁴	2 нед.	1551,0	120,5	48,9 ± 1,4	132,9	41,4 ± 0,6	88,8	16,9 ± 0,2	105,6		
	10 ⁻⁵	2 нед.	1447,5	112,5	36,7 ± 0,9	99,7	42,9 ± 0,5	92,1	16,6 ± 0,2	103,7		
Вода (контроль)	—	—	1287,0	100,0	36,8 ± 1,2	100,0	46,6 ± 1,0	100,0	16,0 ± 0,3	100,0		
	10 ⁻²	2 нед.	919,9	131,7	22,5 ± 0,9	85,2	50,0 ± 0,9	99,0	17,1 ± 0,4	101,2		
	10 ⁻³	2 нед.	859,4	123,0	24,9 ± 0,8	94,3	51,7 ± 0,6	102,4	16,7 ± 0,2	99,4		
»	10 ⁻⁴	2 нед.	913,0	130,7	29,2 ± 1,0	110,6	51,1 ± 0,6	101,2	16,6 ± 0,2	98,8		
	10 ⁻⁵	2 нед.	1122,0	160,6	24,4 ± 0,7	92,4	51,1 ± 0,8	101,2	16,6 ± 0,2	98,8		
	10 ⁻⁶	2 нед.	1082,1	154,9	28,2 ± 1,0	106,8	57,6 ± 0,8	114,0	16,5 ± 0,2	98,2		
Вода (контроль)	—	—	698,5	100,0	26,4 ± 1,1	100,0	50,5 ± 0,8	100,0	16,8 ± 0,3	100,0		

Примечание. ЧЩ — черный щелок.

1122 мкг/г, дальнейшее снижение концентрации до 10⁻⁶ % привело к уменьшению его количества до 1082 мкг/г. В опытах с листовным щелоком концентрацией 10⁻⁴ % увеличение продолжительности обработки корней проростков от 2 до 4 ч способствовало активизации процесса образования хлорофилла, содержание которого повысилось от 1760 до 2711 мкг/г. Дальнейшая обработка тем же препаратом вызвала сни-

жение количества хлорофилла до 1551 мкг/г. Рострегулирующая активность испытанных щелоков проявилась не только в усилении процесса образования хлорофилла, но и в положительном воздействии на рост проростков. При обработке их корней в течение 4 ч листовым черным щелоком концентрацией 10^{-4} % наблюдалось статистически достоверное удлинение гипокотыля на 15 %; при обработке в течение 20 ч тем же щелоком концентрацией 10^{-3} % гипокотиль увеличился на 7 %, семядоля — на 10 % по отношению к контролю. Дорастивание проростков в течение 2 недель в растворе листового щелока концентрацией 10^{-3} и 10^{-4} % способствовало росту корешка проростка в длину на 12 и 33 % соответственно, в растворе хвойного щелока концентрацией 10^{-6} % — удлинению гипокотыля на 14 %.

Для изучения влияния препаратов на образование хлорофилла в полевых условиях использовали свежую хвою саженцев ели и сосны, выращенных в течение 3 лет в школьном отделении Охтинского учебно-опытного лесхоза ЛТА. Перед посадкой (16 мая 1986 г.) корни сеянцев в течение 15 ч обрабатывали растворами препаратов, а контрольные растения — водой [1]. Хвою для приготовления средних проб отбирали с верхушечной части и боковых побегов саженцев в количестве 20... 25 г. Содержание хлорофилла определяли в 5-кратной повторности по указанной методике. В качестве ростстимулирующих препаратов испытывали хвойный полуупаренный черный щелок и выделенную из листового щелока фракцию водорастворимых органических веществ, содержащую в основном гидроксикислоты и их лактоны, с примесью минеральных веществ («фильтрат» щелока). Характеристика указанных препаратов и результаты стимулирующего воздействия на рост саженцев ели и сосны в течение двух вегетационных периодов приведены ранее [1]. Показано, что в вариантах с этими препаратами саженцы ели и сосны имеют лучшие прирост в высоту, диаметр стволиков, их ветвление, биомассу основных органов [1]. Из табл. 2 следует, что эти продукты оказывают существенное положительное влияние и на образование хлорофилла. Под действием растворов фильтрата листового щелока содержание хлорофилла в хвое боковых побегов саженцев сосны

Таблица 2

Препарат	Концентрация раствора препарата, %	Содержание хлорофилла в хвое			
		верхушечной части		побегов	
		мкг/г	% к контролю	мкг/г	% к контролю
Сосна					
ФЧЩ листовый	10^{-3}	914,9	91,2	841,1	129,2
	10^{-4}	1231,1	122,7	962,9	148,0
Вода (контроль)	—	1003,2	100,0	650,7	100,0
Ель					
ЧЩ хвойный	10^{-3}	1070,0	98,7	818,8	98,8
	10^{-4}	1639,8	151,3	1349,6	162,8
Вода (контроль)	—	1083,5	100,0	828,9	100,0

Примечание. ФЧЩ — фильтрат черного щелока.

возросло на 29 и 48 %, в хвое верхушечной части саженца — на 23 % по отношению к контролю. В опытах на ели раствор хвойного щелока способствовал увеличению содержания хлорофилла в хвое верхушечной части на 51 %, в хвое боковых побегов — на 63 % по отношению к контролю. Из двух испытанных оптимальна концентрация 10^{-4} %.

Содержание хлорофилла определяли в третьем вегетационном периоде (июнь 1988 г.). Повышенное содержание хлорофилла в хвое трехлетних саженцев указывает на сохранение стимуляционного эффекта в течение 3 лет их роста.

Таким образом, проведенное исследование свидетельствует об активизации процесса образования хлорофилла в хвое ели и сосны под влиянием препаратов на основе черных сульфатных щелоков, что дополнительно подтверждает физиологическую активность указанных продуктов. Стимуляция образования хлорофилла положительным образом скажется на дальнейшем росте растения, так как интенсифицирует фотосинтетический процесс.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Влияние препаратов на основе сульфатных черных щелоков на приживаемость и рост саженцев ели и сосны / Л. Г. Попова, А. А. Юринова, М. В. Кузьмина и др. // Лесн. журн.— 1990.— № 3.— С. 16—21.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Изучение рострегулирующей активности основных групп органических соединений черного щелока от сульфатной варки лиственной древесины / Л. Г. Попова, А. А. Юринова, И. В. Полянская и др. // Лесн. журн.— 1988.— № 1.— С. 78—84.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследования / Под ред. Д. И. Сапожникова — М.; Л.: Наука, 1964.— 97 с. [4]. Продолжительность действия стимуляторов на рост сеянцев ели и сосны в условиях теплиц / А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, Л. Г. Попова и др. // Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 89—96.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Соколова Т. В. Использование сульфатных черных щелоков в качестве стимуляторов роста хвойных пород: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1982.— 19 с.

Поступила 19 марта 1990 г.

УДК 630*232.3

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН НА УСКОРЕНИЕ РОСТА СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. В. ВАСИЛЕНКО

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Известно, что свет стимулирует прорастание семян многих видов растений. Хлорофилл и различные вспомогательные пигменты фотосинтетического аппарата не играют в этих процессах главной роли: она принадлежит фикобилиновому пигменту фитохрому. Под действием света, особенно красного, фитохром становится пусковым механизмом, возбуждая ряд более энергоемких реакций, активизируя потенциальные ресурсы самой клетки [2, 5, 7]. В большинстве случаев в ходе реакции, протекающей с участием фитохрома, красный свет с длиной волны 0,6...0,66 мкм стимулирует прорастание семян, дальний красный свет с длиной волны около 0,73 мкм — ингибирует [2, 7].

В связи с этим эффективность выращивания посадочного материала может быть повышена при использовании лазерного облучения семян перед посевом [6, 7].

В феврале — марте 1982 г. на кафедре лесных культур и лесомелиорации Новочеркасского инженерно-мелиоративного института были проведены лабораторные исследования влияния лазерного облучения семян сосны крымской и обыкновенной на повышение их всхожести и энергии прорастания.

Облученные семена проращивали согласно ГОСТ 13056.6—75. Цель исследований — выявить оптимальные дозы лазерного облучения семян для проведения последующих опытов в питомнике. Лаборатор-

ными исследованиями установлено, что обработка лазером семян сосны обыкновенной значительно увеличивает энергию прорастания и всхожесть семян [1, 4].

Весной 1983 г. семена сосны обыкновенной облучали на установке «Львов-1-электроника», серийно выпускаемой для нужд сельского хозяйства. Семена неоднократно пропускали через установку и подвергали импульсному облучению лазером. Семя проходит цикл обработки за 0,58 с и получает энергию $1,45 \cdot 10^3$ Дж. Длина волны — 0,6328 мкм.

После облучения семена протравливали в течение 2 ч в 0,5 %-м растворе $KMnO_4$ и высевали в сухую почву без намачивания в воде.

Контролем служили семена той же партии, протравленные в 0,5 %-ном растворе $KMgO_4$ в течение 2 ч.

Семена высевали в питомнике Усть-Донецкого мехлесхоза Ростовской области. Почва питомника песчаная с содержанием гумуса менее 1 %. Использовали семена местного сбора второго класса качества. Применяли механизированный лепточный четырехстрочный посев с глубиной заделки семян 0,5...1,0 см.

Наблюдения за посевами проводили в течение двух лет. После окончания каждого вегетационного периода, осенью, сеянцы обмеряли в трех повторностях, по 100 шт. в каждой. Данные обмеров обрабатывали методом вариационной статистики [3], результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Кратность облучения семян	1983 г. (год посева)				1984 г.			
	H_{cp}		D_{cp}		H_{cp}		D_{cp}	
	см	%	мм	%	см	%	мм	%
Контроль	1,8	100	1,0	100	6,4	100	1,5	100
5	2,2	122	1,0	100	6,7	105	1,5	100
10	2,3	128	1,0	100	7,5	117	1,6	107
80	2,2	122	1,0	100	7,1	111	1,6	107
90	3,0	167	1,0	100	9,5	148	1,7	113

Анализ данных показывает, что при 90-кратном облучении семян высота опытных сеянцев сосны обыкновенной на 48 % превышает высоту контрольных сеянцев. Диаметр корневой шейки у сеянцев, выращенных из облученных семян, на 13 % больше, чем у контрольных. Коэффициент вариации 30,7 %, коэффициент корреляции 0,176, точность опыта 3,1 %, что соответствует 1 %-му уровню значимости.

В период с 1984 г. по 1988 г. исследования продолжались. Облученные и контрольные семена протравливали в течение 2 ч в 0,5 %-м растворе $KMnO_4$, а затем намачивали в течение суток в воде. Посев и отбор образцов производили по указанной методике. Результаты обмеров показаны в табл. 2—5.

Анализ полученных данных показывает, что при 90-кратном лазерном облучении семян наблюдается устойчивое превышение опытных сеянцев по высоте и диаметру корневой шейки над контрольными.

Таблица 2

Кратность облучения семян	1984 г. (год посева)				1985 г.			
	H_{cp}		D_{cp}		H_{cp}		D_{cp}	
	см	%	мм	%	см	%	мм	%
Контроль	3,2	100	1,2	100	10,4	100	3,4	100
5	3,4	106	1,3	108	10,9	105	3,5	103
10	3,5	109	1,3	108	11,2	108	3,6	106
80	3,1	97	1,1	92	10,5	101	3,5	103
90	4,5	141	1,6	133	14,5	139	4,2	124
100	3,2	100	1,2	100	10,5	101	3,4	100

Таблица 3

Кратность облучения семян	1985 г. (год посева)				1986 г.			
	$H_{\text{ср}}$		$D_{\text{ср}}$		$H_{\text{ср}}$		$D_{\text{ср}}$	
	см	%	мм	%	см	%	мм	%
Контроль	4,7	100	1,0	100	10,2	100	3,2	100
5	4,2	89	1,1	110	9,7	95	3,0	94
80	4,7	100	1,0	100	10,1	99	3,3	103
90	5,8	123	1,2	120	12,7	125	3,5	109
100	4,4	94	1,2	120	10,0	98	3,3	103

Таблица 4

Кратность облучения семян	1986 г. (год посева)				1987 г.			
	$H_{\text{ср}}$		$D_{\text{ср}}$		$H_{\text{ср}}$		$D_{\text{ср}}$	
	см	%	мм	%	см	%	мм	%
Контроль	5,3	100	1,1	100	11,2	100	3,5	100
80	5,5	104	1,1	100	11,9	106	3,7	106
90	6,1	115	1,2	109	13,9	124	3,9	111
100	5,4	102	1,1	100	10,8	96	3,6	103

Таблица 5

Кратность облучения семян	1987 г. (год посева)				1988 г.			
	$H_{\text{ср}}$		$D_{\text{ср}}$		$H_{\text{ср}}$		$D_{\text{ср}}$	
	см	%	мм	%	см	%	мм	%
Контроль	4,8	100	1,2	100	10,1	100	3,3	100
90	5,9	123	1,4	117	13,2	131	4,1	124

Стимулирующий эффект лазерного облучения семян проявляется сильнее при улучшении агротехнического фона.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что лазерное облучение семян позволяет активно воздействовать на рост сеянцев сосны обыкновенной, повышает качество посадочного материала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Василенко А. В. Влияние физиологически активных веществ и лазерного облучения семян на ускорение роста сеянцев сосны // Защитное лесоразведение, озеленение и борьба с эрозией почв.—Новочеркасск: НИМИ, 1985.—С. 15—22.
 [2]. Гельстон А., Девис П., Сеттер Р. Жизнь зеленого растения / Пер. с англ.—М.: Мир, 1983.—549 с. [3]. Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике.—М.: Лесн. пром-сть, 1971.—104 с. [4]. Инютин В. В. Воздействие лазерного луча на всхожесть семян сосны обыкновенной // Лесн. хоз-во.—1983.—№ 4.—С. 31—33. [5]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений / Пер. с англ.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—462 с. [6]. Новосельцева А. И., Смирнов Н. А. Справочник по лесным питомникам.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—280 с. [7]. Робертс Е. Жизнеспособность семян / Пер. с англ.—М.: Колос, 1978.—415 с.

Поступила 24 апреля 1989 г.

УДК 630*116.23 : 630*116.27 : 630*116.64

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРРАСИРОВАНИЯ КРУТОСКЛОНОВ ПОД ЛЕСНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ

Ю. К. ТЕЛЕШЕК, Н. Н. АГАПОНОВ

УкрНИИЛХА

Лесомелиоративные насаждения на крутосклонах создают преимущественно посадкой растений на плотные выемочно-насыпных террас и в межтеррасных пространствах. Применение таких террас обеспечивает полное зарегулирование атмосферных осадков, предотвращает эрозию почвы и создает условия для применения средств механизации на лесокультурных работах.

Эти природоохранные функции террасирования широко используют лесные предприятия Украины при проведении крупномасштабных мелиоративных мероприятий в районах, где эрозия почв причиняла огромный вред народному хозяйству.

Как показали исследования, высокая мелиоративная эффективность террасирования крутосклонов достигается, главным образом, за счет правильного их размещения на осваиваемых площадях. В связи с этим нами были выполнены специальные исследования по выявлению оптимальных параметров выемочно-насыпных террас и ширины полос, отводимых на крутосклонах для их размещения.

В горном Крыму, например, для нарезки выемочно-насыпных террас применяют универсальные бульдозеры Д-492 и Д-493, террасеры ТС-2,5, Т-4М, Т-4К и другие землеройные машины. Выбор техники здесь определяют физико-механические свойства почвогрунтов и коренных пород и крутизна осваиваемых склонов.

Ширину полос, отводимых под террасы, устанавливают с расчетом полного зарегулирования поверхностного стока на осваиваемом участке. До сооружения террас на склоне производят инструментальную разметку направления и ширины отводимых полос.

Ширину полос (L_n) определяют, как следует из рис. 1, по формуле

$$L_n = a + OA + OD, \quad (1)$$

где a , OA и OD — ширина полосы, занимаемая, соответственно, бермой, насыпной и выемочной частями террасы, м.

Если показателем ширины бермы задаются технологически, исходя из значений крутизны осваиваемого склона ($a = 0,5 \dots 2,0$ м), то ширину полосы насыпной (OA) и выемочной (OD) частей террасы определяют аналитически:

$$OA = OB \left[\frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\operatorname{tg}(\beta - \alpha)} + \cos(\alpha + \varphi) \right]; \quad (2)$$

$$OD = OC \left[\frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\operatorname{tg}(\beta - \alpha)} + \cos(\alpha + \varphi) \right], \quad (3)$$

где OB и OC — ширина, соответственно, насыпной и выемочной частей террасы, м;

α — крутизна склона в месте заложения террасы, град;

φ — обратный уклон полотна террас, град;

δ, β — крутизна, соответственно, насыпного и выемочного откоса террас, град.

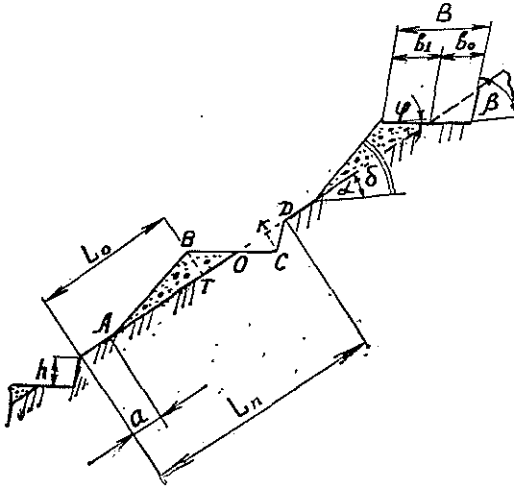


Рис. 1. Поперечный профиль выемочно-насыпных террас

Квадратные скобки выражений (2) и (3) обозначим, соответственно, через K_δ и K_β . Тогда формулу (1) можно записать

$$L_n = a + OB \cdot K_\delta + OC \cdot K_\beta. \quad (4)$$

В выражении (4) OB и OC являются элементами полотна формируемых террас, которые можно выразить через их ширину (B). Поскольку $OB = b_1$, а $OC = b_0$, то

$$B = b_1 + b_0. \quad (5)$$

Из практики строительства выемочно-насыпных террас известно, что под воздействием ножа универсального бульдозера или террасера, установленного наклонно к линии их перемещения на склоне, вырезается почвогрунт треугольной формы, который сбрасывается в отвал и при этом интенсивно разрыхляется. Объем срезаемого почвогрунта при формировании террас можно выразить формулами

$$\begin{aligned} V_0 &= 0,5b_0^2 l \sin(\alpha + \varphi) K_\beta; \\ V_n &= 0,5b_1^2 l \sin(\alpha + \varphi) K_\delta, \end{aligned} \quad (6)$$

где V_0 — объем ненарушенного грунта, вырезаемого со склона при его террасировании;

V_n — объем разрыхленного грунта, перемещенного в насыпной откос сооружаемых террас.

С другой стороны, известно, что

$$\frac{V_n}{V_0} = 1,2. \quad (7)$$

Тогда

$$\frac{b_1^2 K_\delta}{b_0^2 K_\beta} = 1,2. \quad (8)$$

Отсюда

$$b_1 = b_0 \sqrt{\frac{1,2K_\beta}{K_\delta}}. \quad (9)$$

Если в выражении (9) $\sqrt{\frac{K_\beta}{K_\delta}}$ принять за p , то оно примет вид

$$b_1 = 1,095b_0p. \quad (10)$$

Учитывая значения формул (5) и (10), можно записать

$$b_0 = \frac{B}{1 + 1,095p}; \quad b_1 = \frac{1,095Bp}{1 + 1,095p}. \quad (11)$$

При подстановке выражения (11) в формулу (5) получим

$$L_n = a + BpK_\delta \frac{p + 1,095}{1 + 1,095p}. \quad (12)$$

Обозначим полученную дробь в формуле (12) через q , тогда

$$L_n = a + BpK_\delta q. \quad (13)$$

Ширину межтеррасного пространства (L_0) можно определить из выражений (2) и (4):

$$L_0 = a + b_1 [K_\delta - \sin(\alpha + \varphi)], \quad (14)$$

а с учетом формулы (11)

$$L_0 = a + \frac{1,095Bp}{1 + 1,095p} [K_\delta - \sin(\alpha + \varphi)]. \quad (15)$$

В горном Крыму за период с 1954 г. по 1988 г. было сооружено около 30 тыс. км выемочно-насыпных террас.

Массовые их обследования позволили выявить их фактические параметры: ширина полотна составила 3,7...4,2 м; обратный уклон полотна — 4...6°; крутизна насыпного откоса — 38...39°; крутизна выемочного откоса — 70...80°. Ширина бермы для склонов крутизной 15...35° равна, соответственно, 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0 м. Эти средние показатели использованы нами при графическом исследовании влияния крутизны осваиваемых склонов на объем земляных работ (V), приходящихся на 1 м террасы, на глубину (h) и ширину (b_0) выемки полотна. Значение полученных результатов изображено на рис. 2. Из кривых графика, приведенного на рисунке, следует, что при нарезке террас с увеличением крутизны склона возрастают значения h и b_0 и особенно заметно V , т. е. объема земляных работ.

Основываясь на результатах обследования и аналитического расчета ширины полос, отводимых на склонах под террасы, и межтеррасного пространства,

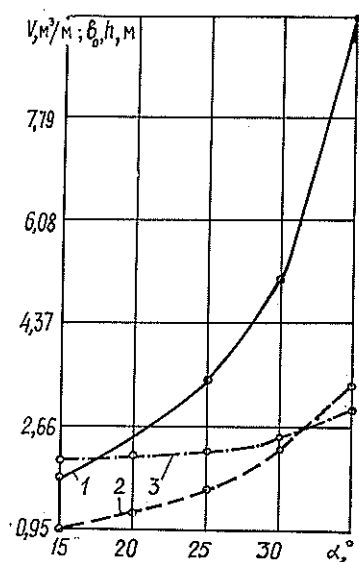


Рис. 2. Определение объема земляных работ, глубины и ширины выемки при нарезке выемочно-насыпных террас универсальным бульдозером: 1 — объем срезаемого почвогрунта при нарезке 1 м террасы, м³; 2 — глубина выемки террас, м; 3 — ширина выемки террас, м

определяли переходные коэффициенты K_δ , K_β , p , q , а также величины L_n и L_0 (табл. 1).

Таблица 1

Крутизна склона, град	K_δ	K_β	q	p	L_n , м	L_0 , м
15	1,71	1,14	1,01	0,82	5,70	3,53
20	2,13	1,20	1,01	0,74	6,94	4,14
25	2,87	1,29	1,02	0,67	8,24	4,81
30	4,44	1,39	1,03	0,56	10,94	6,94
35	9,96	1,53	1,04	0,39	15,03	12,36

Данные таблицы подтверждают, что с крутизной склона коэффициенты K_δ , K_β и q возрастают, тогда как коэффициент p уменьшется. Это приводит к увеличению ширины полос (L_n) и межтеррасного пространства (L_0).

Анализ данных многолетнего изучения параметров выемочно-насыпных террас, сооруженных универсальными бульдозерами, и результаты обработки материалов собственных экспериментов позволили получить для условий горного Крыма математические зависимости, представленные в табл. 2. Они имеют высокий показатель тесноты связи (в пределах 0,93...0,98). Параметры террас находятся в прямой зависимости от уклона местности (i). На участках, где крутизна склона менее 30° , ширина межтеррасного пространства возрастает в 1,5—2 раза по сравнению с аналитически определенным ее значением. Это обусловлено сильной расчлененностью склонов глубокими размывами и значительным перепадом крутизны склона в поперечном направлении, т. е. в местах заложения террас. Крутизна склонов колеблется в пределах $8...13^\circ$. Именно этим и объясняется удаленность одной террасы от другой на пологих участках осваиваемого склона.

Таблица 2

Параметр террас	Математическая зависимость	Коэффициент корреляции r
Глубина выемки, см	$h = 212,06i - 24,29 - 60,11i^2$	0,976
Ширина выемочной части полотна, см	$b_0 = 127,43 + 51,88i + 113,12i^2$	0,952
Ширина полотна, см	$B = 360,56 + 64,33i$	0,948
Ширина межтеррасного пространства, см	$L_0 = 290,22 + 1221,58i + 611,09i^2$	0,927

Для облесения склонов переменной крутизны нами была разработана технология, предусматривающая комплексное освоение таких площадей. Она состоит в том, что, наряду с устройством выемочно-насыпных террас, в межтеррасных пространствах создают террасовидные площадки. На пологих склонах для этого используют корчеватели-собиратели Д-496, Д-513А, бульдозеры Д-535 и Д-606, а на крутых — экскаваторы Э-5015А, которые перемещаются по полотну террас. На отдельные элементы технологии освоения склонов переменной крутизны и сильно эродированных участков получены авторские свидетельства на изобретения [1—5]. Они включены в соответствующие рекомендации для применения лесхозагами, выполняющими лесомелиоративные работы. Предложенная технология позволяет: увеличить

на 20...30 % количество высаживаемых на 1 га растений; добиться равномерного распределения посадочных мест по площади; повысить на 3...7 % влагонакопление в корнеобитаемом слое почвогрунта; увеличить сохранность и улучшить рост лесных культур.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 791284 СССР, МКИ³ А 01 В 79/00. Способ освоения склонов под лесные насаждения / Н. Н. Агаонов, М. Н. Алябьев, Ю. К. Телешек (СССР).— № 2783794 / 30—15; Заявлено 19.06.79; Оpubл. 30.12.80, Бюл. № 48 // Открытия. Изобретения.— 1980.— № 48.— С. 6. [2]. А. с. 793428 СССР, МКИ³ А 01 В 13/16; А 01 В 79/02. Способ защиты почв от эрозии на склонах / Н. Н. Агаонов, М. Н. Алябьев, Ю. К. Телешек (СССР).— № 2796513/30—15; Заявлено 10.07.79; Оpubл. 07.01.81, Бюл. № 1 // Открытия. Изобретения.— 1981.— № 1.— С. 4. [3]. А. с. 912072 СССР, МКИ³ А 01 В 13/16. Способ облесения мелкоконтурных участков каменистых склонов / Н. Н. Агаонов, М. Н. Алябьев, В. В. Замлель, Ю. К. Телешек, И. Г. Яковенко (СССР).— № 2777445/30—15; Заявлено 06.06.79; Оpubл. 15.03.82, Бюл. № 10 // Открытия. Изобретения.— 1982.— № 10.— С. 4. [4]. А. с. 946418 СССР, МКИ³ А 01 В 13/16. Способ подготовки каменистых крутосклонов под посадку древесных насаждений / Н. Н. Агаонов, М. Н. Алябьев, О. Б. Исаенко, Ю. К. Телешек (СССР).— № 2935149/30—15; Заявлено 04.06.80; Оpubл. 30.07.82, Бюл. № 28 // Открытия. Изобретения.— 1982.— № 28.— С. 3. [5]. А. с. 1047402 СССР, МКИ³ А 01 В 13/16 // А 01 В 79/02. Способ освоения эродированных склонов / Н. Н. Агаонов, М. Н. Алябьев, Ю. К. Телешек, И. Г. Яковенко, В. М. Шамаев (СССР).— № 3296758/30—15; Заявлено 08.06.81; Оpubл. 15.10.83, Бюл. № 38 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 38.— С. 3.

Поступила 29 августа 1988 г.

УДК 630*232.312.003.1

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ СЕМЯН ЕЛИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ В УРОЖАЙНЫЕ ГОДЫ

А. И. БАРАБИН, Н. А. СТРЕЖНЕВА

Архангельский лесотехнический институт

При планировании денежных средств на заготовку семян следует исходить, в первую очередь, из объемных показателей сбора шишек при различной оценке урожая. Это возможно только при наличии научно обоснованных прогнозов семеношения и конкретных сведений о фактической массе заготавливаемых семян в предназначенных для этого насаждениях.

Планирование семязаготовок на Европейском Севере (Архангельская, Вологодская области и Коми АССР) поставлено совершенно неудовлетворительно ([4, 7] и др.). На основании 25-летних исследований семеношения ели нами предложен принципиально новый метод [5], который позволяет уже осенью года, предшествующего семенному, определить скрытые запасы семян в ельниках и заранее установить объективные планы по заготовкам лесосеменного сырья. Ценность и достоверность этого метода в практике лесокультурного дела подтверждена документально. Подобные выводы зафиксированы и в научных изданиях [6]. Несмотря на это, управлениям лесного хозяйства до сих пор устанавливаются сверху часто нереальные волевые плановые показатели семязаготовок.

В нашей работе рассмотрено только экономическое обоснование целесообразности заготовки семян ели при разных баллах урожая по шкале Каппера, рассчитаны возможные объемы семязаготовок и определена необходимая сумма выделяемых на них денежных средств. При экономических расчетах взяты материалы нормативных документов,

действующих в лесном хозяйстве ([9, 11—13] и др.) и данные 30—35-летних исследований по заготовкам семян хвойных пород в регионе.

Анализ производственных материалов позволил получить следующие обобщенные показатели.

1. При обильном семеношении ели масса заготавливаемых семян сосны в регионе составляет от 0,5 до 5 % общего объема, при других баллах доходит до 10 %. Следовательно, при обильных урожаях на долю семян ели приходится 95 %, при других урожаях — 90 %.

2. При расчете оптовой цены 1 кг семян ели при пятом балле урожая к 1-му классу отнесено 75 % семян; к 2-му — 25 %. При других урожаях все семена получают 2-го класса качества.

3. Выход семян из шишек при обильном урожае взят 3 %, в других случаях — 2 %.

Как уже неоднократно отмечалось нами ([1—3] и др.), заготовку семян ели при слабых урожаях проводить не следует. Это подтверждается экономическими расчетами (табл. 1). Например, при заготовке 1 кг семян ели при первом балле урожая потери составляют в среднем 2,95 р., при пятом балле, наоборот, получается прибыль 7,81 р.

Таблица 1
Расчетная рентабельность заготовки семян ели

Балл по Капперу	Полная нормативная себестоимость заготовки 1 кг семян, р.	Прейскурантная стоимость семян, р.	Расчетная рентабельность, %	Расчетная прибыль (убыток) на 1 кг семян, р.
1	18,45	15,50	-15,99	-2,95
2	16,06	15,50	-3,49	-0,56
3	14,36	15,50	+7,94	+1,14
4	13,11	15,50	+18,23	+2,39
5	9,57	17,38	+81,61	+7,81

В малоурожайные годы лесные предприятия региона несут убыток, который в отдельные годы превышает 25 тыс. р. (табл. 2).

Таблица 2
Эффективность затрат на заготовку семян ели при слабом урожае (балл 1)

Год	Плановое задание по заготовке семян, т	Заготовлено фактически			Расчетный нормативный убыток при фактической заготовке семян ели, тыс. р.	Скорректированный план по ели, т (10 % на заготовку семян сосны)	Расчетный нормативный убыток при выполнении планового задания по ели, тыс. р.
		всего, %	в том числе ели				
			т	%			
1968	41,1	25,8	8,6	20,9	-25,4	37	-109,2
1969	84,3	17,7	5,5	6,5	-16,2	76	-224,2
1970	47,8	43,1	4,4	43,1	-13,0	43	-126,9
1977	40,0	12,0	0,7	12,0	-2,1	36	-106,2

При условии выполнения плановых заданий расчетный нормативный убыток составил бы 100...225 тыс. р. Семена же получают значительно худших посевных качеств.

При обильном семеношении нормативная расчетная прибыль колеблется от 570 тыс. р. (1972 г.) до 1 млн 245 тыс. р. (1974 г.). Фактическая заготовка семян ели в регионе (в следующем за «цветением» году) может превышать 150 т (1966, 1974 гг.) — табл. 3.

Таблица 3

Эффективность затрат на заготовку семян ели при обильном урожае (балл 5)

Год «цветения» ели	Плановое задание по заготовке семян на следующий год, т	Заготовлено фактически семян ели		Нормативная расчетная прибыль при фактической заготовке семян ели, тыс. р.
		т	% к плану	
1965	97,5	153,6	157,5	1199,6
1971	69,5	73,0	105,0	570,1
1973	83,0	159,5	192,2	1245,7
1982	57,0	85,8	150,5	670,1
1984	72,6	81,1	111,7	688,1

Обоснованы ли объемы заготовки семян ели в регионе 200...300 т при обильных и сверхобильных урожаях? Проведем расчеты с некоторым занижением исходных данных по Архангельской области. Ежегодно разные лесозаготовительные организации вырубают 155 тыс. га лесных площадей и заготавливают 23 млн м³ древесины: в еловой хозсекции — 18, в сосновой — 4, в мягколиственной — 1 млн м³. Еловые леса вырубается на площади 125 тыс. га, во время заготовки шишек — 60 тыс. га, в том числе ельников зеленомошной группы типов леса — 30 тыс. га.

В 1984 г. при оценке урожая по нашей шкале, равной 5б [3, 5], урожай семян составил 16 кг на 1 га. Принимаем возможный сбор урожая 8 кг с 1 га, ибо полному сбору мешает ряд причин (глубокий снежный покров; сильные морозы, при которых почти все ветки и шишки разлетаются в стороны; значительно меньший урожай в ельниках, где лиственные породы находятся в I ярусе; короткий световой день в условиях Севера и др.). В этом случае фактическая заготовка семян составила бы 240 т.

Если урожай оценивать как сверхобильный (балл 5 г), то возможный объем заготовки превысил бы 500 т/га. Здесь уместно вспомнить слова Ф. Б. Орлова [10]: «Разве не парадоксально, что Архангельская область, по своим возможностям способная обеспечить семенами хвойных пород половину Советского Союза, запрашивает их из других краев и областей... Необходимо, особенно в урожайные годы, делать запасы семян на несколько лет, что позволит бесперебойно выполнять планы лесовосстановительных работ и покончить с хроническим семенным голодом». Конечно, исходя из рекомендаций по лесосеменному районированию, снабжать весь Советский Союз семенами нельзя, но и завозить их в Архангельскую область из отдаленных географических пунктов тоже неверно. «Это технически неграмотно. Это против всякой науки» [8].

Ежегодная потребность в семенах по управлению около 20 т. Фактически заготовлено семян ели, например, в IV квартале 1985 г., 56,3 т.

Многолетний опыт исследований по лесосеменному мониторингу ели на Севере позволяет сказать, что если своевременно и правильно планировать денежные фонды на заготовку шишек, то фактические объемы семян ели в урожайные годы можно увеличить в 2 раза. Но для этого нужно преодолеть психологический барьер в мышлении и отказаться от заготовки худших по качеству семян в малоурожайные годы. Конечно, этого можно достигнуть лишь при полном техническом оснащении лесохозяйственных предприятий необходимым оборудованием, инвентарем и современными семеноводческими хранилищами.

Мы проанализировали возможность увеличения объемов заготовки в регионе в урожайные годы лишь на 50 % от данных фактической заготовки, что обеспечит все лесокультурные работы в промежутке между ними (табл. 4).

Таблица 4

Ориентировочные объемы заготовки семян ели и планируемые затраты при различной урожайности

Показатели	Оценка урожая		
	хороший (балл 4)	обильный (баллы ба, 5б)	сверхобильный (баллы 5в, 5г-
Фактическая масса заготавливаемых семян, т: в год «цветения» на следующий год	6 35	18 90	35 190
Всего	41	108	225
Планируемая масса заготавливаемых семян, т: в год «цветения» на следующий год	9 52,5	27 135	52,5 285
Всего	61,5	162	337,5
Планируемые денежные средства на заготовку семян ели, тыс. р. в год «цветения» на следующий год	117,9 688,2	258,4 1292,0	502,5 2727,5
Всего	806,1	1550,4	3230,0

Как видно из таблицы, во всем регионе фактическая масса заготавливаемых семян ели составляет в год хорошего «цветения» (балл 4) — 40 т, обильного — 100, сверхобильного — 200 т. Планируемая масса равна соответственно 60, 160 и 300 т. Для заготовки такого количества семян при расчете по полной себестоимости потребуется в год «цветения» выделить около 120, 260 и 500 тыс. р.; на следующий год 700, 1300 и 2700 тыс. р.

Сравнение фактических затрат на планируемые объемы заготовки показало, что при 4-м балле фонды выше расчетных по полной себестоимости на 10...30 % и более; при обильных и сверхобильных урожаях соответственно ниже на 10...20 и 20...40 % расчетной нормативной себестоимости. Это еще раз доказывает, что заготовка семян ели экономически оправдана только в урожайные годы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барабин А. И. Создавать культуры ели — лучшими семенами // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Разработка научных основ и технологии создания лесных культур на основе селекции и комплексной механизации». — Брянск, 1985. — С. 23—24. [2]. Барабин А. И. Качество семян хвойных пород на европейском северо-востоке РСФСР // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение (Повышение продуктивности лесов в европейской части СССР). — Л.: ЛТА, 1986. — С. 8—12. [3]. Барабин А. И. Семеношение ели на Европейском Севере. — Архангельск: АЛТИ, 1986. — 181 с. — Деп. в ЦБНТИлесхоз 24.11.86, № 537-лх. [4]. Барабин А. И. Планирование заготовок семян хвойных пород на Европейском Севере // Лесн. журн. — 1987. — № 2. — С. 106—108. — (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Барабин А. И. Временные рекомендации по прогнозированию и количественному учету урожаев семян ели на Европейском Севере. — М.: Минлесхоз РСФСР, 1987. — 20 с. [6]. Барабин А. И. Планированию заготовок семян — научную основу // Лесн. хоз-во. — 1990. — № 3. — С. 41—42. [7]. Барабин А. И., Войчалъ П. И. Возможность правильного планирования семьяготовок на Европейском Севере // Лесозэксплуатация и лесосплав: Экспресс-информ. — М. — 1988. — № 3. — С. 2. [8]. Мелехов И. С. Насущные вопросы лесного хозяйства на Севере // Пути повышения продуктивности лесов Северо-

Запада: Сб. тр.—Архангельск: ЦБТИ, 1966.—С. 116—122. [9]. Об условиях и оплате труда работников лесной промышленности и лесного хозяйства: Сб. официальных материалов.—М.: Госкомтруд СССР, 1983.—144 с. [10]. Орлов Ф. Б. Больше внимания лесокультурным работам // Пути повышения продуктивности лесов Северо-Запада: Сб. тр.—Архангельск: ЦБТИ, 1966.—С. 74—80. [11]. Сборник закупочных и оптовых цен на чистые семена древесных и кустарниковых пород.—М.: Прейскурантиздат, 1983.—16 с. [12]. Сборник нормативных материалов по лесному хозяйству.—М.: Лесн. пром-сть, 1984.—316 с. [13]. Типовые нормы выработки и расценки на работы, выполняемые в лесных питомниках.—М.: ЦБТИ, Гослесхоз СССР, 1984.—176 с.

Поступила 7 декабря 1988 г.

УДК 631.811.98:630*232

ПАРААМИНОБЕНЗОЙНАЯ КИСЛОТА — НОВЫЙ БИОСТИМУЛЯТОР РОСТА СЕЯНЦЕВ И САЖЕНЦЕВ СОСНЫ

Е. Н. САМОШКИН, В. П. ИВАНОВ, Л. А. КРЮЧКОВА

ВНИИХлесхоз

Брянский технологический институт

Парааминобензойная кислота (ПАБК) — белое кристаллическое вещество с желтоватым оттенком, химически стойкое, практически нетоксично. Обладает широким спектром физиологического действия на организмы [4].

Еще в 1948 г. был описан сильный модификационный эффект ПАБК: препарат усиливает ростовые процессы организмов и снижает их гибель [2, 3]. Вот почему это вещество представило определенный интерес как стимулятор роста сеянцев и саженцев древесных растений, в частности сосны.

Влияние ПАБК на рост сосны мы изучали в северной подзоне зоны смешанных лесов (Московская область), подзоне южной тайги (Костромская область) и в Брянском округе зоны широколиственных лесов. Почвы — дерново-среднеподзолистые песчаные и супесчаные.

Водными растворами ПАБК обрабатывали воздушно-сухие семена последнего года сбора.

В северной подзоне зоны смешанных лесов ПАБК изучена в следующих вариантах-концентрациях: 0,34 % (практически насыщенный водный раствор), 0,17; 0,085; 0,043; 0,022 и 0,011 %. Время нахождения семян в растворах — 18 ч. После просушивания на свежем воздухе семена высевали в теплице с полиэтиленовым покрытием (ОПЛХО «Русский лес» Московской области). Сеянцы-однолетки в северной подзоне зоны смешанных лесов и Брянском округе зоны широколиственных лесов были пересажены на лесокультурную площадь (тип условий произрастания — В₂). Почва подготовлена бороздами, тракторным плугом ПКЛ-70. Схема размещения растений на площади — 2,5 × 0,5 м. Уходы за культурами проводили вручную: в первый год — два, во второй — один.

Учет растений (измерение высот, диаметров, прироста в высоту) был ежегодным. Полевые материалы обработаны статистически [1].

Анализ показывает, что при слабых концентрациях (0,022 и 0,011 %) ПАБК существенно (на 25 и 47 %) стимулировала рост сеянцев-однолеток.

У двухлетних саженцев эффект значительно усиленного (около 7 %) роста сохранился только при самой слабой (0,011 %) концентрации, что можно отчасти объяснить тем, что в этом вегетационном периоде происходил процесс приживания сеянцев на лесокультурной площади.

Закономерность роста трехлетних саженцев была совершенно другой (табл. 1): большой эффект стимуляции (от 25 до 60 %) наблюдал-

ся во всех вариантах опыта. Исключением является второй вариант (концентрация 0,17 %), где прирост в высоту увеличился примерно на 6 %, что связано с воздействием случайных факторов.

Таблица 1

Вариант	Концентрация, %	n _x	Прирост в высоту		С, %	m _δ	t _{факт} через m _δ	P, %
			M ± m, см	% к контролю				
1	0,340	121	15,2 ± 0,35	146,2	25,2	0,495	10,608	99,9
2	0,170	103	11,0 ± 0,35	105,8	32,3	0,495	1,326	—
3	0,085	110	13,9 ± 0,46	133,7	34,7	0,650	6,604	99,9
4	0,043	54	13,0 ± 0,68	125,0	38,4	0,962	3,790	99,9
5	0,022	116	17,3 ± 0,56	166,3	35,0	0,792	11,481	99,9
6	0,011	89	13,2 ± 0,55	126,5	39,5	0,778	4,714	99,9
Контроль	—	203	10,4 ± 0,29	100,0	39,0	0,410	—	—

В связи с тем, что в северной подзоне зоны смешанных лесов у однолетних и двухлетних растений усиленный рост зафиксирован только в вариантах со слабыми концентрациями (0,022 и 0,011 %) и в трехлетнем возрасте в этих вариантах также наблюдался высокий (27 и 66 %) эффект стимуляции, в новом эксперименте, который поставлен в условиях подзоны южной тайги, семена обрабатывали только слабыми водными растворами ПАБК (концентрации 0,02; 0,01; 0,005; 0,0025; 0,0012 %). Время обработки принято то же (18 ч).

В трех вариантах (концентрации 0,02; 0,01; 0,0025 %) препарат стимулировал рост сеянцев-однолеток (табл. 2). Превышение средних высот опытных вариантов над контролем достигло 27 %. Только при самой слабой (0,0012 %) концентрации никакого эффекта не выявлено.

Таблица 2

Вариант	Концентрация, %	n _x	M ± m, см	Высота, % к контролю	С, %	m _δ	t _{факт} через m _δ	P, %
Сеянцы-однолетки								
1	0,02	205	1,7 ± 0,038	113,5	31,7	0,054	4,597	99,9
2	0,01	162	1,6 ± 0,036	106,6	28,8	0,051	2,286	95,0
3	0,005	220	1,4 ± 0,025	93,5	25,7	0,035	2,945	95,0
4	0,0025	259	1,9 ± 0,035	126,6	30,0	0,049	9,785	99,9
5	0,0012	298	1,5 ± 0,026	100,0	29,6	0,037	0,000	—
Контроль	—	264	1,5 ± 0,023	100,0	24,4	0,033	—	—
Саженьцы-двухлетки								
1	0,02	351	7,5 ± 0,09	144,2	21,8	0,270	11,223	99,9
2	0,01	331	6,1 ± 0,11	117,5	33,8	0,160	6,000	99,9
3	0,005	349	5,9 ± 0,10	113,4	31,4	0,140	5,000	99,9
4	0,0025	335	5,9 ± 0,10	113,4	28,8	0,140	5,000	99,9
5	0,0012	345	6,0 ± 0,10	115,5	29,1	0,140	5,714	99,9
Контроль	—	335	5,2 ± 0,10	100,0	33,5	0,140	—	—

Интересны закономерности роста двухлетних растений. Существенная стимуляция (до 44 %) зафиксирована во всех вариантах опыта, однако наибольший эффект получен при концентрациях 0,02 и 0,01 %. При этих же концентрациях отмечено усиление роста растений и в зоне смешанных лесов.

В Брянском округе зоны широколиственных лесов семена обрабатывали в течение 12 и 18 ч, концентрации 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05 %. Кроме того, исследовано

Таблица 3

Вариант	Концентрация, %	n_x	$M \pm m$	Высота, % к контролю	$C, \%$	m_{δ}	$t_{\text{факт}}$ через m_{δ}	$P, \%$
Саженьцы-двухлетки								
Высота, см								
1	0,25	48	$8,3 \pm 0,184$	100,0	15,3	0,260	0,000	—
2	0,20			Учет не проводили				
3	0,15	48	$11,3 \pm 0,184$	136,5	11,3	0,260	11,523	99,9
4	0,10	48	$10,3 \pm 0,184$	124,0	12,3	0,260	7,692	99,0
5	0,05	50	$9,4 \pm 0,184$	113,2	13,8	0,260	4,230	95,0
Контроль	—	51	$8,3 \pm 0,184$	100,0	15,3	0,260	—	—
Саженьцы-трехлетки								
Высота, см								
1	0,25	73	$19,1 \pm 0,145$	126,4	6,5	0,205	19,502	99,9
2	0,20	54	$16,6 \pm 0,145$	109,5	6,4	0,205	7,314	99,9
3	0,15	46	$19,9 \pm 0,145$	131,4	4,9	0,205	23,402	99,9
4	0,10	53	$17,3 \pm 0,145$	114,5	6,1	0,205	10,701	99,9
5	0,05	58	$18,1 \pm 0,145$	119,8	6,1	0,205	14,604	99,9
Контроль	—	40	$15,1 \pm 0,145$	100,0	6,1	0,205	—	—
Диаметр, мм								
1	0,25	74	$4,5 \pm 0,053$	121,8	10,1	0,075	10,605	99,9
2	0,20	54	$3,9 \pm 0,053$	105,4	10,0	0,075	2,941	95,0
3	0,15	45	$5,3 \pm 0,053$	143,2	6,7	0,075	20,722	99,9
4	0,10	54	$4,9 \pm 0,053$	132,4	7,9	0,075	16,444	99,9
5	0,05	58	$4,4 \pm 0,053$	118,5	9,2	0,075	9,626	—
Контроль	—	40	$3,7 \pm 0,053$	100,0	9,1	0,075	—	—
Саженьцы-четырёхлетки								
Высота, см								
1	0,25	76	$32,7 \pm 0,254$	123,8	6,8	0,358	17,549	99,9
2	0,20	55	$30,9 \pm 0,254$	116,9	6,1	0,359	12,451	99,9
3	0,15	46	$37,8 \pm 0,254$	142,9	4,6	0,359	31,587	99,9
4	0,10	58	$33,4 \pm 0,254$	126,4	5,8	0,359	19,443	99,9
5	0,05	57	$33,2 \pm 0,254$	126,8	5,8	0,359	19,025	99,9
Контроль	—	40	$26,4 \pm 0,254$	100,0	6,1	0,358	—	—
Диаметр, мм								
1	0,25	76	$8,8 \pm 0,147$	102,9	14,6	0,208	1,202	—
2	0,20	55	$7,6 \pm 0,147$	88,8	14,3	0,208	4,567	99,0
3	0,15	47	$9,8 \pm 0,147$	115,6	10,3	0,203	6,394	99,0
4	0,10	58	$9,6 \pm 0,147$	112,6	11,7	0,203	5,144	99,0
5	0,05	57	$7,9 \pm 0,147$	92,5	14,0	0,203	3,077	95,0
Контроль	—	40	$8,5 \pm 0,147$	100,0	10,5	0,203	—	—
Саженьцы-пятилетки								
Высота, см								
1	0,25	68	$53,6 \pm 0,412$	126,5	6,3	0,583	19,280	99,9
2	0,20	55	$53,6 \pm 0,412$	126,6	5,7	0,583	19,314	99,9
3	0,15	44	$62,5 \pm 0,412$	147,5	4,4	0,583	34,511	99,9
4	0,10	58	$55,1 \pm 0,412$	130,1	5,7	0,583	21,835	99,9
5	0,05	55	$54,5 \pm 0,412$	128,6	5,6	0,583	20,789	99,9
Контроль	—	39	$42,4 \pm 0,412$	100,0	6,1	0,583	—	—

Продолжение табл. 3

Вариант	Концентрация, %	n_x	$M \pm m$	Высота, % к контролю	$C, \%$	m_0	t факт через m_0	$P, \%$
Диаметр, см								
1	0,25	68	$1,3 \pm 0,056$	119,8	35,5	0,079	2,658	95,0
2	0,20	55	$1,3 \pm 0,056$	122,6	31,9	0,079	3,038	95,0
3	0,15	44	$1,5 \pm 0,056$	143,4	24,8	0,079	5,823	99,0
4	0,10	58	$1,4 \pm 0,056$	128,3	30,5	0,079	3,797	95,0
5	0,05	55	$1,2 \pm 0,056$	115,1	34,6	0,079	2,025	—
Контроль	—	39	$1,1 \pm 0,056$	100,0	31,7	0,079	—	—

влияние ПАБК при концентрациях 0,1; 0,05; 0,01; 0,005 и 0,001 % и времени обработки 18, 20 и 24 ч.

В опыте с экспозицией 12 ч небольшой эффект стимуляции роста в высоту сеянцев-однолеток (на 6 и 14 %) зафиксирован при слабых концентрациях (0,1 и 0,05 %), хотя по диаметру небольшое (6...7 %) усиление роста отмечено при двух самых высоких (0,25; 0,20 %) концентрациях. Следует отметить, что во всех вариантах ПАБК стимулировала (на 7...20 %) рост корня в длину.

Начиная со второго вегетационного периода, на лесокультурной площади наблюдалось существенное стимуляционное влияние ПАБК на рост саженцев (табл. 3). Эффект зафиксирован при трех самых слабых (0,15; 0,10 и 0,05 %) концентрациях: превышение средних высот опытных вариантов над контролем варьировало от 13 до 36 %. Усиленный рост трех-, четырех- и пятилетних саженцев проявился во всех вариантах: превышение средних высот над контролем составило 10...47 %.

Интересен также тот факт, что с возрастом растений темп роста не ослабевает, а наоборот, усиливается. Так, максимальное превышение высот опытных вариантов над контролем у трехлетних саженцев равно 32 %, у четырехлетних — 43 %, пятилетних — 47 %. Наблюдается существенный стимуляционный эффект и по диаметру.

При экспозициях 18, 20 и 24 ч эффект стимуляции не установлен.

Таким образом, обработка семян сосны водными растворами ПАБК в слабых дозах вызывает существенную стимуляцию роста сеянцев и саженцев.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике.— М.: Наука, 1973.— 256 с. [2]. Рапопорт И. А., Дроздовская Л. Н. Эффект дисконъюгации и спирализации гигантских хромосом дрозофилы под влиянием парааминобензойной кислоты // Докл. АН СССР.— 1978.— Т. 234, № 4.— С. 1062—1065. [3]. Рапопорт И. А., Дроздовская Л. Н. Влияние п-аминобензойной кислоты на зависимую дифференцировку // Докл. АН СССР.— 1979.— Т. 246, № 3.— С. 733—736. [4]. Удалов Ю. Ф. Парааминобензойная кислота // Витамины.— М.: Медицина, 1974.— С. 450—453.

Поступила 5 июля 1989 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.143.482

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ,
ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЛЬСОВЫЕ ПЛЕТИ
В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

При транспортировке длинных сварных рельсовых плетей от места сварки до места укладки во время прохождения поездом кривых участков пути в результате изгиба плетей возникают действующие на них поперечные силы. Они могут привести к нарушению условий безопасного движения поездов, вызвать опрокидывание сцепов или сход колес подвижного состава с рельсов. Необходимо поэтому оценить значение этих сил и их воздействие на платформы и на путь.

В работе [2] показано, что для определения поперечных сил при изгибе рельсовой плети по круговой кривой допустимо использовать линейное дифференциальное уравнение вида

$$EIy'' = M, \tag{1}$$

где EI — жесткость поперечного сечения рельса при изгибе в горизонтальной плоскости;

M — изгибающий момент в произвольном сечении плети.

Расчетная схема приведена на рис. 1. Решая дифференциальное уравнение (1) при произвольном числе точек закрепления по методике, изложенной в работе [1], получим следующее уравнение прогибов:

$$y = \frac{x_0^3}{6EI} \{H_0(3u - u^3) + H_1[(u - u_1)^3 - 3(1 - u_1)^2 u] + \dots + H_n[(u - u_n)^3 - 3(1 - u_n)^2 u]\}, \tag{2}$$

где y — прогиб произвольного сечения плети;
 x_0 — половина длины плети;
 $u = x/x_0$ — безразмерная абсцисса сечения с координатой x ;
 u_1, u_2, \dots, u_n — безразмерная абсцисса точек закрепления плети,
 $u_1 = x_1/x_0; u_2 = x_2/x_0; \dots; u_n = x_n/x_0$.

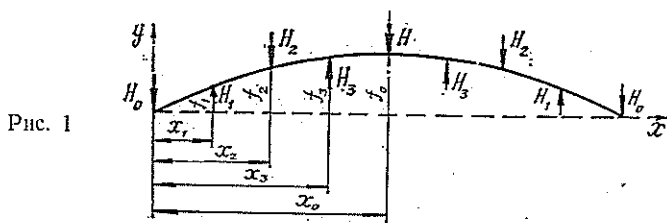


Рис. 1

При записи уравнения прогибов для конкретной расчетной схемы число n членов уравнения (2) зависит от числа N точек закрепления и определяется по формуле

$$n = (N - 1)/2,$$

а при вычислении коэффициентов при силах разности $u - u_i$, для которых $u < u_i$ (где $i = 1, 2, \dots, n$), надо принять равным нулю.

Например, для трех точек закрепления имеем $N = 3$, $n = 1$, $u_1 = 1$, значит, оставляем одно слагаемое, содержащее силу H_0 :

$$y = \frac{x_0^3}{6EI} H_0 (3u - u^3).$$

Для пяти точек закрепления имеем $N = 5$, $n = 2$, $u_1 = 0,5$, $u_2 = 1$, значит, оставляем два слагаемых, содержащих силы H_0 и H_1 , причем на первом участке $0 \leq u \leq u_1$

$$y = \frac{x_0^3}{6EI} [H_0 (3u - u^3) - 0,75H_1 u];$$

на втором участке

$$y = \frac{x_0^3}{6EI} \{H_0 (3u - u^3) + H_1 [(u - u_1)^3 - 0,75u]\}$$

и т. д.

Точки закрепления плети на кониках подвижного состава должны лежать на круговой кривой радиуса ρ , поэтому для определения сил H_i в этих точках ординаты прогибов приравняем ординатам круговой кривой $y_\rho = f$. Значение f можно найти по приближенному выражению

$$y_\rho = f = \frac{x_0}{\rho} x - \frac{x^2}{2\rho} = \frac{x_0^2}{2\rho} (2u - u^2). \quad (3)$$

Расчетное уравнение имеет вид

$$\begin{aligned} & H_0 (3u - u^3) + H_1 [(u - u_1)^3 - 3(1 - u_1)^2 u] + \\ & + \dots + H_n [(u - u_n)^3 - 3(1 - u_n)^2 u] = \frac{3EI}{x_0 \rho} (2u - u^2). \end{aligned} \quad (4)$$

При записи уравнений для конкретного случая следует учитывать замечание, высказанное выше по поводу применения уравнения (2).

Например, для трех точек закрепления ($n = 1$, $u_1 = 1$) имеем

$$2H_0 = \frac{3EI}{x_0 \rho},$$

отсюда

$$H_0 = 1,5 \frac{EI}{x_0 \rho}; \quad H = 2H_0 = 3 \frac{EI}{x_0 \rho}.$$

Для пяти точек закрепления ($n = 2$, $u = u_1 = 0,5$, $u = u_2 = 1$) имеем систему

$$11H_0 - 3H_1 = 18 \frac{EI}{x_0 \rho};$$

$$16H_0 - 5H_1 = 24 \frac{EI}{x_0 \rho},$$

отсюда

$$H_0 = \frac{18}{7} \frac{EI}{x_0 \rho}; \quad H_1 = -\frac{24}{7} \frac{EI}{x_0 \rho}; \quad H = \frac{12}{7} \frac{EI}{x_0 \rho}.$$

Аналогично с помощью уравнения (4) можно составить системы уравнений при любом числе точек закрепления. Решение этих систем уравнений позволяет определить значения соответствующих сил H_i .

Выражения для определения H_i можно представить в виде

$$H_i = K_i \frac{EI}{x_{0i}^3}, \quad (5)$$

где K_i зависит от числа точек закрепления и номера силы.

Значения этого коэффициента для ряда случаев приведены в табл. 1.

Таблица 1

Число точек закрепления	Расчетная длина плиты, м	Значения коэффициента K_i для сил									
		H_0	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H
3	20	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—3
5	40	2,57	-3,43	—	—	—	—	—	—	—	1,74
7	60	3,81	-4,85	1,38	—	—	—	—	—	—	-0,68
9	80	5,07	-6,43	1,73	-0,49	—	—	—	—	—	0,24
11	100	6,34	-8,04	2,15	-0,58	0,17	—	—	—	—	-0,08
13	120	7,61	-9,65	2,59	-0,69	0,19	-0,053	—	—	—	0,006
15	140	8,87	-11,25	2,99	-0,72	0,011	-0,22	0,029	—	—	-0,495
17	160	10,15	-12,79	3,35	-0,93	0,033	-0,10	0,018	-0,031	—	0,6
19	180	11,41	-14,47	3,88	-1,04	0,28	-0,075	0,012	-0,054	0,0015	-0,012

Примечание. Знак плюс — сила направлена внутрь кривой; минус — наружу.

Так как сила H пропорциональна коэффициенту K_i , то при одинаковых условиях наибольшие поперечные силы действуют на первую и вторую платформу с обоих концов плети. В средней части эти силы существенно меньше (кроме случая $N=3$, для которого максимальная сила действует на среднюю платформу). Графики изменения K_i по длине плети приведены на рис. 2.

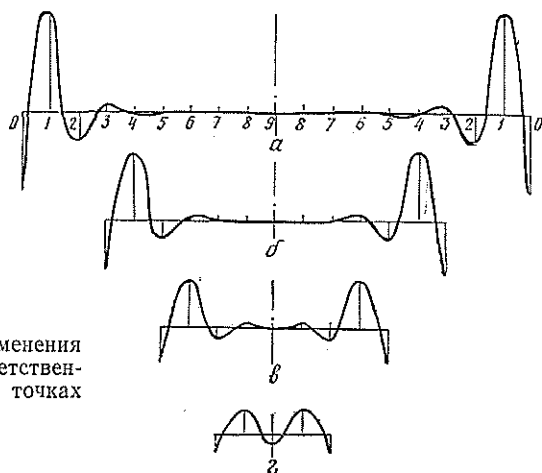


Рис. 2. Графики изменения K_i : а, б, в, г — соответственно при 19, 13, 9 и 5 точках закрепления

При определении условий безопасной транспортировки состава с плетями расчетными являются силы H_0 и H_1 . Соответствующие коэффициенты K_0 и K_1 изменяются, в зависимости от числа точек закрепления N , по линейному закону:

$$K_0 = -0,5871 + 0,6314N; \quad (6)$$

$$K_1 = 0,5128 - 0,7886N. \quad (7)$$

С помощью уравнений (6) и (7) можно найти значения K_0 и K_1 для любого (в том числе и четного) числа точек закрепления. Например, при $N = 4$ имеем $K_0 = 1,9385$, $K_1 = -2,6416$.

Расчетная длина l плети в зависимости от числа точек закрепления (числа платформ в составе) определяется по формуле

$$l = L(N - 1), \quad (8)$$

где L — габаритная длина платформы по буферам.

Полная длина плети $2x_0$ кратна 8 м, так как плеть формируется в результате сварки 8-метровых рельсов. Она равна или больше расчетной длины за счет консольных концов на крайних платформах, т. е.

$$2x_0 = l + a_1 + a_2 = 8m, \quad (9)$$

где a_1, a_2 — длина консолей;
 m — число 8-метровых рельсов.

Вследствие оплавления концов рельсов при сварке фактическая длина плети меньше $2x_0$ на 10...12 см.

Как показывает уравнение (5), поперечная сила, помимо коэффициента K_i , зависит от жесткости поперечного сечения рельса на изгиб в горизонтальной плоскости, длины плети и радиуса кривой. Очевидно, при прочих равных условиях силы H_i имеют наибольшее значение на кривых малых радиусов. Результаты расчета для случая $\rho = 100$ м приведены в табл. 2.

Таблица 2

Число точек закрепления	Число платформ	Расчетная длина, x_0 , см	Полная длина плети, м	Значения H_1, H для рельсов типа	
				P24	P33
3	3	1000	24	480,0	1254,0
5	5	2000	48	274,4	716,9
7	7	3000	64	267,0	697,7
9	9	4000	88	263,4	688,0
10	10	4500	96	262,1	684,8

Наибольшая поперечная сила действует на вторую (среднюю) платформу при перевозке плетей длиной 24 м (три точки закрепления). С увеличением числа точек закрепления (и, соответственно, длины плети) эти силы уменьшаются в 1,5 раза. Они составляют в среднем 270 Н при перевозке плетей из рельсов P24 и 710 Н — для рельсов P33.

Полная (суммарная) поперечная сила зависит от числа плетей на платформах. Так как на конике лесовозных платформ можно разместить до 9 плетей, то полная поперечная сила, действующая на вторую с края состава платформу, равна 2,43 кН для P24 и 6,39 кН для P33.

Приведенные результаты расчета являются приближенными. Это связано не только с тем, что использован приближенный метод решения, но также и с тем, что радиусы кривых на лесовозных УЖД не постоянны в пределах одной и той же кривой, а изменяются в довольно широком диапазоне. Так, по данным обследования кривых на Ньюбской УЖД, средняя квадратичная ошибка радиусов составляет до 20...25 % их среднего значения. Поэтому при оценке безопасности транспортировки состава с рельсовыми плетями расчетные значения поперечных сил надо увеличить в 1,25—1,30 раза.

Задача по устойчивости платформ против опрокидывания и по вероятности схода колес с рельсов требует проведения специального исследования и выходит за рамки настоящей статьи. Рассмотрим, в за-

ключение, две частные задачи, связанные с транспортировкой плетей на платформах.

Прогиб плетей. Рельсовая плеть расположена на кониках подвижного состава и является балкой на многих опорах. Так как коники находятся на значительном расстоянии друг от друга, то необходимо оценить значение максимального прогиба плети в середине пролета от действия собственного веса.

Применительно к расчетной схеме, приведенной на рис. 3, дифференциальное уравнение прогибов имеет вид

$$EIy'' = -\frac{qx^2}{2} + R_0(x-a) + R_1(x-a-l) + \dots + R_n(x-a-ml), \quad (10)$$

- где l — расстояние между кониками;
 a — длина консоли (т. е. часть плети, расположенной за крайними кониками);
 R_0, \dots, R_n — реакции опор. На крайних опорах $R_0 = R_1 = q(l + 2a)/2$, на средних $R_1 = R_{n-1} = ql$;
 q — интенсивность распределения нагрузки (вес 1 см длины рельса).

Для определения прогибов проинтегрируем уравнение (10) по обычным правилам. Постоянные интегрирования получаем из равенства нулю прогибов на опорах. Затем находим стрелы прогибов в середине пролета. При $l = 10$ м и длине консоли, равной 0, 100, 200, 400 см, они составляют для Р24 соответственно 3,34; 3,18; 2,70; 0,77 см. Для Р33 прогибы примерно в 2 раза меньше.

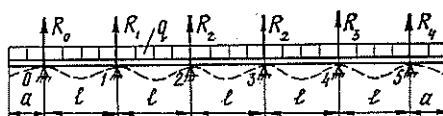


Рис. 3

Таким образом, прогибы рельсов в вертикальной плоскости сравнительно невелики и не угрожают безопасности движения поездов.

Смещение плети. Сечения плети на конике лежат на круговой кривой. Остальные сечения смещаются от оси кривой на некоторую величину Δy . Оценим величину этого смещения, так как при больших значениях оно может создать помехи транспортировке плетей.

В общем случае

$$\Delta y = y_p - y, \quad (11)$$

где y_p — ордината круговой кривой в данном сечении, определяемая по уравнению (3);

y — ордината кривой прогибов плети в этом же сечении, определяемая по уравнению (2).

Найдем значение Δy для частного случая: плеть длиной $l = 2x_0 = 60$ м при трех и семи точках закрепления.

Если $N = 3$, то уравнение (3) можно решить аналитически. Максимальное значение Δy находится в сечении $x = x_0/3$ и составляет [2]

$$\Delta y_{max} = x_0^2/27\rho.$$

На кривой радиусом 100 м и для $x_0 = 30$ м получим $\Delta y_{max} = 33,7$ см, что довольно существенно.

Если $N = 7$, по Δy проще определить численным методом. Расчетные выражения для ординаты y после преобразований имеют вид:

на участке $0 \leq u \leq \frac{1}{3}$

$$y = \frac{x_0^2}{6\rho} \left[K_0(3u - u^3) + \frac{4}{3} K_1 u + \frac{1}{3} K_2 u \right];$$

на участке $\frac{1}{3} \leq u \leq \frac{2}{3}$

$$y = \frac{x_0^2}{6\rho} \left\{ K_0(3u - u^3) + K_1 \left[\left(u - \frac{1}{3} \right)^3 - \frac{4}{3} u \right] + \frac{1}{3} K_2 u \right\};$$

на участке $\frac{2}{3} \leq u \leq 1$

$$y = \frac{x_0^2}{6\rho} \left\{ K_0(3u - u^3) + K_1 \left[\left(u - \frac{1}{3} \right)^3 - \frac{4}{3} u \right] + K_2 \left[\left(u - \frac{2}{3} \right)^3 - \frac{1}{3} u \right] \right\}.$$

Результаты вычислений Δy для пяти равномерно расположенных сечений на каждом участке приведены в табл. 3.

Таблица 3

Участок плети	Значения Δy , см, для сечений					
	0	1	2	3	4	5
$0 \leq u \leq 1/3$	0	3,93	4,87	3,84	1,86	0
$1/3 \leq u \leq 2/3$	0	-1,12	-1,38	-1,11	-0,60	0
$2/3 \leq u \leq 1$	0	0,13	0,15	0,07	0,03	0

Эпюра Δy приведена на рис. 4. Она показывает, что смещения достигают максимального значения на участках, расположенных по концам плети. На следующих участках смещения значительно меньше.

Абсолютные значения Δy_{max} при $N=7$ (и при $N > 7$) невелики, что не создает помех транспортировке плетей.

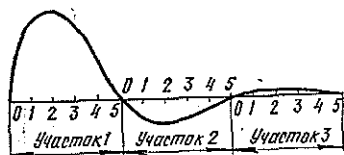


Рис. 4

Таким образом, материалы нашего исследования подтверждают принципиальную возможность транспортировки длинных сварных плетей на подвижном составе, эксплуатирующемся на лесовозных УЖД.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Микеладзе Ш. Е. Некоторые задачи строительной механики.— М.; Л.: Гостехтеоретиздат, 1948.— 267 с. [2]. Морозов С. И. Методика определения сил, действующих на рельсовую плеть при транспортировке ее в кривых // Лесн. журн.— 1990.— № 2.— С. 33—38.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 10 ноября 1989 г.

УДК 630*36 : 621.936.6

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АКТИВНОГО БЛОКА МОТОПИЛ

Э. А. КЕЛЛЕР

Пермский политехнический институт

Один из наиболее сложных вопросов при решении задач снижения виброн нагрузок, передаваемых активным блоком (двигателем и пильным аппаратом) на рукоятки мотопил,— определение результирующих сил и моментов, действующих на корпус двигателя. Это связано с тем, что комплекс силовых воздействий, генерируемых активным блоком, чрезвычайно широк. Он включает газовые и инерционные силы и моменты кривошипно-ползунного механизма, силы и моменты от динамической неуравновешенности муфты сцепления и маховика, от взаимодействия пильной цепи с древесиной, от выхлопа двигателя и т. д. Зная реальные параметры силового воздействия активного блока, можно построить корректную правую часть системы дифференциальных уравнений, описывающих пространственные колебания базовых узлов мотопилы [2, 3], и с помощью математического моделирования выбрать оптимальные параметры системы виброзащиты. Систему возмущающих сил и моментов, действующих на корпус двигателя, представим в виде трех проекций F_x, F_y, F_z главного вектора сил, приложенного в центре масс блока, и трех проекций M_x, M_y, M_z главного момента сил относительно оси, проходящей через центр масс. Для определения этих сил и моментов активный блок установим на платформу, связанную с неподвижным основанием упругими элементами 7—10 (см. рисунок). Под действием возмущающих сил и моментов платформа с активным блоком совершает пространственные колебания. В качестве обобщенных

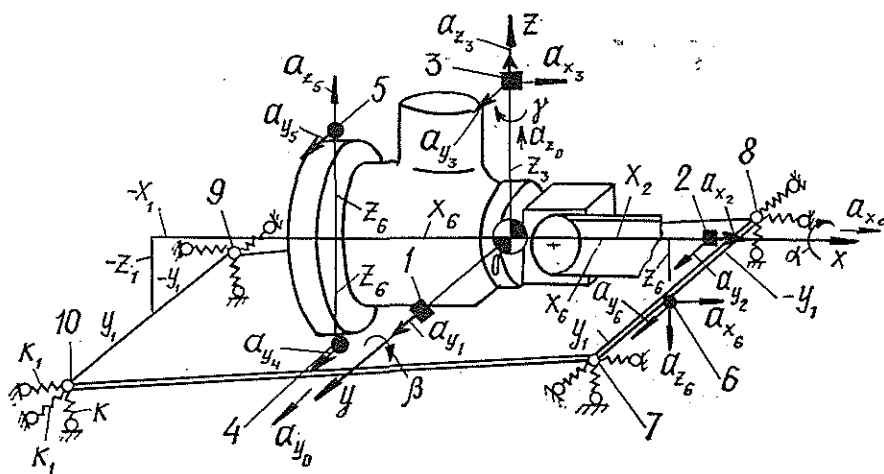


Схема расположения датчиков и упругих элементов подвески платформы

координат примем перемещения центра масс платформы с блоком a_{x_0} , a_{y_0} , a_{z_0} вдоль ортогональных осей координат x , y , z и угловые α , β , γ вокруг этих осей. Оси x , y , z совместим с главными центральными осями инерции подвижной системы.

Для экспериментального определения амплитуд C_1 , C_2 , C_3 прямолинейных и D_1 , D_2 , D_3 угловых колебаний можно, например, использовать шесть однокомпонентных вибродатчиков, установленных в трех точках подвижной системы в количественном соотношении 1:2:3 с ориентацией осей чувствительности параллельно осям x , y , z . При малых угловых перемещениях подвижной системы осесремительными ускорениями можно пренебречь. Координаты расположения вибродатчиков и ориентацию осей чувствительности выбирают в зависимости от конструктивных особенностей активного блока. На рисунке приведены две схемы установки датчиков в точках 1, 2, 3 и 4, 5, 6. Суммарные перемещения i -й точки активного блока с платформой с координатами x_i , y_i , z_i , фиксируемые однокомпонентными датчиками вдоль осей x , y , z , можно представить уравнениями

$$\left. \begin{aligned} a_{x_i} &= a_{x_0} + z_i\beta - y_i\gamma; \\ a_{y_i} &= a_{y_0} + x_i\gamma - z_i\alpha; \\ a_{z_i} &= a_{z_0} + y_i\alpha - x_i\beta. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

На основании уравнений (1) амплитуды прямолинейных и угловых колебаний подвижной системы выражают через показания датчиков виброперемещения по следующим зависимостям [4]:

для I схемы (точки 1, 2, 3)

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{1}{S_0} \frac{S_0 a_{x_2}}{S_{x_2}}; & D_1 &= \frac{1}{S_0 z_3} \left(\frac{S_0 a_{y_3}}{S_{y_3}} - \frac{S_0 a_{y_1}}{S_{y_1}} \right); \\ C_2 &= \frac{1}{S_0} \frac{S_0 a_{y_1}}{S_{y_1}}; & D_2 &= \frac{1}{S_0 z_3} \left(\frac{S_0 a_{x_3}}{S_{x_3}} - \frac{S_0 a_{x_2}}{S_{x_2}} \right); \\ C_3 &= \frac{1}{S_0} \frac{S_0 a_{z_3}}{S_{z_3}}; & D_3 &= \frac{1}{S_0 x_2} \left(\frac{S_0 a_{y_3}}{S_{y_3}} - \frac{S_0 a_{y_1}}{S_{y_1}} \right); \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

для II схемы (точки 4, 5, 6)

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{1}{S_0} \left[\frac{S_0 a_{x_6}}{S_{x_6}} - \frac{z_6}{2x_6} \left(\frac{S_0 a_{z_5}}{S_{z_5}} - \frac{S_0 a_{z_6}}{S_{z_6}} \right) \right]; \\ D_1 &= \frac{1}{2z_6 S_0} \left(\frac{S_0 a_{y_4}}{S_{y_4}} - \frac{S_0 a_{y_5}}{S_{y_5}} \right); \\ C_2 &= \frac{1}{2S_0} \left(\frac{S_0 a_{y_6}}{S_{y_6}} + \frac{S_0 a_{y_5}}{S_{y_5}} \right); & D_2 &= \frac{1}{2x_6 S_0} \left(\frac{S_0 a_{z_6}}{S_{z_6}} - \frac{S_0 a_{z_5}}{S_{z_5}} \right); \\ C_3 &= \frac{1}{2S_0} \left(\frac{S_0 a_{z_6}}{S_{z_6}} + \frac{S_0 a_{z_5}}{S_{z_5}} \right); & D_3 &= \frac{1}{2x_6 S_0} \left(\frac{S_0 a_{y_6}}{S_{y_6}} - \frac{S_0 a_{y_5}}{S_{y_5}} \right), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где a_{x_2}, \dots, a_{y_5} — показания датчиков виброперемещения в направлении осей x , y , z в точках 2, ..., 5;
 S_0 — нормированная чувствительность датчиков;
 S_{x_2}, \dots, S_{y_5} — чувствительность датчиков в направлении осей x , y , z в точках 2, ..., 5;
 x_2, z_3, x_6, z_6 — координаты точек крепления датчиков.

Расположение точек крепления датчиков по I схеме на главных центральных осях инерции платформы с блоком существенно упрощает вычислительную процедуру. При измерениях пиление древесины можно не проводить, поскольку дисперсия возмущающих сил от пильной цепи не превышает 6 % от суммарной дисперсии силового воздействия активного блока. Если в качестве упругих элементов использовать четыре одинаковые пружины с коэффициентами продольной и поперечной жесткости, соответственно, k и k_1 и подобрать эти величины так, чтобы соблюдалось неравенство $\omega \geq 1,5 \omega_0^{max}$, где ω — круговая частота вращения коленчатого вала двигателя, а ω_0^{max} — максимальная из шести собственных частот колебательной системы, то демпфированием в подвеске можно пренебречь (ошибка при вычислении проекций сил и моментов не превысит 0,5 %). Поскольку упругая подвеска платформы выполнена с продольной плоскостью симметрии xOz , связь между амплитудами виброперемещений и силовых воздействий представим в виде двух независимых групп уравнений:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & a_{13} \\ 0 & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} C_1 \\ C_3 \\ D_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} F_x \\ F_z \\ M_y \end{vmatrix}; \quad (4)$$

$$\begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} C_2 \\ D_1 \\ D_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} F_y \\ M_x \\ M_z \end{vmatrix}, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} a_{11} &= k_x - m\omega^2; & a_{22} &= k_z - m\omega^2; & a_{33} &= R_y - I_y\omega^2; \\ b_{11} &= k_y - m\omega^2; & b_{22} &= R_x - I_x\omega^2; & b_{33} &= R_z - I_z\omega^2; \\ a_{13} &= a_{31} = -2k_1(z_1 + z_6); & a_{23} &= a_{32} = -2k(x_6 - x_1); \\ b_{12} &= b_{21} = -a_{13}; & b_{13} &= b_{31} = 2k_1(x_6 - x_1); \\ b_{23} &= b_{32} = -2k_1(x_1z_1 - x_6z_6); \end{aligned}$$

m — масса активного блока с платформой;

I_x, I_y, I_z — моменты инерции активного блока с платформой вокруг осей x, y, z ;

ω — круговая частота первых гармоник вынуждающих сил и моментов;

x_1, x_6, z_1, z_6, y_1 — координаты крепления упругих элементов 7—10.

$$k_x = k_y = 4k_1; \quad k_z = 4k; \quad R_x = 2k_1(z_1^2 + z_6^2) + 4ky_1^2;$$

$$R_y = 2k_1(z_1^2 + z_6^2) + 2k(x_1^2 + x_6^2).$$

Ограничение силового воздействия первыми гармониками обосновывается тем, что энергетические спектры этих процессов содержат 75...80 % суммарной дисперсии в сравнительно узком диапазоне, совпадающем с частотой вращения коленчатого вала.

Решая уравнения (4), (5) относительно неизвестных проекций F_x, \dots, M_z , получаем

$$\left. \begin{aligned} M_y &= \frac{E_2(A_1Q_3 + A_3Q_1) - E_1L_1}{E_3L_1 + E_2(S_3A_1 - S_1A_3)}; & F_z &= \frac{E_1 + M_yE_3}{E_2}; \\ F_x &= \frac{Q_1 - F_zB_1 + M_yS_1}{A_1}; & M_z &= \frac{E_5(Q_6A_4 - Q_4A_6) + E_4L_2}{E_6L_2 + E_5(S_6A_4 - S_4A_6)}; \\ M_x &= \frac{E_4 - M_zE_6}{E_5}; & F_y &= \frac{Q_4 - M_xB_4 - M_zS_4}{A_4}, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
\text{где } L_1 &= B_1 A_3 - B_3 A_1; L_2 = B_4 A_6 - B_6 A_4; E_1 = A_1 Q_2 + A_2 Q_1; \\
E_2 &= A_2 B_1 + B_2 A_1; E_3 = S_1 A_2 + S_2 A_1; E_4 = Q_5 A_4 - Q_4 A_5; \\
E_5 &= B_5 A_4 - B_4 A_5; E_6 = S_5 A_4 - S_4 A_5; A_1 = a_{22} a_{33} - a_{32} a_{23}; \\
A_2 &= a_{23} a_{31}; A_3 = a_{22} a_{31}; A_4 = b_{22} b_{33} - b_{23} b_{32}; \\
A_5 &= b_{23} b_{31} - b_{21} b_{33}; A_6 = b_{21} b_{32} - b_{22} b_{31}; B_1 = a_{13} a_{32}; \\
B_2 &= a_{11} a_{33} - a_{13} a_{31}; B_3 = a_{11} a_{32}; B_4 = b_{13} b_{32} - b_{12} b_{33}; \\
B_5 &= b_{11} b_{33} - b_{13} b_{31}; B_6 = b_{12} b_{31} - b_{11} b_{32}; S_1 = a_{13} a_{22}; \\
S_2 &= a_{11} a_{23}; S_3 = a_{11} a_{22}; S_4 = b_{12} b_{23} - b_{13} b_{22}; \\
S_5 &= b_{13} b_{21} - b_{11} b_{23}; S_6 = b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21}; Q_1 = C_1 \Delta_1; \\
Q_2 &= C_3 \Delta_1; Q_3 = D_2 \Delta_1; Q_4 = C_2 \Delta_2; Q_5 = D_1 \Delta_2; \\
Q_6 &= D_3 \Delta_2; \Delta_1 = S_3 a_{33} - S_1 a_{31} - S_2 a_{32} - a_{12} a_{21} a_{33}; \\
\Delta_2 &= b_{11} b_{22} b_{33} + b_{12} b_{23} b_{31} + b_{13} b_{21} b_{32} - b_{13} b_{22} b_{31} - \\
&\quad - b_{11} b_{23} b_{32} - b_{12} b_{21} b_{33}.
\end{aligned}$$

Несмотря на значительный объем вычислений по формуле (6), предлагаемый метод универсален и удобен для практического применения. Если опорная рама с рукоятками имеет значительную жесткость и одинаковый входной импеданс в местах крепления виброизоляторов, то двигатель с пильным аппаратом можно не устанавливать на подвижную платформу. В этом случае опорную раму жестко закрепляют на неподвижном основании, а функцию упругих элементов 7—10 выполняют виброизоляторы виброзащитной подвески. Формулы (4)—(6) должны быть откорректированы в зависимости от конкретной схемы расположения виброизоляторов.

В заключение рассмотрим возможность существенного упрощения вычислительной процедуры. Известно [5], что при совмещении главных центральных осей инерции тела и жесткости системы упругих элементов устраняется связанность форм колебаний тела и по каждой из шести обобщенных координат их можно рассматривать независимо от остальных. Применительно к нашей схеме указанные условия реализуются при следующих координатах упругих элементов 7—10: $x_1 = x_6 = x$; $y_1 = y$; $z_1 = z_6 = 0$.

В этом случае уравнения (4) и (5) упрощаются, поскольку в матрице остаются только диагональные элементы, что позволяет снять ранее введенное ограничение на частоту вращения главного вала двигателя путем учета неупругого сопротивления в подвеске. Если каждый упругий элемент 7—10 выполнить равножестким [1] с коэффициентами жесткости k и сопротивления h , то проекции амплитуд возмущающих сил и моментов, действующих на корпус двигателя, можно определить по формулам

$$\left. \begin{aligned}
F_x &= C_1 \lambda; & M_x &= D_1 \cdot 4ky^2 [(1 - \nu_4^2)^2 + 4d_4^2 \nu_4^2]^{1/2}; \\
F_y &= C_2 \lambda; & M_y &= D_2 \cdot 4kx^2 [(1 - \nu_5^2)^2 + 4d_5^2 \nu_5^2]^{1/2}; \\
F_z &= C_3 \lambda; & M_z &= D_3 \cdot 4k(x^2 + y^2) [(1 - \nu_6^2)^2 + 4d_6^2 \nu_6^2]^{1/2},
\end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
\text{где } \lambda &= 4k [(1 - \nu^2)^2 + 4d^2 \nu^2]^{1/2}; & \nu &= m\Theta; & \Theta &= \frac{\omega^2}{4k}; \\
\nu_4 &= \frac{I_x}{y^2} \Theta; & \nu_5 &= \frac{I_y}{x^2} \Theta; & \nu_6 &= \frac{I_z}{x^2 + y^2} \Theta; & d &= \frac{h^2}{mk};
\end{aligned}$$

$$d_4 = \frac{h^2 y^2}{kI_x}; \quad d_5 = \frac{h^2 x^2}{kI_y}; \quad d_6 = d_4 + d_5.$$

С учетом изложенного для идентификации силового воздействия необходимо последовательно:

- 1) закрепить активный блок на подвижной платформе;
- 2) установить шесть вибродатчиков по схеме I или II (см рисунок);
- 3) определить направление главных центральных осей инерции активного блока с платформой и вибродатчиками, массу и моменты инерции подвижной системы, коэффициенты жесткости и демпфирования упругих элементов и координаты их закрепления [6];
- 4) вывести двигатель на режим холостого или рабочего хода и определить амплитуды суммарных виброперемещений контрольных точек a_{x_2}, \dots, a_{y_5} при помощи виброизмерительной аппаратуры, например ВА-2;
- 5) вычислить амплитуды прямолинейных и угловых колебаний подвижной системы по формулам (2) или (3);
- 6) вычислить проекции возмущающих сил и моментов по формулам (6) или (7).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. ГОСТ 12.04.093—80. Вибрация. Машины стационарные. Расчет виброизоляции поддерживающей конструкции.— М., 1980. [2]. Келлер Э. А., Бибииков М. Н., Попов А. А. Виброизоляция мотопил с низкими рукоятками // Влияние вибрации на организм человека и проблема виброзащиты.— М.: Наука, 1974.— С. 773—782. [3]. Келлер Э. А. Построение математической модели мотопил с низкими рукоятками // Динамика и прочность механических систем: Минвуз, сб. науч. тр.— 1976.— С. 90—96. [4]. Келлер Э. А. К вопросу выбора критерия для контроля вибрационных характеристик механизированного инструмента.— М. 1982.— 9 с.— Деп. в НИИмаш 25.02.82, № 45 МП—Д82. [5]. Келлер Э. А. Методика расчета равночастотной системы виброизоляции рукояток мотопил.— М., 1988.— 23 с.— Деп. в ВНИПИЭИлеспром 25.01.88, № 2120—л688. [6]. Кер Вильсон У. Вибрационная техника.— М.: Машгиз, 1963.— 415 с.

Поступила 11 октября 1989 г.

УДК 624.21 : 625.745.12

РАСЧЕТЫ ЭЛЕМЕНТОВ БАЛОЧНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МЕТОДОМ «УПРУГООСЕДАЮЩИХ И УПРУГОПОВОРАЧИВАЮЩИХСЯ ОПОР»

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

В работе [1] отмечена важность строительства мостов и разного рода транспортных сооружений на лесовозных дорогах и освещен вопрос использования при их проектировании метода пространственного расчета, рассматривающего поперечную конструкцию пролетного строения как неразрезную многопролетную балку на упругооседающих и упругоповорачивающихся опорах. Этот метод позволяет определить, кроме прогибов, углов поворота и усилий в главных балках [1], усилия в поперечной конструкции пролетного строения моста.

Уравнения эпюр y , φ , M , Q для внешних единичных усилий и воздействий в матричной форме имеют вид [1]

$$\vec{y}_n = \begin{vmatrix} y_{ni} \\ \varphi_{ni} \\ M_{ni} \\ Q_{ni} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_n & B_n & C_n & -D_n \\ -D'_n & A'_n & B'_n & -C_n \\ C''_n & D''_n & -A''_n & B''_n \\ B'''_n & C'''_n & D'''_n & A'''_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ M_{0i} \\ Q_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} D_{n-i} \\ C'_{n-i} \\ B''_{n-i} \\ A'''_{n-i} \end{vmatrix} +$$

$$+ \begin{vmatrix} -C_{n-i} \\ -B'_{n-i} \\ A''_{n-i} \\ -D'''_{n-i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -B_{n-i} \\ -A'_{n-i} \\ -D'_{n-i} \\ -C'''_{n-i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{n-i} \\ -D'_{n-i} \\ C''_{n-i} \\ B'''_{n-i} \end{vmatrix} = \Phi \vec{y}_0 + \vec{\Delta}_P + \vec{\Delta}_M + \vec{\Delta}_\Theta + \vec{\Delta}_\Delta. \quad (1)$$

Здесь

Φ — матрица функций влияния начальных параметров на прогиб y , угол поворота φ , изгибающий момент M и поперечную силу Q ;

\vec{y}_0 — вектор начальных параметров для i -й опоры;

$\vec{\Delta}_P, \vec{\Delta}_M, \vec{\Delta}_\Theta, \vec{\Delta}_\Delta$ — векторы функций влияния сосредоточенных воздействий на y, φ, M, Q для $P = 1, M = 1, \Theta = 1$ и $\Delta = 1$ соответственно.

В расчетах используется равенство функций влияния и условия на концах неразрезной балки

$$B''_n = B_n; \quad C'_n = C_n; \quad A''_n = A'_n; \quad C'''_n = C_n; \quad D'''_n = D'_n; \quad A'''_n = A_n; \quad (2)$$

$$M_{0i} = -\nu_0 \varphi_{0i}; \quad Q_{0i} = \omega_0 y_{0i}; \quad M_{ni} = \nu_n \varphi_{ni}; \quad Q_{ni} = -\omega_n y_{ni}, \quad (3)$$

где $\nu_0, \nu_n, \omega_0, \omega_n$ — жесткость на кручение и изгиб соответственно для крайних опор 0 и n .

Случаи действия на балку нагрузок $P = 1, M = 1$ и $\Theta = 1$ приведены в работе [1].

Рассмотрим случай $\Delta = 1$ (сдвиг). На основании (1)–(3) имеем

$$\begin{vmatrix} M_{ni} \\ Q_{ni} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C''_n & D''_n & -A''_n & B''_n \\ B'''_n & C'''_n & D'''_n & A'''_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ \nu_0 \varphi_{0i} \\ \omega_0 y_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} C'_{n-i} \\ B''_{n-i} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \nu_n & 0 \\ 0 & -\omega_n \end{vmatrix} \left\{ \begin{vmatrix} -D'_n & A'_n & B_n & -C_n \\ A_n & B_n & C_n & -D_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ \nu_0 \varphi_{0i} \\ \omega_0 y_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} D_{n-i} \\ A_{n-i} \end{vmatrix} \right\}. \quad (4)$$

Проведя ряд преобразований, аналогичных случаю с нагрузкой $P = 1$ [1], получим расчетные формулы.

Решение системы

$$\Lambda_{0\Delta} = A^{-1} \Delta_{\Delta}. \quad (5)$$

Здесь

$$A^{-1} = \left[\begin{array}{l} (C_n'' + \omega_n B_n + \nu_n D_n' + \nu_n \omega_0 C_n)(D_n'' - \nu_0 A_n' - \nu_n A_n' - \nu_0 \nu_n B_n') \\ (B_n''' + \omega_0 A_n + \omega_n A_n - \omega_0 \omega_n D_n)(C_n'' + \nu_0 D_n' + \omega_n B_n + \omega_n \nu_n C_n) \end{array} \right]^{-1}; \quad (6)$$

$$\Delta_{\Delta} = \left[\begin{array}{l} (-C_n'' + \nu_n D_n')(-C_{n-1}'' + \nu_n D_{n-1}') \dots (-C_1'' + \\ + \nu_n D_1')(-C_0'' + \nu_n D_0') \\ (-B_n''' - \omega_n A_n)(-B_{n-1}''' - \omega_n A_{n-1}) \dots (-B_1''' - \\ - \omega_n A_1)(-B_0''' - \omega_n A_0) \end{array} \right]. \quad (7)$$

Выражения для Δ_P , Δ_M , Δ_{θ} при действии на балку нагрузок $P = 1$, $M = 1$ или $\theta = 1$ приведены в работе [1].

$$\Lambda_{0P} = A^{-1} \left[\begin{array}{l} (B_n + \nu_n C_n)(B_{n-1} + \nu_n C_{n-1}) \dots (B_1 + \nu_n C_1)(B_0 + \nu_n C_0) \\ (A_n - \omega_n D_n)(A_{n-1} - \omega_n D_{n-1}) \dots (A_1 - \\ - \omega_n D_1)(A_0 - \omega_n D_0) \end{array} \right]; \quad (8)$$

$$\Lambda_{0M} = A^{-1} \left[\begin{array}{l} (-A_n' - \nu_n B_n')(-A_{n-1}' - \nu_n B_{n-1}') \dots (A_1' - \\ - \nu_n B_1')(-A_0' - \nu_n B_0') \\ (D_n' + \omega_n C_n)(D_{n-1}' + \omega_n C_{n-1}) \dots (D_1' + \\ + \omega_n C_n)(D_0' + \omega_n C_0) \end{array} \right]; \quad (9)$$

$$\Lambda_{0\theta} = A^{-1} \left[\begin{array}{l} (D_n'' - \nu_n A_n')(D_{n-1}'' - \nu_n A_{n-1}') \dots (D_1'' - \\ - \nu_n A_1')(D_0'' - \nu_n A_0') \\ (C_n'' + \omega_n B_n)(C_{n-1}'' + \omega_n B_{n-1}) \dots (C_1'' + \\ + \omega_n B_1)(C_0'' + \omega_n B_0) \end{array} \right]. \quad (10)$$

Применим приведенные выше зависимости для решения ряда частных задач.

1. Изгибающие моменты и поперечные силы в сечениях на опоре плиты или диафрагмы.

Ординаты линий влияния опорных моментов и поперечных сил на опорах поперечной конструкции пролетного строения, которыми являются главные балки, найдем из выражений (1)–(3) и зависимостей $M_{оп, ni} = y_{ni}^{\theta}$ и $Q_{оп, ni} = y_{ni}^A$:

$$M_{оп, ni} = y_{0i} \Delta_n + \varphi_{0i} B_n + \nu_0 \varphi_{0i} C_n - \omega_0 y_{0i} D_n - B_{n-1} \quad (11)$$

или

$$M_{оп, ni} = y_{0i} (A_n - \omega_0 D_n) + \varphi_{0i} (B_n + \nu_0 C_n) - B_{n-1}. \quad (12)$$

Матрица линий влияния опорных моментов имеет вид

$$\Lambda_{M, \text{он}} = \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \mu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \mu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \mu_0 C_2) \\ \dots & \dots \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \mu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \mu_0 C_n) \end{vmatrix} \Lambda_{0\theta} -$$

$$- \begin{vmatrix} B_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_1 & B_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_2 & B_1 & B_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{n-1} & B_{n-2} & B_{n-3} & \dots & B_0 & 0 \\ B_n & B_{n-1} & B_{n-2} & \dots & B_1 & B_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0\theta} - \Delta_{y, \theta}; \quad (13)$$

$$Q_{\text{он}, ni} = y_{0i} A_n + \varphi_{0i} B_n + \mu_0 \varphi_0 C_n - \omega_0 y_0 D_n + A_{n-i} \quad (14)$$

или

$$Q_{\text{он}, ni} = y_{0i} (A_n - \omega_0 D_n) + \varphi_0 (B_n + \mu_0 C_n) + A_{n-i}. \quad (15)$$

Матрица линий влияния поперечных сил имеет вид

$$\Lambda_{Q, \text{он}} = \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \mu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \mu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \mu_0 C_2) \\ \dots & \dots \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \mu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \mu_0 C_n) \end{vmatrix} \Lambda_{0\Delta} +$$

$$+ \begin{vmatrix} A_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_2 & A_1 & A_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n-1} & A_{n-2} & A_{n-3} & \dots & A_0 & 0 \\ A_n & A_{n-1} & A_{n-2} & \dots & A_1 & A_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0\Delta} + \Delta_{y, \Delta}. \quad (16)$$

Выражение (16) позволяет определить ординаты правой ветви линии влияния поперечных сил для расчетного сечения. Когда груз $P = 1$ перемещается с расчетного сечения над опорой влево, имеем левую ветвь линии влияния поперечных сил.

Матрицу линий влияния поперечных сил левой ветви получим, вычтя из ординат выражения (16) единичную матрицу E :

$$\Lambda_{Q, \text{он}} = \Lambda_{Q, \text{он}} - E, \quad (17)$$

где

$$E = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & . & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

2. Изгибающие моменты и поперечные силы в сечении в середине пролета плиты или диафрагмы.

Для груза $P = 1$ усилия M и Q найдем по формулам

$$M_r^1 = 0,25d_r + 0,5 (M_{r-1} + M_r); \tag{18}$$

$$Q = \mp 0,5 + \frac{M_r - M_{r-1}}{d}, \tag{19}$$

где M_{r-1} , M_r — опорные моменты на опорах $r - 1$ и r ;

d — расстояние между опорами (главными балками).

Первый член формул (4) и (5) используется только для расчета ординат при положении груза $P = 1$ над расчетным сечением.

Второй член формулы (4) и (5) может быть найден, если использовать часть матрицы линий влияния опорных моментов $M_{оп}$ и матрицы λ_{00} , относящиеся к опорам $r - 1$ и r [1].

Ординаты линий влияния изгибающих моментов и поперечных сил при положении груза $P = 1$ над опорами найдем по формулам

$$\Delta_{M,a} = (\Phi_y \Lambda_{00,a} - \Delta_{y0,a}) \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}; \tag{20}$$

$$\Delta_{Q,a} = \frac{1}{d} \left| (\Phi_y \Lambda_{00,a} - \Delta_{y0,a}) \begin{vmatrix} -1 \\ 1 \end{vmatrix} \right|, \tag{21}$$

где

$$\Phi_y = \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \nu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \nu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \nu_0 C_2) \\ . & . \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \nu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \nu_0 C_n) \end{vmatrix}; \tag{22}$$

$$\Lambda_{00,a} = A^{-1} \begin{vmatrix} (D_{n-r+1}'' - \nu_n A'_{n-r+1})(D_{r-r}'' - \nu_n A'_{n-r}) \\ (C_{n-r+1}'' + \omega_n B_{n-r+1})(C_{n-r}'' + \omega_n B_{n-r}) \end{vmatrix}; \tag{23}$$

$$\Delta_{y0,a} = \begin{vmatrix} B_{0-r+1} & B_{0-r} \\ B_{0-r+2} & B_{0-r+1} \\ B_{0-r+3} & B_{0-r+2} \\ . & . \\ B_{n-r} & B_{n-r-1} \\ B_{n-r+1} & B_{n-r} \end{vmatrix}. \tag{24}$$

Величина A^{-1} определяется по формуле (6).

Те же ординаты при положении груза $P = 1$ над расчетным сечением найдем из выражений

$$M_d = 0,25d + |0,5 \ 0,5| (\Phi_{y,d} \Lambda_{0\theta,d} - \Delta_{y,\theta,d}^*) \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}; \quad (25)$$

$$Q_d = \mp 0,5 + \frac{1}{d} | -1 \ 1 | (\Phi_{y,d} \Lambda_{0\theta,d} - \Delta_{y,\theta,d}^*) \begin{vmatrix} -0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}, \quad (26)$$

где

$$\Phi_{y,d} = \begin{vmatrix} (A_{r-1} - \omega_0 D_{r-1})(B_{r-1} + \nu_0 C_{r-1}) \\ (A_r - \omega_0 D_r)(B_r + \nu_0 C_r) \end{vmatrix}; \quad (27)$$

$$\Delta_{y,\theta,d}^* = \begin{vmatrix} B_0 & 0 \\ B_1 & B_0 \end{vmatrix}. \quad (28)$$

Матрица $\lambda_{0\theta,d}$ определяется по формуле (23).

3. Ординаты линий влияния $M_{оп}$, M_d , $Q_{оп}$, Q_d на консолях.

Ординаты линий влияния S_t при положении груза $P = 1$ на консолях (рис. 1) могут быть найдены из выражения

$$S_t = S_k + t S_{к,м}, \quad (29)$$

где t — длина консоли.

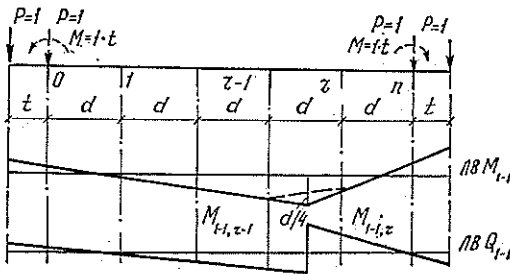


Рис. 1. Расчетная схема для определения ординат линий влияния M и Q на консолях для балок 0 и n и линии влияния изгибающих моментов и поперечных сил для сечения между опорами $r-1$ и r

При положении груза $P = 1$ на правой консоли формулы для S_k и $S_{к,м}$ представлены в таблице.

S_t	S_k	$S_{к,м}$
Опорные изгибающие моменты $M_{оп,t}$	$M_{оп,к} = \Phi_y^* \lambda_{0\theta}$	$M_{оп,к,м} = \Phi_M \lambda_{0M} + \Delta_{M,м}^*$
Изгибающие моменты в пролете $M_{d,t}$	$M_{d,к} = \Phi_y^* \lambda_{0\theta,d} \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}$	$M_{d,к,м} = \Phi_M^* \lambda_{0M,d} \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}$
Опорные поперечные силы $Q_{оп,t}$	$Q_{оп,к} = \Phi_Q^* \lambda_{0P} + \Delta_{Q,P,лев}$	$Q_{оп,к,м} = \Phi_Q^* \lambda_{0M}$
Поперечные силы в пролете $Q_{d,t}$	$Q_{d,к} = \frac{1}{d} \Phi_y^* \lambda_{0\theta,d} \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}$	$Q_{d,к,м} = \frac{1}{d} \Phi_M^* \lambda_{0M,d} \begin{vmatrix} -1 \\ 1 \end{vmatrix}$

Матрица-строка Φ_y^* представляет собой верхнюю строку матрицы из выражения (13):

$$\Phi_y = |(A_0 - \omega_0 D_0)(B_0 + \nu_0 C_0)| = |1 \ 0|. \quad (30)$$

Матрицы-строки Φ_M^* и Φ_Q найдем из выражений (1) — (3):

$$M_{ni} = M_{оп, к, М} = y_{0i} C_n'' + \varphi_{0i} D_n'' - M_{0i} A_n'' + Q_{0i} B_n'' + A_{n-i} \quad (31)$$

или

$$M_{оп, к, М} = y_{0i} (C_n'' + \omega_0 B_n) + \varphi_{0i} (D_n'' - \mu_0 A_n') + A_{n-i}; \quad (32)$$

$$Q_{ni} = Q_{оп, к, М} = y_{0i} B_n''' + \varphi_{0i} C_n''' + M_{0i} D_n''' + Q_{0i} A_n''' - D_{n-i}''' \quad (33)$$

или

$$Q_{оп, к, М} = y_{0i} (B_n''' + \omega_0 A_n) + \varphi_{0i} (C_n''' - \mu_0 D_n') - D_{n-i}''' \quad (34)$$

$$\Phi_M^* = |(C_0'' - \omega_0 B_0)(D_0'' - \mu_0 A_0')| = |0 = \mu_0|; \quad (35)$$

$$\Phi_Q^* = |(B_0''' + \omega_0 A_n)(C_0''' - \mu_0 D_n')| = |\omega_0 \ 0|. \quad (36)$$

Матрица $\lambda_{0M, d}$ определится как часть выражения (9), относящаяся к опорам $r-1$ и r :

$$\Lambda_{0M, d} = A^{-1} \begin{vmatrix} (-A'_{n-r} - \mu_n B_{n-r+1})(-A'_{n-r} - \mu_n B'_{n-r}) \\ (D'_{n-r+1} + \omega_n C_{n-r+1})(D_{n-r} + \omega_n C_{n-r}) \end{vmatrix}. \quad (37)$$

Матрица-строка $\Delta_{y, \Delta, лев}^*$ представляет собой верхнюю строку матрицы $\Delta_{y, \Delta}$ из выражения (16):

$$\Delta_{y, \Delta, лев}^* = |A_0 \ 0 \ 0 \cdot 0 \ 0| = 100 \cdot 00. \quad (38)$$

Тот же подход имеет место для $\Delta_{M, M}^*$ как верхней строки матрицы $\Delta_{M, M}$:

$$\Delta_{M, M}^* = |A'_0 \ 0 \ 0 \cdot 0 \ 0| = |1 \ 0 \ 0 \cdot 0 \ 0|. \quad (39)$$

Ординаты линий влияния $M_{оп}$, M_d , $Q_{оп}$, Q_d при положении груза на левой консоли можно найти, используя известные зависимости:

для $M_{оп}$

$$M_{00} = M_{nn}; \ M_{10} = M_{n-1 \ n}, \dots, \ M_{n-1 \ 0} = M_{1n}; \ M_{n0} = M_{0n}; \quad (40)$$

для M_d

$$M_{(n-r)-(n-r+1) \ 0} = M_{(r-1)-rn}; \ M_{(r-1)-r0} = M_{(n-r)-(n-r+1) \ n}; \quad (41)$$

для $Q_{оп}$

$$Q_{00} = -Q_{nn}; \ Q_{10} = -Q_{n-1 \ n}, \dots, \ Q_{n-1 \ 0} = -Q_{1n}; \ Q_{n0} = -Q_{0n}; \quad (42)$$

для Q_d

$$Q_{(n-r)-(n-r+1) \ 0} = Q_{(r-1)-rn}; \ Q_{(r-1)-r0} = -Q_{(n-r)-(n-r+1) \ n}. \quad (43)$$

Составлена программа расчета «Расмос» для ЭВМ ЕС-1020, охватывающая весь комплекс вопросов рассматриваемого метода расчета.

В качестве примера на рис. 2 приведены линии влияния $M_{оп}$, $Q_{оп}$, M_d и Q_d для сечений поперечной конструкции бездиафрагменного пролетного строения с расчетным пролетом $l = 17,4$ м балочного автодорожного моста, рассмотренного в работе [2]. Расчеты ординат линий влияния выполнены по нашему методу и методу Б. Е. Улицкого.

В качественном отношении линии влияния M и Q в сравниваемых методах близки друг другу. Максимальные ординаты в линиях влияния M и Q различаются не более чем на 2...12 %, площади линий влияния — на 4...30 %.

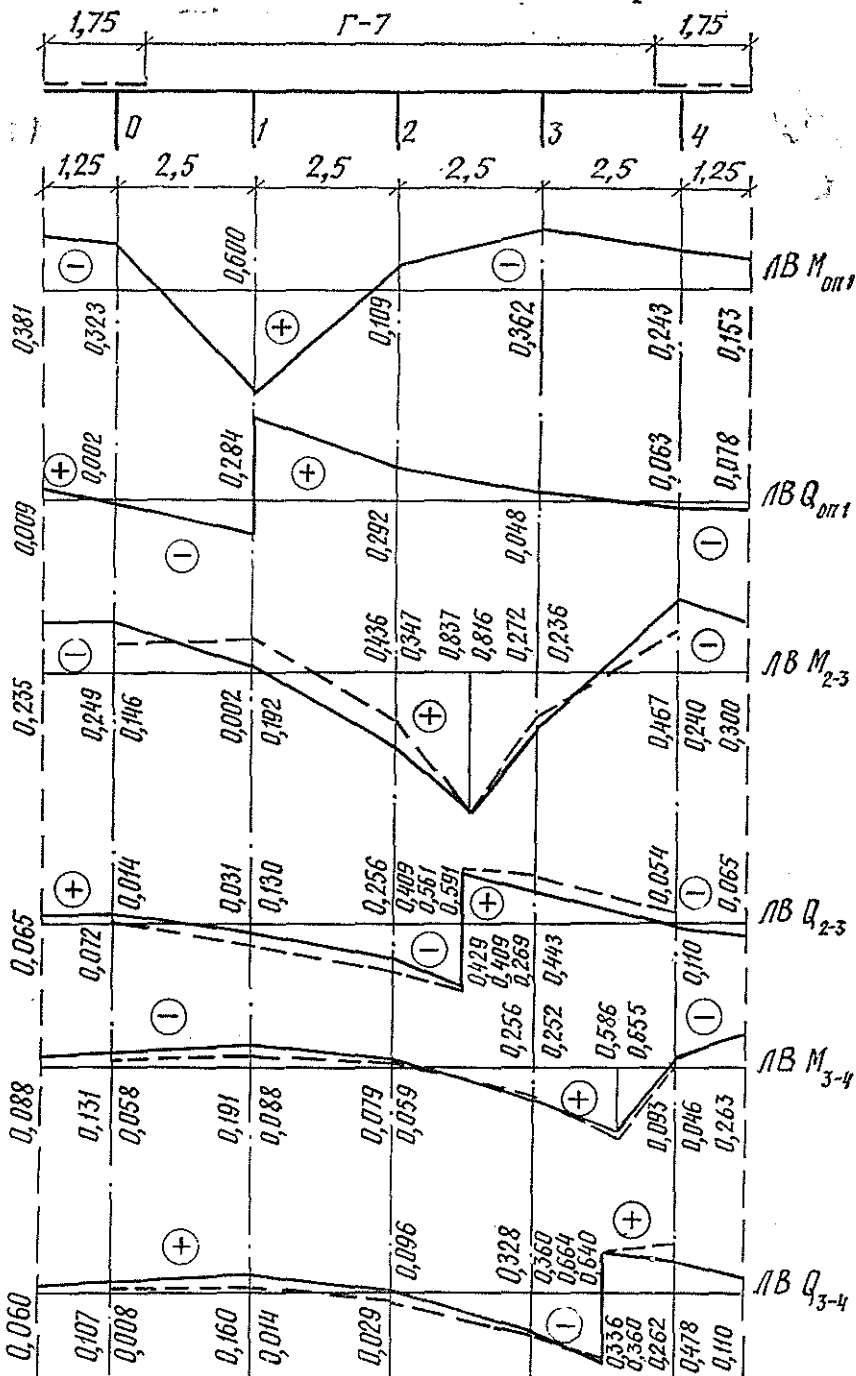


Рис. 2. Линии влияния $M_{оп1}$, $Q_{оп1}$, M_{2-3} , Q_{2-3} , M_{3-4} , Q_{3-4} : сплошная линия — по предлагаемому методу; штриховая — по методу Б. Е. Улицкого

Выводы

Предлагаемые расчеты поперечной конструкции пролетного строения, выполненные на основе рассматриваемого метода, позволяют по-

лучить усилия M и Q в произвольном сечении при обеспечении достаточной для практики проектирования точности. Наличие программы расчета на ЭВМ значительно расширяет область его применения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Стуков В. П. Метод пространственного расчета балочных пролетных строений мостов // Лесн. журн.—1987.—№ 4.—С. 41—51.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Улицкий Б. Е. Пространственный расчет бездиафрагменных пролетных строений мостов.—М.: Автотрансиздат, 1963.—205 с.

Поступила 31 октября 1989 г.

УДК 621.825.6.004.65

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАРДАНЫХ ВАЛОВ АВТОЛЕСОВОЗОВ

Р. П. КАПУСТИН, А. В. ШУВАЛОВ

Брянский технологический институт

В трансмиссиях автомобилей и колесных тракторов широко применяются карданные передачи с шарнирами неравных угловых скоростей и шлицевыми компенсаторами.

Повышение нагруженности трансмиссий современных лесовозных автомобилей приводит к увеличению осевых сил в подвижном шлицевом соединении карданных валов и ускоренному изнашиванию соединения. Это в основном связано с переменными скоростными и нагрузочными режимами работы карданных валов, большими осевыми перемещениями и недостаточной защищенностью соединения от внешней среды. Как свидетельствует опыт эксплуатации лесовозных автомобилей, ресурс их карданных валов, вследствие выхода из строя шлицевого соединения, в несколько раз ниже, чем у аналогичных машин, используемых на транспортных перевозках.

Основные пути увеличения срока службы шлицевого соединения карданных валов — повышение точности изготовления соединения, улучшение его герметичности, применение высокопрочных и износостойких материалов, применение антифрикционных смазок и покрытий.

Задача наших исследований — сравнить работоспособность шлицевого соединения карданных валов со смазками пресс-солидол С, № 158 (ТУ-38-1-01-320—72) и ВНИИ НП-242 (ГОСТ 20421—75) и определить возможности повышения эксплуатационной надежности карданной передачи.

Смазка пресс-солидол С выбрана в качестве базовой для сравнения, поскольку в настоящее время смазки группы солидол, как наиболее дешевые, используют для заправки шлицевых соединений. Смазку № 158 (ТУ-38-1-01-320—72) применяют для смазывания игольчатых подшипников карданных шарниров, но она в 3,8 раза дороже пресс-солидола С. Смазка ВНИИ НП-242 (ГОСТ 20421—75) обладает наиболее высокими антифрикционными свойствами, но в 4,8 раза дороже, чем № 158.

Карданные валы автомобилей ЗИЛ и КамАЗ испытывали на специальном стенде [2]. Он выполнен по схеме замкнутого контура с нагружающим устройством дифференциального типа, механизмом перемещения валов по шлицам и устройством для измерения и регистрации крутящего момента и осевых сил, оборудован системой автоматического поддержания теплового режима шлицевых соединений.

Исследования валов на стенде проводили в следующем режиме: нагружающий момент $M = 400 \dots 500$ Н·м, длина перемещения валов по шлицам — 40 мм, число двойных ходов механизма перемещения валов по шлицам — 80 мин^{-1} , максимальная

температура нагрева вала в зоне трения шлицев $+313$ °С. Моделируемый режим нагружения был определен при дорожных испытаниях автомобиля ЗИЛ-131 и соответствовал диапазону изменения нагрузок во время его эксплуатации на лесовозных дорогах.

Перед испытаниями шлицевое соединение заправляли смазкой. Карданный вал работал на стенде до появления задиров на поверхности шлицев. По наработке в часах и интенсивности изнашивания оценивали работоспособность соединения с испытуемой смазкой. Полученные результаты представлены в виде графиков и эмпирических зависимостей.

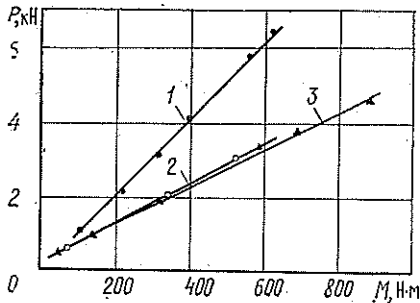


Рис. 1. Зависимость сил трения (P) в шлицевом соединении карданного вала при ходе сжатия от нагружающего момента (M) и вида смазки: 1 — пресс-солидол С; 2 — № 158; 3 — ВНИИНП-242

Как видно из графиков (рис. 1), для каждого типа смазки осевые силы в шлицевом соединении изменяются пропорционально приложенной нагрузке. Наибольшего значения они достигают при использовании смазки пресс-солидол С (в среднем в 1,7 раза выше осевых сил для смазок ВНИИНП-242 и № 158). Представленные на рис. 1 закономерности описываются следующими выражениями:

для пресс-солидола С

$$P_1 = 1,0294 \cdot 10^{-2} M;$$

для смазки № 158

$$P_2 = 0,2297 + 5,359 \cdot 10^{-3} M;$$

для смазки ВНИИНП-242

$$P_3 = 0,475 + 4,891 \cdot 10^{-3} M.$$

Анализ изменения сил трения в процессе нарастания износа (рис. 2) показывает, что в начальный период (приработки) силы трения несколько выше, затем уменьшаются или остаются постоянными

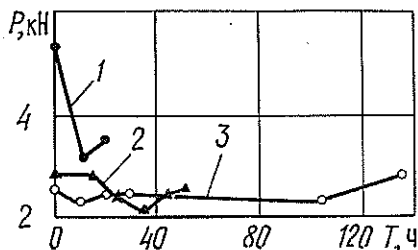


Рис. 2. Зависимость сил трения (P) в шлицевом соединении карданного вала при ходе сжатия от времени наработки вала (T) и вида смазки при нагружающем моменте $M = 500$ Н·м: 1 — пресс-солидол С; 2 — № 158; 3 — ВНИИНП-242

(ВНИИНП-242) до момента появления задир. Если продолжать испытания вала, то зона задир быстро расширяется, вызывая перегрев зоны трения, а это, в свою очередь, приводит к дальнейшему многократному увеличению сил трения и интенсивности изнашивания шлицев. Установленные закономерности описываются следующими выражениями для рассматриваемых видов смазок:

$$P_1 = 5,7672 - 1,4863 \cdot 10^{-1} T - 1,255 \cdot 10^{-3} T^2;$$

$$P_2 = 3,08435 - 1,288 \cdot 10^{-2} T - 2,1223 \cdot 10^{-4} T^2;$$

$$P_3 = 2,3386 + 1,56167 \cdot 10^{-3} T + 8,656 \cdot 10^{-7} T^2,$$

На рис. 3 показана динамика изнашивания шлицев. Его характер свидетельствует о наличии так называемого горячего заедания, поскольку тонкая масляная пленка разрушается под воздействием нагрузки и повышенных фактических температур в зоне контакта тел, где образуются очаги схватывания.

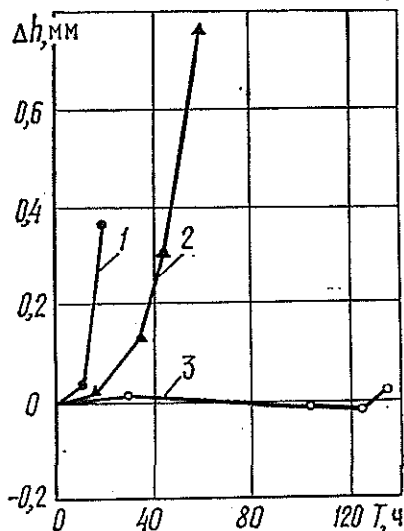


Рис. 3. Динамика изнашивания шлицев (Δh) втулки карданного вала в зависимости от времени наработки вала (T) и вида применяемой смазки при нагружающем моменте $M = 400$ Н·м: 1 — пресс-солидол С; 2 — № 158; 3 — ВНИИ НП-242

Этот процесс характеризуется интенсивным износом, о чем свидетельствуют установленные графические зависимости. Полученные зависимости (рис. 3) аппроксимируются следующими выражениями:

$$\Delta h_1 = 7,8 \cdot 10^{-4} T^2;$$

$$\Delta h_2 = -5,134 \cdot 10^{-3} T + 2,88 \cdot 10^{-4} T^2;$$

$$\Delta h_3 = 3,45 \cdot 10^{-3} T - 2,884 \cdot 10^{-5} T^2.$$

Качество смазочных материалов — важнейший фактор, влияющий на процесс заедания и изнашивания шлицев. Лучшие результаты при испытаниях показала смазка ВНИИ НП-242, с которой шлицевое соединение работало без заметного износа до появления задира, т. е. до тех пор, пока смазка сохраняла свои функциональные свойства. Смазка № 158 занимает промежуточное положение между смазкой пресс-солидол С и ВНИИ НП-242. Нарботка шлицевого соединения до появления задира со смазкой пресс-солидол С в 3—6 раз ниже, чем со смазкой № 158 и ВНИИ НП-242.

Выводы

1. В шлицевом соединении карданных валов лесовозных автомобилей рекомендуется применять смазку № 158 или более дорогостоящую ВНИИ НП-242 и отказаться от применения смазок типа пресс-солидол С.

2. Полученные закономерности позволяют прогнозировать параметры надежности карданных валов и вносить соответствующие коррективы при расчете их долговечности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кожевников С. Н., Перфильев П. Д. Карданные передачи.— К.: Техника, 1978.— 264 с. [2]. Универсальный стенд с автоматическим управлением для испытания карданных валов / Р. П. Капустин, А. В. Шувалов, В. П. Костенко и др.— Автомоб. пром-сть.— 1982.— № 1.— С. 28—29.

Поступила 15 ноября 1989 г.

УДК 630*37:629.113.62

СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОРОГ В ЗАДАЧАХ ДВИЖЕНИЯ ТРОЛЛЕЙНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ПОЕЗДОВ

С. А. ЗУЕВ, Г. И. КОЛЬНИЧЕНКО

Московский лесотехнический институт

В МЛТИ ведутся работы по созданию средств троллейного лесотранспорта [3]. Одна из эффективных мер преодоления трудностей, связанных с решением задач его конструирования и эксплуатации,— применение метода моделирования сложных систем. При помощи моделирования можно исследовать особенности функционирования комплекса троллейный лесовозный поезд — дорога — водитель в различных условиях. На модели параметры поезда и окружающей среды можно варьировать для воспроизведения любой обстановки, в том числе и нереализуемой в натуральных испытаниях, т. е. сравнительно быстро получать ответы на многие вопросы функционирования системы при минимальной потребности в дорогостоящих средствах, связанных с ее опробованием.

На вход системы, имитирующей движение троллейного лесовозного поезда, подаются величины, характеризующие состояние поверхности дороги. В результате реакции системы, т. е. соответствующего управления источником механической энергии — тяговым электродвигателем (ТЭД), трансмиссией и тормозной системой, на выходе получим основные показатели движения поезда: скорость, расход энергии, время работы ТЭД, потребляемые ток, мощность и др.

Следовательно, в общий алгоритм расчета параметров движения троллейного лесовозного поезда [2] вводят блок стохастического моделирования продольного профиля дороги. Он позволяет анализировать представленные профили дорог и моделировать геометрические профили, в определенном смысле характерные для рельефа данной местности или региона.

Блок реализован в программе MODEL, состоящей из двух частей. Первая часть проводит статистический анализ представленной дороги прототипа, вторая синтезирует профиль дороги с заданными средним уклоном и протяженностью.

Суть предлагаемого метода анализа дороги прототипа заключается в том, что ее профиль рассматривается как реализация некоторого случайного процесса. В результате его оценки, т. е. определения вероятностных характеристик этого процесса, мы можем получать и другие его реализации и моделировать дороги с тем же распределением, отражающим характерные особенности дорог данной местности.

Будем исходить из того, что профиль дороги представляет собой двумерную случайную последовательность вида (i_j, l_j) , где i_j — уклон дороги на участке j протяженностью l_j при числе участков дороги, равном N ($j = \overline{1, N}$).

Уклон i считается положительным на подъеме и отрицательным на спуске. На последовательность пар (i_j, l_j) можно смотреть как на реализацию случайного процесса η_t уклонов дороги, измеренного в точках $l_1; l_1 + l_2; l_1 + l_2 + l_3$ и т. д.

Алгоритмы статистического анализа имеют, как правило, дело с процессами, измеряемыми через равные промежутки. Поэтому в программе MODEL предусмотрено приведение исходных данных дороги к виду, при котором случайная последовательность (i_j, l_j) с разными длинами участков l_j заменяется последовательностью с одним шагом дискретизации $l = \min l_j$.

При этом, как и ранее, уклон дороги на новом промежутке (участке трассы) равен отношению перепада высот его начала и конца к длине l с соответствующим знаком. В результате получаем последовательность η_t ($t = \overline{1, T}$) уклонов дороги, измеренных на участках равной длины l с числом участков приведенной дороги, равным T .

Относительно процесса η_t естественно сделать следующие предположения: 1) η_t — стационарный процесс; 2) η_t — эргодический процесс, т. е. среднее по реализации совпадает со средним по параметру t .

Представим процесс η_t в виде

$$\eta_t = m + \xi_t,$$

где m — среднее процесса η_t , $m = M\eta_t$.

Тогда

$$\xi_t = \eta_t - m.$$

Очевидно, что $M\xi_t = 0$ и процесс ξ_t также обладает свойствами η_t .

Вероятностные свойства процесса ξ_t отражают стохастический характер профиля дороги и могут рассматриваться как характеристика неровностей данной местности.

Величину m оценим по формуле

$$\hat{m} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \eta_t = \frac{1}{lT} \sum_{t=1}^T l\eta_t.$$

Поскольку $l\eta_t$ — перепад высот на t -м участке, то \hat{m} представляет собой отношение перепада высот $\sum_{t=1}^T l\eta_t$ дороги к ее протяженности lT , т. е. средний уклон дороги.

С помощью подпрограммы пакета SSPLIB ЕС ЭВМ оценивают стохастические характеристики процесса ξ_t ; подпрограммы VOAKR — среднее \hat{m} , дисперсию и ковариационную функцию; подпрограммы POSM — коэффициенты авторегрессии (АР) порядка k : a_1, a_2, \dots, a_k и дисперсию D_k белого шума ε_t в представлении ξ_t вида

$$\xi_t = a_1\varepsilon_{t-1} + a_2\xi_{t-2} + \dots + a_k\xi_{t-k} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где ε_t — независимая, нормально распределенная случайная величина с параметрами $(0, \sqrt{D_k})$.

Как известно из теории случайных процессов [1], любой стационарный процесс с непрерывной спектральной плотностью может быть сколь

удобно точно приближен процессом АР. Этот факт оправдывает представление процесса ξ_t в виде (1).

С помощью процедуры CIAFI далее определяют лучший порядок k_0 АР среди рассматриваемых гипотез: $k = \bar{1}, \bar{6}$. Для этого используют метод минимальной ошибки прогноза или информационный критерий Акайка.

После того, как процесс ξ_t представлен в виде АР порядка k_0 , моделируют профили дорог, удовлетворяющие тому же соотношению (1). При этом полагают

$$\tilde{\xi}_1 = \varepsilon_1; \quad \tilde{\xi}_2 = \varepsilon_2; \quad \dots; \quad \tilde{\xi}_{k_0} = \varepsilon_{k_0},$$

где $\varepsilon_j \sim N(0, \sqrt{D_{k_0}})$ — независимые гауссовские величины;

$\xi_{k_0+1}, \xi_{k_0+2}, \dots$ — величины, определяемые рекуррентно из соотношения (1).

Через достаточное число шагов процедура выходит на стационарный режим и получаемые данные могут быть использованы для синтеза дороги.

Моделируемая дорога $\tilde{\eta}_t$, имеющая длину L и средний уклон $i_{\text{ср}}$, которые задаются пользователем, имеет вид

$$\tilde{\eta}_t = i_{\text{ср}} + \xi_{M+t},$$

где $t = \overline{1, M}$;

M — количество выводимых данных моделируемой дороги, $M = L/l + 1$.

Для иллюстрации приведем результаты моделирования продольного профиля одной из реальных дорог — участка Северо-Восточной магистрали ПЛО Мезеньлес. Его протяженность — 12,383 км, средний уклон — 3,0985 ‰, число элементов профиля — 87. Оценка модели АР показала, что наилучшее приближение в данном случае дает модель

$$\xi_t = 0,7488\xi_{t-1} - 0,5412\xi_{t-2} + 0,2617\xi_{t-3} + \varepsilon_t,$$

где ε_t — независимые, одинаково распределенные гауссовские случайные величины со средним, равным 0, и средним квадратичным отклонением, равным 12,61.

Эта модель и была использована для моделирования дорог данной местности.

Для верификации результатов моделирования был проведен эксперимент. Смоделированы 20 вариантов дорог такой же протяженности и с тем же средним уклоном, что и анализируемая. Затем на основе тягово-энергетического расчета определен удельный расход энергии на движение троллейных лесовозных поездов различной грузоподъемности для условий реальной и смоделированной дорог.

В таблице приведены результаты такого расчета для троллейного лесовозного поезда грузоподъемностью 40 т. Они показывают хорошее совпадение параметров движения для реальной дороги с данными модельного эксперимента. Аналогичные результаты были получены и для поездов грузоподъемностью 30, 50 и 60 т.

Формально такое соответствие может быть проверено с помощью рангового критерия Вилкоксона (W). Так, для реальной дороги значение A в общем вариационном ряду имеет номер $W = 17$, значение $A_{\text{рек}} = \text{номер } W = 11$. При нулевой гипотезе об однородности выборок $1 < W < 21$ с вероятностью 0,9, т. е. нет оснований отвергать эту гипотезу.

Вариант дороги	Удельный расход энергии, Вт · ч/(т · км)		Вариант дороги	Удельный расход энергии, Вт · ч/(т · км)	
	A	A _{рек}		A	A _{рек}
0	168,0	159,9	11	178,3	174,3
1	165,9	163,7	12	169,1	167,3
2	160,4	155,8	13	155,2	150,4
3	166,2	161,0	14	165,0	162,5
4	161,0	157,4	15	156,6	158,5
5	159,8	155,2	16	172,3	169,5
6	165,6	160,1	17	163,2	157,5
7	160,5	154,6	18	157,0	152,1
8	152,1	146,5	19	160,8	154,1
9	163,9	161,3	20	169,8	160,0
10	173,6	169,6			

Примечание. Вариант 0 — реальная дорога.

Итак, предложенная процедура анализа и моделирования продольных профилей дорог дает возможность без проведения натурных испытаний предварительно оценить эффективность применения троллейных лесовозных поездов в условиях, характерных для данной местности или региона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов.— М.: Мир, 1976.— 765 с. [2]. Кольниченко Г. И., Пацнора П. П. Основы методики и алгоритм расчета параметров движения троллейных лесовозных поездов // Науч. тр. / МЛТИ.— М., 1984.— Вып. 157.— С. 98—105. [3]. Кольниченко Г. И., Степанов А. С., Чинченко Е. М. Троллейный лесотранспорт: эффективность применения.— Лесн. пром-сть.— 1988.— № 1.— С. 17—18.

Поступила 24 января 1990 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.316.34

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
ПРИ ПОМОЩИ РЕАКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ

В. М. АЛЯБЬЕВ, Н. М. ГОРБАТОВ, Г. П. ЗНАМЕНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Переменный характер электрических нагрузок и значительная протяженность электрических сетей лесопромышленных предприятий (ЛПП) выдвигают дополнительные требования к проблеме стабилизации напряжения у потребителей в целях повышения производительности машин и механизмов и уменьшения потерь энергии. В настоящее время в лесозаготовительной промышленности находят применение конденсаторные установки как параллельного, так и последовательно-го включения [1, 2, 3].

Так как нагрузка ЛПП в большинстве случаев активно-индуктивная, то любое подключение конденсаторов уменьшает индуктивные составляющие токов, снижает потери напряжения и энергии. Однако параллельное и последовательное включения конденсаторов действуют различным образом на качество электроэнергии и на потери ее в электрических сетях. Эта проблема еще недостаточно отражена в современной технической литературе. В настоящей статье рассмотрены реальные возможности и особенности практического использования конденсаторов параллельного и последовательного включения.

В самом общем виде схема электросети, приведенная к одной ступени трансформации с параллельно включенными конденсаторами, представлена на рис. 1, а, где приняты следующие обозначения:

$R_{лт}$, $X_{лт}$ — активное и реактивное сопротивления линий и трансформаторов;

$U_1 = \text{const}$ — напряжение энергосистемы;

U_2 — напряжение на зажимах нагрузки;

Z_n — комплексное сопротивление нагрузки.

На рис. 1, б дана векторная диаграмма сети при активно-индуктивной нагрузке.

Как известно, для практических расчетов вместо падения напряжения $IZ_{лт}$ используют потерю напряжения ΔU , поэтому, согласно рис. 1, б, можно написать:

$$\begin{aligned} U_2 &= U_1 - \Delta U = U_1 - \beta (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi) = \\ &= U_1 - U_{at} \cos \varphi - U_{pt} \sin \varphi, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\beta = \frac{I}{I_n}$ — относительный ток нагрузки;

φ — угол сдвига фаз в цепи нагрузки;

I_n — номинальный ток нагрузки;

$U_{at} = \beta U_a$; $U_{pt} = \beta U_p$; $U_a = I_n R_{лт}$; $U_p = I_n X_{лт}$.

Формула (1) показывает, что напряжение на зажимах нагрузки зависит как от величины β , так и от угла φ (рис. 1, в). Для одного и

того же значения относительного тока нагрузки потеря напряжения имеет различные значения при различных углах сдвига фаз. Найдем угол φ в цепи нагрузки, при котором потеря напряжения равна нулю. Так как

$$\Delta U = \beta (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi) = 0,$$

то

$$\varphi = - \arctg \frac{R_{\text{ЛТ}}}{X_{\text{ЛТ}}}. \quad (2)$$

Поддерживая автоматически с помощью параллельно включенных конденсаторов $\varphi = \text{const}$, можно добиться минимальных потерь напряжения при различных нагрузках.

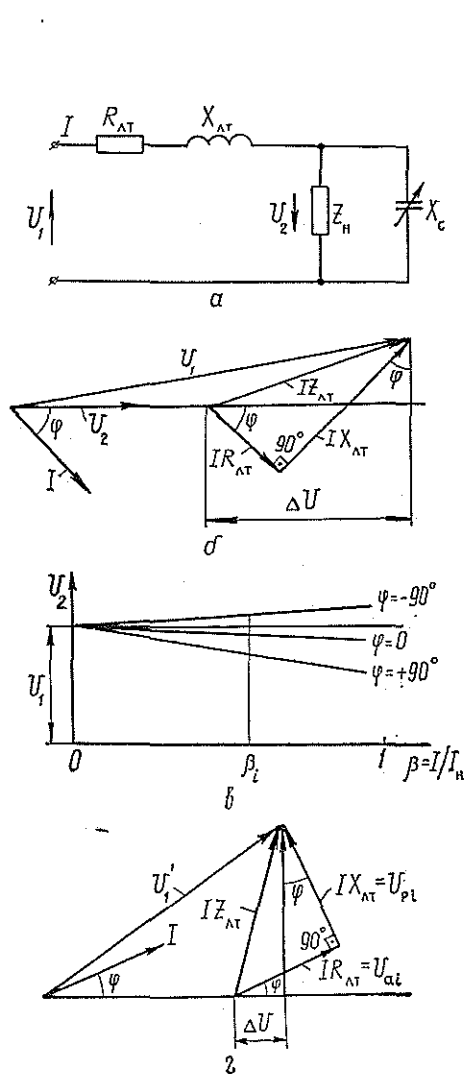


Рис. 1

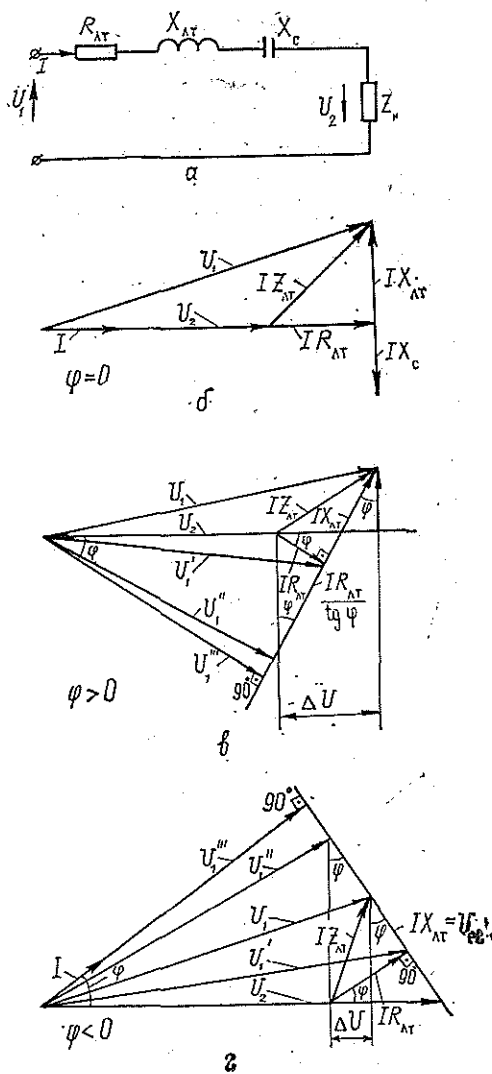


Рис. 2

На рис. 1, г дана векторная диаграмма сети для активно-емкостной нагрузки $\varphi < 0$, с помощью которой получим выражение зависимости между U_1' и U_2 :

$$U_1' = \sqrt{(U_2 + U_{ai} \cos \varphi - U_{pi} \sin \varphi)^2 + (U_{ai} \sin \varphi + U_{pi} \cos \varphi)^2} = \\ = \sqrt{U_2^2 + 2U_2(U_{ai} \cos \varphi - U_{pi} \sin \varphi) + U_{ai}^2 + U_{pi}^2}. \quad (3)$$

Для $\varphi > 0$ (см. рис. 1, б) имеем

$$U_1 = \sqrt{U_2^2 + 2U_2(U_{ai} \cos \varphi + U_{pi} \sin \varphi) + U_{ai}^2 + U_{pi}^2}. \quad (4)$$

Формулы (3) и (4) показывают, что при параллельном включении конденсаторов напряжение на зажимах нагрузки изменяется от $U_2 = \sqrt{U_1^2 - U_{ai}^2} - U_{pi}$ до $U_2' = \sqrt{U_1^2 - U_{ai}^2} + U_{pi}$ при предельных значениях угла $\varphi = 90^\circ$ и $\varphi = -90^\circ$.

Применение только параллельного включения конденсаторов в электрических сетях ЛПП с использованием индивидуальной компенсации и оптимального распределения их по электросети обеспечит не только стабильное напряжение на шинах подстанций, но и на любых участках сети при минимальных потерях электроэнергии, причем угол φ составит всего несколько градусов, так как $\frac{R_{лт}}{X_{лт}} \ll 1$.

Простейшая схема системы электроснабжения ЛПП с последовательно включенными конденсаторами дана на рис. 2, а, ее векторные диаграммы по чисто активной нагрузке при $\varphi = 0$ — на рис. 2, б, по активно-индуктивной при $\varphi > 0$ — на рис. 2, в и по активно-емкостной при $\varphi < 0$ — на рис. 2, г.

В режиме чисто активной нагрузки с последовательно включенными конденсаторами, согласно рис. 2, б, напряжение U_2 ближе всего к напряжению U_1 только при полной компенсации реактивного сопротивления линии и трансформатора и $X_c = X_{лт}$:

$$U_2 = U_1 - IR_{лт}. \quad (5)$$

При активно-индуктивной нагрузке (рис. 2, в), когда $X_c = X_{лт}$, имеем:

$$U_1' = \sqrt{(U_2 + U_{ai} \cos \varphi)^2 + (U_{ai} \sin \varphi)^2} = \sqrt{U_2^2 + 2U_2 U_{ai} \cos \varphi + U_{ai}^2}. \quad (6)$$

Следовательно, напряжение на зажимах нагрузки зависит от угла сдвига фаз:

$$U_2 = -U_{ai} \cos \varphi + \sqrt{U_{ai}^2 \cos^2 \varphi + U_1^2 - U_{ai}^2}. \quad (7)$$

Изменив емкость последовательно включенных конденсаторов, можно уменьшить потерю напряжения до нуля (см. рис. 2, в). В этом случае сопротивление конденсаторов определим по формуле

$$X_c' = X_{лт} + \frac{R_{лт}}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (8)$$

а напряжение на зажимах нагрузки при $\Delta U = 0$:

$$U_2 = \sqrt{(U_1'')^2 - \left(\frac{U_{ai}}{\sin \varphi}\right)^2}. \quad (9)$$

Связь между напряжениями U_1 и U_2 при совпадении тока I с напряжением U_1 по фазе, согласно рис. 2, в, выражается уравнением

$$U_1'' = U_2 \cos \varphi + U_{ai}. \quad (10)$$

Емкость конденсаторов в последнем случае может значительно превышать величину, определяемую формулой (8).

Когда $\varphi < 0$ (рис. 2, з), при отсутствии последовательно включенных конденсаторов ($X_c = 0$) связь между напряжениями U_1 и U_2 определяется зависимостью:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + U_{ai} \cos \varphi - U_{pi} \sin \varphi)^2 + (U_{ai} \sin \varphi + U_{pi} \cos \varphi)^2} = \\ = \sqrt{U_2^2 + 2U_2(U_{ai} \cos \varphi - U_{pi} \sin \varphi) + U_{ai}^2 + U_{pi}^2}. \quad (11)$$

Если $X_c = X_{лт}$, то это выражение приобретает вид:

$$U'_1 = \sqrt{(U_2 + U_{ai} \cos \varphi)^2 + (U_{ai} \sin \varphi)^2} = \sqrt{U_2^2 + 2U_2 U_{ai} \cos \varphi + U_{ai}^2}. \quad (12)$$

Очевидно, что $U'_1 > U_1$. Например, при $\varphi = -90^\circ$

$$U_1 = \sqrt{(U_2 - U_{pi})^2 + U_{ai}^2}; \quad U'_1 = \sqrt{U_2^2 + U_{ai}^2}.$$

В данном случае подключение конденсаторов становится невыгодным. Поэтому в режимах перекомпенсации в системах нагрузки для стабилизации напряжения U_2 вместо конденсаторов необходимо подключать индуктивные элементы. Определим величину добавочного индуктивного сопротивления ΔX , при котором потеря напряжения в сети равна нулю. В этом случае

$$IR_{лт} \cos \varphi - IX \sin \varphi = 0$$

или

$$X = \frac{R_{лт}}{\operatorname{tg} \varphi} = X_{лт} + \Delta X,$$

откуда

$$\Delta X = \frac{R_{лт}}{\operatorname{tg} \varphi} - X_{лт}. \quad (13)$$

Связь напряжений U_1 и U_2 , когда $\Delta U = \epsilon$ и $\varphi < 0$, определяется соотношением:

$$U_1'' = \sqrt{U_2^2 + \left(\frac{U_{ai}}{\sin \varphi}\right)^2}. \quad (14)$$

При совпадении по фазе U_1 и I зависимость между U_1 и U_2 приобретает вид (10).

В результате можно сделать вывод, что при последовательной компенсации потерь напряжения в электросетях ЛПП и опережающем токе нагрузки необходимо включать вместо емкости переменную индуктивность, а при отстающем токе нагрузки — переменную емкость. В связи с этим, для практического осуществления регулирования напряжения с помощью последовательно включенных реактивных элементов можно использовать синхронную машину с автоматическим регулированием тока возбуждения.

Таким образом, регулирование и стабилизация напряжения в электрических сетях ЛПП могут осуществляться: автоматическим регулированием параметров конденсаторов, подключенных параллельно нагрузке; автоматическим изменением величины и знака последовательно включенных реактивных элементов, а также при совместном их использовании в различных комбинациях. Полученные в статье зависимости, характеризующие возможности разных способов регулирования напряжения, применимы для проведения технико-экономических расчетов в каждом конкретном случае при выборе рационального технического решения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Автоматическое управление компенсацией реактивной мощности лесозаготовительных производств для экономии электроэнергии / А. В. Воробьев, Н. М. Горбатов, Г. П. Знаменский, В. В. Бородавко // Охрана окружающей среды и пути экономии лесосырьевых ресурсов на предприятиях лесного комплекса в свете решений XXVII съезда КПСС: Сб. материалов конф.—Л.: ЛДНТП, 1988.—С. 28—34. [2]. Алябьев В. М. Компенсация реактивной мощности на лесозаготовительных предприятиях // Лесн. пром-сть.—1988.—№ 12.—С. 22—24. [3]. Синев В. С. Выбор соотношения продольной и поперечной компенсации реактивной мощности // Вопросы повышения эффективности переработки и энергетического использования отходов лесозаготовок: Сб. науч. тр.—Химки: ЦНИИМЭ, 1987.—С. 170—181.

Поступила 4 июля 1989 г.

УДК 674.046

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ БАССЕЙНА ДЛЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФАНЕРНОГО СЫРЬЯ

В. Ю. ПАВЛИКОВ, Ю. Н. СТРИЖЕВ

Ленинградский государственный университет
Ленинградский институт текстильной и легкой промышленности

Тепловая обработка фанерного сырья — одна из энергоемких технологических операций в производстве фанеры, выполняемая, в основном, в открытых бассейнах. Существующая методика проектирования этих бассейнов не позволяет определять их оптимальные или близкие к ним размеры, обеспечивающие технико-экономические показатели работы.

В статье предложена методика, моделирующая с помощью ЭВМ работу бассейна на всех стадиях его функционирования, включая выход на режим, характерный для бассейнов фанерных предприятий.

Суть методики заключается в аппроксимации решений уравнений теплопроводности степенными функциями [1]. В отличие от ранее опубликованных подходов рассматриваем ситуацию непостоянной температуры среды. Время функционирования бассейна разбиваем на ряд интервалов, на каждом из которых температуру среды в модели для прогрева фанерного сырья предполагаем постоянной, используя кусочно-постоянную аппроксимацию средней температуры воды в бассейне. Такой подход обусловлен значительной постоянной времени бассейна [2], а температура воды в пределах рассматриваемых интервалов времени изменяется незначительно. Поэтому длина интервала может быть выбрана сравнительно большой (более одной минуты). Это делает предлагаемую методику достаточно эффективной по затратам времени на вычисления.

Рассмотрим средние температуры воды и ограждения бассейна. Их изменение может быть адекватно описано системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$c_{в\rho_{в}} V_{в} \frac{dt_{в}}{d\tau} = q_{н}(\tau) - q_{полез} - F_{ов}\alpha_{во}(t_{в} - t_{ог}) - F_{пв}\alpha_{вв}(t_{в} - t_{о}) - F_{пв}q_{о}\gamma t_{в}; \quad (1)$$

$$c_{ог\rho_{ог}} V_{ог} \frac{dt_{ог}}{d\tau} = F_{ов}\alpha_{во}(t_{в} - t_{ог}) + F_{он}\alpha_{ог}(t_{г} - t_{ог}), \quad (2)$$

где $c_{в}$, $c_{ог}$, $\rho_{в}$, $\rho_{ог}$ — коэффициенты теплоемкости и плотности соответственно воды и ограждения бассейна;

$V_{\text{в}}, V_{\text{ог}}$ — объемы воды и ограждения;
 $F_{\text{ов}}, F_{\text{он}}, F_{\text{пв}}$ — площади соответственно внутренней и наружной поверхностей ограждения бассейна и поверхности воды;

$\alpha_{\text{во}}, \alpha_{\text{ог}}, \alpha_{\text{вв}}$ — коэффициенты теплообмена соответственно между средами вода — ограждение, ограждение — грунт и вода — воздух;

$t_{\text{г}}, t_0$ — температуры грунта и окружающего воздуха;

$t_{\text{в}}, t_{\text{ог}}$ — средние температуры воды и ограждения;

q_0 — скрытая теплота испарения воды;

τ — время;

$q_{\text{н}}(\tau)$ — скорость расхода тепла, затрачиваемого на нагревание воды в бассейне;

$\gamma = 0,03 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ — количество воды, испаряющееся с 1 м^2 поверхности в час при изменении температуры на $1 ^\circ\text{C}$;

$q_{\text{полез}}$ — интеграл плотности теплового потока от воды к древесине по поверхности фанерных кражей.

В целях замыкания системы уравнений и ее численного интегрирования укажем способ приближенного вычисления интеграла $q_{\text{полез}}$. Пусть при сортировке фанерное сырье разбито на k групп, каждая из которых содержит кражи, близкие по диаметру. Тогда

$$q_{\text{полез}} = \sum_{i=1}^k m_i q_{i\text{полез}}, \quad (3)$$

где $q_{i\text{полез}}$ — интеграл по поверхности одного фанерного кряжа i -й группы плотности теплового потока, расходуемого на нагревание;

$i = \overline{1, k}$ — порядковый номер группы сырья;

m_i — число фанерных кражей в i -й группе.

Рассмотрим прогрев одного фанерного кряжа. Так как длина фанерного кряжа превосходит его диаметр, а колебания диаметра по длине малы, то, пренебрегая тепловым потоком, проходящим через торцы кряжа, принимаем, что он обладает цилиндрической симметрией. Значит температура t в любой точке зависит лишь от времени τ и расстояния r от этой точки до оси кряжа. Пусть начальная температура древесины одинакова по всему ее объему и совпадает с температурой окружающего воздуха. В случае, если начальная температура отрицательна (предлагаемая методика может быть перенесена и на условия с положительной начальной температурой), нагревание древесины сопровождается ее оттаиванием и движением границы раздела фаз. В силу предполагаемой цилиндрической симметрии древесины, эта граница в каждом ее сечении является окружностью. Таким образом, сечение разбивается на две концентрические области. Обозначениям для внутренней области присвоим индекс*.

Во внешней области температура t удовлетворяет уравнению теплопроводности в цилиндрических координатах и стандартным начальным и граничным условиям первого рода, а во внутренней области температура t^* — другому уравнению теплопроводности, начальному условию и условию гладкости температурной кривой на оси древесины:

$$\left. \frac{dt^*}{dr} \right|_{r=0} = 0. \quad (4)$$

Кроме того, на границе раздела фаз выполняется условие Стефана:

$$\lambda_{\text{л}}^* \left. \frac{\partial t^*}{\partial r} \right|_{r=\xi} - \lambda_{\text{л}} \left. \frac{\partial t}{\partial r} \right|_{r=\xi} = q_{\text{фр}} \rho_{\text{ф}} \frac{d\xi}{dr},$$

где $\xi = \xi(\tau)$ — радиус границы раздела фаз;
 q_{ϕ} — теплота плавления льда;
 ρ_{ϕ} — масса льда, подлежащего фазовому переходу в единице объема;
 $\lambda_{д}^*$, $\lambda_{д}$ — удельная теплопроводность мерзлой и оттаявшей древесины.

Разобьем процесс прогрева древесины на две стадии. На первой стадии в центральной части имеется неоттаявшая область радиуса $\xi(\tau)$, вторая начинается после полного оттаивания. Положим, что на первой стадии

$$t = t_{в} (r - \xi)^n / (R - \xi)^n \text{ при } \xi \leq r \leq R; \quad (5)$$

$$t^* = t_{о} \xi [1 - (r/\xi)^{n^*}] / R \text{ при } 0 \leq r \leq \xi, \quad (6)$$

где n^* , n — порядок параболы соответственно во внутренней и внешней областях;

R — радиус фанерного кряжа.

Функция (5) удовлетворяет граничному условию первого рода, а функция (6) — условию (4). Кроме того, значения обеих функций на границе раздела фаз совпадают с температурой фазового перехода. Подставим выражения (5) и (6) в условие Стефана и проинтегрируем его с использованием уравнений теплопроводности в обеих областях [3]:

$$\tau = (R^2 / t_{в} \lambda_{д} n) \{ [c_{д} \rho_{д} t_{в} / (n + 1)] [\Delta^2 / 2 - 2\Delta^3 / 3 (n + 2)] - [3c_{д}^* \rho_{д}^* t_{о} n^* / 2 (n^* + 2)] [\Delta^4 / 4 - 2\Delta^3 / 3 + \Delta^2 / 2] + q_{\phi} \rho_{\phi} (\Delta^2 / 2 - \Delta^3 / 3) \}, \quad (7)$$

где $\rho_{д}$, $\rho_{д}^*$, $c_{д}$, $c_{д}^*$ — плотности и коэффициенты теплоемкости древесины во внешней и внутренней областях;
 Δ — относительное расстояние от границы раздела фаз до поверхности кряжа.

Соотношение (7) позволяет найти зависимость радиуса границы раздела фаз от времени. При $\Delta = 1$ можно найти время полного оттаивания T .

На второй стадии температуру t определим по формуле

$$t = t_{ц} + (t_{в} - t_{ц}) r^n / R^n \text{ при } \tau \geq T, \quad (8)$$

где $t_{ц}$ — температура на центральной оси кряжа.

Интегрируя уравнение теплового баланса по поверхности кряжа, найдем:

$$t_{ц}(\tau) = t_{в} \{ 1 - \exp \{ [-\lambda_{д}(\tau - T) / c_{д} \rho_{д} R^2] / [2(n + 2)] \} \}. \quad (9)$$

Полученные выражения (8) и (9) позволяют вычислить температуру в любой точке фанерного кряжа, для любого момента времени, большего T .

Вернемся к вычислению величин $q_{i \text{ полез}}$. Рассмотрим, как это сделано выше, прогрев одного кряжа из i -й группы. В этом случае

$$q_{i \text{ полез}} = \lambda_{д} F_{д} \left. \frac{\partial t}{\partial r} \right|_{r=R}.$$

Отсюда

$$q_{i \text{ полез}} = \lambda_{д} F_{д} n t_{в} / (R - \xi) \text{ при } 0 \leq \tau \leq T; \quad (10)$$

$$q_{i \text{ полез}} = [\lambda_{д} F_{д} n (t_{в} - t_{ц})] / R \text{ при } \tau \geq T. \quad (11)$$

Заметим, что выражения (9—11) являются линейными относительно величины $t_{в}$.

При использовании предлагаемого алгоритма моделирования бассейнов для тепловой обработки фанерного сырья следует:

1) разбить процесс на последовательности интервалов времени, на каждом из которых температура воды в бассейне изменяется незначительно;

2) зафиксировать среднюю температуру в начале промежутка и рассмотреть последовательно каждую группу кряжей, взятых для опыта;

3) для этой температуры проверить, будет ли конец промежутка больше времени полного оттаивания; если «да», перейти к позиции 6;

4) для фиксированной средней температуры воды в бассейне и времени прогрева, соответствующего концу промежутка, определить из уравнения (7) величину Δ и вычислить глубину оттаивания по формуле $\xi = R(1 - \Delta)$;

5) вычислить для рассматриваемой группы кряжей коэффициент при t_v по формуле (10) и перейти к позиции 7;

6) вычислить коэффициент при t_v по формулам (9), (11);

7) замкнуть систему уравнений (1), (2) выражением (3), проинтегрировать получившуюся линейную систему с переменными коэффициентами на рассматриваемом промежутке;

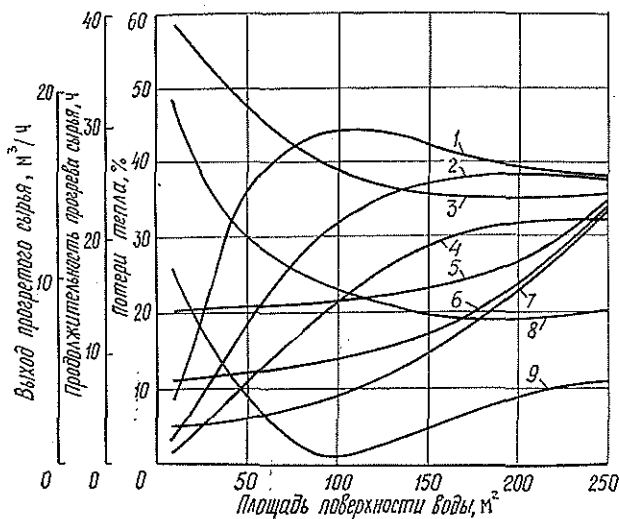
8) вычислить температуру на карандаше требуемого радиуса для кряжей каждой группы по формулам (5), (6) или (8);

9) при условии выполнения процесса закончить цикл;

10) принять значения средних температур воды и ограждения бассейна в начале следующего промежутка равными этим же величинам в конце рассматриваемого промежутка;

11) рассмотреть следующий промежуток и перейти к позиции 2.

Эта методика была положена в основу математического моделирования работы бассейна для тепловой обработки фанерного сырья.



Зависимости показателей работы бассейна, закрытого крышками (85%), от площади поверхности воды (глубина 3 м, постоянный расход пара 1000 кг/ч): 1, 2, 4 — часового выхода прогретого сырья (без учета времени загрузки, выгрузки и простоя бассейна); 5, 6, 7 — продолжительности прогрева сырья; 3, 8, 9 — потерь тепла от общего расхода. Кривые 1, 7, 9 — для сырья диаметром 0,16 м; 2, 6, 8 — 0,24 м; 3, 4, 5 — 0,32 м. Влажность сырья 85%, начальная температура — 20 °С

В результате получены функциональные зависимости, позволяющие для любого бассейна определить все необходимые параметры, характеризующие его технико-экономические показатели. Одновременно найдены зависимости всех показателей работы бассейна от его геометрических параметров. Так, например, установили, что продолжительность прогрева фанерного сырья в открытых бассейнах зависит не только от диаметра кряжей, но и от объема бассейна, а при постоянной его глубине — от площади поверхности воды, как показано на рисунке. Результаты расчета на модели и экспериментальные данные имеют расхождения не более 3,5 %.

Таким образом, рассмотренные математическая модель и методика могут быть использованы при создании САПР технологических процессов производства фанеры.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вейник А. И. Приближенный расчет процессов теплопроводности.— М.: Госэнергоиздат, 1959.— 184 с. [2]. Стрижев Ю. Н., Романов В. Н. Пути совершенствования качества гидротермической обработки фанерного сырья // Плиты и фанера: Обзор / ВНИПИЭИлеспром.— 1985.— Вып. 5.— 40 с. [3]. Шубин Г. С. Совершенствование методов расчета процессов нагревания и сушки древесины и их обобщение // Деревообаб. пром-сть.— 1980.— № 6.— С. 3—7.

Поступила 28 сентября 1989 г.

УДК 674.023(075.8)

О КОРРЕКТНОСТИ КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ ДЛЯ СЛУЧАЯ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

А. И. СОПОТУН, М. Т. БЕЦЬ

Львовский лесотехнический институт

По проблемам разрушения древесины при механических воздействиях, в том числе и в процессе ее резания, в последние годы накоплено достаточное количество экспериментального материала. Однако формирование и построение общей аналитической теории резания вряд ли можно считать законченной. В частности, определение закономерностей распределения внутренних сил в окрестности и по грани резца, являющееся основополагающим при изучении физики явлений при резании, до последнего времени еще далеко не однозначно.

Не останавливаясь на вопросе длительности контакта режущего инструмента с материалом, следует обратить внимание на то, что в течение некоторого малого промежутка времени происходят достаточно сложные процессы деформации и разрушения древесины, возникновения внутренних напряжений, их распределения в обрабатываемом материале и на площадках контакта резца, а также тепловые, химические и другие явления. При этом в последующий достаточно малый промежуток времени возникают и добавляются иные условия и явления, усложняющие физику процесса резания.

Более того, если деформации в зоне контакта резца и в зоне разрушения древесины в определенной степени изучены, то этого нельзя утверждать относительно компонентов напряжений. Измерение распределения внутренних сил представляет задачу чрезвычайно сложности. Аналитическое же определение напряжений через известные деформации теряет смысл по двум причинам: во-первых, зависимость напряжений от деформаций, если даже не учитывать пластических, для

древесины носит нелинейный характер; во-вторых, анизотропия древесных материалов не позволяет распространить используемые в теории резания зависимости в качестве универсальных и однозначных.

Становится понятным, что поиск напряженного состояния в области непосредственного соприкосновения резца с древесиной с использованием только общепринятого дискретного разложения сил на резце без учета всех других внешних нагрузок не может быть достаточно успешным без привлечения основных положений теории упругости и законов прикладной механики твердого деформируемого тела.

Очевидно, что для построения теории резания и решения задач по определению силовых параметров механических воздействий на древесину должны быть избраны такие методы, при которых внутренние и внешние силы исследовались бы вне зависимости от деформаций или перемещений.

Жесткие рамки приведенных условий для процессов механического воздействия на древесину требуют своего представления в наиболее строгой аналитической форме, не позволяющей вовлечения в процессе решения субъективных или недостаточно обоснованных характеристик.

Условия равновесия, представляемые формулой Гаусса—Остроградского

$$\int_S pndS - \int_V \text{grad } p dV = 0, \quad (1)$$

не требуют особых доказательств для тела, нагруженного внешней распределенной нагрузкой по его границе.

Ограниченность практического использования уравнения (1) для непосредственного отыскания компонентов напряжений не означает того, что оно теряет «контролирующее» значение в последующих решениях. При исследованиях поведения функций на границе областей это уравнение позволяет дать физическое представление об единичных импульсных функциях, исходя из законов сохранения.

Введя силовую функцию Эри φ (обобщенную функцию напряжений для плоской задачи), находим условия равновесия через компоненты напряжений при отсутствии массовых сил [1]:

$$\sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}; \quad \sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}; \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial x}. \quad (2)$$

Тогда условие совместности должно удовлетворять бигармоническому уравнению

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0. \quad (3)$$

Интегрирование дифференциального уравнения (3) приводит к появлению постоянных интегрирования, определение которых требует аргументированных обоснований. Результаты известных решений (3) в области механических воздействий на древесину [3, 4] базируются на использовании характеристик деформаций (модель Юнга, коэффициент Пуассона). Этим самым игнорируется содержание теоремы М. Леви и то, что силовая функция в уравнении (3) «не чувствительна» к деформациям, т. е. формулы (2) и (3) пригодны для сред с произвольными свойствами (упругой, пластической и др.). При помощи уравнения (3) можно исследовать лишь поле напряжений дискретно статического тела без учета фактора времени.

В соответствии с леммой Грина [6] для физически определенных задач важнейшая проблема при решении бигармонического уравнения (3) — учет непрерывной зависимости значений функции внутри напряженной области от граничных условий и их единственности.

Для задач, связанных с механическим воздействием на древесину (шлифование, резание и т. п.), корректность граничных условий заключается в приведении внешних нагрузок, приложенных к телу, к условию равновесия и, что не менее важно, в решении краевой задачи Коши [5], обеспечивающей однозначность функции на границе односвязной напряженной области.

Для удовлетворения первого условия рассмотрим напряженную область тела, размер которой удовлетворяет принципу Сен-Венана. Данный принцип будет использован для отыскания условия равновесия сравнительно большой области тела, но при изучении распределения сил по грани резца принятое допущение теряет смысл.

Не касаясь пока характера распределения сил на передней грани резца, принимаем общезвестное разложение нормальной силы на две составляющие P_v и P (рис. 1, а), связанные между собой соотношением:

$$P = P_v \mu = P_v \frac{f \cos \delta + \sin \delta}{\cos \delta - f \sin \delta}, \quad (4)$$

где f — коэффициент трения между гранью резца и древесиной;
 δ — угол резания.

Силы P и P_v должны быть уравновешены реакциями R, R_1, R_2 .

Следуя принципу Сен-Венана и принимая толщину стружки равной βh ($\beta \geq 0$), получаем, что высота образца $B = \beta h + 4h$. Размеры по длине $l_1 = 3h$ и $l_2 = 5h$.

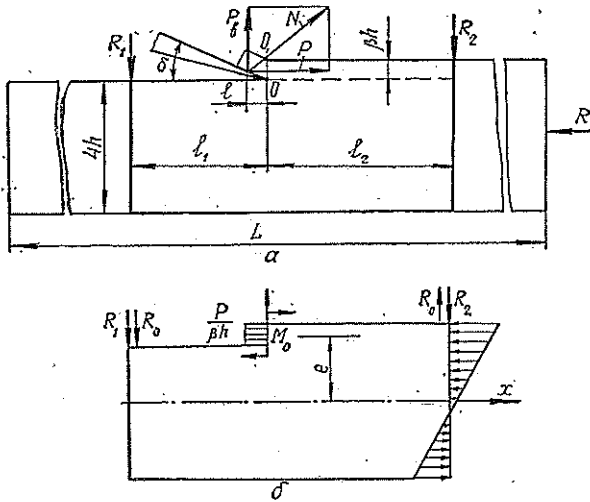


Рис. 1. Порядок замены основной схемы приложения внешних нагрузок при резании древесины (а) расчетной схемой определения краевых условий (б)

Однако, заменяя реальное тело с размером по длине L на напряженную область с параметрами $l_1 + l_2 = 3h + 5h$, мы уже вправе считать внешней нагрузкой (реакцию) R сосредоточенной. На расстоянии $l_2 = 5h$ она должна быть заменена нагрузкой, распределенной по закону внецентренного сжатия растяжения (рис. 1, б):

$$\sigma_x = -\frac{P}{F} \pm \frac{Pe}{W}. \quad (5)$$

Здесь F — площадь сечения на расстоянии l_2 ;
 W — момент сопротивления относительно оси, перпендикулярной плоскости изгиба;
 $e = 2h$ — эксцентриситет действия силы P по отношению к оси x .

Принимая ширину стружки за единицу, получаем

$$\sigma_x = - \frac{P}{h(4 + \beta)} \left[1 \pm \frac{24y}{h(4 + \beta)^2} \right], \quad (6)$$

где y — расстояние от оси x до произвольной точки сечения.

В расчетной схеме (рис. 1) исключено пока исследование напряженной зоны над гранью резца (стружки), а составляющая P заменена действием распределенной нагрузки по площади поперечного сечения снимаемого слоя единичной ширины.

С позиций равновесия (количественная сторона) такая замена может быть оправдана. Однако, как выявлено из последующих решений, характер изменения распределенной нагрузки (качественная сторона) вследствие специфических свойств уравнений (1) и (3) будет несколько иным.

Исключив пока исследование напряжений по полю снимаемого слоя, следует заменить действие составляющей $P_v = P\mu^{-1}$ в сечении OO_1 моментом $M_0 = P\mu^{-1}l$, подразумевая под плечом l действия силы P_v расстояние от сечения OO_1 до места приложения силы.

По концам исследуемой области момент должен быть уравновешен противоположно направленными реакциями $R_0 = \frac{P\mu^{-1}l}{8h}$. Реакции же на действие силы P_v будут равны

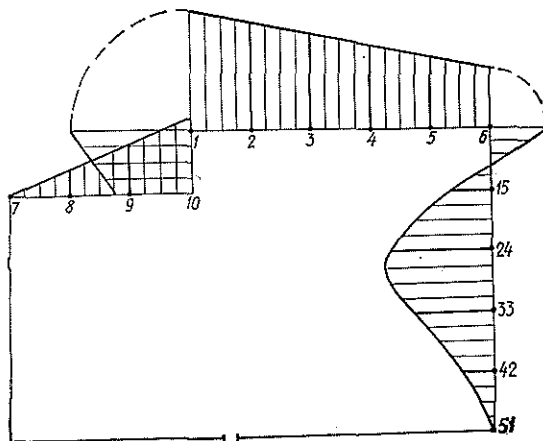
$$R_1 = \frac{5}{8} P\mu^{-1}; \quad R_2 = \frac{3}{8} P\mu^{-1}. \quad (7)$$

Приведенная система внешних нагрузок, действующих на тело, формально удовлетворяет условиям равновесия, лишена уязвимой субъективной интерпретации и представляет собой начальные условия для решения задачи Коши [5].

Известно [2], что для определения силовой функции Эри на контуре исследуемых областей достаточно построить эпюры изгибающих моментов от заданных нагрузок, рассмотрев контур области как трижды статически неопределимую раму.

Основную систему выбирают как разрезом контура в любом месте, так и включением в контур трех шарниров.

Рис. 2. Эпюра моментов по контуру напряженной области



Для сохранения внятия всех сил на раму целесообразно разрез осуществить по ненагруженному нижнему контуру. Аналитическое выражение моментов сил (функции напряжений) по контуру напряжен-

ной области представляет собой многочлен, зависящий от переменной β . Например, для точки I (рис. 2) имеем:

$$M_b = \varphi_b = \frac{5}{8} P \mu^{-1} (l - 3h) - \frac{Ph}{6(\beta + 4)} \left(\frac{\beta - 8}{24} \right)^2 [288 + 72\beta + (\beta + 4)(\beta - 8)] - \frac{Ph}{6(\beta + 4)^2} [(\beta + 4)^2 + 12(\beta + 4)] \left\{ \frac{1}{24} [96 + 24\beta + (\beta + 4)(\beta - 8)] \right\}^2. \quad (8)$$

Это свидетельствует о том, что зависимость напряжений от толщины стружки при дальнейшем решении задачи Дирихле с использованием уравнения (3) будет далеко не линейной.

Эпюра моментов, построенная обходом контура рамы, и представляет собой функцию напряжений на контуре исследуемой области.

Выводы

1. Для решения первой внутренней краевой задачи (внутренней задачи Дирихле) для лапласиана второго порядка в случае механического воздействия на древесину, в частности при резании древесных материалов, применима силовая функция Эри без привлечения характеристик, определяющих деформацию древесины.

2. Решение первой краевой задачи находится в непрерывной зависимости от граничных условий. Существует возможность их установления путем приведения в равновесие напряженной области, отвечающей принципу Сен-Венана, с дальнейшим построением эпюры функции напряжений как моментов сил, действующих на разрезную раму.

3. Для решения задач, связанных с перемещением резца во времени, в начальные условия вводятся ряд переменных: длина стружки, толщина стружки, угол резания, размер исследуемой области и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Амензаде Ю. А. Теория упругости.—М.: Высш. шк., 1976.—272 с. [2]. Варвак П. И., Варвак Л. П. Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций.—М.: Стройиздат, 1977.—154 с. [3]. Вильке Г. Н. О методе испытания древесины на раскалывание // Лесонженерное дело.—1958.—№ 1.—С. 136—141.—Науч. докл. высш. шк. [4]. Михайлов В. Г. Скалывание в клееных дощатых стыках // Вопросы прочности и изготовления деревянных конструкций. М.: Гос. изд-во по стр-ву, archit. и стронт. материалам, 1952.—264 с. [5]. Седов А. И. Механика сплошной среды.—М.: Наука, 1976.—Т. 2.—576 с. [6]. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики.—М.: Наука, 1977.—736 с.

Поступила 27 июня 1989 г.

УДК 674.053 : 621.934

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМАЯ, ОПТИМАЛЬНАЯ И УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КРУГЛОЙ ПИЛЫ

Ю. М. СТАХИЕВ, С. В. ЕРШОВ

ЦНИИМОД

Скорость резания и частота вращения пил — это два физически различных, но количественно взаимосвязанных параметра. Возможность увеличения первого параметра ограничивается работоспособностью зубьев пилы, а второго — работоспособностью ее диска. Настоя-

щая статья посвящена рассмотрению основных закономерностей и нормативов, которые необходимо знать разработчикам круглопильного оборудования.

Потерю работоспособности зубьев при увеличении скорости резания обычно связывают с их повышенным износом из-за большого нагрева. Пилы по ГОСТ 980—80 изготавливаются из нетеплостойкой низколегированной стали 9ХФ (9ХФМ), свойства которой сохраняются при температуре до 200 °С [1]. Согласно исследованиям, выполненным в СССР (СибТИ, БТИ) и за рубежом, при скорости резания 60 м/с средняя температура нагрева вершины зуба может достигать 400... 500 °С.

Например, по данным СибТИ [3], при распиловке пиломатериалов толщиной 110 мм (порода — лиственница, влажность 14... 16 %) пилой диаметром 500 мм при переднем угле зубьев (γ) 30°, заднем (α) 15° и подаче на зуб 0,26 мм средняя поверхностная температура изменяется в зависимости от скорости резания (см. табл. 1).

Таблица 1

Скорость резания, м/с	25	36	52	60	71	98
Температура, °С:						
Передняя грань	208	300	380	450	550	660
Задняя грань	210	276	318	340	373	440

Данные о температурных зависимостях пределов прочности σ_B и текучести $\sigma_{0,2}$ хромованадиевой стали 9ХФ [4] приведены в табл. 2.

Таблица 2

Температура, °С	20	100	200	300	400	500	600
σ_B , МПа	1 382	1 372	1 333	1 284	1 039	588	333
$\sigma_{0,2}$, МПа	1 254	1 245	1 225	1 156	990	539	284

Поскольку при скорости резания 60 м/с температура нагрева достигает 450 °С, а механические свойства стали снижаются уже существенно (\sim в 1,7 раза), то для обеспечения работоспособности зубьев стальных пил СибТИ рекомендует ограничивать скорость резания величиной 60 м/с. В руководствах по эксплуатации круглопильных станков некоторые зарубежные фирмы указывают, что стальные пилы запрещается эксплуатировать при скоростях резания выше 65 м/с. Эти рекомендации подтверждаются и результатами непосредственных исследований влияния скорости резания на затупление зубьев.

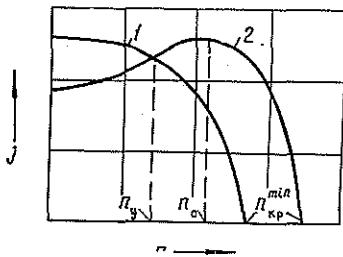
Например, по данным Львовского ЛТИ, при продольном пилении буковых досок влажностью 10... 12 % пилами с разводом зубьев 0,5 мм ($\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 25^\circ$) и постоянной подаче на зуб 0,54 мм после пути резания 2 935 м, пройденного каждым зубом в древесине, с увеличением скорости резания от 19,8 до 52,5 м/с радиус закругления главной режущей кромки возрастает на 11 %, а с увеличением скорости от 52,5 до 84,1 м/с — на 52 % [8].

Потерю работоспособности диска при увеличении частоты вращения обычно связывают с уменьшением его изгибной жесткости при критической $n_{кр}^{min}$ и закритической частотах вращения [5, 9]. Считают, что при изгибной жесткости периферийной зоны диска менее 40... 60 Н/мм он не обладает способностью эффективно сопротивляться возникающим при пилении силам. Поскольку изгибная жесткость диска при частоте вращения, равной или большей минимальной критической величины $n_{кр}^{min}$, может уменьшаться в несколько раз [6], то значение

$0,85 n_{кр}^{min}$ считается максимально допустимой частотой вращения. При этом учитывают, что проковка средней зоны пилы увеличивает частоту вращения $n_{кр}^{min}$, а нагрев периферийной зоны при пилении уменьшает ее.

Значения максимально допустимых частот вращения пил приведены в отраслевой нормативно-технической документации, например [5]. Если главное условие $n \leq 0,85 n_{кр}^{min}$ выполнено, то возникает проблема оптимизации частоты вращения по критерию изгибной жесткости.

Сотрудниками ЦНИИМОДа установлено наличие двух характерных частот вращения — оптимальной и универсальной. Для пояснения этих определений рассмотрим приведенные на рисунке типовые графики, отражающие влияние частоты вращения на изгибную жесткость периферийной зоны пилы.



Типовые графики влияния частоты вращения n на изгибную жесткость j периферийной зоны пилы: 1 — непрокованной с нулевым напряженным состоянием; 2 — прокованной (вальцованной) по оптимальной зоне до критического напряженного состояния

У прокованной до критического напряженного состояния пилы с увеличением частоты вращения изгибная жесткость сначала возрастает, а затем уменьшается. Максимальная жесткость достигается при оптимальной частоте вращения n_0 [2]. Изгибная жесткость непрокованной (невальцованной) пилы с увеличением частоты вращения уменьшается. В обоих случаях интенсивное падение изгибной жесткости происходит по мере приближения к критическим частотам вращения $n_{кр}^{min}$. Точка пересечения кривых 1 и 2 на рисунке определяет положение универсальной частоты вращения n_y . Эта частота вращения обеспечивает достаточно высокий уровень изгибной жесткости диска для диапазона начального напряженного состояния от нулевого до критического.

При универсальной частоте вращения непрокованная и прокованная до критического напряженного состояния пилы имеют одинаковую изгибную жесткость. В данном случае жесткость прокованной пилы ниже, чем при оптимальной частоте вращения, но выше, чем в статических условиях, а жесткость непрокованной несколько ниже по сравнению с условиями статики, но значительно выше, чем при $n_{кр}^{min}$.

Сотрудниками ЦНИИМОДа проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению максимально допустимых, оптимальных и универсальных частот вращения [2, 6, 7]. Их значения для пил по ГОСТ 980—80 приведены в табл. 3; при этом начальное напряженное состояние непрокованных пил соответствовало данным табл. 2.12, а прокованных до критического напряженного состояния — данным табл. 2.17 работы [6]. Диаметр пил был принят равным диаметру окружности, проходящей через середину высоты зубьев (число зубьев $z = 48$), а поперечную сосредоточенную силу при определении изгибной жесткости прикладывали на радиусе, равном радиусу окружности впадин зубьев.

Данные табл. 3 показывают, что для усредненных толщин пил каждого диаметра по ГОСТ 980—80 и стандартных значений диамет-

Таблица 3

Диаметр пилы, мм	Расчетный диаметр пилы, мм	Диаметр зажимных фланцев, мм	Толщина пилы, мм	Частоты и скорости вращения					
				максимально допустимые		оптимальные		универсальные	
				мин — 1	м/с	мин — 1	м/с	мин — 1	м/с
315	305	100	1,8	6 650	110	5 256	87	3 127	51
			2,0	7 400	122	5 840	96	3 475	57
			2,2	8 150	134	6 420	106	3 822	63
360	348	100	2,0	5 450	103	4 501	85	2 802	53
			2,2	6 000	113	4 951	93	3 082	58
			2,5	6 800	128	5 626	106	3 502	66
400	387	125	2,0	4 550	95	3 667	77	2 175	45
			2,2	5 050	106	4 033	84	2 392	50
			2,5	5 700	119	4 583	96	2 718	57
450	435	125	2,2	3 850	91	3 168	75	1 970	46
			2,5	4 350	102	3 600	85	2 239	53
			2,8	4 900	115	4 032	95	2 508	59
500	484	125	2,2	3 050	80	2 640	69	1 630	43
			2,5	3 450	90	3 000	78,5	1 853	48
			2,8	3 850	101	3 360	88	2 075	54
560	542	160	2,2	2 500	73	2 040	60	1 262	37
			2,5	2 850	83	2 318	68	1 434	42
			2,8	3 150	92	2 596	76	1 606	47
630	609	160	2,2	1 950	64	1 560	51	1 024	34
			2,5	2 200	72	1 773	58	1 164	38
			2,8	2 450	81	1 985	65	1 304	43
			3,0	2 650	87	2 127	70	1 397	46
710	687	160	2,5	1 650	61	1 500	56	933	35
			2,8	1 800	67	1 680	62	1 045	39
			3,0	1 950	72	1 800	67	1 120	42
			3,2	2 100	78	1 920	71	1 194	44
800	774	160	2,8	1 250	52	1 320	55	835	35
			3,0	1 350	56	1 414	59	895	37
			3,2	1 450	61	1 510	63	954	40
			3,6	1 650	69	1 700	71	1 073	45
900	871	200	3,2	1 200	56	1 200	56	748	35
			3,6	1 350	64	1 350	64	841	40
			4,0	1 500	71	1 500	71	935	44
1 000	967	200	3,6	1 050	55	1 080	56	687	36
			4,0	1 150	60	1 200	63	763	40
			4,5	1 300	68	1 350	71	859	45
1 250	1 209	240	4,5	800	52	880	58	544	36
			5,0	900	59	975	64	605	40
1 500	1 451	300	5,0	650	51	667	52	422	33
			5,5	700	55	733	58	464	36

Примечание. Максимально допустимые частоты вращения соответствуют проковке пил по нормативам табл. 3 ГОСТ 980—80. Оптимальные частоты даны для случая проковки пил по оптимальной зоне до критического состояния.

ров фланцев универсальные скорости вращения приблизительно равны 60 м/с при диаметре пил 315...360 мм, 50 — при 400...500, 40 — при 560...1 250 и 35 м/с — при 1 500 мм. Использование этих скоростей возможно, если они обеспечивают необходимые показатели процесса резания (чистоту поверхности-подачу на зуб, минимальную энергоемкость и т. д.). Универсальная скорость позволяет при широком диапазоне изменения напряженного состояния диска сузить диапазон изменения его изгибной жесткости. Если подготовку (проковку, вальцевание) диска вести под универсальную скорость, то для холостого вращения она из категории «универсальная» перейдет в категорию «оптимальная».

Выводы

1. Скорость резания при использовании стальных пил не должна превышать максимально допустимой величины, определенной из условия обеспечения работоспособности зубьев (исключения их повышенного износа). При продольном пилении древесины максимально допустимая скорость резания равна 60...65 м/с.

2. Частота вращения пилы не должна превышать максимально допустимой величины ($0,85 n_{кр}^{min}$), определенной исходя из обеспечения работоспособности диска. Величины максимально допустимых частот вращения регламентированы отраслевым РТМ [5].

3. Ограничение по скорости резания более характерно для пил большого диаметра и повышенных толщин, а по частоте вращения — для пил большого диаметра и пониженных толщин. Определенная пересчетом из выбранной скорости резания частота вращения не должна превышать максимально допустимой величины.

4. Начальные (от изготовления, подготовки) и временные (от нагрева) напряжения в диске пилы могут изменяться в широких пределах. Поэтому в станках рекомендуется использовать универсальные частоты вращения, если они обеспечивают необходимые показатели процесса резания (подача на зуб, чистота поверхности, минимальная энергоемкость и т. д.).

5. Узвязка нормативов проковки (вальцевания) с универсальными частотами вращения позволяет сделать последние оптимальными по критерию изгибной жесткости для условий холостого вращения диска.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Геллер Ю. А. Инструментальные стали.—5-е изд., перераб. и доп.—М.: Металлургия, 1983.—527 с. [2]. Ершов С. В., Стахнев Ю. М. Определение оптимальной частоты вращения прокованного диска пилы по критерию изгибной жесткости // Науч. тр. / ЦНИИМОД.—1987.—Резервы использования материальных и трудовых ресурсов.—С. 154—162. [3]. Лейхтлинг К. А., Лейхтлинг Р. А. Выбор числа оборотов пильного вала круглопильных станков // Сб. науч.-исслед. работ / Сибирский технол. ин-т.—1975.—Машиностроение, оборудование, ремонт и эксплуатация.—С. 36—40. [4]. Настенко А. А., Филиппов П. В. Температурная зависимость механических свойств стали 9ХФ // Совершенствование техники и технологии деревообраб. пром-сти: Тез. докл. к науч.-техн. конф. 22—24 мая 1974 г.—Киев, 1974.—С. 70. [5]. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами / Ю. М. Стахнев, В. Д. Дунаев, В. К. Пашков и др.—Архангельск: ЦНИИМОД, 1988.—74 с. [6]. Стахнев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил.—М.: Лесн. пром сть, 1989.—384 с. [7]. Стахнев Ю. М., Ершов С. В., Макаров В. В. О согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы // Изв. вузов. Лесн. журн.—1988.—№ 6.—С. 59—64. [8]. Тимошен С. М. О влиянии скорости резания на износ и затупляемость зубьев пил в работе // Изв. вузов. Лесн. журн.—1970.—№ 3.—С. 85—88. [9]. Szumań R. Решение проблемы круглопильных станков в США // Holz als Roh-und Werkstoff.—1984.—Т. 42, № 8.—С. 309—314.

Поступила 12 февраля 1990 г.

УДК 674.817—41 : 658.26

ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

А. Н. ВАСИЛЬЕВ

ВНИИдрев

Значительное количество тепловой и электрической энергии потребляют предприятия по производству древесноволокнистых плит

(ДВП). В частности, на изготовление 1000 м² ДВП тратят 2000 кВт/ч электроэнергии и $52,4 \cdot 10^6$ кДж тепловой энергии. Если учесть, что в настоящее время выпускают более полумиллиарда квадратных метров плит, обсуждение вопроса рационального потребления энергии весьма необходимо.

Типовая тепловая схема технологического процесса производства ДВП включает следующие операции. Приготовленная из отходов древесины щепы поступает в пропарочную камеру, где ее выдерживают при температуре 187 °С и давлении 0,9 МПа. Пропаренную щепу направляют на дефибратор для ее размола.

Полученная древесная масса с двухфазным пароводяным потоком попадает в отделительные камеры, где теряется значительное количество тепловой энергии. Пар удаляется в окружающую среду, а волокно, разбавленное охлажденной водой, идет в рафинатор для вторичного механического размола. Смешанная в приготовительных отделениях со связующими компонентами масса поступает на отливную машину, где формируется древесноволокнистое полотно и удаляется до 70...80 % влаги. Далее полотно толщиной 24 мм с температурой 40 °С подается на пресс. Отжатая вода попадает в систему оборотных вод.

Температура внешних поверхностей плит пресса равна 190 °С, максимальное давление прессования — 5,5 МПа. Перегретая вода, находящаяся в межволоконном пространстве полотна, переходит в метастабильное состояние, вскипает и выбрасывается вместе с паром. ДВП размером $1,7 \times 5,6$ м, спрессованные до 3,2 мм, поступают в камеру, где их выдерживают при температуре 150...165 °С в течение 3...6 ч, далее они попадают в камеры кондиционирования, где увлажняются потоком воды с температурой 95 °С.

Проектные средние расходы пара и его давление для оборудования цеха ДВП приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оборудование	Давление пара, МПа	Проектный средний расход пара, т/ч	Общие затраты тепла $Q \cdot 10^{-6}$, кДж	Потери тепла $Q_{\text{п}} \cdot 10^{-6}$, кДж
Пресс гидравлический	3,0	11,50	16,04	14,44
Камеры закалки	3,0	2,30	3,23	0,05
Дефибраторы	1,1	3,20	4,93	0,05
Камеры увлажнения	1,1	0,46	0,71	0,08
Пропиточная машина	1,1	0,10	0,15	0,03
Ванны для промывки сеток	1,1	0,46	0,71	0,14
Итого	—	—	25,77	14,79

Связь между источником и потребителями пара выражается уравнениями [1]

$$D = D_{\text{т}}^{\text{н}} + \sum_k D_k^{\text{н}} = D^0 x_0 \left(1 + \sum_k \xi_k^{\text{н}} \right);$$

$$Q = Q_{\text{т}}^{\text{н}} + \sum_k Q_k^{\text{н}} = Q^0 x_0 \left(1 + \sum_k \rho_k \right),$$

где $D_{\text{т}}^{\text{н}} = x_0 D^0$ — количество пара, идущее на технологический процесс, кг/ч;

D^0 — количество пара для всех потребителей, кг/ч;

x_0 — редуцированный коэффициент расхода пара;

$D_k^{\text{н}}$ — количество пара для дополнительных потребителей, кг/ч;

$$\xi_k^n = \frac{D_k^n}{D_k^0} \text{ — относительный коэффициент потерь пара;}$$

$$Q_{\tau}^n = \lambda_0 D^0 \varepsilon' \text{ — количество тепла, идущее на технологический процесс, кДж/ч;}$$

$$Q^0 \text{ — общее количество тепла для всех потребителей, кДж/ч;}$$

$$\lambda_0 \text{ — тепло, сообщаемое 1 кг пара, кДж;}$$

$$\varepsilon' \text{ — коэффициент, учитывающий подогрев оборотной воды;}$$

$$Q_k^n \text{ — количество тепла для дополнительных потребителей, кДж/ч;}$$

$$\rho_k = \frac{Q_k^n}{Q_k^0} \text{ — относительный коэффициент потерь тепла.}$$

Решая одномерную задачу распространения тепла в плоской пластине [2], получаем количество тепла, идущее на ее нагрев и потери на прессе. Общие потери тепла, согласно тепловой схеме (рис. 1), приведены в табл. 1 [3].

Согласно технологической схеме баланса воды и волокна завода ДВП-1 ПО «Грикишкес» на 1 т ДВП приходится 2752 т пара с давлением 1,1 МПа. При изменении энтальпии выделилось $6,5 \cdot 10^6$ кДж, при конденсации пара — $6,2 \cdot 10^6$ кДж, в итоге поступило в систему $12,7 \cdot 10^6$ кДж на 1 т плит. Уходит из системы с оборотной водой во внешнюю среду $3,1 \cdot 10^6$ кДж (эти потери не приводятся в таблице), остается в аккумулятивной системе $9,6 \cdot 10^6$ кДж.

Нами был замерен расход пара с ТЭЦ на аккумулятор Рутса во времени (на рисунке показаны пульсации расхода пара за сутки). Сплошными линиями отмечено время работы закалочных камер (1—8) и пресса (Пр). Как видно, колебания расхода достигали от 0 до 15 т/ч.

В целях определения аккумулятивной способности системы и количества тепла, идущего непосредственно на прессование, отсекали пар, поступающий в аккумулятор. Пресс снабжали теплом, запасенным только в аккумуляторе (результаты приведены в табл. 2). Пар вновь подавали, как только температура воды на входе достигала 187°C , т. е. до наступления опасности выхода пресса из технологического ре-

Таблица 2

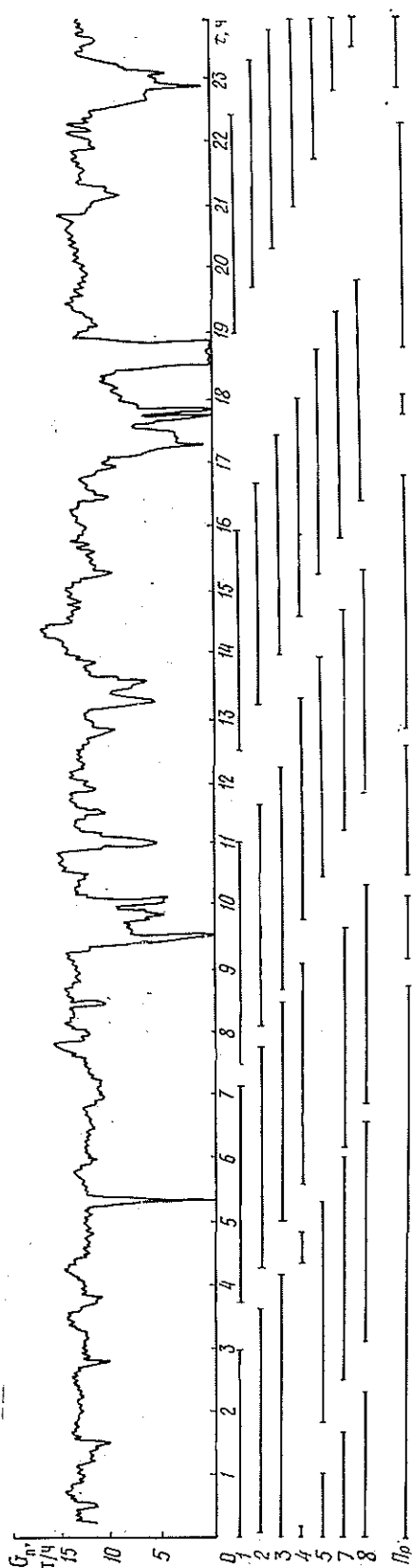
Номер заправки	Момент заправки	Продолжительность заправки			Температура теплоносителя в прессе и закалочных камерах, $^\circ\text{C}$			
		ч	мин	с	на входе	на выходе		
1	Начало	10	37	30	210	198		
		10	40	0	209	196		
		10	42	0	205	195		
	Конец	10	42	45	195	186		
		2	Начало	10	45	30	203	193
		10		47	0	200	192	
10	49	30		198	189			
	Конец	10	50	30	198	189		
		10	52	45	195	186		
		3	Начало	10	49	0	194	185
10	56	30		190	182			
10	58	0		189	181			
10	59	0		187	179			
11	0	0		187	178			
	Конец	11	01	0	185	177		

жима. Эксперимент показал, что на производство 1000 м^2 достаточно $6,66 \cdot 10^6$ дКж тепла.

Таким образом, с теплотехнической точки зрения существующая технологическая схема производства ДВП весьма нерациональна, энергоемка, с большими потерями тепла различного потенциала, что затрудняет установку теплоутилизационного оборудования. Например, в дефибраторном отделении используют одновременно механическую и тепловую энергию для размолва щепы. Отработанный пар не утилизируют, при прессовании плит тепловая энергия порядка $6,2 \times 10^6$ кДж/ч с паром выходит в атмосферу. Ситуация усугубляется тем, что парогазовый поток содержит вредные компоненты (формальдегид, фенол, уксусная кислота, парафин и др.), резко нарушающие экологическую обстановку в районе предприятий.

Общие затраты тепла, как отмечалось выше, равны $25,77 \times 10^6$ кДж, из них вместе с оборотной водой уходит $17,89 \times 10^6$ кДж. Обратное замкнутое водоснабжение, внедренное в настоящее время в производство, приводит к аккумулятивному накоплению тепла в технологическом контуре. С целью понижения температуры древесноволокнистой массы и изменения ее концентрации в контур подают холодную воду, что также не способствует энергоресурсосбережению.

Таким образом, для рационального использования энергии технологическая схема производства ДВП мокрым способом должна быть существенно изменена. Целесообразно исключить совместное использование на одной операции механической, тепловой, электрической энергии и более рационально использовать достижения химической термодинамики и гидродинамики при обработке древесины.



ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев А. Н. Расчет тепловых схем ядерных энергетических установок. Горький, 1982.— 61 с. [2]. Лыков А. В. Теория теплопроводности: Учеб. пособие.— М.: Высш. школа, 1967.— 599 с. [3]. Справочник по древесноволокнистым плитам / В. И. Бирюков, М. С. Лащавер, А. М. Козаченко и др. М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 184 с.

Поступила 15 августа 1989 г.

УДК 674.047 : 674.093.6

ВЛИЯНИЕ УСУШКИ ДРЕВЕСИНЫ НА РАЗНОТОЛЩИННОСТЬ ДОСОК

Н. И. КОВЗУН

ЦНИИМОД

Разнотолщинность доски не регламентирована стандартами, но лесопильные предприятия контролируют этот параметр как в сырых, так и в сухих пиломатериалах. Для введения норматива по разнотолщинности необходимо знать две ее составляющие: сформированную в процессе распиловки и вызванную неодинаковой усушкой древесины в пределах длины доски. Статистические оценки первой составляющей приведены в работе [3], в данной статье даны статистические оценки второй составляющей.

Исследования выполнены на еловых пиломатериалах номинальной толщиной 22, 100, 125 и 200 мм (размеры 100 и 125 мм наиболее ходовые). Усушку пиломатериалов толщиной 22 мм оценивали на боковых обрезных досках шириной от 100 до 150 мм, а толщиной 100, 125 и 200 мм — по ширине центральных досок, выпиленных из пласти бруса. Местоположение доски в поставе определяло направление усушки: под углом к годичным слоям в пиломатериалах толщиной 22 мм и тангенциальное — в остальных размерах.

Для испытаний отобрали 20 досок (влажность более 40 %) длиной 5...6 м. Каждую доску маркировали порядковым номером, по всей длине нанесли не менее 50 рисок на расстоянии 100 мм друг от друга. Толщину доски в размеченных сечениях измеряли штангенциркулем (погрешность $\pm 0,05$ мм), располагая его губки в 10...15 мм от кромки доски. Измерения в одном сечении повторяли до трех раз в поисках наименьшего значения толщины.

Маркированные доски были отправлены на атмосферную сушку. Изменение влажности каждой доски контролировали электровлагомером. После стабилизации его показаний влажность дополнительно измеряли весовым методом по образцу, выпиленному из центральной части доски (среднее значение влажности 20 %). Перепад влажности по длине доски не оценивали, так как при достижении равновесных значений он не превышает 1 %, а поэтому не оказывает заметного влияния на величину усушки [1, 2].

Абсолютную усушку древесины в тех же сечениях вычисляли как разницу толщин сырой и сухой доски. Разнотолщинность от неодинаковой усушки древесины в пределах длины доски оценивали максимальной разностью абсолютной усушки в размеченных сечениях.

Значения усушки и разнотолщинности от усушки включают в себя погрешности измерения, обусловленные смятием древесины, установкой инструмента, а также вносимые самим инструментом. Суммарная погрешность измерения толщины составила не более $\pm 0,10$ мм. При этом погрешность измерения абсолютной усушки в сечении не превысила $\pm 0,14$ мм, разнотолщинности от усушки $\pm 0,20$ мм или 20 и 40 % соответственно. В целях уменьшения погрешности до 10 и 20 % за абсолютное принимали значение усушки, усредненное из пяти результатов измерений в соседних сечениях участка доски длиной 0,5 м.

Результаты измерения толщины сырых, сухих досок и абсолютной усушки оформляли в виде профилограмм, на которые в дальнейшем наносили усредненные значения усушки и кривые ее изменения (рис. 1).

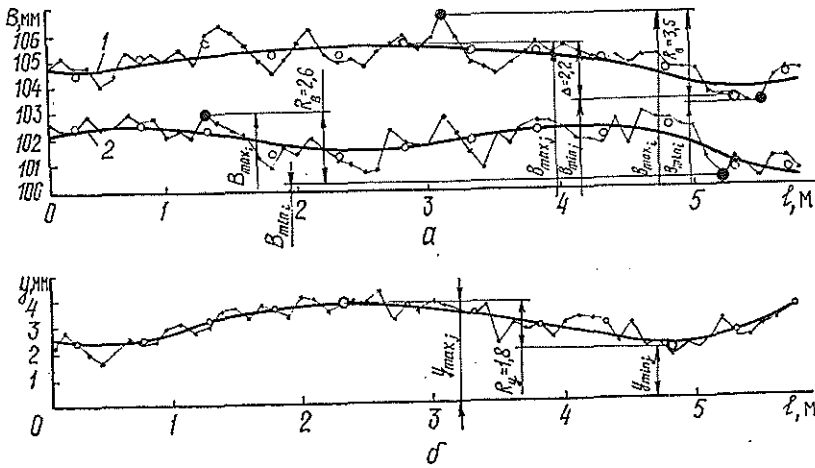


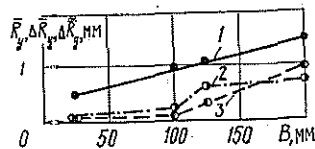
Рис. 1. Типовые профилограммы результатов измерения средней толщины (а) сырой (1), сухой (2) доски и абсолютной усушки в пределах длины доски (б)

По усредненным значениям вычисляли среднее значение усушки для доски \bar{y} и разнотолщинность от неодинаковой усушки древесины в пределах длины доски

$$R_y = U_{max j} - U_{min j} \quad (1)$$

Для партии из 20 досок одной толщины рассчитывали среднее значение \bar{R}_y (рис. 2, кривая 1) и коэффициент вариации разнотолщинности от усушки v_{R_y} . В качестве контрольных значений для той же партии определяли среднее значение \bar{y} и коэффициент вариации усушки v_y . (\bar{R}_y и \bar{y} получены с относительной погрешностью, не превышающей соответственно 20 и 12 %).

Рис. 2. Изменение разнотолщинности досок, вызванное неодинаковой усушкой древесины в пределах длины доски



- Результаты исследований позволяют заключить следующее.
1. Абсолютная усушка древесины по длине доски изменяется монотонно и приводит к отклонению пластей (кромки) от параллельности. Причем средняя часть доски, по сравнению с торцовыми, усыхает больше, что объясняется неравномерными условиями просыхания древесины в пределах длины доски [2].
 2. Разнотолщинность от неодинаковой усушки древесины в пределах длины доски является случайной величиной, распределенной по закону модуля разности [4]*, среднее значение которой найдено по методу наименьших квадратов и выражается зависимостью:

* Разнотолщинность от усушки представляет собой модуль разности двух нормально распределенных случайных величин с одинаковыми математическими ожиданиями и средними квадратичными отклонениями: $R_y = |y_1 - y_2|$; $M\{y_1\} = M\{y_2\}$; $\sigma\{y_1\} = \sigma\{y_2\}$. Распределение их подчиняется закону модуля разности и применительно к R_y принято без дополнительных доказательств.

$$\bar{R}_y = 0,4 + 0,0055B, \quad (2)$$

где B — номинальная толщина доски, мм;
0,4 и 0,0055 — коэффициенты уравнения.

Коэффициент вариации v_{R_y} составляет 46 %.

3. Как разнотолщинность, сформированная в процессе распиловки, так и разнотолщинность, вызванная неодинаковой усушкой древесины в пределах длины доски, являются независимыми случайными величинами, так как различны причины их формирования (первая величина обусловлена погрешностями движения режущего инструмента и обрабатываемого материала, вторая — неравномерными условиями просыхания древесины). Поэтому разнотолщинность сухой доски может быть определена как сумма двух независимых случайных величин (CB):

$$CB \{R_{v, \text{сух}}\} = CB \{R_{v, \text{сыр}}\} + CB \{R_y\}. \quad (3)$$

Для проверки правомерности последнего вывода была решена обратная задача. По экспериментальным значениям разнотолщинности сырых и сухих досок определено фактическое приращение разнотолщинности от усушки:

$$\Delta R_y = R_{v, \text{сух}} - R_{v, \text{сыр}}, \quad (4)$$

где $R_{v, \text{сух}} = B_{\text{max } l, \text{сух}} - B_{\text{min } l, \text{сух}}$; $R_{v, \text{сыр}} = B_{\text{max } l, \text{сыр}} - B_{\text{min } l, \text{сыр}}$.

Вычислено среднее значение $\Delta \bar{R}_y$ для партии из 20 досок одной толщины.

Определение разнотолщинности в сырых и сухих досках показано на рис. 1.

Полученные данные для $\Delta \bar{R}_y$, представленные на рис. 2 (кривая 2), оказались меньше тех значений, которые были определены как максимальная разница усушки в пределах длины доски.

Анализ профилограмм толщин сырых досок позволил предположить, что возможной причиной такого расхождения может быть некоторое отклонение пластей (кромки) от параллельности, которое входит в оценку разнотолщинности сырой доски.

Для подтверждения сделанного предположения было определено отклонение от параллельности пластей (кромки) в сырых досках и влияние этих отклонений на фактическое приращение разнотолщинности досок после их сушки.

Отклонение от параллельности в сырых досках Δ оценивали аналогично R_y , т. е. по максимальной разнице значений средних толщин в пределах длины доски. Среднюю толщину вычисляли из 5 результатов измерений в соседних сечениях, для участка доски длиной 0,5 м.

По средним значениям находили отклонение пластей (кромки) от параллельности

$$\Delta = B_{\text{max } j} - B_{\text{min } j}. \quad (5)$$

Кривые изменения средней толщины в сырых и сухих досках, а также определение Δ показано на рис. 1.

Для партии из 20 досок одной толщины вычисляли среднее значение $\bar{\Delta}$.

В результате установлено, что пиломатериалы, выработанные на лесопильных рамах, имеют среднее отклонение от параллельности пластей (кромки) 0,5 мм в досках и 0,7 мм в брусках. Причем средняя толщина в центральной части досок больше, чем в торцевой. Объяснить такой факт можно стабилизацией условий работы пил к середине бревна (пропилена сбеговая зона, стабилизировалось базирование бревна, бруса и др.).

Отклонения от параллельности пластей (кромки), сформированные в процессе распиловки и вызванные неодинаковой усушкой древесины в пределах длины доски, имеют разные знаки и компенсируют друг друга. Поэтому фактическое приращение разнотолщинности в сухих пиломатериалах на величину $\bar{\Delta}$ получается меньше. Среднее значение отклонения от параллельности представляет собой систематическую составляющую, которая может быть учтена как поправка к значению разнотолщинности сырой доски.

Для подтверждения правомерности такого вывода была вычислена оценка приращения среднего значения разнотолщинности от усушки по формуле

$$\Delta \bar{R}_y = \bar{R}_y - \bar{\Delta}. \quad (6)$$

Полученные оценки приращения разнотолщинности от усушки также приведены на рис. 2, кривая 3 и показывают хорошее совпадение с фактическими значениями.

Выводы

1. Разнотолщинность, вызванная неодинаковой усушкой древесины в пределах длины доски, является случайной величиной, распределенной по закону модуля разности, среднее значение которой выражается зависимостью (2).

2. Разнотолщинность сухих досок $R_{в. сух}$ следует вычислять как сумму двух независимых случайных величин: $R_{в. сыр}$, сформированной в процессе распиловки, и R_y , вызванной неодинаковой усушкой древесины в пределах длины доски, с поправкой на отклонение от параллельности пластей (кромки) в сырых досках $\bar{\Delta}$ по формуле:

$$CB \{R_{в. сух}\} = CB \{R_{в. сыр}\} + CB \{R_y\} - \bar{\Delta}.$$

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зеленин М. П. Вопросы воздушной сушки пиломатериалов сосны и ели // Сушка дерева: Сб. статей / Под ред. Д. Ф. Шапиро.— М.— Л.: Гослестехиздат, 1935.— С. 118—158. [2]. Иванников В. И., Красновский Н. В. Усушка пиломатериалов сосны и ели при естественной сушке их до воздушно-сухого состояния // Лесопиление и деревообработка.— 1933.— № 10.— С. 41—46. [3]. Ковзун Н. И. Точность рамной распиловки // Лесн. журн.— 1987.— № 3.— С. 121—124.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения.— М.: Машиностроение, 1972.— 216 с.

Поступила 9 ноября 1989 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.023.11

КИНЕТИКА ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ ММР
ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ГИПОХЛОРИТНОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ*О. М. СОКОЛОВ, В. А. ДЕМИН, А. П. КАРМАНОВ,
Е. Н. КОРОБОВА*Архангельский лесотехнический институт
Коми научный центр Уральского отделения АН СССР

Целлюлоза как природный полимерный материал обладает значительной неоднородностью молекулярной массы и надмолекулярной структуры. Степень полимеризации (СП) и характер молекулярно-массового распределения (ММР) — важнейшие физико-химические показатели, определяющие технологические свойства растворов эфиров целлюлозы и качество готовых изделий [2]. Основным технологическим процессом, придающим целлюлозе заданные значения вязкости и степени полимеризации, является отбелка целлюлозы, которую проводят гипохлоритными растворами, содержащими в зависимости от рН различные окисляющие компоненты (НСЮ и СЮ^-). В промышленной практике отбелку целлюлозы ведут, как правило, гипохлоритными растворами с высоким рН 11...12, в которых реакции протекают медленно. Один из путей интенсификации отбелки целлюлозы (при одновременном существенном уменьшении расхода гипохлорита и едкого натра) — снижение величины рН гипохлоритного раствора до 7...8, т. е. до нейтральной среды, которая не препятствует получению качественной целлюлозы. Скорость процесса деполимеризации при этом значительно повышается, что требует более тщательного, чем в щелочной среде, контроля отбелки. Поэтому изучение кинетики изменения молекулярных масс (ММ) целлюлозы под действием гипохлоритной окислительной системы представляет теоретический и практический интерес.

В данной работе приведены результаты исследований процесса деполимеризации хлопковой бученой целлюлозы в реакторе вытеснения под действием электрохимически генерированного гипохлоритного раствора. Кроме использования проточного реактора особенностью эксперимента можно считать высокое постоянство параметров отбельного раствора (рН, концентрация гипохлорита, температура), достигаемое специальным режимом электролиза (табл. 1). Таким образом исключается опосредованное влияние нецеллюлозных компонентов, в первую очередь лигнина, на процесс деполимеризации целлюлозы. Описание установки, состоящей из реактора, электролизера, термостата, буферной емкости, циркуляционного насоса и аппаратуры контроля (КСП-4, рН-673), дано в работе [1, с. 93].

Приводим методику проведения эксперимента. 10 г абс. сухой целлюлозы помещали в реактор, закрывали крышкой и присоединяли к системе циркуляции отбельного раствора с заранее заданными исходными параметрами. Электролиз начинали с силы тока 0,3 А и к концу обработки ее снижали до 0,1...0,05 А. Температура обработки 40 °С, скорость циркуляции электролита 750 мл/мин, состав электролита: 50 г/л хлорида натрия +2 г/л борной кислоты в нейтральной среде (точное значение рН устанавливали при помощи соляной кислоты); 50 г/л хлорида натрия +2 г/л карбоната натрия для создания щелочной среды. Режим электролиза обеспечивал поддер-

жание концентрации гипохлорита в растворе, поступающем в реактор, с точностью до 30 мг/л в нейтральной среде и до 17...28 мг/л в щелочной среде (табл. 1). За счет реакций с компонентами хлопковой целлюлозы концентрация гипохлорита снижалась и на выходе из реактора была на 7...1 мг/л меньше, чем на входе. Для расчета использованы значения выхода гипохлорита по току (0,8 мг/л — среднее в нейтральной среде, 0,6 мг/л — при pH 9,3), определенные при соответствующем уровне концентраций его в холостом опыте.

По окончании электролиза отсоединяли реактор от системы циркуляции, целлюлозу промывали водой. После обычной кислотной обработки (расход серной кислоты 1% от массы абс. сухой целлюлозы) целлюлозу промывали и высушивали. Беленую целлюлозу исследовали на молекулярную массу и ММР.

Таблица 1

Условия обработки хлопковой целлюлозы

pH	$C_{a,x}^{вх} \pm \Delta C_{a,x}^{вх}$ мг/л	Режим электролиза		$\Delta C_{a,x}$ мг/л
		I , мА	τ , мин	
7,4	540 ± 30	300	18	7,0
		150	7	3,5
		100	5	2,3
		50	> 30	1,1
9,3	1095 ± 17	200	45	3,5
		180	30	3,1
		150	15	2,6
9,3	2088 ± 28	200	90	3,5
11,8...12,1	2900 ± 100	Без электролиза		

Примечание. $C_{a,x}^{вх}$ — средняя концентрация гипохлорита на входе в реактор, определяемая подометрически как активный хлор; $\pm \Delta C_{a,x}^{вх}$ — отклонение концентрации гипохлорита от среднего значения; I — сила тока; τ — продолжительность электролиза при силе тока I ; $\Delta C_{a,x} = C_{a,x}^{вх} - C_{a,x}^{вых}$ — снижение концентрации гипохлорита при прохождении раствора через реактор (среднее за время электролиза τ при силе тока I).

Для описания кинетики процесса деполимеризации использовано уравнение [3], характеризующее концентрацию связей в макромолекуле целлюлозы:

$$S = S_0 e^{-Kt} = c_0 (P_0 - 1) e^{-Kt},$$

где S_0 , c_0 , P_0 — соответственно число связей, концентрация полимера и средняя СП в начальный момент времени.

В логарифмических координатах

$$-\ln \frac{P-1}{P} = -\ln \frac{P_0-1}{P_0} + Kt. \quad (1)$$

Учитывая, что не все связи в макромолекуле целлюлозы $S = c(P-1)$ разрываются при гидролизе и окислительной деполимеризации, в уравнение вводим поправку на предельную СП P_∞ , вычитая ее из общего числа связей. Величина предельной СП по данным вискозиметрии составляет в среднем 200. Поскольку для построения кинетических кривых используем среднечисловые значения, то с учетом степени полидисперсности среднечисловое значение предельной СП $P_\infty^v = 200 : 1,25 = 160$. Таким образом, уравнение (1) приобретает вид

$$-\ln \frac{P^N - P_\infty^N - 1}{P^N - P_\infty^N} = -\ln \frac{P_0^N - P_\infty^N - 1}{P_0^N - P_\infty^N} + Kt. \quad (2)$$

Внесенные в уравнение коррективы имеют существенное значение для характеристики исследуемого процесса. Так без поправки на P_∞ на прямой 2, рис. 1 наблюдается излом, который можно интерпретировать как наличие в процессе деполимеризации двух кинетических стадий. Зависимость, представленная для ряда образцов целлюлозы на рис. 2, характеризует деполимеризацию целлюлозы как одностадийный процесс первого порядка. Значения констант скорости процесса деполимеризации приведены в табл. 2 и находятся в пределах $(10,1 \dots 133,4) \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$. Из полученных данных видно, что в нейтральной среде (рН 7,4) процесс деполимеризации целлюлозы происходит в гипохлоритном растворе так же, как и в щелочной (рН 11,8... 12,1) при содержании активного хлора в 5—6 раз меньше (0,54 г/л против 3,0 г/л). Значения эффективной энергии активации, рассчитанные для интервалов температур 40... 50 °С, 38... 44 °С, 44... 50 °С, близки для процессов деполимеризации как в нейтральном, так и в щелочном гипохлоритных растворах (94,79... 98,54 кДж/моль). Расчет проведен по уравнению [3]

$$E = \frac{R \ln (K_2/K_1)}{1/T_1 - 1/T_2}.$$

С повышением температуры на 10 °С скорость процесса деполимеризации целлюлозы возрастает в 3,2 раза.

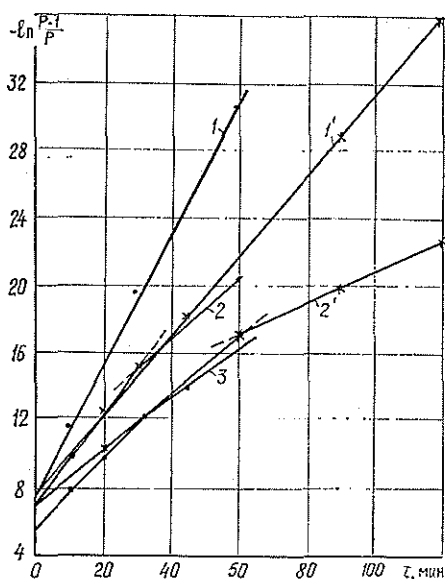


Рис. 1. Кинетические кривые процесса деполимеризации хлопковой целлюлозы при обработке гипохлоритным раствором с массовыми концентрациями активного хлора 3,0 г/л, NaOH 1,8 г/л (I' , $2'$) и 0,6 г/л (I , 2 , 3), рассчитанные по полулогарифмическим уравнениям: $-\ln P^N - P_\infty^N - 1/P^N - P_\infty^N$ (кривые I , I'); $-\ln P^N - 1/P^N$ (кривые 2 , $2'$); $-\ln P^W - 1/P^W$ (кривая 3)

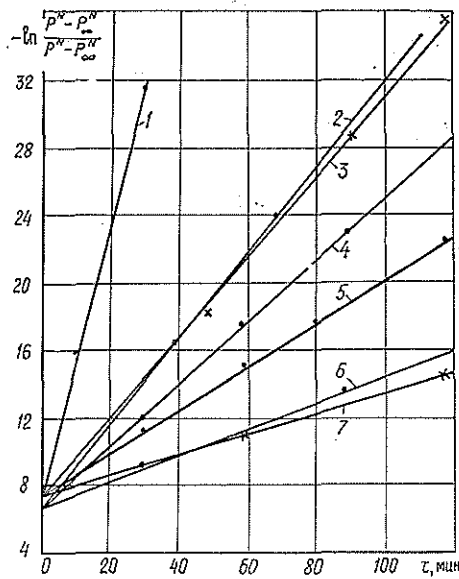


Рис. 2. Полулогарифмические анаморфозы кинетических кривых процесса деполимеризации хлопковой целлюлозы: I — $C_{a.x} = 0,54$ г/л, температура 50 °С, рН 7,40... 7,35; 2 — соответственно 0,54 г/л, 40 °С, рН 7,4; 3 — 3,00 г/л, 50 °С, $C_{NaOH} = 1,8$ г/л; 4 — 2,09 г/л, 40 °С, рН 9,3; 5 — 3,00 г/л, 44 °С, $C_{NaOH} = 1,8$ г/л; 6 — 1,09 г/л, 40 °С, рН 9,3; 7 — 3,00 г/л, 38 °С, $C_{NaOH} = 1,8$ г/л

Практическое значение для получения целлюлозы с необходимым (по ГОСТ 595—79) содержанием α -целлюлозы (более 97,2 %) могут

Таблица 2

Кинетические параметры процесса деполимеризации целлюлозы в гипохлоритных растворах

Условия обработки			Расчетные кинетические параметры		
$C_{a.x.}$, г/л	pH	t , °C	$-K \cdot 10^{-8}$, с ⁻¹	$-\ln K$	$E_{эф}$, кДж/моль
0,54 ... 0,51	7,4	40	41,3	14,69	98,54
0,54 ... 0,51	7,4	50	133,4	13,52	
1,09	9,3	40	12,9	15,85	—
2,09	9,3	40	30,0	15,01	—
3,00	12,1*	38	10,1	16,10	94,79**
3,00	12,0*	44	20,0	15,42	
3,00	11,8*	50	39,5	14,74	

* Расчетные значения pH с учетом коэффициента активности щелочи при концентрации NaOH 1,8 г/л. **Среднее значение $E_{эф}$ из двух: 93,52 кДж/моль для интервала температур 38... 44 °C и 96,06 кДж/моль — 44... 50 °C.

иметь процессы деполимеризации, показанные на рис. 2 прямыми 2—7 (в производственной практике отбелку ведут в режиме 7). Очевидно, что для снижения затрат химикатов и ускорения процесса отбелки целлюлозы, целесообразно снижать величину pH отбелочного раствора, чем повышать его температуру.

Молекулярные массы и ММР определены в ультрацентрифуге методом скоростной седиментации. В табл. 3 представлены значения средних молекулярных масс, степени полидисперсности (\bar{M}_w/\bar{M}_n) и степени полимеризации (\bar{P}_w), а также полимолекулярный состав исследованных целлюлоз. Интегральные (б) и дифференциальные (а) кривые ММР хлопковых целлюлоз представлены на рис. 3 (номера кривых соответствуют нумерации образцов в табл. 3).

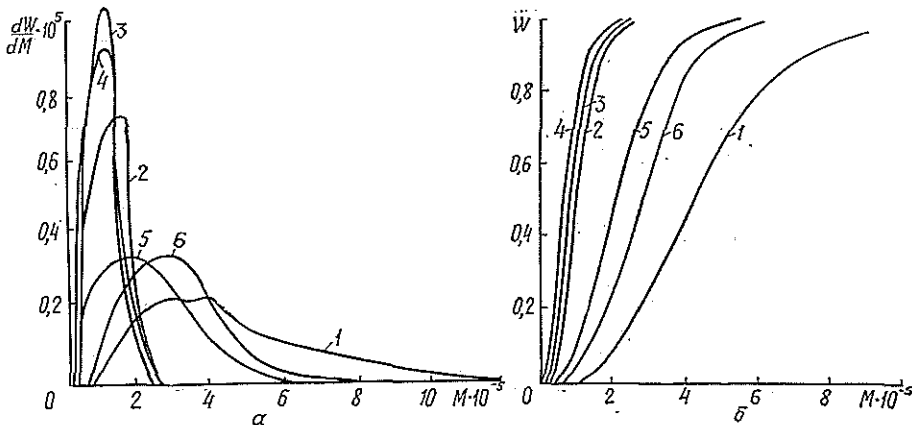


Рис. 3

Исходная бученая целлюлоза состоит из макромолекул с широким спектром ММ от 90 до 1170 тысяч (P_w 550... 7200) при среднем значении \bar{M}_w 442 000 ($\bar{P}_w = 2700$) и степени полидисперсности 1,27. В результате обработки целлюлозы гипохлоритным раствором происходит ее окислительная деструкция, при этом наибольшим изменениям, как видно из дифференциальных кривых ММР, подвергается высокомолекулярная часть: максимальная ММ снижается быстрее, чем средняя.

Таблица 3

Но- мер об- раз- ца	Образец целлюлозы	Условия отбели	Средние молекулярные массы			\bar{M}_w/\bar{M}_n	\bar{P}_w	Содержание фракций, %, P			
			\bar{M}_z	\bar{M}_w	\bar{M}_n			до 500	500... 1000	1000... 1500	1500
1	Исходная бученая	—	542 500	441 680	347 000	1,27	2 700	—	5,92	13,70	80,38
2	То же	Щелочной ги- похлорит, 60 мин	141 500	120 900	93 700	1,29	740	29,34	54,82	15,84	—
3	»	То же, 75 мин	121 100	104 100	87 400	1,19	640	36,33	54,67	9,00	—
4	»	Нейтральный гипохлорит, 50 мин	113 300	94 500	72 800	1,30	580	47,08	48,77	4,15	—
5	Промыш- ленный (стандарт- ный обра- зец)	—	288 350	227 500	163 800	1,39	1 390	10,14	26,26	26,69	36,91
6	Исходная	Активирован- ная отбелка	341 400	295 500	247 200	1,20	1 800	0,88	14,56	25,12	59,44

Примечание. 2,3—2,1 г/л активного хлора, рН 9,3-9,2; 4—0,59 г/л активного хлора, рН 7,5-7,4; 5—около 1,5 г/л активного хлора, рН 11,0-10,5; 6—отбелка с добавкой хлорида аммония («гомогенизирующая» обработка).

Так при наиболее мягком воздействии гипохлорита на целлюлозу (образец 6, табл. 3) средняя ММ снижается в 1,5 раза ($P_w = 1800$), а максимальная — в 1,75 раза ($P_{\text{макс}} = 3900$). Обработка целлюлозы гипохлоритом с целью получения низковязких целлюлоз (марки 15, 25, 35 по ГОСТ 595—79 и СП менее 800) приводит к значительному снижению максимальной ММ, на дифференциальных кривых исчезает «хвост» в высокомолекулярной области, целлюлоза становится более однородной по молекулярной массе. В исследованных образцах фракци-

онный состав тем уже, чем меньше средняя ММ. Наиболее однороден образец 4, полученный в нейтральном гипохлоритном растворе (условия в табл. 3), содержащий фракции с ММ 11 100 . . . 220 000. Однако образцы 2 и 3 отличаются от него незначительно, что не позволяет считать влияние рН отбели на молекулярную однородность решающим фактором. (Сравнивать следует образцы с одинаковыми средними значениями ММ). Полученные результаты изменений ММР целлюлозы под действием гипохлорита в щелочной и нейтральной среде аналогичны изменениям ММ и фракционного состава целлюлозы под действием хлорной воды (хлоронолиз [2]) при комнатной температуре.

Таким образом, можно заключить, что направленное изменение ММР целлюлозы при окислительном воздействии является (при создании оптимальных технологических условий) общим для окислительной системы хлора и его кислородных соединений (Cl_2 , HClO , ClO^-/Cl^-).

Процесс деполимеризации целлюлозы под действием гипохлоритной окислительной системы HClO , ClO^-/Cl^- при рН 7,4 и ClO^-/Cl^- при рН 12 имеет общие кинетические закономерности и характеризуется уравнением первого порядка. Эффективная энергия активации процесса составляет 94,79 . . . 98,54 кДж/моль.

Деполимеризация целлюлозы сопровождается сужением фракционного состава, главным образом, за счет деструкции высокомолекулярных фракций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Демин В. А., Давыдов В. Д., Богомолов Б. Д. Электрохимическая отбелка сульфатной целлюлозы.—Л.: Наука, 1982.—136 с. [2]. О направленном изменении молекулярного состава целлюлозы / Л. С. Кирсанова, З. А. Маслинковская, Л. Д. Иванова, В. И. Иванов // Изв. АН КиргССР.—1984.—№ 1.—С. 53—56. [3]. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики.—М.: Высшая школа, 1974.—400 с.

Поступила 6 октября 1989 г.

УДК 630*861.16 : 547.673.1

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АНТРАХИНОНОВ С УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ ПРИ ЩЕЛОЧНОЙ ВАРКЕ

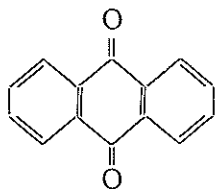
А. Б. НИКАНДРОВ, С. М. ШЕВЧЕНКО, С. А. АМИТИНА,
В. Г. ШУБИН

Ленинградская лесотехническая академия
Новосибирский институт органической химии СО АН СССР

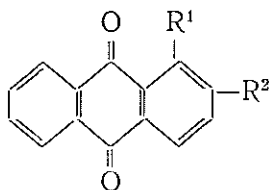
В связи с разработкой новых промышленных способов получения производных антрахинона* с углеводородными заместителями, а также с расширением масштабов этого производства, представляло интерес оценить эффективность названных соединений в качестве катализаторов делигнификации. Получение таких данных важно и для решения теоретически значимого вопроса о гидрофобных эффектах при антрахиноновой варке [2]. Утверждалось, что введение в молекулу АХ (I) гидрофобных заместителей, с одной стороны, снижающих растворимость катализатора (в том числе и в восстановленной форме), а с другой стороны, повышающих «средство» катализатора к лигнину, должно сильно сказываться на результатах варок [4, 5].

* В дальнейшем антрахинон обозначен АХ.

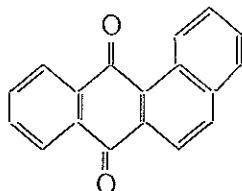
Для выяснения влияния гидрофобных заместителей на процесс дегнификации нами были проведены варки с добавками производных АХ, содержащих различные углеводородные заместители (II—VIII), а для сравнения — варки с производными бензохинона (IX и X). Структурные формулы этих соединений имеют вид:



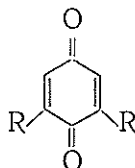
I

II $R^2 = \text{CH}_3$ III $R^2 = \text{C}_2\text{H}_5$ IV $R^2 = \text{C}(\text{CH}_3)_3$ V $R^2 = \text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ VI $R^2 = \text{C}_6\text{H}_5$ VII $R^1 = \text{C}\equiv\text{CC}_6\text{H}_5$

Неуказанные R равны H



VIII

IX $R = \text{C}(\text{CH}_3)_3$; X $R = \text{OCH}_3$

Варки еловой щепы проводили в стальных автоклавах емкостью 300 мл, вращающихся в глицериновой бане, по следующему режиму: подъем температуры до 170°C — 2,5 ч, стоянка на 170°C — 1 ч. Расход щелочи 21 % от абс. сухой древесины в единицах Na_2O , гидромодуль 4 : 1. По окончании варки автоклавы вынимали и охлаждали в проточной воде; охлажденный черный щелок отбирали, целлюлозу промывали водой. Выход целлюлозы определяли после высушивания ее на воздухе, влажность — по ГОСТ 16932—71, содержание лигнина в целлюлозе — по методу Кеннга — Комарова [1]. Черные щелока экстрагировали диэтиловым эфиром и анализировали экстракт методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках «Silufo!» (элюент 1,2-дихлорэтан — гексан 3 : 1). В этих условиях добавки, характеризующиеся высоким значением R_f , хорошо выделяются от прочих компонентов. Обнаруживая пятна в УФ-лучах, компоненты с высоким R_f вымывали с силикагеля пропанолом и получали электронные спектры поглощения в области 240...500 нм. Предварительно были получены спектры чистых соединений I—X.

Из данных таблицы видно, что все испытанные нами производные АХ ускоряют процесс щелочной варки древесины. Активность данных соединений довольно высока, на что указывает меньшее, по сравнению с контролем, содержание лигнина в древесном остатке. Влияние добавок II—VI находится на уровне АХ.

Для оценки влияния структурных эффектов на каталитическую активность добавки необходимо учитывать устойчивость вводимого соединения в ходе варочного процесса. Для этого мы анализировали нейтральную фракцию отработанных щелоков методом ТСХ с получением электронных спектров поглощения индивидуальных компонентов смеси [3]. Спектры антрахинонов I—V совпадают, поэтому не представляется возможным сделать однозначные заключения, сохраняются ли соединения II, IV и V в первоначальном виде или превращаются в АХ в ходе варки. Но, во всяком случае, для них имеются только эти две возмож-

ности: судя по результатам анализа, ни деструкции, ни функционализации этих соединений не происходит. Скорее всего, они стабильны в условиях варочного процесса. В то же время соединения VI и VII полностью превращаются в АХ. Несмотря на это, активность соединения VII относительно низка, что, по-видимому, связано с медленным его окислением (о влиянии «пропуска» начальной стадии делигнификации [3]) и с дополнительными побочными реакциями. Интересно, что 2-этил-антрахинон (III) в ходе варки полностью превращается, но не в АХ, а судя по батохромному сдвигу полосы поглощения, в производное АХ с неопредельной функцией в положении 2. Характерно, что активность этой добавки ниже. Можно заключить, что неопредельные заместители снижают активность АХ. С этим предположением согласуются данные, полученные для соединения VIII, устойчивого в течение варки.

Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности использования алкилантрахинонов в качестве катализаторов варочного процесса. Из таблицы видно, что гидрофобные эффекты, связанные с присутствием объемистых неполярных заместителей в молекуле катализатора, не оказывают влияния на эффективность варки. Это заставляет скептически относиться к концепции «ксилофильность/гидрофильность», предложенной в работах [4, 5]. Гораздо большую роль играют электронные эффекты, причем характер структурных влияний таков, что использование производных АХ с неопредельными заместителями не представляется целесообразным.

Для сравнения нами были проведены варки с производными бензохинона IX и X. Присутствие заместителей, значительно стабилизирующих структуру, позволяло надеяться, что эти соединения будут устойчивы в ходе варки. Но это предположение не оправдалось: оба они полностью и быстро разрушаются, по этой причине не проявляя каталитической активности.

Результаты настоящей работы показывают ненадежность прямых корреляций «структура — активность» в случае каталитической делигнификации. Сравнение относительной активности различных соединений представляет практический интерес, однако редко дает материал для детальной теоретической трактовки в силу возможной деструкции добавок в жестких условиях варочного редокс-процесса [3].

Авторы выражают признательность А. А. Морозу за предоставление соединения VII.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Практические работы по химии древесины и целлюлозы / Оболенская А. В., Щеголев В. П., Аким Г. Л. и др.—М.: Лесн. пром-сть, 1965.—412 с. [2]. Шевченко С. М., Дейнеко И. П. Химия антрахиноновой варки // Химия древесины.—1983.—№ 6.—С. 3—32. [3]. Шевченко С. М., Никандров А. Б., Дейнеко И. П. О путях дезактивации катализатора при антрахиноновой варке // Химия древесины.—1986.—№ 3.—С. 56—60. [4]. Werthemann D. P. The influence of solubility on the efficacy of quinoid pulping // TAPPI J.—1981.—Vol. 64, N 10.—P. 95—98. [5]. Werthemann D. P. The xylophilicity / hydrophilicity balance of quinoid pulping additives // TAPPI J.—1981.—Vol. 64, N 3.—P. 140—142.

Влияние добавок
на выход и содержание
лигнина в древесном остатке

Соединение	Древесный остаток		Эффективность добавки [3]
	Выход, %	Лигнин, %	
I	46,9	5,61	1,00
II	46,7	5,70	0,99
III	47,5	6,78	0,87
IV	47,6	5,73	0,98
V	47,3	5,35	1,02
VI	46,3	6,02	0,98
VII	48,7	8,94	0,65
VIII	48,2	8,08	0,74
IX	51,6	14,85	0,03
X	50,7	14,25	0,06
—	51,8	14,44	0

УДК 630*864.66.081

О СУШКЕ ЛИГНИНА СОРБИРУЮЩИМИ ТЕЛАМИ

Б. Д. ЛЕВИН, П. Г. РОМАНЧЕНКО

Сибирский технологический институт

Известно большое число предложений по использованию гидролизного лигнина [1, 2, 4, 6, 7]. Однако, как правило, для их реализации лигнина, имеющий влажность около 67 %, требуется подсушивать до влажности 10...15 %. Сухой лигнин — легковоспламеняющийся материал, поэтому проблема безопасности процесса сушки лигнина является актуальной.

В целях решения этой проблемы исследована возможность сушки лигнина сорбирующими телами. Эксперименты проводили в цилиндрическом барабане диаметром 0,1 м, состоящем из рабочей зоны длиной 1,2 м, снабженной подъемно-лопастной насадкой, и сетчатого сепаратора длиной 0,5 м. Для загрузки взаимодействующих материалов использовались секторный и ленточный питатели.

Выбор сорбента вели по сорбционным и прочностным характеристикам с учетом температур регенерации [3] и остановились на силикагеле марки КСМГ с размером частиц 2...4 мм. Сушка лигнина протекала в непрерывном режиме, силикагель перед загрузкой в барабан прокачивали при температуре 120 °С и охлаждали до температуры окружающей среды. Производительность сушилки по исходному лигнину была одинаковой во всех опытах и равной 6 кг/ч. Начальная относительная влажность материала составила в среднем 63 %.

Исследования по сушке лигнина проводили на базе математического планирования по плану Бокса-3 [5]. В качестве независимых переменных были выбраны частота вращения барабана n (6...10 мин⁻¹), соотношение по массе «силикагель: лигнин» C (1...3 кг/кг), угол наклона барабана α (3...4 град). Выходным параметром служила конечная влажность лигнина ψ_k .

Все опыты дублировались и рандомизировались. Матрица планирования экспериментов по сорбционной сушке лигнина и результаты ее реализации представлены в таблице.

Но- мер опы- та	n		C		α		Конечная влажность лигнина, %	
	код	мин ⁻¹	код	кг/кг	код	град	средняя опытная из двух опреде- ленных $\bar{\psi}_k$	расчет- ная ψ_k
1	1	10	1	3	1	4,0	6,6	5,6
2	-1	6	1	3	1	4,0	5,8	5,6
3	1	10	-1	1	1	4,0	41,5	41,8
4	-1	6	-1	1	1	4,0	41,5	41,8
5	1	10	1	3	-1	3,0	8,3	7,5
6	-1	6	1	3	-1	3,0	7,7	7,5
7	1	10	-1	1	-1	3,0	37,8	36,3
8	-1	6	-1	1	-1	3,0	34,1	36,3
9	1	10	0	2	0	3,5	12,9	15,5
10	-1	6	0	2	0	3,5	17,2	15,5
11	0	8	1	3	0	3,5	7,4	9,5
12	0	8	-1	1	0	3,5	43,2	42,0
13	0	8	0	2	1	4,0	19,7	19,4
14	0	8	0	2	-1	3,0	18,2	17,6

При обработке экспериментальных данных получена зависимость, адекватно описывающая связь между переменными факторами, данными в кодированных значениях, и конечной влажностью лигнина, имеющая вид:

$$\hat{w}_k = 18,47 - 16,23C + 0,9\alpha - 1,84C\alpha - 2,95n^2 + 7,29C^2.$$

Графические зависимости конечной влажности лигнина от переменных факторов представлены на рис. 1. Все графики построены при стабилизации двух факторов на основном уровне. Их анализ позволяет установить, что \hat{w}_k в исследованных пределах изменения переменных мало зависит от частоты вращения барабана и угла его наклона и практически целиком определяется численной величиной соотношения C , причем при изменении C от 1 до 3 конечная влажность снижается с 42,0 до 9,5 %.

Слабая зависимость конечной влажности материала от частоты вращения и угла наклона барабана на первый взгляд кажется ошибочной. Увеличение частоты вращения барабана и угла его наклона влекут за собой сокращение продолжительности пребывания материала в зоне сушки и, как следствие, возрастание конечной влажности лигнина. С другой стороны, при больших частотах вращения перемешивание частиц протекает полнее и обуславливает понижение конечной влажности материала. Для более четкого определения роли переменных факторов изучалась динамика влажности лигнина в ходе его сушки. С этой целью при каждом из исследованных режимов по достижении стационарных условий процесса из пяти сечений, равномерно расположенных по длине барабана, отбирали пробы материала для анализа на влажность. По полученным значениям строили кривые динамики влажности лигнина в ходе его сушки, которые представлены на рис. 2 (l — расстояние от входа в барабан до точки отбора пробы, d — диаметр барабана).

Анализируя графики, легко установить, что при прочих равных условиях роль массового соотношения C существенна. При $C = 1$ влажность лигнина во время сушки снижается на 24,0 %, при $C = 3$ — на 55,0 %. Основная доля влаги диффундирует из лигнина в силикагель в первой половине барабана. При $C = 1$ в первой четверти барабана влажность лигнина снижается на 13,3 % (55,4 % от общего снижения), а в первой половине барабана — на 17,9 % (74,6 % от общего снижения). При $C = 3$ падение влажности в первой четверти барабана составляет 51,0 % (92,7 % от общего снижения), а в первой половине 54,4 % (98,9 % от общего снижения). Следовательно, основным технологическим фактором, определяющим темп

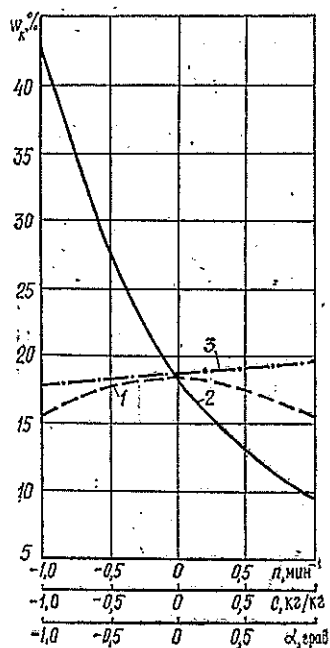


Рис. 1. Зависимость конечной влажности лигнина от переменных факторов: 1 — частоты вращения барабана n при $C = 2$ кг/кг и $\alpha = 3,5$ град; 2 — соотношения «силикагель: лигнин» C при $n = 8$ мин⁻¹ и $\alpha = 3,5$ град; 3 — угла наклона барабана α при $n = 8$ мин⁻¹ и $C = 2$ кг/кг

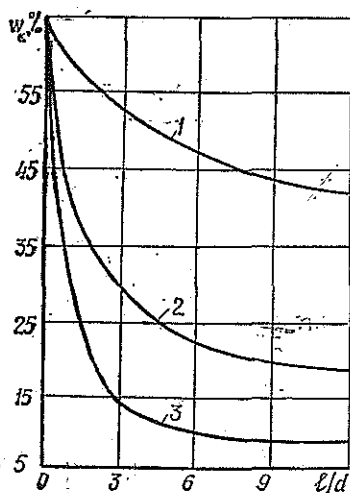


Рис. 2. Динамика влажности лигнина в ходе адсорбционной сушки при $n = 8 \text{ мин}^{-1}$, $\xi\alpha = 3,5$ град и следующих соотношениях «силикагель : лигнин» С: 1—1 кг/кг; 2—2 кг/кг; 3—3 кг/кг

и глубину сушки, является массовое соотношение поглотителя и влажного материала, причем с ростом С размеры зоны активного массообмена уменьшаются вследствие увеличения поверхности контакта фаз и средней движущей силы процесса. При больших значениях С можно либо улучшить габаритные и весовые характеристики аппаратуры, либо увеличить ее производительность. При малых величинах С, когда поверхность контакта влажных частиц лигнина с поглотителем и средняя разность влагосодержаний малы, снижение конечной влажности лигнина может быть достигнуто путем интенсивного перемешивания объема, т. е. путем подбора оптимальных значений технологических и конструктивных параметров (частоты вращения барабана, угла его наклона, типа и размеров насадки, диаметра частиц силикагеля и др.).

Следует отметить, что продолжительность пребывания лигнина в сушильном барабане в зависимости от режима изменялась в пределах от 258 до 519 с и в среднем составила 354 с. Если же при этом учесть, что перенос влаги практически целиком завершается в первой половине барабана, то действительное среднее время сушки материала оказывается равным 170...200 с.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что при сушке сорбирующими телами можно получать сухой лигнин при достаточной кратковременности процесса и полном исключении возможности пожара.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дроздов Н. А., Чудаков М. И. Результаты четырехлетних испытаний лигностимулирующего удобрения // Гидролиз. пр-во.—1971.—№ 2.—С. 10—14. [2]. Казарновский А. М., Раскин М. Н. Способ получения лигнинной муки // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.—1979.—№ 2.—С. 12—14. [3]. Николаев В. В. Адсорбенты, их получение, свойства, применение.—М.: Наука, 1971.—164 с. [4]. Окладников В. П., Мухаровский В. В. Гидролизный лигнин как восстановитель в металлургии // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.—1974.—№ 7.—С. 1—3. [5]. Пен Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства.—Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1982.—192 с. [6]. Чудаков М. И. Промышленное использование лигнина.—М.: Лесн. пром-сть, 1933.—200 с. [7]. Шарков В. И., Леванова Л. П. Об использовании гидролизного лигнина в медицине // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.—1979.—№ 2.—С. 11.

Поступила 6 декабря 1989 г.

УДК 628.312.2

РАСТВОРИМОСТЬ ТЕРПЕНОМАЛЕИНОВЫХ СМОЛ В ВОДЕ

А. И. ЛАМОТКИН, Т. А. БУТЬКО, С. И. КАЛЕННИКОВА,
А. Н. ПРОНЕВИЧ

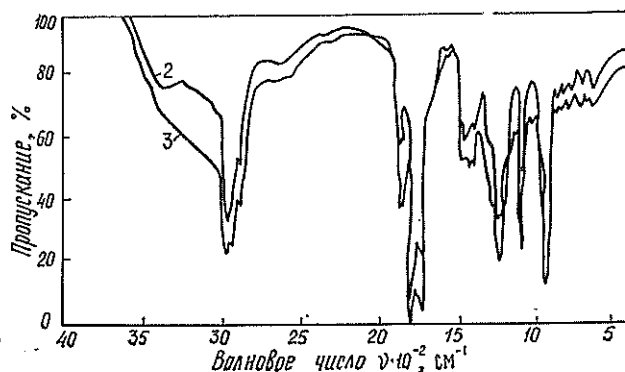
Белорусский технологический институт

Продукты взаимодействия терпенов с малеиновым ангидридом и их производные широко применяют в лакокрасочной, резинотехнической, шинной промышленности, для получения пластмасс, клеящих композиций, синтеза полифункциональных поверхностно-активных веществ. Состав продуктов взаимодействия скипидара с малеиновым ангидридом достаточно сложен, структура продуктов не установлена, относительно механизма этих превращений существуют противоречивые данные [1]. Поэтому исследования по изучению строения, состава и свойств терпеномалеиновых смол (ТМС) позволят найти пути управления процессом их синтеза при получении продуктов с заданными свойствами.

В процессе производства ТМС возникает проблема загрязнения этими продуктами сточных вод. Количественная оценка растворимости ТМС может обеспечить не только качественную очистку сточных вод, но и выбор оптимальных методов их получения.

В данной работе количественно оценена растворимость в воде семи образцов терпеномалеиновых смол до образования истинных и коллоидных растворов. Установлена связь между растворимостью смол в воде и содержанием в их структуре групп димеров карбоновых кислот, связанных водородной связью, а также ангидридных групп, определенных ИК-спектроскопией.

ИК-спектры образцов ТМС и смесей терпеновых углеводородов, из которых синтезированы ТМС, получены на спектрофотометре UR-20. Расплавленный продукт наносили на пластину из КБг, спектры снимали после затвердевания пленок и выдерживания их при комнатной температуре в течение суток. ИК-спектры терпеновых углеводородов необходимы для нахождения частот, присущих углеводородному скелету, по которым можно было условно характеризовать интенсивность поглощения полярных групп, найденных в структуре ТМС. Характеристические частоты, которые



ИК-спектры терпеномалеиновых смол (образцы 2 и 3)

использовали для установления содержания полярных групп в структуре смол, представлены в литературе [2, 3, 5], а также зафиксированы на полученных спектрах (см. рис.).

Для расшифровки ИК-спектров пользовались следующими характеристическими частотами: 1380 см^{-1} ($\nu_s - \text{CH}_3$), 1710 см^{-1} ($\nu = \text{C}=\text{O}$) — димеры карбоновых кислот, связанные водородной связью; $2500 \dots 3000\text{ см}^{-1}$ ($\nu - \text{OH}$) — широкая группа полос, типичных для димеров карбоновых кислот [3, 5]. Характеристическая частота поглощения ангидрида малеиновой кислоты (1860 см^{-1}) взята из работы [3], а также установлена по корреляционной таблице для идентификации полимеров [2].

Для оценки содержания полярных групп в ТМС приняли, что соотношение частот $1710/1380$ условно характеризует содержание димеров карбоновых кислот, связанных водородной связью. Число ангидридных групп в образцах оценили по отношению интенсивности поглощения $1860/1380$. Такой подход к оценке содержания полярных групп в органических соединениях известен [4].

В работе [8] указано на наличие в структуре ТМС как функциональных групп карбоновых кислот, так и ангидридных групп. Условия синтеза изученных нами образцов ТМС не исключают возможности появления ангидридных групп в их структуре: конечные продукты подвергали длительной сушке при температуре 170°C .

Экспериментальные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер образца ТМС	Терпеновый углеводород	Температура реакции, $^\circ\text{C}$	Продолжительность реакции, ч	Температура размягчения ТМС, $^\circ\text{C}$	Соотношение интенсивности поглощения при разных частотах ИК-спектров	
					1710/1380	1860/1380
1	СЖО	170	5	50	3,7	2,9
2	СЖ	150	20	70	5,5	2,9
3	»	170	15	68	6,1	2,8
4	α -пинен	170	8	58	4,7	2,6
5	Δ^3 -карен	170	9	70	6,0	3,1
6	СЭ	150	20	74	6,0	2,0
7	СЖ	170	10	53	4,5	3,3

Примечание. СЖО — скипидар живичный без пинена; СЖ — скипидар живичный; СЭ — скипидар экстракционный.

Как видно из табл. 1, образцы ТМС 1, 4 и 7 характеризуются более низким содержанием димеров карбоновых кислот, связанных водородной связью. Содержание этих групп в образцах 2, 3, 5 и 6 соизмеримо, но значительно выше, чем в образцах 1, 4 и 7. Образцы 1, 4 и 7 с меньшим содержанием групп димеров карбоновых кислот, связанных водородной связью, характеризуются более низкими значениями температуры размягчения, чем образцы 2, 3, 5, 6.

Известно, что наличие водородных связей сильно отражается на физико-химических характеристиках веществ и механических свойствах материалов. Энергия водородных связей достигает 113 кДж/моль , что сравнимо с энергией ковалентных связей [6]. Водородные связи способствуют увеличению плотности упаковки веществ, что вызывает повышение температуры размягчения изученных образцов. Неодинаковое содержание полярных групп в структуре образцов ТМС проявляется в разной растворимости их в воде.

В данной работе количественно оценена растворимость образцов ТМС в воде до образования истинных и коллоидных растворов.

Водные растворы с разной массовой долей ТМС ($0,005 \dots 0,800\%$) получены методом замены растворителя из спиртовых растворов. Оптические плотности растворов D определены на фотометре ЛМФ-72 М при разных длинах волн λ . Средний радиус дисперсной фазы вычислен из зависимости Геллера [7].

При малых массовых долях ТМС ($0,005 \dots 0,020\%$) некоторые из изученных смол оптически прозрачны, что связано, видимо, с раство-

Таблица 2

Номер образца ТМС	Соотношение интенсивности поглощения при разных частотах ИК-спектров		Массовое содержание ТМС, %, образующих в воде раствор		Угловой коэффициент прямой $\lg D = f \lg \lambda$
	1710/1380	1860/1380	истинный	коллоидный	
1	3,7	2,9	0,005	0,2	2,7
2	5,5	2,9	0,010	0,4	2,8
3	6,1	2,8	0,010	0,7	2,7
4	4,7	2,6	0,005	0,3	2,8
5	6,0	3,1	0,020	0,8	2,7
6	6,0	2,0	0,015	0,6	2,7
7	4,5	3,3	0,005	0,4	2,7

рением их до молекулярного состояния. Чем больше содержание полярных групп в образцах, тем при больших массовых долях ТМС отмечено значение оптической плотности, равное нулю (табл. 2). В табл. 2 представлены также угловые коэффициенты прямых $\lg D = f(\lg \lambda)$. Спрявление прямых по методу наименьших квадратов и нахождение угловых коэффициентов проведено по специальной программе на ЕС-1020.

Найдено, что средний радиус частиц дисперсной фазы в водных коллоидных растворах изученных смол практически одинаков ($r = 1,3 \cdot 10^{-7}$ м), что объясняется, видимо, одинаковой химической природой диспергированного материала, т. е. ТМС. Скорее всего, мы имеем дело с так называемыми «белыми золями канифоли», компактный агрегат частиц которых имеет состав $R\text{COOH}$, где R — органический радикал [7]. Однако, образуя при растворении в воде частицы дисперсной фазы практически одинакового размера, разные образцы ТМС характеризуются различной растворимостью (в граммах на 100 г воды). В табл. 2 представлены данные максимальной растворимости смол в воде с образованием коллоидных растворов. Величины растворимости смол в воде находятся в прямой зависимости от содержания полярных групп в структуре.

При одинаковом содержании в структуре ТМС групп димеров карбоновых кислот, связанных водородной связью, растворимость этих образцов в воде зависит от числа в их структуре ангидридных групп.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гурьян Б. А., Николаева Г. А., Ивашкевич Г. Х., Ламоткин А. И. Взаимодействие α -терпинена и изотерпинолена с маленновым ангидридом // Экстрактивные вещества древесных растений: Тез. докл. Всесоюз. конф.—Новосибирск, 1986.—С. 68—70. [2]. Дехант Н., Данц Р., Куммер В., Шмальке Р. ИК-спектроскопия полимеров.—М.: Химия, 1976.—470 с. [3]. Казизына Л. А., Куплетская Н. В. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии.—М.: Высш. школа, 1971.—263 с. [4]. Краснобаева В. С., Соколова И. Д., Могилевич М. М. Изучение состава нефтеполимерных смол // Лакокрасочные материалы и их применение.—1988.—№ 1.—С. 17—18. [5]. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений.—М.: Мир, 1965.—209 с. [6]. Соколов Н. Д. Водородная связь.—М.: Химия, 1981.—284 с. [7]. Фролов Ю. Г., Гродский А. С. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии: Учеб. пособие.—М.: Химия, 1986.—214 с. [8]. Penczek P. Produkty reakcji terpenow z bezwodnikiem maleinowym jako utwardzacze zywic epoksydowych // Polimery.—1962.—N 6.—С. 45—49.

УДК 543.422 : 676.16.023.121

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕВЕРСИИ БЕЛИЗНЫ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ

О. А. КУЧИНСКАЯ, С. С. ПУЗЫРЕВ, Ю. И. ДЬЯЧЕНКО,
Т. А. ТУМАНОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Известно [3], что древесная масса, применяемая в композиции бумаги для печати, вызывает пожелтение последней под воздействием света, тепла и влаги. Влиянию различных параметров на белизну и ее реверсию посвящено наше исследование [1].

В данной работе предпринята попытка глубже изучить старение образцов термомеханической массы (ТММ), отбеленной с применением пероксида водорода (ПВ) при различных его расходах (2...10 %), в присутствии силиката натрия (2...6 %, расходы даны к массе абс. сухого волокна) (табл. 1).

Таблица 1

Влияние расхода реагентов
на белизну и реверсию белизны ТММ

Расход, %		Белизна, %		РС, %
ПВ	Na ₂ SiO ₃	после отбелки	после воздействия УФ-света	
2	6	58,2	54,9	3,5
4	6	62,3	49,6	14,2
6	6	69,7	54,5	12,4
10	6	67,2	60,4	5,0
2	2	56,0	53,5	2,9

Примечание. РС — показатель старения (показатель реверсии белизны).

Для отбелки использовали небеленую ТММ из древесины ели (исходная белизна — 50,8 %, степень помола — 64 °ШР, содержание лигнина — 30 %, целлюлозы по Кюршнеру — 52 %).

Режим отбелки отвечал применяемому на Сыктывкарском ЛПК: температура — 60 °С, рН отбельного раствора в начале процесса — 11, продолжительность отбелки — 60 мин.

Из небеленой и беленой ТММ (массой 2 г, диаметром 40 мм) прессовали отливки бумаги под давлением 4 МПа [5]. Использовали их для определения белизны (В), а также для измерения спектров отражения, которые были получены на спектрофотометре «Spectord M 40» фирмы «Carl Zeiss Jena» с интегрирующей сферой.

При изучении реверсии белизны использовали воздействие УФ-лучей (применен осветитель КФ-4 со светофильтром УФС-6, диапазон длин волн 340...390 нм) в течение 15 ч.

С помощью полученных данных рассчитывали дифференциальные спектры, т. е. зависимости чисел относительного обесцвечивания DC_λ от длины волны λ [5].

Расчет произведен по формуле

$$DC_\lambda = 1 - \frac{(K/S)^0}{(K/S)}, \quad (1)$$

где K/S — отношение коэффициентов светопоглощения и светорассеяния до 0 и после τ воздействия отбели или облучения [5].

Значения $DC_\lambda < 0$ соответствуют возрастанию, а $DC_\lambda > 0$ — уменьшению числа хромофорных групп, поглощающих свет на данной длине волны λ . Значения $DC_\lambda = 0$ означают отсутствие изменения числа хромофоров, $DC_\lambda = 1$ — полное удаление хромофоров, $DC_\lambda = = +1/2$ — удаление половины хромофоров, $DC_\lambda = -1$ — увеличение числа хромофоров в два раза [5].

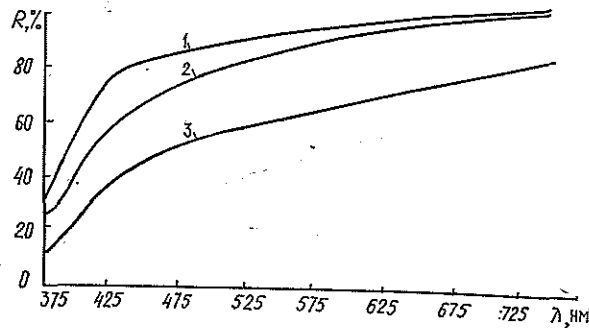
Расчет отношений K/S произведен по уравнению Гуревича — Кубелки-Мунка для бесконечно толстого образца [2]

$$K/S = \frac{(1 - R_\infty)^2}{2R_\infty} \quad (2)$$

Здесь R_∞ — коэффициент отражения света бесконечно толстым образцом.

На рис. 1 приведены типичные спектры образцов ТММ: беленой до и после облучения, а также небеленой.

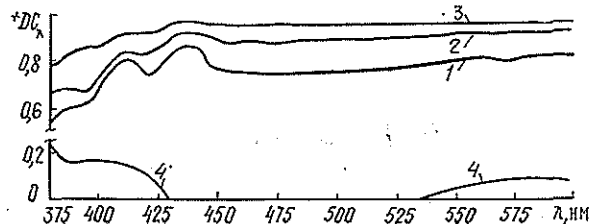
Рис. 1. Спектры отражения образцов ТММ: беленой до (1) и после (2) воздействия УФ-излучения; небеленой (3). Расходы реагентов при отбелике: ПВ — 6; Na_2SiO_3 — 6 %



Как видно из кривых этого рисунка, отбелика значительно повышает коэффициент отражения R ТММ во всей представленной спектральной области. Воздействие УФ-излучения понижает коэффициент отражения беленой ТММ также во всей рассмотренной области, однако в диапазоне длин волн > 600 нм это понижение невелико. По этой причине, а также ввиду того, что уравнение (2) теряет справедливость при очень низких и высоких коэффициентах отражения, мы ограничились при рассмотрении DC_λ областью спектра 380...600 нм.

На рис. 2 представлены кривые, отражающие влияние процесса отбелики и воздействия УФ-излучения на небеленую ТММ. УФ-облучение приводит к слабому возрастанию коэффициентов отражения ($DC_\lambda > 0$) в спектральных областях < 460 и > 560 нм; число хромофорных групп, поглощающих в области 460...560 нм, не изменяется.

Рис. 2. Влияние отбелики (1—3) и воздействия УФ-света (4) на устранение хромофоров из небеленой ТММ. Расход Na_2SiO_3 — 6 %, расходы ПВ: 1 — 2, 2 — 4, 3 — 6 %



В дифференциальных спектрах беленых образцов наблюдаются максимумы или плечи в областях 385...395, ~ 420 и ~ 440 нм, в остальной части спектров выраженных экстремумов не отмечено.

Общий вид кривых указывает, что в процессе отбелики происходит значительное удаление хромофоров различного типа. Несколько активнее удаляются группы, поглощающие свет при 420 и 440 нм, обычно такие группы относят к *o*- и *n*-хинонам. Относительные числа обесцвечивания возрастают с увеличением расхода ПВ от 2 до 6 %, но несколько снижаются при расходе ПВ 10 %.

Немонотонность зависимости значений DC_{λ} от расхода ПВ можно объяснить следующим образом. Известно, что ПВ разрушает хромофорные структуры и группы, вызывает деструкцию кетонов, двойных связей и ароматических звеньев. Однако воздействие ПВ на волокно ТММ может привести и к образованию новых хромофоров алифатической природы (карбониллов), *o*- и *n*-хинонов, а также фенольных комплексов Fe (III), особенно при повышении расхода ПВ, так как при этом увеличивается содержание фенольных групп OH.

Фенольные структуры лигнина легко образуют при действии ПВ феноксильные радикалы, из которых в дальнейшем образуются хромофоры типа *o*- и *n*-хинонов.

Влияние расхода силиката натрия на удаление хромофоров при отбелике незначительное. Лишь в области $\lambda \leq 400$ нм при расходе силиката 2 % отмечается небольшое снижение числа хромофоров по сравнению с расходом силиката 6 %.

Можно допустить, что такое соотношение реагентов препятствует образованию при отбелике пероксидов органической природы.

На рис. 3 и в табл. 1 приведены данные о влиянии УФ-облучения на беленую ТММ. Все приведенные на рис. 3 спектры характеризуются наличием двух максимумов: узкого и менее интенсивного в области 390...400 нм и широкого и более интенсивного в области 430...460 нм.

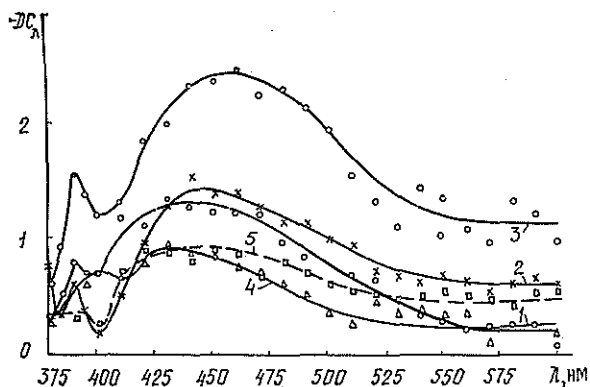


Рис. 3. Влияние состава отбельного раствора на возрастание числа хромофоров в беленой ТММ при действии УФ-света. Кривые 1—4: расход Na_2SiO_3 — 6 %, расходы ПВ: 1—2, 2—4, 3—6, 4—10 %. Кривая 5: расход ПВ — 2 %, Na_2SiO_3 — 2 %

Согласно [4], в спектрах образцов ТММ можно выделить области длин волн, характерные для определенных хромофорных групп: 1) 380...420 нм (органические пероксиды, карбонилы алифатической природы, одноядерные *o*- и *n*-хиноны); 2) 450...480 нм (бизядерные *o*- и *n*-хиноны); 3) 550...580 нм (комплексы фенольных группировок лигнина с ионами переходных металлов, в основном железа (III)).

Реверсия белизны при старении ТММ зависит от условий отбелики [1, 4]. В работе [4] представлены данные о влиянии рН отбельного раствора на дифференциальные спектры беленой ТММ после воздействия

УФ-излучения. Мы исследовали влияние на пожелтение ТММ таких факторов, как расходы ПВ и силиката натрия.

Влияние условий отбели (состава раствора) по-разному проявляется в вышеуказанных областях спектра. Для первой области наблюдается слабо выраженная зависимость возрастания числа хромофоров от расхода ПВ: тенденция к увеличению их содержания с возрастанием концентрации ПВ в отбельных растворах (повышение расхода ПВ от 2 до 6 %) и к быстрому уменьшению их при дальнейшем увеличении содержания ПВ в растворах (при расходе 10 %).

Для второй области указанная зависимость сохраняется, но проявляется более четко.

Третья область по сравнению со второй характеризуется значительно меньшими значениями DC_λ и сближением спектральных кривых при сохранении порядка их расположения.

Влияние расхода силиката натрия на пожелтение ТММ выражено значительно меньше, чем влияние расхода ПВ, а его характер зависит также от рассматриваемой природы хромофоров, которая связана с определенной областью спектра. В первой и второй спектральных областях наименьшая реверсия белизны отмечена при расходе силиката 2 %, а в третьей — при расходе этого реагента 6 %.

Значения степени пожелтения РС, приведенные в табл. 1, характеризуют вторую область спектра и ее окрестности* и отражают вышеуказанные закономерности.

Полученные данные согласуются с результатами [1]: наименьшая реверсия белизны отмечается для сравнительно низких заданных расходов ПВ и силиката натрия (2 % каждого).

Из полученных результатов следует, что отбелика затрагивает очень широкий набор хромофорных групп, хотя несколько более активно обесцвечиваются хромофоры, отвечающие поглощению во второй спектральной области. В то же время за реверсию белизны главным образом ответственны хромофоры более узкой области спектра — первой и особенно второй из указанных областей. Образующиеся при этом хромофорные группы, согласно литературным данным, следует отнести в основном к мономерным и димерным *o*- и *n*-хинонам.

Для сопоставления относительного вклада в реверсию белизны рассмотренных спектральных областей нами проведены расчеты отношений $(K/S)_\lambda$ для длин волн, отвечающих границам этих областей (табл. 2).

Таблица 2

λ , нм	Значения $(K/S)_\lambda$ для образцов ТММ		
	небеленых	беленых	беленых после воздействия УФ света
380	3,2	0,7...1,6	1,1...2,0
420	1,2	0,06...0,18	0,18...0,32
450	0,36	0,02...0,09	0,08...0,16
480	0,25	0,01...0,06	0,04...0,10
550	0,14	0,006...0,030	0,01...0,04
580	0,11	0,003...0,020	0,008...0,020

Как видно из приведенных в табл. 2 данных, значения $(K/S)_\lambda$ резко падают с ростом длины волны света. Поэтому для третьей области спектра даже большие отрицательные значения DC_λ отвечают неболь-

* Область пропускания светофильтра по половинному ослаблению света 417...501 нм.

шим изменениям коэффициентов отражения, а сами коэффициенты отражения имеют высокие значения (рис. 1).

Спектральная область 380...400 нм соответствует УФ-лучам и поэтому не вносит вклада в пожелтение ТММ, а чувствительность человеческого глаза к лучам света длиной волны 400...420 нм сравнительно невысока. Поэтому основной вклад в пожелтение ТММ дают хромофоры, поглощающие свет во второй из указанных областей спектра и в ее окрестностях.

При проведении отбелки различных видов древесной массы и обработки с целью стабилизации белизны следует предусмотреть предотвращение образования или удаление хромофорных групп типа о- и п-хинонов (моно- и биядерных).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Влияние различных параметров на белизну и ее стабильность при отбелке гермомеханической массы пероксидом водорода / Т. А. Туманова, А. Я. Ривкин, С. С. Пузырев и др. // Бум. пром-сть.—1990.—№ 1.—С. 5—7. [2]. Курицкий А. Л., Кундзич Г. А. Оптические методы и приборы в целлюлозно-бумажной промышленности.—М.: Лесн. пром-сть, 1980.—199 с. [3]. Лебедева И. А., Кречетова С. П. Отбелка древесной массы.—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—159 с. [4]. Gratzke J. S. Lichtinduzierte Vergillung von Zellstoffen—Ursachen und Verhütung // Papier.—1985.—Bd, 39 N 10A.—S. 15—23. [5]. Polcin J., Rapson W. H. Spectrophotometric study of wood Chromophores in situ. I. The method of differential (K/S)_λ curves related to bleaching and color reversion // TAPPI.—1969.—Vol. 52, N 10.—P. 1960—1965.

Поступила 11 июля 1989 г.

УДК 541.127:547

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСИЙ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ЦБП

В. С. КРЫЛОВ, С. А. ПАЮСОВ, Л. Н. ШАРЫПОВА

Уральский лесотехнический институт

При изучении процессов ЦБП и гидролиза растительного сырья исследователи обычно анализируют кинетические закономерности реакций, полагая, что их механизм протекает по первому порядку [10]; обнаружив непостоянство константы скорости в дискретных экспериментальных точках изучаемой реакции, авторы делают выводы либо о многостадийности реакции и начинают разделять ее на отдельные стадии, либо относят механизм реакции ко второму порядку [2, 5].

Авторы отдельных работ для описания химико-кинетических процессов используют топокинетическое уравнение Ерофеева — Колмогорова, математически обрабатывая экспериментальные точки [9]. Не получая адекватности между экспериментальными значениями и расчетными, они ничего не могут сказать об исследуемой реакции ни до получения первой экспериментальной точки, ни после конечной точки эксперимента. Дело осложняется еще и тем, что многие реакции идут до равновесного состояния (например выход целлюлозы, гидролиз полисахаридов и др.) и не могут быть обработаны и предсказаны вышеперечисленными кинетическими уравнениями.

Однако при разработке новых и исследовании действующих химико-технологических процессов возникает задача определения количества максимально израсходованного сырья или максимально возможного выхода интересующего продукта. Степень израсходования сырья следует определять по степени превращения его основного ингредиента, который приводит к нужному продукту. При этом остаточное, неизрас-

ходованное содержание основного реагента $c_{\text{ПК}}$ выражают в долях от начального и по небольшому числу экспериментальных значений c_0 (не менее трех) рассчитывают изменение его за весь период реакции по уравнению Паюсова — Крылова* [3, 8]:

$$c_{\text{ПК}} = e^{-xt^y e^{zt}} \quad (1)$$

Здесь t — время реакции, с;
 x, y, z — коэффициенты уравнения.

Находят их по экспериментальным значениям c_0

$$z = \frac{(\beta n - \alpha)(\nu n - \rho\tau) - (\gamma n - \rho\alpha)(\Theta n - \tau^2)}{(\rho^2 - \omega n)(\Theta n - \tau^2) + (\nu n - \rho\tau)^2};$$

$$y = \frac{(\beta n - \alpha\tau) - z(\nu n - \rho\tau)}{(\Theta n - \tau^2)}; \quad (2)$$

$$\ln x = \frac{\alpha - y\tau - z\rho}{n}; \quad x = e^{\ln x},$$

где n — число экспериментальных данных;

$$\alpha = \Sigma \ln(-\ln c_0); \quad \beta = \Sigma \ln t \ln(-\ln c_0);$$

$$\gamma = \Sigma t \ln(-\ln c_0); \quad \tau = \Sigma \ln t; \quad \Theta = \Sigma (\ln t)^2;$$

$$\rho = \Sigma t; \quad \omega = \Sigma (t)^2; \quad \nu = \Sigma t \ln t.$$

Если при вычислении коэффициент z оказывается отрицательным, то делают заключение об обратимости химической реакции и точку равновесия находят как:

$$t_{\infty} = -\frac{y}{z}. \quad (3)$$

Равновесное содержание основного реагента c_{∞} находят по уравнению ПК подстановкой в качестве t значения t_{∞} из уравнения (3).

В таблице приведены равновесные данные для реакций разной природы при концентрации прочносвязанной серы 3,0 % (в числителе) и 4,3 % (в знаменателе), рассчитанные по уравнению ПК на основе экспериментальных результатов ряда авторов [1, 4, 6, 7], и для сравнения данные самих авторов. Как видно из таблицы, представлены почти все реакции, встречающиеся в процессах ЦБП при сульфитной и сульфатной варках и отбелке целлюлозы. Предложенные примеры не вызывают сомнений в равновесности процессов, однако, экспериментально не всегда удается достигнуть этого равновесия. Применение уравнения ПК по небольшому числу начальных (доравновесных) экспериментальных данных позволяет найти равновесную точку, не прибегая к длительному поиску. Если при этом известно само уравнение химической реакции, то параметры равновесия (t_{∞} и c_{∞}) позволяют определить константу равновесия. Например, для эквимольной реакции $C + \nu_a A = \nu_b B + \nu_m M$ константа равновесия может быть рассчитана согласно выражению

$$K_a = \frac{(1 - c_{\infty})^{\nu_b + \nu_m}}{c_{\infty}^{\nu_a}}, \quad (4)$$

а для неэквимольной — по уравнению

$$K_a = \frac{(1 - c_{\infty})^{\nu_b + \nu_m}}{c_{\infty}} \frac{1}{(a_{\text{Mo}}/c_{\text{Mo}} + \nu_a c_{\infty} - \nu_a)}, \quad (5)$$

* В дальнейшем уравнение ПК.

Реакция, условия	Уравнение Палосова — Крылова				Литературные данные			
	Коэффициенты		Равновесные данные		Коэффициенты		Равновесные данные	
	x	y	$z \cdot 10^4$	$\ln t$	c_9	$\ln t$	c_9	
Растворение в дистиллированной воде при 100 °С (еловая древесина) [7]: а) твердая лигносульфонная кислота (ЛСК) в Н-форме Содержание серы в лигнине твердого остатка древесины	$6,973 \cdot 10^{-9}$	1,455	-19,940	11,386	0,560	11,367	0,560	
	$3,791 \cdot 10^{-3}$	0,382	-2,665	11,873	0,785	11,367	0,793	
Выход твердого остатка после экстракции водой	$4,027 \cdot 10^{-3}$	0,357	-1,200	12,604	0,776	11,367	0,810	
	$9,897 \cdot 10^{-3}$	0,363	-3,730	11,486	0,641	11,367	0,641	
Изменение рН после обработки б) натриевая соль твердой ЛСК Содержание серы в лигнине твердого остатка древесины	$2,281 \cdot 10^{-1}$	—	-2,230	—	—	—	—	
	$2,555 \cdot 10^{-4}$	0,158	-3,531	11,171	0,319	11,367	0,320	
Выход твердого остатка после экстракции водой	$3,350 \cdot 10^{-7}$	—	-1,272	13,677	0,656	11,367	0,915	
	$2,625 \cdot 10^{-10}$	1,107	-6,286	12,556	0,791	11,367	0,907	
Изменение рН после обработки Отбелка целлюлозы надуксусной кислотой [6], изменение белены целлюлозы при $t = 60$ °С и начальном рН 7,5...8 Изменение термографической характеристики природного лигнина при действии едкого натра на древесину березы [7]; содержание пентозанов при $t = 20$ °С и нормальности NaOH 3,0 Кинетика варки древесины в аппаратах непрерывного действия типа «Пандня» при $t = 180$ °С [4]: осины ели	$4,997 \cdot 10^{-4}$	0,616	-3,160	12,180	0,613	11,367	0,658	
	$8,499 \cdot 10^{-9}$	1,652	-16,240	11,530	0,737	11,367	0,742	
	$3,069 \cdot 10^{-2}$	0,378	-22,500	9,732	0,432	8,882	0,459	
	$4,838 \cdot 10^{-1}$	0,047	-3,615	9,486	0,484	9,287	0,485	
	$6,418 \cdot 10^{-2}$	0,284	-45,360	8,745	0,559	8,189	0,570	
	$1,519 \cdot 10^{-2}$	0,473	-68,890	8,836	0,537	8,189	0,562	

где $a_{\text{мо}}$; $c_{\text{мо}}$ — начальные содержания реагентов.

Поскольку константа равновесия связана с изменениями энергий Гиббса и Гиббса—Гельмгольца, то ΔY и ΔF реакций могут быть вычислены до эксперимента.

Коэффициенты x , y , z связаны с энергией Гиббса основного превращающегося реагента (по которому изучают кинетику) соотношением:

$$I\bar{Y} = \left(z + \frac{y}{t}\right) \ln c. \quad (6)$$

Здесь \bar{Y} — средняя энергия Гиббса основного реагента, приходящаяся на его молекулу в данный момент времени в среде реакции;

I — коэффициент детерминизма.

Если, при этом, энергия \bar{Y} мало изменяется в процессе реакции (слабо зависит от окружения другими молекулами в среде реакции), то величину I можно приближенно вычислить согласно выражению:

$$I = -\frac{1}{KTt} \ln \left(1 - \frac{\ln c}{\ln c_\infty}\right), \quad (7)$$

где K — постоянная Больцмана;

T — температура, К.

Уравнение ПК можно применить для изучения гетерогенных процессов любой природы и при разных температурах. Это позволит экспериментально установить влияние температуры и других условий проведения реакции на коэффициенты x , y , z и вскрыть их внутреннюю термодинамическую природу. Таким образом, это уравнение дает возможность получить о реакции сведения, которые имеющимися химико-кинетическими средствами получить не удастся.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Домбург Г. Э., Сергеева В. Н. Изменение термографической характеристики природного лигнина при действии на древесину березы едкого натра // Химия древесины.— 1970.— № 6.— С. 121—126. [2]. Кинетика маломодульного гидролиза гемицеллюлоз осины в присутствии 1 %-й H_2SO_4 / Н. И. Корольков, С. П. Яблочкина, В. А. Быков, В. П. Ливанова // Химия древесины.— 1984.— № 3.— С. 30—33. [3]. Крылов В. С., Паюсов С. А. Способ определения константы скорости реакции первого порядка по небольшому числу экспериментальных данных // Химия и химич. технология.— 1988.— Т. 31.— № 3.— С. 51—53.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Мартыниев Л. М. Кинетика варки древесины в аппаратах непрерывного действия типа Пандия // Целлюлоза, бумага и картон: Науч.-техн. реф. сб.— 1973.— № 33.— С. 5—6. [5]. Мацело Т. В., Дудкин М. С., Рыжих Г. А. Кинетика гидролиза гемицеллюлоз древесины тополя в процессе бисульфитной варки // Сб. тр. / УкрНИИБ.— М., 1971.— № 14.— С. 11—18. [6]. Наумова В. Н., Зарудская О. Л., Колродский И. А. Отбелка целлюлозы надуксусной кислотой // Бум. пром-сть.— 1971.— № 3.— С. 19—20. [7]. Парфенова А. И., Элиашберг М. Г. Растворение твердых лигносульфоновых кислот и их солей. // Сб. тр. / ВНИИБ.— Л., 1967.— Вып. 53.— С. 25—44. [8]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Унифицированное представление данных для описания кинетических процессов целлюлозного и гидролизного производств // Основные направления научно-технического прогресса в лесном комплексе Коми АССР: Тез. науч.-техн. конф.— Сыктывкар, 1988.— С. 79—80. [9]. Химические и физико-химические изменения в волокнах льна в зависимости от способа приготовления льнотресты / А. М. Шишко, И. Н. Абрамольский, Д. В. Мацкевич, Т. В. Мурашкевич // Химия древесины.— 1984.— № 1.— С. 95—98. [10]. Шульман И. С., Морин А. К. Механизм и кинетика водного гидролиза // Химия древесины.— 1984.— № 3.— С. 20—22.

Поступила 30 марта 1990 г.

УДК 676.16

К ТЕОРИИ РОТАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА ПРИ ПЕРЕХОДНОМ ТЕЧЕНИИ ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ

В. А. БАБКИН

Петрозаводский государственный университет

Ротационный вискозиметр состоит из двух соосных цилиндров: вращающегося и неподвижного. Между цилиндрами помещается исследуемая среда.

Пусть в ротационный вискозиметр помещена волокнистая суспензия концентрации c , большей, чем концентрация седиментации. Предполагая в дальнейшем сравнение теоретических результатов с известными экспериментальными результатами работы [6], примем, что в вискозиметре внутренний цилиндр радиуса R_1 неподвижен, а внешний R_2 вращается с постоянной угловой скоростью ω_2 . Задача состоит в том, чтобы найти связь между касательными напряжениями на поверхности цилиндров и угловой скоростью внешнего цилиндра.

В зависимости от скорости вращения устанавливается один из режимов движения суспензии между цилиндрами: стержневой, переходный или турбулентный [6]. Анализ стержневого течения суспензии между соосными цилиндрами дан в [2, 3]. В настоящей работе рассмотрено действие вискозиметра при переходном течении.

Перейдем к решению задачи. Для простоты цилиндры будем считать бесконечными. Возьмем цилиндрическую систему координат r, φ, x : ось x — по общей оси цилиндров; угол φ отсчитывают в сторону вращения внешнего цилиндра.

При переходном режиме область течения $R_1 \leq r \leq R_2$ состоит из двух частей: в одной волокна образуют сеть, а в другой сеть волокон разрушена [6]. Поскольку наибольшие касательные напряжения возникают в области, прилегающей к внутреннему цилиндру, примем, что $R_1 < r < R_0$ — это область с разрушенной сетью волокон, $R_0 < r \leq R_2$ — область с неразрушенной сетью волокон, вращающаяся с угловой скоростью ω_2 , и $r = R_0$ — граница областей. В пользу такого предположения говорит анализ, проведенный в [3]: теория хорошо согласуется с экспериментальными результатами [6] для стержневого течения в случае, когда пристеночный слой образуется только у внутреннего (неподвижного) цилиндра, а вся масса волокон вращается с угловой скоростью ω_2 .

Для описания движения суспензии в области $R_1 < r < R_0$ рассмотрим ее как совокупность двух взаимопроникающих континуумов [4], один из которых образован жидкой фазой, а другой — волокнами. Параметры континуумов будем обозначать индексами (α) сверху, причем $\alpha = 1$ — для параметров жидкой фазы и $\alpha = 2$ — для волокон.

Кинематические параметры континуумов — скорости $v_i^{(\alpha)}$, $i = r, \varphi, x$. Если пренебречь силами тяжести, то с учетом симметрии течения можно считать:

$$v_r^{(\alpha)} = v_x^{(\alpha)} = 0; \quad v_\varphi^{(\alpha)} = v^{(\alpha)}(r); \quad \alpha = 1, 2. \quad (1)$$

Континуум жидкой фазы будем рассматривать как вязкую несжимаемую жидкость с эффективным коэффициентом динамической вязкости μ_0 , зависящим от вязкости жидкой фазы и концентрации суспензии. Тогда с учетом формул (1) напряжения в нем определяем формулами [4]

$$\begin{aligned} \tau_{ii}^{(1)} &= -mp; \quad i = r, \varphi, x; \\ \tau_{r\varphi}^{(1)} &= \tau_{\varphi r}^{(1)} = \mu_0 r \omega'(r), \quad \tau_{xr}^{(1)} = \tau_{rx}^{(1)} = \tau_{x\varphi}^{(1)} = \tau_{\varphi x}^{(1)} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где p — давление;
 m — объемная доля жидкой фазы;
 $\omega(r)$ — функция, определяемая равенством $v^{(1)}(r) = r \omega(r)$;
 $\omega'(r) = \frac{d\omega(r)}{dr}$.

Континуум волокон в области $R_1 < r < R_0$ получается в результате разрушения сети волокон за счет приложенных напряжений. Как известно [2, 3, 6], сеть волокон представляет собой упругое тело, поэтому

поведение континуума волокон после разрушения сети волокон естественно считать аналогичным поведению упругого тела за пределом текучести. Принимая во внимание большие относительные перемещения волокон в диспергированной суспензии, континуум волокон в области $R_1 < r < R_0$ будем рассматривать как идеально пластическую среду. Тогда при условиях текучести Мизеса [5], с учетом формул (1), напряжения в континууме волокон определяются формулами:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{ii}^{(2)} &= -(1-m)p; \quad i=r, \varphi, x; \\ \tau_{\varphi r}^{(2)} &= \tau_{r\varphi}^{(2)} = \tau_0; \quad \tau_0 = \sigma_0 \operatorname{sgn} e_{\varphi r}^{(2)}; \\ \tau_{xr}^{(2)} &= \tau_{rx}^{(2)} = \tau_{x\varphi}^{(2)} = \tau_{\varphi x}^{(2)} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где σ_0 — предел текучести сети волокон при сдвиге;
 $e_{\varphi r}^{(2)}$ — скорость сдвига континуума волокон.

Предположим, что оба континуума несжимаемы, тогда уравнения неразрывности скоростями (1) удовлетворяются тождественно.

Уравнение движения для среды в целом в проекциях на ось r при установившемся режиме имеет вид [4]

$$\frac{d\tau_{\varphi r}}{dr} + 2\frac{\tau_{\varphi r}}{r} = 0. \quad (4)$$

Интегрируя это уравнение, получаем

$$\tau_{\varphi r} = \tau_1 \frac{R_1^2}{r^2}, \quad (5)$$

где τ_1 — касательное напряжение на поверхности внутреннего цилиндра.

Так как $\tau_{\varphi r} = \tau_{\varphi r}^{(1)} + \tau_{\varphi r}^{(2)}$, то, подставляя выражения для $\tau_{\varphi r}^{(1)}$ и $\tau_{\varphi r}^{(2)}$ из (2) и (3), получаем:

$$\mu_0 r \omega' + \tau_0 = \tau_1 \frac{R_1^2}{r^2}. \quad (6)$$

При переходном движении волокна суспензии не прилипают к твердой стенке [6], поэтому в качестве граничного условия для суспензии естественно принять $\omega(R_1) = \omega_*$, где ω_* — эмпирическая константа. Интегрируя уравнение (6) с этим условием, получаем:

$$\omega = \omega_* + \frac{1}{\mu_0} \left[\frac{\tau_1}{2} \left(1 - \frac{R_1^2}{r^2} \right) + \tau_0 \ln \frac{R_1}{r} \right]. \quad (7)$$

Из постановки задачи вытекает, что $\omega_2 = \omega(R_0)$. Величина R_0 определяется из условия равенства моментов касательных напряжений на поверхностях $r = R_1$ и $r = R_0$

$$\sigma_0 R_0^2 = \tau_1 R_1^2. \quad (8)$$

Подстановка в формулу (7) $r = R_0$ и учет равенства (8) дают искомую связь между угловой скоростью ω_2 и напряжением τ_1

$$\omega_2 = \omega_* + \frac{1}{2\mu_0} \left(\tau_1 - \sigma_0 + \tau_0 \ln \frac{\sigma_0}{\tau_1} \right). \quad (9)$$

При $\tau_1 \rightarrow \sigma_0$, очевидно, $\omega_2 \rightarrow \omega_*$ и, таким образом, ω_* — это значение угловой скорости внешнего цилиндра, при которой начинается переходное течение.

Формула (9) справедлива только, когда модуль касательного напряжения τ_2 на поверхности наружного цилиндра не превышает σ_0 . Значение предельной угловой скорости $\omega_2 = \omega_{20}$, до которой применима формула (9), можно получить из нее при условии $\tau_2 = \sigma_0$ и, следовательно:

$$\tau_1 = \sigma_0 h^2, \quad (10)$$

где $h = R_2/R_1$.

Тогда

$$\omega_{20} = \omega_* + \frac{\sigma_0(h^2 - 1) - 2\tau_0 \ln h}{2\mu_0}. \quad (11)$$

При $\tau_2 > \sigma_0$ вся суспензия между цилиндрами переходит в диспергированное состояние. Зависимость $\tau_1(\omega_2)$ следует из формулы (7) при $r = R_2$ и имеет линейный вид

$$\omega_2 = \omega_* + \frac{1}{\mu_0} \left[\frac{\tau_1}{2} \left(1 - \frac{1}{h^2} \right) - \tau_0 \ln h \right]. \quad (12)$$

Производные $d\omega_2/d\tau_1$ функций (9) и (12) при $\omega_2 = \omega_{20}$ соответственно таковы:

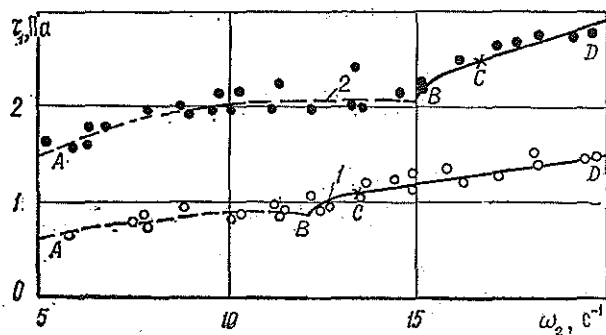
$$\frac{d\omega_2}{d\tau_1} = \frac{1}{2\mu_0} \left(1 - \frac{\tau_0}{\sigma_0 h^2} \right); \quad (13)$$

$$\frac{d\omega_2}{d\tau_1} = \frac{1}{2\mu_0} \left(1 - \frac{1}{h^2} \right). \quad (14)$$

Если $\tau_0 = \sigma_0$, то эти производные равны, и переход суспензии в полностью диспергированное состояние на графике $\tau_1(\omega_2)$ отражается просто как гладкий переход от криволинейной части графика к прямой. Если $\tau_0 < \sigma_0$, то производные (13), (14) не равны, и график $\tau_1(\omega_2)$ будет иметь излом при $\omega_2 = \omega_{20}$.

Для суспензий белой сульфитной целлюлозы концентраций 0,5 и 0,8 % на рисунке приведены экспериментальные точки зависимости $\tau_1(\omega_2)$, охватывающей стержневое и переходное течения в окрестности точки перехода в ротационном вискозиметре с внешним вращающимся цилиндром [6]. Размеры установки: $R_1 = 0,119$ м, $R_2 = 0,130$ м. Для наглядности эмпирические точки для стержневого течения осреднены пунктирной дугой АВ.

Дуга ВС и прямая CD (точка С отмечена крестиком) — результат расчета соответственно по формулам (9) и (12) при $\tau_0 = \sigma_0$ и при следующих значениях параметров: $\omega_* = 12,2$; 15 с^{-1} ; $\sigma_0 = 0,92$; $2,1 \text{ Па}$; $\mu_0 = 0,006$; $0,0105 \text{ Па} \cdot \text{с}$ для $c = 0,5$ и $0,8$ % соответственно. Согласование теоретических и экспериментальных результатов хорошее.



Зависимость между касательным напряжением на поверхности внутреннего цилиндра τ_1 и угловой скоростью вращения внешнего цилиндра ω_2 для суспензий разной концентрации: 1 — $c = 0,5$; 2 — $0,8$ %

Рассмотренное выше течение диспергированной суспензии в рамках более общей модели называется переходным [1]. Из сопоставления аналогичных течений в вискозиметре и прямой трубе [1] следует, что эффективная вязкость μ_0 для одной и той же суспензии в обоих случаях должна быть одинакова. Таким образом, ротационный вискозиметр может быть использован для определения величины μ_0 , причем формулы (9) и (12) при обработке являются расчетными.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бабкин В. А. Переходное течение волокнистой суспензии в трубе как течение анизотропной жидкости // *Механика жидкости и газа*.—1985.—№ 5.—С. 91—98.—(Изв. АН СССР). [2]. Бабкин В. А. Сдвиг волокнистой суспензии между коаксиальными цилиндрами // *Механика жидкости и газа*.—1975.—№ 2.—С. 80—85.—(Изв. АН СССР). [3]. Бабкин В. А. Стержневое течение Куэтта волокнистой суспензии между соосными цилиндрами // *Механика жидкости и газа*.—1987.—№ 6.—С. 29—36.—(Изв. АН СССР). [4]. Николаевский В. Н. *Механика пористых и трещиноватых сред*.—М.: Недра, 1984.—232 с. [5]. Седов Л. И. *Механика сплошной среды*.—М.: Наука, 1970.—Т. 2.—568 с. [6]. Терептьев О. А. *Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве*.—М.: Лесн. пром-сть, 1980.—248 с.

Поступила 6 марта 1989 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*863.002.51.004.62

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МОРАЛЬНОГО ИЗНОСА ВЕДУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ
ГИДРОЛИЗНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В. И. МОСЯГИН

Ленинградская лесотехническая академия

Сущность морального износа первого рода заключается в утрате действующим оборудованием части стоимости вследствие повышения производительности общественного труда в отраслях, производящих это оборудование.

Моральный износ второго рода — это частичная или полная потеря стоимости действующего оборудования в связи с появлением оборудования, усовершенствованного, более производительного и дешевого в эксплуатации.

Ряд экономистов ([1—7, 9] и др.) предлагают разные подходы к оценке морального износа различных видов основных производственных фондов. В данной статье на основе изучения экономической сущности морального износа и анализа специфических особенностей процесса восстановления основных производственных фондов гидролизной промышленности рассмотрен метод оценки морального износа гидролизаторов — ведущего оборудования гидролизных производств.

В отраслях, производящих гидролизаторы, имеет место тенденция снижения цены на изготовление новой техники аналогичного образца. Отсюда моральный износ первого рода количественно можно выразить по формуле

$$I_1 = \frac{Ц_n - Ц_{n-1}}{Ц_n},$$

где $Ц_n$ — первоначальная стоимость единицы объема базового гидролизатора, р./м³ (в качестве базового принимается действующий или подлежащий замене гидролизатор, с которым сравнивается новая его модель);

$Ц_{n-1}$ — стоимость единицы объема новой модели гидролизатора аналогичного образца, р./м³.

Моральный износ второго рода представляет собой обесценивание действующего оборудования вследствие появления более совершенных видов техники, что находит отражение в потере потребительских свойств последней. Совокупность же потребительских свойств оборудования количественно можно оценить с помощью интегрального показателя (коэффициента). В этом случае моральный износ второго рода, как изменение потребительских свойств гидролизатора, можно рассчитать по формуле

$$I_2 = \frac{Ц_n - Ц_{n-1}K}{Ц_n},$$

где K — интегральный коэффициент потребительских свойств гидролизаторов.

Тогда общая величина морального износа гидролизаторов

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U_n - U_0/K}{U_n}$$

Интегральный коэффициент потребительских свойств гидролизаторов представляет собой произведение трех составляющих

$$K = K_1 K_2 K_3,$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий изменение количественного объема продукции, выпускаемой с помощью новой модели и базового гидролизатора за определенный период;

K_2 — коэффициент долговечности, учитывающий изменение срока службы гидролизаторов;

K_3 — коэффициент, учитывающий изменение эксплуатационных затрат выпускаемой продукции.

В общем виде коэффициент K_1 представляет собой отношение двух величин

$$K_1 = \Pi_2 / \Pi_1,$$

где Π_1 — часовая производительность базового гидролизатора, т/ч;

Π_2 — часовая производительность новой модели гидролизатора, т/ч.

В свою очередь, производительность гидролизаторов зависит от следующих величин:

$$\Pi = \frac{Vqi}{t\alpha},$$

отсюда K_1 в развернутом виде можно представить следующей формулой:

$$K_1 = \frac{V_2 q_2 i_2 t_1}{V_1 q_1 i_1 t_2},$$

где V_1, V_2 — номинальные объемы гидролизаторов, м³;

q_1, q_2 — плотности загрузки абс. сухого сырья (древесины), т/м³;

i_1, i_2 — выход редуцирующих веществ — сахаров (РВ) из 1 т абс. сухого сырья, кг;

t_1, t_2 — продолжительность оборотов гидролизаторов, ч;

α — коэффициент соразмерности принятых величин.

Выход РВ в процентах от массы абс. сухой древесины находят по формуле [8]

$$i = \beta_1 (\beta_2 0,65a + 0,29b + 0,23c + 0,32d + 0,45e),$$

где β_1 — коэффициент, учитывающий влияние кинетических, гидродинамических факторов и породного состава древесины;

β_2 — коэффициент, учитывающий влияние диффузионных факторов в зависимости от гранулометрического состава основной фракции сырья;

a — доля кондиционной древесины (щепы, опилок), %;

b — доля некондиционной щепы, %;

c — доля крупнокусковых древесных включений, %;

e — массовая доля пыли (древесных частиц, прошедших через сито с отверстиями 1 мм), %;

d — массовая доля коры, %.

Коэффициент долговечности (срока службы) гидролизатора определяют по формуле

$$K_2 = T_2 / T_1,$$

где T_1 — нормативный (или расчетный) срок службы базового гидролизатора, лет;

T_2 — нормативный (или расчетный) срок службы новой модели гидролизатора, лет.

Излишняя долговечность гидролизатора, если она будет достигнута за счет использования более дорогих материалов, обусловит повышение его стоимости и материалоемкости. Недостаточная же надежность конструкции ставит под вопрос целесообразность ее применения.

Производство продукции при использовании новой модели гидролизатора имеет некоторое преимущество по себестоимости перед базовой. Коэффициент, учитывающий изменение эксплуатационных затрат, рассчитывают по формуле

$$K_3 = \frac{C_1}{C_1 + \Delta C},$$

где C_1 — себестоимость 1 т РВ при использовании базового гидролизатора (определяется по отчетным данным), р.;

ΔC — изменение себестоимости 1 т РВ в связи с заменой действующего гидролизатора на новую модель (определяется расчетным путем), р.

Себестоимость 1 т РВ при использовании базового гидролизатора складывается из следующих составляющих:

$$C_1 = C_c + C_s + C_z + C_{сэ} + C_{ц},$$

где C_c — стоимость сырья и материалов (с учетом возвратных отходов), р.;

C_s — стоимость тепла, пара, воды, расходуемых на технологические нужды, р.;

C_z — основная и дополнительная заработная плата рабочих с отчислениями на социальное страхование, р.;

$C_{сэ}$ — расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в том числе электроэнергию, р.;

$C_{ц}$ — цеховые расходы, р.

Для исчисления K_3 практическое значение имеет не уровень себестоимости сахаров, а его изменение — ΔC . Поэтому в расчет себестоимости РВ можно включить только те расходы, которые изменяются по сравниваемым вариантам, а именно:

$$\Delta C = \Delta C_c + \Delta C_s + \Delta C_z + \Delta C_{сэ}.$$

При реализации данной формулы необходимо соблюдать условие сопоставимости вариантов, в частности, по следующим признакам:

составу расходов, входящих в себестоимость (включаются расходы на одинаковый или взаимозаменяемый круг работ);

ценам и тарифам (во всех вариантах применяются одинаковые цены на сырье, материалы, топливо, энергию и другие предметы и одинаковые тарифы (железнодорожные, водные и др.));

средней заработной плате (для одинаковых разрядов и условий работы принимается равная средняя заработная плата).

Изменение затрат на сырье и материалы определяют на основе соответствующих норм и цен по формуле

$$\Delta C_c = \sum_{i=1}^n (H_{c1} - H_{c2}) C_{ci},$$

где H_{c1} — удельные нормы расхода соответствующих видов сырья и материалов по варианту действующего производства;

H_{c2} — удельные нормы расхода соответствующих видов сырья и материалов по новому варианту (с использованием новой модели гидролизатора), устанавливаются исходя из предусмотренных в проекте условий работы;

C_{ci} — заготовительная себестоимость единицы сырья или материалов соответствующих видов.

Аналогично определяют изменение затрат на потребление различных видов энергии по формуле

$$\Delta C_3 = \sum_{i=1}^n (H_{31} - H_{32}) C_{3i},$$

где H_{31} , H_{32} — удельные нормы расхода соответствующего вида энергии на процесс гидролиза соответственно при использовании базового и нового гидролизатора;

C_{3i} — стоимость единицы потребленной энергии.

Зарботная плата основных производственных рабочих C_3 определяется на основе нормированного фонда времени t ; тарифных ставок s ; коэффициентов γ_1 , γ_2 и γ_3 , учитывающих соответственно доплаты к тарифному фонду зарботной платы, дополнительную зарботную плату и отчисления на социальное страхование:

$$C_3 = st\gamma_1\gamma_2\gamma_3.$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования могут быть получены по формуле

$$\Delta C_{c3} = C_{c31} - C_{c32},$$

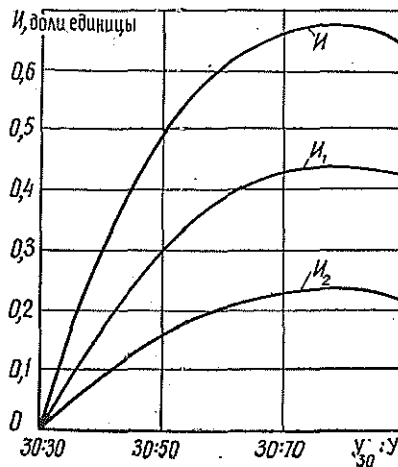
где C_{c31} , C_{c32} — расходы на содержание и эксплуатацию оборудования в расчете на 1 т РВ соответственно при использовании базовой и новой моделей гидролизаторов, р.

По разработанной модели выполнены технико-экономические расчеты и установлены зависимости объемов гидролизаторов в сравнении с номинальным объемом 30 м³ (см. таблицу).

Аппроксимация приведенных данных позволила построить графики зависимости морального износа гидролизаторов от их объема. Эта зависимость выражается кривыми параболического вида (см. рисунок). Они свидетельствуют о том, что с увеличением объема гидро-

Сравнительная оценка морального износа гидролизаторов

Показатель	Соотношение объемов гидролизаторов			
	30 : 37	30 : 40	30 : 50	30 : 80
K_1	1,16	1,10	1,42	1,96
K_2	1,00	1,00	1,00	1,00
K_3	0,97	0,97	0,95	0,93
K	1,12	1,07	1,35	1,82
I_1	0,17	0,16	0,29	0,46
I_2	0,09	0,05	0,18	0,24
I	0,26	0,21	0,47	0,70



лизаппаратов до 80 м³ моральный износ их имеет тенденцию к снижению. Однако дальнейшее увеличение единичного объема ведущего оборудования с точки зрения его морального износа экономически нецелесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Акбердин Р. З. Экономика обновления парка оборудования в машиностроении.— М.: Машиностроение, 1987.— 184 с. [2]. Баяндин Э. П. Эффективность обновления техники в химической промышленности.— Л.: Химия, 1988.— 216 с. [3]. Бунич П. Г. Актуальные вопросы эффективного использования производственных мощностей и основных фондов.— М.: Экономика, 1963.— 226 с. [4]. Гапоненко А. Л. Моральный износ и обновление орудий труда.— М.: Мысль, 1980.— 155 с. [5]. Захаров В. Г. Особенности воспроизводства основных фондов в условиях научно-технической революции.— М.: Экономика, 1972.— 199 с. [6]. Консон А. С. Экономика ремонта машин.— Л.: Машиностроение, 1970.— 215 с. [7]. Лебединский И. Л. Основные производственные фонды промышленности: Справ. пособие.— Л.: Лениздат, 1979.— 264 с. [8]. Порядок расчета удельного расхода древесного сырья в зависимости от его качества при получении редуцирующих веществ перколяционным методом на гидролизных заводах дрожжевого и спирто-дрожжевого профиля.— М.: Минмедбиопрот, 1987.— 16 с. [9]. Пошехонов Б. В., Соколов В. В. Рациональные пути обновления оборудования.— Л.: Лениздат, 1981.— 135 с.

Поступила 18 сентября 1989 г.

УДК 658.512 : 674.6

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ЯЩИЧНОЙ ТАРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

В. В. АБРАМКИН, П. ЖУКОВСКИ

Ленинградская лесотехническая академия

На тарное производство расходуется около 20 % (в условном круглом лесе) общего объема потребления лесоматериалов в стране. Несмотря на заметный рост выпуска картонных ящиков и тары из других прогрессивных материалов, основным видом остается тара деревянная. В 1987 г. объем производства комплектов ящичной тары в СССР составил 5,5 млн м³ [5].

В структуре оборотных средств деревообрабатывающих производств около половины приходится на сырье и материалы. В процессе производства принимается множество решений по раскрою пиломатериалов на полуфабрикаты. Ошибочные решения заметно сказываются на уменьшении выхода продукции, увеличении сверхнормативных запасов. Экономико-математические методы оптимизации плана производства тарных полуфабрикатов ранее не использовались.

Цель нашего исследования — разработать метод, позволяющий программировать производство специфицированных полуфабрикатов (деталей) ящичной тары, и решить вопрос об оптимальном подборе сырья для раскройного цеха с возможным применением ЭВМ.

Производство специфицированных полуфабрикатов в раскройных цехах лесопильно-деревообрабатывающих заводов и леспромхозов требует типизации технологических потоков раскроя пиломатериалов с применением станков с числовым программным управлением и математических методов для определения вида и качества сырья, необходимого для выполнения производственной программы.

Основные теоретические положения программирования производства полуфабрикатов и оптимизации технологического процесса раскроя пиломатериалов разрабатывали В. Р. Фергин [6], А. А. Пижурич

[3, 4], М. С. Розенблит [4], Р. Е. Калитеевский [2] и др. В этих работах подчеркнута фундаментальное значение численного выражения качества пиломатериалов.

Методом имитации раскроя определяют длину и количество полуфабрикатов без пороков из пиломатериалов различной толщины и качества. Для производства деталей ящичной тары наиболее приемлем поперечно-продольный метод раскроя [1]. Средним технологическим показателем переработки пиломатериалов является выход полуфабрикатов A_{ijq} , представленный в таблице. Эти результаты определены для полуфабрикатов шириной 100 мм и минимальной длиной 300 мм. Для всех рассматриваемых толщин выход заготовок прямо пропорционален качеству пиломатериалов.

Показатели выхода полуфабрикатов из основных пиломатериалов различной толщины и сорта

Сортность пиломатериалов	Выход полуфабрикатов A_{ijq} , м ² /м ³ , из пиломатериалов различной толщины, мм			
	25	32	40	50
I-II	0,868	0,805	0,778	0,762
III	0,801	0,780	0,761	0,745
IV	0,732	0,686	0,637	0,624
V	0,655	0,634	0,614	0,598

Мерой применимости пиломатериалов для производства полуфабрикатов и основной составной компонентой характеристики их качества является кумулятивный выход $B = f(l)$, представленный на рисунке. Качество пиломатериалов выражено через выход полуфабрикатов как функцию их длины (l), причем длина последних зависит главным образом от количества и распределения пороков в досках. Кривые на рисунке показывают, что самый большой выход получен из пиломатериалов I-II сорта. Одновременно четко устанавливается непосредственная пригодность пиломатериалов для получения полуфабрикатов.

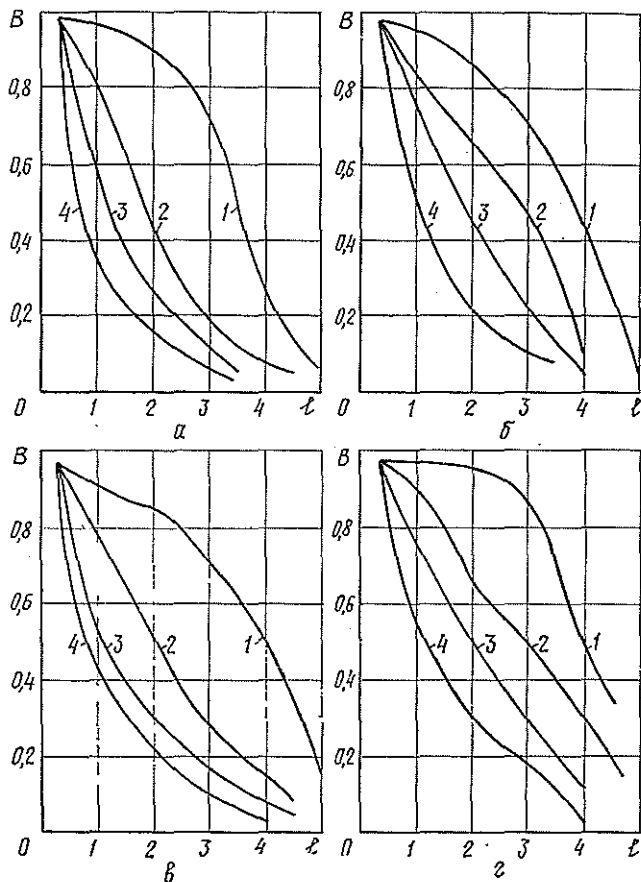
На основании кумулятивного выхода подсчитывают выход полуфабрикатов определенных размеров по формуле

$$W_{ijkq} = \frac{\sum_{n=1}^m B_n l_n}{l_{m'n} + \int_{l_{m'n}}^{l_{m'x}} f(l) dl} A_{ijq}$$

- где W_{ijkq} — выход полуфабрикатов i -й толщины, j -й ширины, k -й длины из пиломатериалов q -й сортности;
 B_n — кумулятивный выход определенного n -полуфабриката;
 l_{min}, l_{max} — минимальная и максимальная длина вырезаемых полуфабрикатов;
 l_n — длина определенного полуфабриката;
 A_{ijq} — выход полуфабрикатов определенных размеров из пиломатериалов q -й сортности.

Выход полуфабрикатов по приведенной формуле устанавливают перед раскроем пиломатериалов с помощью ЭВМ и представляют в виде таблиц, удобных для практического использования.

Программирование производства полуфабрикатов рассматривают в контексте выполнения их размерно-номенклатурно-количественных



Качественно-технологические характеристики сосновых пиломатериалов толщиной 25 мм (а), 32 мм (б), 40 мм (в), 50 мм (г): 1—I-II, 2—III, 3—IV, 4—V сорт

спецификаций и выбора пиломатериалов имеющегося качества для раскроя.

Основной критерий выбора пиломатериалов — объемно-стоимостный выход полуфабрикатов

$$R_{ijq} = \frac{\sum_k P_{ijk} C_{ijk}}{V_{iq} M_{iq}},$$

где R_{ijq} — объемно-стоимостный выход полуфабрикатов i -й толщины, j -й ширины из пиломатериалов q -й сортности;
 P_{ijk} — объем полуфабрикатов i -й толщины, j -й ширины, k -й длины, полученных из пиломатериалов V_{iq} ;
 V_{iq} — объем пиломатериалов i -й толщины, q -й сортности;
 C_{ijk} — цена 1 м³ полуфабрикатов определенных размеров;
 M_{iq} — цена 1 м³ пиломатериалов соответствующих толщины и сортности.

На выбор такого критерия оптимизаций влияют два фактора: снижение затрат потребляемого сырья и увеличение стоимости конечного продукта.

В общем виде программирование производства полуфабрикатов разных размеров одновременно ставит проблему линейной оптимизации, которая принимает следующий вид:

найти максимум функции

$$\sum_i \sum_j Y_{ij} \sum_q (R_{ijq} V_{iq}) \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_q W_{ijkq} V_{iq} = P_{ijk}$$

при условии неотрицательности

$$V_{iq} \geq 0,$$

где V_{iq} — объем пиломатериалов i -й толщины, q -й сортности;
 Y_{ij} — доля полуфабрикатов данной ширины в каждой из толщин перерабатываемых пиломатериалов;
 P_{ijk} — объем полуфабрикатов определенных размеров и назначения.

Для решения этой задачи необходимо применить расчетную программу, основанную на алгоритме сложного симплекс-метода с вычислением на ЭВМ. Результатом расчетов является объем пиломатериалов V_{iq} , предназначенных для оптимальной переработки в целях получения требуемого количества полуфабрикатов P_{ijk} . Кроме этого, можно получить в виде распечатки информацию об объеме полуфабрикатов D_{ijk} (с учетом дополнительной переработки), о так называемых одномерных раскроях и др.

Добавочное количество пиломатериалов, которое необходимо переработать на полуфабрикаты, определяют по следующей модели:

найти максимум функции

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_q R_{oijkq} Q_{iq} \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\sum_i \sum_j \sum_q W_{oijkq} Q_{iq} = D_{ijk}$$

при условии неотрицательности

$$Q_{iq} \geq 0,$$

где Q_{iq} — объем пиломатериалов, предназначенных для одномерных раскроев;
 D_{ijk} — объем полуфабрикатов, полученных при одномерных раскроях;
 W_{oijkq} — выход определенных полуфабрикатов при одномерном раскрое;
 R_{oijkq} — показатель объемно-стоимостного выхода полуфабрикатов i -й толщины, j -й ширины и k -й длины из пиломатериалов q -й сортности при одномерном раскрое,

$$R_{oijkq} = \frac{D_{ijk} C_{ijk}}{Q_{iq} M_{iq}}.$$

Показатели R_{ijq} и R_{oijkq} рассчитывают по статистическим данным экспериментальных или предыдущих раскроев.

По данным двухэтапных вычислений можно найти объем пиломатериалов определенной сортности V_{iq} и Q_{iq} , необходимых для переработки в раскройном цехе и получения заложенного в программе количества полуфабрикатов P_{ijk} .

Представленная модель программирования дает возможность создать оперативные планы производства полуфабрикатов в раскройных цехах при обеспечении оптимального выбора сортности перерабатываемых

мого сырья. При изменении ассортимента вырабатываемых полуфабрикатов следует производить новые расчеты. При этом каждое предприятие должно определять качественные характеристики пиломатериалов, предназначенных для переработки, и периодически пересматривать их на основе статистических данных работы за истекший период. Для обработки данных целесообразно применять ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белько В. И., Иголкин Н. С. Анализ схем раскроя необрезных пиломатериалов на детали ящичной тары // Сб. тр. / ВНИЭКТИУ.— Калуга, 1969.— Вып. 6.— С. 242—251. [2]. Калигеевский Р. Е. Технология лесопиления.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 280 с. [3]. Пижурин А. А. Оптимизация технологических процессов деревообработки.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 312 с. [4]. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 296 с. [5]. Соловов А. М. Состояние производства деревянной тары // Тара деревянная: Науч.-техн. реф. сб.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1988.— Вып. 6.— С. 9—10. [6]. Фергин В. Р. Интенсификация процессов пиления древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 160 с.

Поступила 5 февраля 1990 г.

УДК 658.152.001.572

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ БЕЛОРУССКОЙ ССР

П. С. ГЕЙЗЛЕР, В. С. ЗАЙЦЕВ

Белорусский технологический институт
Институт экономики АН БССР

Завершен очередной этап разработки комплексной программы научно-технического прогресса (КП НТП) Белорусской ССР на 1991—2010 годы, в составе которой занял свое место и раздел «Лесопромышленный комплекс».

Воспроизводство лесных ресурсов, охрану лесов, заготовку и переработку древесины в республике осуществляют 3900 предприятий, цехов и участков 49 министерств и ведомств. На них занято свыше 115 тыс. человек, продукции выпускается на сумму более 1,4 млрд р.

Цель нашего исследования — выбрать такое направление развития НТП в лесопромышленном комплексе (ЛПК) БССР, которое обеспечит оптимальные условия его функционирования и развития, наилучшее удовлетворение народного хозяйства и населения в продукции ЛПК. Поэтому широкое внедрение прогрессивных технологических процессов, высокопроизводительных машин, оборудования, транспортных средств, автоматизированных линий и других научно-технических разработок наиболее эффективно только в увязке с развитием и совершенствованием форм общественной организации производства и труда, развитием и размещением всех производств лесопромышленного комплекса.

При рассмотрении техники и технологии в лесопромышленных производствах нельзя копировать союзную программу НТП в лесном комплексе. Природные, демографические, производственные условия отдельных регионов существенно различаются, и это следует учитывать при разработке региональной программы НТП.

Конечный этап разработки КП НТП в лесопромышленном комплексе БССР предполагает в лесозаготовительной промышленности, в первую очередь, совершенствование средств труда и технологических процессов. На лесосечных работах нужны системы машин, которые обеспечивают комплексную механизацию всех опера-

ций, техническую и технологическую согласованность работы машин, унификацию узлов и деталей, однотипность базовых шасси и т. д. Необходимо полное освоение и рациональное использование отводимого в рубку лесосечного фонда. При рассмотрении этого вопроса нельзя, как иногда делают, ориентироваться только на техническую и технологическую стороны дела. Даже для определения потребности в технике надо вначале обосновать перспективы развития того или иного производства.

Внедрение технологии лесозаготовок с вывозкой деревьев сдерживается там, где используют дороги общего пользования: требуются создание промежуточных складов, организация двухступенчатой вывозки. Автопоезда с повышенной энергонасыщенностью и грузоподъемностью могут найти здесь применение. На лесных же дорогах целесообразно использовать менее грузоподъемные автомашины повышенной проходимости. На нижних складах будет продолжаться процесс механизации операций, связанных с раскряжевкой и сортировкой древесины. Намечается повышение уровня концентрации и специализации нижнескладских работ.

В деревообрабатывающей промышленности планируется повышение технического оснащения и совершенствование технологии основных и вспомогательных работ, рационализация труда и управления производством. Необходимо увеличить выпуск новых прогрессивных видов продукции на базе переработки низкокачественной древесины и отходов производства. В лесопилении основным направлением повышения технического уровня является дальнейший рост объемов агрегатной переработки пиловочника на пиломатериалы и технологическую щепу на специализированных потоках с использованием фрезерно-брусующих и фрезернопильных установок. Технический прогресс в производстве фанеры характеризуется организацией выпуска специальных ее видов с заданными свойствами (большеформатной, облицованной).

В производстве древесных плит будут проведены мероприятия по расширению сырьевой базы, реконструкции действующих цехов ДСП, переводу их на выпуск плит с тонкоструктурной поверхностью при сокращении расхода сырья и химикатов, новых видов древесных плит со специальными свойствами (ориентированной структурой, тонких плит, цементно-стружечных и плит для полов и стандартных домов), техническому перевооружению и реконструкции цехов ДВП. Намечается значительно увеличить выпуск ДВП и ДСП. В производстве мебели планируется комплекс работ по обеспечению быстрой перестройки производства и обновлению ассортимента, повышению потребительского и эстетического уровня выпускаемой мебели; внедрению единой системы унификации и стандартизации; новых видов материалов и на их базе перспективных технологических процессов, систем машин и механизмов, работающих преимущественно в автоматизированном режиме; механизации процессов сборки, упаковки и складирования деталей и изделий мебели. Особое внимание будет уделено изучению и прогнозированию спроса населения на мебель.

В программе по целлюлозно-бумажной промышленности обоснована необходимость решения следующих технических и технологических проблем: рациональное использование всех компонентов древесины; внедрение эффективных способов облагораживания макулатуры; разработка технологии применения связующих для увеличения выпуска малотоннажных высококачественных видов бумаги и картона; увеличение степени водооборота на бумажных фабриках; обеспечение охраны окружающей среды от вредного воздействия выбросов.

В целом раздел «Лесопромышленный комплекс» комплексной программы НТП БССР содержит описание развития подотраслей и производств в техническом плане, которое сопровождается прогнозом основных технико-экономических показателей. Однако в нем нет увязки не только с совершенствованием техники и технологии, но и между отдельными показателями. Не спасает и то обстоятельство, что прогноз составлен в двух вариантах, отличающихся лишь темпами роста — сокращения.

Нет в целевой программе сбалансированности лесопромышленного комплекса БССР как внутренней, так и внешней. Причем похоже, что такая задача даже не ставилась. Темпы развития отдельных производств не увязаны со структурой лесосырьевых ресурсов в перспективе, нет уверенности, что эти ресурсы будут рационально, достаточно полно и эффективно использованы. В то же время ввоз некоторых сортиментов круглого леса в республику сохранится и на ближайшие годы. В целлюлозно-бумажной промышленности намечается значительный рост выпуска различных картонно-бумажных товаров и не предусматривается развитие производства целлюлозы, следовательно, намерения расширить выпуск нужной народному хозяйству конечной продукции возможны только за счет ввоза полуфабрикатов.

При отсутствии в программе мероприятий, имеющих ключевое значение, программа содержит множество частных, бездоказательных утверждений. Это касается, например, склеивания короткомерных пиломатериалов по длине и сечению с разработкой соответствующей технологии и оборудования, утилизации опилок путем брикетирования без связующих.

Развитие НТП в региональном лесопромышленном комплексе должно быть, в первую очередь, подчинено решению главной задачи — обеспечить рациональное и комплексное использование ресурсов древесного сырья, всех полуфабрикатов при удовлетворении потребностей региона в продукции ЛПК с учетом его региональной специализации. Исходя из этого и учитывая практику разработки комплексной программы НТП БССР (раздел «Лесопромышленный комплекс»), считаем необходимым применение строгих доказательных методов для обоснования направлений развития НТП в лесных отраслях. Для этого может быть модернизирована и приспособлена к новым условиям экономико-математическая модель комплексного использования древесного сырья [2].

Цель программы НТП в лесопромышленном комплексе — выбор таких направлений переработки древесного сырья, которые обеспечивают его наиболее эффективное использование. Одновременно определяются и самые эффективные технологии и техника с учетом региональных особенностей, максимального удовлетворения потребностей в продукции лесопромышленного комплекса и специализации региона.

Таким образом, необходимо максимизировать эффект от использования имеющихся ресурсов, используя многообразие направлений переработки, технологий и техники, т. е. целевую функцию модели можно записать так:

$$\sum_{i, j, k} P_{ijk} x_{ijk} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где P_{ijk} — эффект от использования сырьевых ресурсов вида i в производстве (направлении переработки) j по технологии k ;

x_{ijk} — объем производства j с использованием сырья вида i по технологии k .

Принятые ограничения модели:

по сырьевым ресурсам

$$\sum_{j,k} x_{ijk} b_{ijk} \leq A_i; \quad i \in I; \quad j \in J; \quad k \in K, \quad (2)$$

где b_{ijk} — норма расхода сырья вида i на производство j по технологии k ;

A_i — объем сырьевых ресурсов вида i .

Констатация $k \in K$ позволяет увязать региональную КП НТП с общесоюзной, так как в первой будут рассматриваться только рекомендуемые к использованию технологии;

по трудовым ресурсам

$$\sum_{i,j,k} x_{ijk} t_{ijk} \leq T, \quad (3)$$

где t_{ijk} — трудоемкость изготовления продукции j из сырья вида i по технологии k ;

T — предельная численность работающих в ЛПК региона;

по капитальным вложениям

$$\sum_{i,j,k} x_{ijk} k_{ijk} \leq K, \quad (4)$$

где k_{ijk} — удельные капитальные вложения в производство j из сырья i по технологии k ;

K — предельно допустимые общие капитальные вложения в региональный ЛПК.

Могут быть установлены также ограничения по экологическим соображениям аналогично [1].

Под сырьевыми ресурсами в данной модели следует понимать не только заготавливаемую древесину, но и вторичные ресурсы древесного сырья, а также промежуточную продукцию из него (пиломатериалы, плиты, целлюлозу, черновые заготовки и т. д.). Таким образом, рассматриваются все виды производств и все переделы работ вплоть до получения конечной продукции.

Потребности данного и других регионов в конечной продукции ЛПК могут определяться ограничениями на общие объемы производства каждого вида продукции

$$B_j^{min} \leq \sum_{i,k} x_{ijk} \leq B_j^{max}, \quad (5)$$

где B_j^{min} , B_j^{max} — общий объем производства продукции j (нижняя и верхняя граница).

Могут применяться и более сложные выражения, учитывающие взаимозаменяемость продукции в потреблении.

При практическом применении модели (1)–(5) наибольшие сложности возникают с информацией, в частности при определении эффекта P_{ijk} . Однако автоматизированный расчет этого показателя, автоматизация подготовки и решения задач позволяют свести эту сложность лишь к формированию информационной базы и в дальнейшем к пополнению ее и поддержанию в работоспособном состоянии.

Применение модели в программах НТП региональных лесопромышленных комплексов позволит: с одной стороны, учесть специфику каждого региона (структуру его лесосырьевых ресурсов, наличие трудовых ресурсов и т. д.); с другой, обосновать реальные, соответствующие региональным условиям направления технической политики, наиболее эффективные технологии и оборудование в каждом лесопромышленном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гейзлер П. С. Совершенствование модели структуры лесопромышленного комплекса // Лесп. журн.— 1981.— № 3.— С. 121—126.— (Изв. высш. учеб. заведений).
[2]. Петров А. П., Гейзлер П. С. Модель оптимизации комплексного использования древесного сырья в лесоперерабатывающей промышленности // Экономика и математические методы.— 1976.— № 6.— С. 1189—1195.

Поступила 5 июня 1989 г.

УДК 630*66(438)

ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗАТРАТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО И ЗАГОТОВКУ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ПОЛЬШЕ

В. СТРИКОВСКИ

Институт технологии древесины, г. Познань

1. Теоретическое представление об общественных затратах. Проблематика общественных затрат в Польше получила самое широкое развитие в сырьевом хозяйстве, особенно в отношении к воспроизводимому сырью. В этих разработках к общественным затратам относят каждую реальную величину расходов, связанную с изготовлением продукции, а также с сокращением природных ресурсов и снижением качества природной среды, которые уже другим образом не могут служить удовлетворению потребностей. Несколько иное понимание общественных затрат, касающееся невоспроизводимого сырья, — это полный учет всех общественных потерь и выгод, связанных с ведением определенной хозяйственной деятельности, включая оценку вредных изменений среды и бытовых условий в связи с данной деятельностью [2].

Исследованию общественных затрат на древесину предшествовала следующая гипотеза: понесенные обществом затраты, связанные с заготовкой древесного сырья, не соответствуют стоимости используемых ресурсов в условиях расширенного воспроизводства. В свою очередь, это совокупность общественных затрат, имевших или не имевших места, необходимых для получения древесины, способной удовлетворять общественные потребности на уровне потенциальной производительности лесов, при одновременном полном выполнении ими внепроизводственных функций [8]. Приняв такое определение категории общественных затрат на производство и заготовку древесного сырья, можно рассмотреть эту категорию с трех точек зрения:

фактические затраты (своевременно зарегистрированные);
неправильно учтенные (сниженные или завышенные) или необходимые, но неиспользованные;

общественно излишние затраты, в том числе и понесенные убытки.

Вопрос о принятии в качестве основы фактических затрат вызывает определенные трудности; этот вопрос требует отдельного изучения. Поэтому будем рассматривать его лишь в масштабе, необходимом для уяснения концепции в целом. При этом речь должна идти об исходной базе определения этих затрат; это будут фактические (средние) или предельные затраты.

Оценивая природные невоспроизводимые ресурсы, известный советский экономист Л. Канторович применил концепцию предельных затрат как стимулятора оптимального использования хозяйственных ресурсов [6]. В Польше О. Ланге также является сторонником предельных затрат, однако это касается затрат на производственную деятельность промышленности [7].

Существовавшая до сих пор практика показывает, что расчет затрат в лесном хозяйстве Польши основан на фактических затратах,

соответственно модифицированных финансовой системой. С этим расчетом неразрывно связаны правила лесного хозяйства, суть которых заключается в том, что в лесном хозяйстве должны соблюдаться основные законы, управляющие лесохозяйственным производством, чтобы леса не подвергались деградации и разрушению. Прежде всего должен соблюдаться принцип постоянства и последовательности пользования. Однако этот принцип невозможно соблюдать в масштабе единичной лесной дачи или лесничества, так как заданные пропорции заготовки искажают такие факторы, как: хищническое лесопользование во время второй мировой войны; нерациональная заготовка древесины в период послевоенного восстановления страны; стихийные бедствия и отрицательные последствия загрязнений на продуктивность лесов.

Учитывая указанные факторы, очевидно, необходимо в качестве фактических затрат принять средние затраты на древесину на корню в масштабе всей страны, что позволит выразить фактические затраты, как основу для определения общественных затрат, следующей формулой:

$$K_{rz} = K_{pm} + K_{zd} + K_{sz} + K_0 + F_i + K_s, \quad (1)$$

где K_{rz} — средние фактические издержки на производство и реализацию древесины в данном году;

K_{pm} — затраты на заготовку и раскряжевку древесины;

K_{zd} — затраты на трелевку и транспортировку древесины;

K_{sz} — скупка и расход древесины;

K_0 — общие издержки, т. е. общепроизводственные и административно-управленческие расходы, дебетующие производство;

F_i — начисление в так называемый фонд лесовосстановления;

K_s — издержки реализации.

2. Составные элементы общественных затрат на производство и заготовку древесного сырья. В понятие этих затрат включаются следующие элементы:

K_{rz} — фактические затраты (регистрируемые);

K_{np} — сэкономленные затраты;

K_{nd} , K_p — завышенные или заниженные затраты;

K_z — общественно излишние затраты.

Согласно принятой методике, для определения общественных затрат на производство и заготовку древесного сырья исходным элементом считаются средние фактические затраты на производство древесины для всей страны в государственных лесах.

Сэкономленные и неправильно учтенные (завышенные или заниженные) затраты — это затраты, необходимые для обеспечения возможного в наших условиях уровня производства.

В состав общественно излишних затрат* входят следующие статьи: так называемые приписанные затраты K_{pp} , т. е. понесенные государственными лесами, но не имеющие непосредственной связи с производственными функциями лесного хозяйства. К ним относятся: затраты на озеленение страны; на освоение лесов для туризма и рекреации; возмещение ущерба сельскому хозяйству в результате потравы лесными зверями;

суммы общественного ущерба K_{ss} , к числу которых относятся: ущерб от снижения производительности древостоев (снижение приро-

* Термин «общественно излишние затраты» может возбуждать некоторые языковые спорные вопросы. Надо подчеркнуть, что речь идет о затратах, излишних с точки зрения критерия «производства древесины».

ста), поврежденных вследствие загрязнения атмосферы; от ухудшения качественной структуры заготавливаемого древесного сырья; вызванный просроченностью хранения древесины в лесу; от пожаров леса.

С учетом указанных уточнений формулу для определения общественных затрат на производство и заготовку древесного сырья можно записать следующим образом:

$$K_s = K_{rz} + K_{np} + K_{nd} - K_p - K_{pp} + K_{ss} . \quad (2)$$

3. Оценка общественных затрат на производство и заготовку древесного сырья в Польше.

С учетом методического характера статьи все величины даны в относительных величинах (процентах).

3.1. Фактические затраты. Согласно методике, учитываются средние фактические затраты для всей страны. Нами они приняты за 100 % на 1 м³ заготовленного древесного сырья.

3.2. Сбереженные затраты. Эта группа затрат вызывает определенные трудности как с точки зрения их содержания, так и количественного определения. Представляется, что они необходимы для получения лучших количественных и качественных результатов, однако на настоящем этапе их определение является довольно сложной задачей. К этой группе, например, можно было бы отнести затраты, необходимые для интенсификации лесного производства, несение которых сделает возможным: повышение точности выполнения задач в области семеноводства; увеличение объема мер по уходу за лесом в соответствии с потребностями; увеличение объема закладки плантаций быстрорастущих деревьев с сокращенным производственным циклом и т. п.

3.3. Заниженные затраты. Согласно методике, в эту группу включены издержки, связанные с переустройством и реконструкцией древостоев; развитием инфраструктуры, в том числе ремонт и строительство лесных дорог, домостроение, мелиорация; дополнительной оценкой амортизации в порядке ревалоризации основных фондов; освоением недоступных и труднодоступных лесов; созданием материальных стимулов для стабилизации занятости в лесном хозяйстве; дополнительным финансированием негосударственных лесных хозяйств; созданием и содержанием национальных парков и заповедников. В сумме эти затраты в 1988 г. составили 81,3 %.

Рассмотрим эти издержки.

3.3.1. Переустройство и реконструкция древостоев. Их необходимость вытекает из плохого состояния лесов, а также из угрозы экологического бедствия в ближайшие годы. Все величины, связанные с затратами на эти мероприятия, определены эмпирически специалистами с учетом степени деградации древостоев, объема работ и времени. Годовые затраты составили 36,6 % фактических затрат на 1 м³ древесины.

3.3.2. Развитие инфраструктуры. Главным детерминантом сохранения производства древесины на определенном уровне является механизация лесных работ. Она связана с введением тяжелого оборудования на всех этапах лесного производства. Были учтены также потребности в дорожном и жилищном строительстве. Затраты на эти нужды составили 13,6 % фактических.

3.3.3. Дополнительная оценка амортизации в порядке ревалоризации основных фондов. Необходимость анализа и учета этого элемента связана с тем, что в Польше стоимость основных фондов и величина их амортизации слишком низки. Неправильно сниженная оценка в пересчете на фактические затраты 1 м³ древесины составила 5,7 %.

3.3.4. Освоение недоступных и труднодоступных древостоев. Потребность в затратах на вовлечение в хозяйственную деятельность этих лесов обоснована имеющимся и ожидаемым в ближайшие годы

дефицитом древесины, а также чрезмерной эксплуатацией доступных лесов. Для определения необходимых расходов приняты: площадь недоступных и труднодоступных лесов, а также продолжительность осуществления мероприятия. Затраты составили 11,8 % фактических.

3.3.5. Создание материальных стимулов для стабилизации занятости в лесном хозяйстве. В этой отрасли имеет место периодический дефицит рабочей силы, что усложняет выполнение производственных задач. Для выравнивания положения необходимо заработную плату в лесном хозяйстве привести в соответствие с уровнем заработной платы в стране в целом. Для этого следовало бы дебетовать общественные издержки на древесное сырье в размере 10,5 % на 1 м³.

3.3.6. Дополнительное финансирование негосударственных лесных хозяйств. Леса, не составляющие государственной собственности, охватывают около 18 % общей площади лесов в Польше. Это прежде всего частные земледельческие хозяйства (90 %). Для повышения производительности и общего состояния этих лесов требуется дополнительное финансирование. Было принято допущение, что половину средств внесут владельцы негосударственных лесов, а остальная часть будет дебетоваться из общественных затрат на производство древесины в государственных лесах. Эти затраты составили 1,8 % фактических затрат производства 1 м³ древесины.

3.3.7. Создание и содержание национальных парков и заповедников природы. Многие функции леса приходят в противоречие с функцией материального производства. Общественное мнение сводится к необходимости расширять площадь лесов, особенно I группы, заповедников природы, национальных парков, других форм защиты природы. Изменение общественных затрат на производство и заготовку древесного сырья в результате создания и содержания национальных парков и заповедников природы проявляется в уменьшении товарного производства лесов в целом; повышении расходов на заготовку древесины. Сумма общественных затрат составила 1,3 % фактических.

3.4. Неправильно оцененные, завышенные затраты. Принятая методикой статья завышенных затрат в реально осуществляемой модели хозяйствования имеет лишь познавательное значение. Существующая хозяйственная модель является типично инфляционной. Проведенный анализ не обосновал выделения этой группы затрат в отношении к производству и заготовке древесины.

3.5. Общественно излишние затраты. В сумме в 1988 г. они составили 61,6 %.

3.5.1. Приписанные затраты (в 1988 г. всего 3,9 %). Согласно разработанной методике, к ним были отнесены три статьи затрат, не связанные с производством древесины, но учтенные в его дебете.

3.5.1.1. Затраты на посадку деревьев в порядке озеленения страны. Затраты на озеленение, понесенные государственными лесохозяйственными организациями, уже ряд лет систематически занижаются и составляют 0,1 % фактических.

3.5.1.2. Затраты на освоение лесов туристами и на рекреацию*. Правильное освоение лесов для туризма требуется как в интересах народа, так и государства. Однако возникает вопрос: как возместить расходы? Проще всего включить указанные расходы в цену древесины. Принято, что затраты в этой статье должны составлять 1,2 % на 1 м³ производства древесины.

3.5.1.3. Возмещения ущерба в результате потрав лесными зверями. Значительную статью в расходах на лесовыращивание составляют де-

* По нашему мнению, освоение лесов для туризма должно финансироваться из средств, накапливаемых на цели туризма и рекреации.

нежные суммы, связанные с финансированием лесного ущерба. По существу нет основы для возмещения этих потерь. Потребовалось дополнительное финансирование из лесного фонда в объеме 2,6 % затрат на производство 1 м³ древесины.

3.5.2. Затраты на общественный ущерб (в сумме в 1988 г. 57,7 %).

3.5.2.1. Ущерб, вызванный просроченностью хранения древесины в лесу. Необходимость сокращения времени от рубки древесного сырья до его промышленной переработки вытекает из свойств древесины, которая теряет качество по мере удлинения сроков складирования. Этот общий императив стал основой для определения величины ущерба, вызванного просроченностью хранения древесного сырья в лесу выше допустимой нормы.

Для определения ущерба, вызванного просроченностью хранения древесины в лесу и на складах, был использован метод Р. Дзевановского [3]. По этому методу, древесина, своевременно не вывезенная из леса, подвергается деградации, что приводит к снижению ее качества и потерям. Степень деградации была определена эмпирически. В пересчете на фактические затраты она составила 2,4 % на 1 м³ древесины.

3.5.2.2. Ущерб от снижения производительности древостоев вследствие загрязнения атмосферы. Как указывалось раньше, проблема ущерба, возникающего под влиянием загрязнения воздуха, в последние годы имеет тенденцию роста. Этому вопросу уделяется все больше внимания как в стране, так и за рубежом [1, 4]. В Польше, например, проведен ряд расчетов по определению размера этого ущерба. Однако все эти расчеты не были эмпирически проверены. Тем не менее, несмотря на некоторые возражения, можно принять для расчета величины, представленные компетентными учреждениями. Для глобального расчета общественных затрат производства и заготовки древесины были приняты данные Главного статистического управления [5]. По этим данным, ущерб от снижения прироста древесной массы, вызванный загрязнениями воздуха (главным образом SO₂, фтористым азотом и другими соединениями фтора, углеводородами, пылью) составляет 3 млн м³ древесины в год, или 12,3 % фактически зарегистрированных затрат на производство древесины.

3.5.2.3. Ущерб, вытекающий из ухудшения качественной структуры заготавливаемого древесного сырья. На настоящем этапе развития лесных наук и лесоводства мы не располагаем механизмом точного определения ущерба от снижения качества заготавливаемого древесного сырья. Польские авторы величину этих потерь оценивают по данным Исследовательского института лесного хозяйства [5]. В пересчете на 1 м³ древесины этот ущерб составляет 41,8 % фактических затрат. Эта величина относительно высока по сравнению с изменениями качества заготавливаемой древесины и продукции ее переработки. По мере получения данных о качестве древесины, заготовленной на территориях, подвергшихся промышленным эмиссиям, следовало бы проверить оценку потерь.

3.5.2.4. Потери древесины от лесных пожаров. Объем ущерба от пожаров регистрируется в Польше по количеству и стоимости, затраты составили 1,2 % на 1 м³ древесины.

4. Синтез элементов общественных затрат на производство и заготовку древесного сырья в 1988 г. Подставляя элементы затрат в формулу (2), получаем следующую синтетическую величину: $K_s = 235,1 \%$.

Таким образом, общественные затраты на производство и заготовку древесного сырья по данным 1988 г. составили 235,1 % средних производственных затрат на древесину, зарегистрированных в отчетах.

Общественные затраты должны быть основой для экономических расчетов и служить интересам рационального использования древесных ресурсов с точки зрения общественных потребностей и приоритетов. Однако эту роль затраты могут сыграть только тогда, когда они основаны на правильных ценах, отражающих потери ресурсов и прирост полезностей.

Следует подчеркнуть, что даже точное определение общественных затрат не может стать предпосылкой для принятия решений об изменении цен. Эта категория должна найти применение в долгосрочной политике формирования ценовых соотношений в отдельных комплексах, в том числе в лесопромышленном, где идет поиск эффективных ценовых решений, позволяющих оптимизировать расход древесного сырья при одновременном учете внепроизводственных функций, выполняемых лесами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Babicki R., Mencil A. Konsekwencje degradacji zasobów lesnych dla gospodarki drewnem w Polsce // *Gospodarka Planowa*.—1989.—N 3. [2]. Bojarski W. Koszt społeczny węgla // *Zycie Gospodarcze*.—1986.—N 22. [3]. Dziewanowski R. Aspekty techniczno-ekonomiczne scinki surowca tartaczno iglastego i jego przerobu // *Przemysl Drzewny*.—1986.—N 8. [4]. Forest decline and reproduction regional and global consequences.—Laxenburg, Austria: International Institute For Applied Systems Analysis, 1987. [5]. Informacje operatywne GUS, Lesnictwo.—Warszawa, marzec 1987. [6]. Kantorowicz W. Rachunek ekonomiczny optymalnego wykorzystania zasobów // *PWE*.—1981. [7]. Lange O. *Dziela* // PWN.—T. 2.—1975. [8]. Strykowski W., Bluch Cz. *Okreslenie społecznych kosztów produkcji i pozyskania surowca drzewnego*.—Poznan: Instytut Technologii Drewna, 1986.

Послано 27 октября 1989 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.047

ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

В. М. ПОПОВ, В. П. БЕЛОКУРОВ

Воропежский лесотехнический институт

Сушка пиломатериалов — сложный процесс тепло- и массообмена. Для выбора оптимального режима сушки древесины необходима информация о характере влияния внешнего воздействия на процессы тепло- и массопереноса и о формировании полей градиентов влажности, температуры и внутреннего избыточного давления.

Ранее предполагали, что перемещение влаги в пиломатериалах осуществляется под действием градиента концентрации влаги и соответствующих коэффициентов диффузии. Экспериментальные исследования показали [2], что при сушке пиломатериалов важную роль (а может быть и первоочередную) играет фильтрационный влагоперенос, осуществляемый за счет градиента внутреннего избыточного давления. Г. С. Шубин [4] одним из первых исследовал внутреннее избыточное давление, которое возникло еще в период прогрева древесины, т. е. при температуре образца ниже температуры насыщения. Отсюда можно сделать вывод, что внутреннее избыточное давление есть давление парогазовой смеси, а не только одного водяного пара. Возникновение давления можно объяснить расширением находящегося внутри нагреваемой древесины воздуха и пара и сопротивлением скелета материала фильтрационному влагопереносу.

В связи с вышесказанным определенным интерес представляет аналитическая зависимость, позволяющая установить влияние различных градиентов на процесс сушки пиломатериалов. Для этого рассмотрим термодинамику паровоздушной смеси в процессе сушки древесины. Согласно первому закону термодинамики, тепло, подведенное к паровоздушной смеси, расходуется на изменение внутренней энергии и на совершение работы по расширению смеси:

$$dQ = dU + dL, \tag{1}$$

где $U = Wu = W(i - pv)$ — внутренняя энергия паровоздушной смеси массой W ;
 i — энтальпия паровоздушной смеси;
 v — удельный объем паровоздушной смеси при давлении p .

Известно, что $Wv = V$ — объем, занимаемый в капиллярах паровоздушной массой. Учитывая, что объем капилляров V — величина постоянная, имеем $dV = 0$. Масса же паровоздушной смеси W — величина переменная. Тогда

$$dU = Wdu + udW$$

или

$$dU = Wd(i - pv) + (i - pv)dW.$$

Отсюда

$$dU = idW + Wdi - Vdp. \tag{2}$$

Так как в процессе экспериментальных исследований измеряемыми параметрами являются внутреннее избыточное давление [3] и температура T , то i и di выразим через эти величины:

$$\begin{aligned} di &= \left(\frac{\partial i}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T dp = c_p dT + \left(\frac{\partial(u + pv)}{\partial p}\right)_T dp = \\ &= c_p dT + \left[p\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T + v\right] dp. \end{aligned}$$

Так как согласно работе [1]

$$p\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T = -T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p,$$

то

$$di = c_p dT - \left[T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p - v\right] dp. \tag{3}$$

Отсюда

$$i = i_0(T) + \int_0^p \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right] dp. \quad (4)$$

Подставив выражения (3) и (4) в (2), получим:

$$du = W \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p dT + W \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right] dp + \left\{ i_0(T) + \int_0^p \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right] dp \right\} dW - V dp$$

или

$$du = idW + W \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p dT - W \left[T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v \right] dp - V dp. \quad (5)$$

Из выражения (1) найдем второе слагаемое, т. е. работу расширения паровоздушной смеси в капиллярах древесины:

$$dL = W dl = W p dv = - p v dW. \quad (6)$$

При определении dQ предположим, что прогрев капиллярно-пористого материала древесины площадью F за время $d\tau$ осуществляется исключительно за счет теплопроводности. Тогда на основании закона Фурье запишем

$$dQ = -\lambda \frac{dT}{dx} F d\tau. \quad (7)$$

Подставив (5), (6) и (7) в уравнение (1), найдем:

$$-\lambda \frac{dT}{dx} F d\tau = idW + W \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p dT + W \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right] dp - V dp - p v dW$$

или

$$-\lambda \frac{dT}{dx} F d\tau = idW + W \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p dT - W T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p dv - p v dW. \quad (8)$$

Разделим обе части уравнения (8) на $d\tau$

$$-\lambda \frac{dT}{dx} F = i \frac{dW}{d\tau} + W \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p \frac{dT}{d\tau} - W T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \frac{dv}{d\tau} - p v \frac{dW}{d\tau}. \quad (9)$$

Для определения в выражении (9) слагаемых $\left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$, $\left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p$ и энтальпии i используем уравнение состояния для паровоздушной смеси. А так как в экспериментах измеряли парциальное давление p и температуру T , то:

$$p v = RTz(p, T), \quad (10)$$

где z — коэффициент сжимаемости, определяемый по графикам или из соответствующих таблиц; он дает возможность оценить степень графического отклонения данной паровоздушной смеси от ее поведения в идеальном состоянии.

Из уравнения (10) легко определить $\left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$. Энтальпию находим из равенства

$$i(p, T_2) = i(p, T_1) + \int_0^p \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right] dp,$$

а затем вычисляем и $\left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p$.

В выражении (9) неизвестной остается лишь одна величина W , характеризующая массу паровоздушной среды в порах древесины; последнюю определяем из уравнения (10):

$$W = \frac{pV}{RTz}.$$

С помощью уравнения (9) представляется возможность проследить влияние на процесс сушки пиломатериалов таких факторов, как градиенты влажности, темпера-

туры и избыточного парциального давления паровоздушной смеси. Количественная характеристика различных полей потенциалов, влияющих на сушку пиломатериалов, позволит оценить и качественную сторону процесса, определяющую перенос тепла и массы в изучаемой системе, и наметить пути оптимального режима сушки при интенсификации данного технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика.— М.: Энергия, 1974.— 448 с. [2]. Лебедев П. Д. Высокотемпературная сушка материалов под действием внутреннего градиента давления пара: Тр. МЭИ, 1958.— Вып. 30. [3]. Лыков А. В., Максимов Г. А. Исследование процесса сушки в поле высокой частоты. Тепло- и массообмен в капиллярно-пористых телах.— М.; Л.: Госэнергоиздат, 1957. [4]. Шубин Г. С. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена при высокотемпературной конвективной сушке плоских древесных материалов // Сб.: Тепло- и массоперенос.— Минск, 1961.— т. 4.

УДК 624.011.1

ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Р. И. РЫКОВ, Б. Ц. ЦЫРЕНЖАПОВ

Восточно-Сибирский технологический институт

Прочностные и деформативные характеристики древесины при пожаре зависят от ее влажности и температуры. Температурное поле сечения образца при испытании неоднородно. Более прогретые внешние части сечения обладают меньшей прочностью, и как только их температура достигает критических значений (когда несущая способность нагретой древесины равна напряжениям от нагрузки), они разрушаются. Тогда напряжение в оставшейся, менее нагретой, части возрастает.

В работе [8] приведены сведения об изменении влажности древесины при нагреве; эти данные использованы для оценки состояния деревянной конструкции. В реальной конструкции влажность сечения древесины на глубине 4 см и больше от внешней грани сечения изменяется незначительно. Наблюдается даже повышение влажности во внутренней части сечения из-за двухсторонней миграции влаги при нагреве.

На рис. 1 показаны графики изменения влажности древесины, построенные по результатам исследований, приведенных в работах [5] и [7].

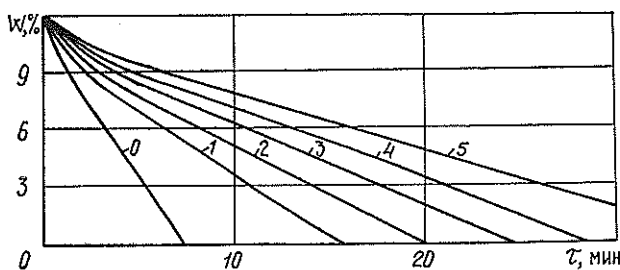


Рис. 1. Зависимость влажности W в сечениях деревянных конструкций от продолжительности пожара τ : 0—5 — номера слоев (от поверхности) толщиной $\Delta b = 0,5$ см (0 — внешняя грань сечения; 1—5 — соответственно на расстоянии 1—5 см от внешней грани)

Уравнение, полученное в результате аппроксимации экспериментальных данных для конструкции прямоугольного сечения с площадью bh и начальной влажностью $W_0 = 12\%$ в блоках $\Delta b = 0,5$ см, имеет вид:

$$W_i(\tau) = 12 - \frac{1,5}{i} \tau;$$

а среднее значение влажности сечения в зависимости от времени τ

$$W(\tau) = 12 - \frac{0,03}{b + 2\alpha\tau} \tau,$$

где i — номер слоя;
 α — скорость обугливания.

Для определения температуры в момент разрушения необходимы сведения о нагреве по сечению конструкции во времени.

По результатам исследований [2—6] построены зависимости, приведенные на рис. 2.

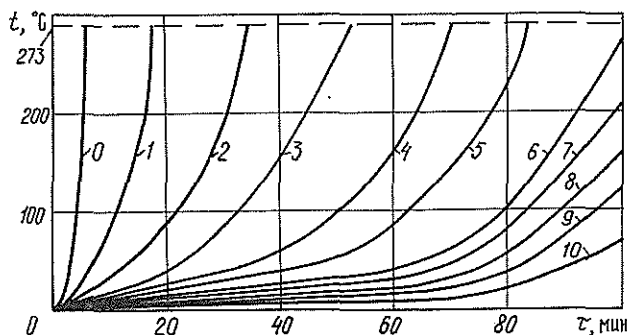


Рис. 2. Зависимость температуры t от продолжительности пожара τ : 0—10 — номера слоев (0 — внешняя грань сечения; 1—10 — соответственно на расстоянии 1—10 см от внешней грани)

В работе [1] исследовалось распределение температуры в сечении антипирро-ванных и непропитанных стоек (сечение $14,4 \times 15$; 19×14 ; $15 \times 15,9$ см) в течение 40 мин. Для антипирро-ванной стойки измерения показали снижение температуры на 65 % на расстоянии 2 см от поверхности сечения, но в дальнейшем рост температуры превышал соответствующие характеристики в непропитанной (на расстоянии 4 см — на 88 %). На глубине 5 см температура в антипирро-ванной стойке на 67 % ниже; переугливание наблюдалось на поверхности при достижении температуры 275 °C.

Обнаружена эффективность покрытий на основе минеральной ваты, обладающих теплоизоляционными свойствами; при огневых испытаниях балок древесина не прогревается [2].

В работе [3] исследован прогрев древесины в сечении ($12 \times 40,5$ см) балки пролетом 3 м. Через 45 мин температура в балке на расстоянии 3,2 см от внешней грани конструкции составила 273 °C; глубина обугливания равнялась этой же величине. На глубине 5,3 см прогрев древесины был 100 °C. На поверхности обугливания (глубина 2,1 см) температура была выше 100 °C.

Аппроксимируем зависимость температур от времени воспламенения τ_{ik} (рис. 2) уравнением

$$t_i = 20 + \frac{253}{\tau_{ik}^2} \tau^2.$$

Построим график зависимости τ_{ik} от номера слоя и аппроксимируем эту зависимость в виде прямой

$$\tau_{ik} = b + ai.$$

Так как $\tau_{10k} = 267$ мин (τ_{10k} — время воспламенения 10-го слоя) выпадает из закономерности ряда других данных, то это время скорректируем $\tau_{10k} = 200$. Методом наименьших квадратов при функционале

$$F(ba) = \sum (b + ai - \tau_{ik})^2 \rightarrow \min$$

получим $a = 18,04$; $b = 1,25$.

Следовательно, время воспламенения

$$\tau_{ik} = 1,25 + 18,04i,$$

а изменение температуры

$$t_i = 20 + (253/(1,25 + 18,04i)^2) \tau^2.$$

Определим среднюю температуру и влажность в прямоугольном сечении bh при нагреве по режиму «Стандартного пожара» как

$$t_{cp} = \int_a^b t(s)(h - 2a\tau) ds / \int_a^b (h - 2a\tau) ds,$$

где $s = (b - 2a\tau)/2$ — расстояние от центра сечения до сгоревшего слоя по ширине сечения.

Тогда для прямоугольного сечения

$$t_{cp}(\tau) = 20 + 253 \left\{ \tau / [2 + 850(b + 2a\tau)] \right\}^2.$$

По предложенным формулам можно определить средние температуры и влажность в сечении деревянных конструкций при пожаре.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванова Е. К. Огнестойкость клееных деревянных стоек: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— М., 1952. [2]. Каллиониemi. Защита деревянных стропений от пожаров // Огнестойкость деревянных конструкций: Сб. тр. сов.-фин. симпоз.— Тбилиси, 1980.— С. 146—148. [3]. Кирриченков Г. М., Ломакин А. Д. Оценка эффективности применения огнезащитных покрытий для клееных деревянных балок сплошного сечения. Исследования в области обеспечения долговечности деревянных конструкций.— М., 1971.— С. 121—127. [4]. Экспериментальные исследования огнестойкости деревянных клееных конструкций для промышленного строительства // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов. фин. симпоз.— Тбилиси, 1980. [5]. Holm S. A survey of the goals and results of fire endurance investigations especially from the viewpoint of glued laminated structures // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов.-фин. симпоз.— Тбилиси, 1980.— С. 17—45. [6]. Jensen V. Chr., Karlsson B. E. Branddimensionering of Bxrende trækonstruktioner // Byggeindustri.— 1976.— N 1.— P. 27—30. [7]. Kallioniemi P. The strength of Wood structures during fires // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов.-фин. симп.— Тбилиси, 1980.— С. 145—158. [8]. Numan S. The effect of temperature and moisture content on the strength of Wood gullines // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов.-фин. симпоз.— Тбилиси, 1980.— С. 139—144.

УДК 624.011.1

РАЗРУШЕНИЕ КОРОТКИХ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

А. С. ПРОКОФЬЕВ

Воронежский инженерно-строительный институт

В нормативном документе [2] при проектировании клееных деревянных конструкций указано на необходимость проверки прочности по главным напряжениям. Проверку производили в нейтральном слое на расстоянии от оси опорной площадки, равном 0,9 высоты балки, по формуле:

$$\sigma_{pa} = 0,5 \left[\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \right] \leq R_{pa}, \quad (1)$$

где σ_x, σ_y — нормальные напряжения вдоль и поперек волокон;

τ_{xy} — касательные напряжения;

R_{pa} — расчетное сопротивление растяжению под углом к волокнам.

Для клееной балки (сечение 30×160 мм, расчетный пролет 1 200 мм), нагруженной двумя сосредоточенными силами $p = 17,92$ кН на расстоянии по 300 мм от опор [5], в работе [6] получено: $\sigma_x = 0$; $\sigma_y = 0,211$ МПа; $\tau_{xy} = 5,60$ МПа; $\alpha_1 = 5,71$ МПа; $\alpha = 45,54^\circ$; $R_{pa} = 1,13$ МПа.

На основании сравнения действующих напряжений с расчетными сопротивлениями клееной древесины, в работе [6] сделан вывод о том, что раскрыта причина возникновения микротрещин в испытанной балке по геометрическому месту точек, где главные напряжения превышают сопротивление под углом к волокнам примерно в 5 раз, тогда как максимальные величины нормальных и касательных напряжений σ_x и τ_{xy} — в 3,2 и 3,5 раза.

По нашему мнению, такой подход к оценке несущей способности конструкции не аргументирован, так как случайные величины сопротивления клееной древесины сравнивают с расчетными сопротивлениями, имеющими статистический характер.

Нами в работе [3] предложена методика определения теоретической несущей способности конструкции, основанная на использовании фактических свойств древесины.

Напряжения, входящие в уравнение (1), были определены вариационным методом Ритца — Тимошенко для балки-стенки с учетом ортотропности свойств клееной древесины [1]:

$$\sigma_x = \sigma_x^0 + 4a_1(3y^2 - b^2)(x^2 - l^2) + 4a_2(x^2 - l^2)^2(5y^2 - 3b^2)y; \quad (2)$$

$$\sigma_y = \sigma_y^0 + 4a_1(3x^2 - l^2)(y^2 - b^2) + 4a_2(3x^2 - l^2)(y^2 - b^2)y; \quad (3)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy}^0 - 16a_1(3x^2 - l^2)(y^2 - b^2)^2 + 4a_2(3x^2 - l^2)(y^2 - b^2)y, \quad (4)$$

где l — пролет;
 x, y — координаты;
 b — ширина;

a_1, a_2 — коэффициенты [1].

Полученные значения максимальных напряжений ($\sigma_x = 0,03$ МПа; $\sigma_y = 0,42$ МПа; $\tau_{xy} = 5,57$ МПа; $\sigma_1 = 5,81$ МПа; $\alpha = 43,84^\circ$) совпадают с данными работы [6]; максимальное отклонение не превышает 2 %. Сечение расположено на расстоянии 0,3 высоты балки, но это не имеет принципиального значения при оценке разрушения.

В соответствии с методикой [3], в уравнении (1) будем использовать не расчетное сопротивление, а временное сопротивление, полученное при кратковременном испытании образцов натуральных размеров, выполненных из экспериментальных балок.

Всего было испытано 8 образцов стандартной формы площадью 64 см² и углом наклона волокон 44°. В местах захвата образцы армировали тремя клееными стержнями диаметром 4 мм для уменьшения вероятности разрыва в плоскости концентрации напряжений. Для точности центрирования был использован автоматический измеритель деформаций АИД-4.

По результатам испытаний найдено, что среднее арифметическое временное сопротивление $R_{сд}^{вп} = 1,78$ МПа, коэффициент вариации $\gamma = 13,6$ %, показатель точности $\rho = 4,8$ %.

Следовательно, разрушение балки произошло, когда главные растягивающие напряжения превзошли величину временного сопротивления в 3,26 раза ($K_{сд} = 5,81/1,78$), что не может быть справедливым. Определим коэффициент k_{xy} .

Ранее на основании кратковременного испытания 62 натуральных образцов стандартной формы с площадью скальвания 80 см² получено временное сопротивление скальванию $\bar{R}_{ск}^{вп} = 44$ МПа [4]. С учетом качества древесины испытанной балки фактическое временное сопротивление скальванию $R_{ск}^{вп} = \bar{R}_{ск}^{вп} \rho / \bar{\rho} = 44 \cdot 17,92/14,40 = 5,56$ МПа; $K_{\tau_{xy}} = 5,57/5,56 = 1,0$. Значит, разрушение балки произошло в результате достижения равенства касательных напряжений фактическому временному сопротивлению скальванию.

Анализ характера разрушения 24 экспериментальных балок показал, что разрушение происходило в результате сдвига частей балок на высоте поперечного сечения в зоне действия поперечных сил, т. е. от действия касательных напряжений [4]. Разрушение элементов характеризовалось скальванием по древесине в основном на границе между ранней и поздней зоной годового слоя или по ранней части годичного слоя, т. е. сопротивление на сдвиг клееных деревянных балок определялось сопротивляемостью трахенд ранней древесины. Это связано с тем, что структура древесины в слоях балок представляет собой комплекс неодинаковых по прочности чередующихся зон ранней и поздней древесины, и очаги разрушения, как правило, возникают в радиальных стенках ранних трахенд.

Нам было испытано также 6 гнутоклееных балок (сечение 120 × 120 мм, пролет 2 000 мм), имевших начальный выгиб 75 мм, кратковременным статическим нагружением двумя сосредоточенными силами на расстоянии 3/8 пролета от точек опор [6]. Временное сопротивление, вычисленное по формуле

$$R_{p90}^{вп} = 1,5M/rbh$$

(где M — изгибающий момент; r — радиус кривизны; b и h — ширина и высота сечения) и равное 0,40 МПа ($\gamma = 18,75$ %, $\rho = 9,38$ %), оказалось в 2,12 раза меньше, чем временное фактическое сопротивление, полученное при испытании образцов «восьмерок». Здесь наблюдаем обратный результат, когда разрушение в виде разрыва древесины поперек волокон вблизи нейтрального слоя началось при напряжениях, в два раза меньших временного сопротивления древесины растяжению поперек волокон, найденного экспериментально при одноосном напряженном состоянии.

Таким образом, при анализе разрушения деревянных конструкций необходимо использовать фактические сопротивления древесины. Расчетные сопротивления следует использовать при проектных, а не в научно-исследовательских работах. Разрушение коротких клееных деревянных балок происходит в результате деформаций сдвига и характеризуется скальванием древесины. Для оценки несущей способности конструкции, рассчитанной с учетом плоского напряженного состояния недопустимо использовать фактические временные сопротивления древесины, полученные при одноосном напряженном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Климин С. М., Прокофьев А. С. Определение касательных напряжений в деревянных клееных балках // Исследования по строительной механике: Сб.

науч. тр. / ЦНИИСК.—М.: ВНИИС СССР, 1985.—С. 168—175. [2]. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП П-25—80) / Е. М. Знаменский, Е. Н. Серов, А. С. Прокофьев и др.; Отв. ред. А. К. Шенгеля.—М.: Стройиздат, 1986.—216 с. [3]. Прокофьев А. С. Методика экспериментальной оценки несущей способности деревянных конструкций // Исследования строительных конструкций с применением полимерных материалов: Межвуз. темат. сб. / ВИСИ.—Воронеж: Воронеж. ун-т, 1978.—С. 112—113. [4]. Прокофьев А. С. Работоспособность деревянных клееных элементов при статических и циклических воздействиях: Дис. ... д-ра техн. наук.—Курск, 1986.—366 с. [5]. Прокофьев А. С., Кабанов В. А. Сравнительная стойкость клеевых соединений древесины // Лесн. журн.—1984.—№ 4.—С. 66—69. [6]. Серов Е. Н. Анализ напряженного состояния клееных балок в зоне наблюдаемого разрушения // Изв. вузов. Лесн. журн.—1986.—№ 6.—С. 55—61.

УДК 674.09-791.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВОК ДЛЯ СОРТИРОВКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПО МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ МЕТОДОМ ИЗГИБА

В. В. ОГУРЦОВ

Сибирский технологический институт

При перемещении пиломатериалов через сортирующую установку возникают динамические нагрузки, обусловленные неровностями пиломатериалов и изменчивостью их жесткости. Для определенных сочетаний параметров установок и пиломатериалов эти нагрузки могут достигать значений, превосходящих предел упругости пиломатериалов и исключающих возможность их сортировки по механическим свойствам.

Поэтому конструкции и параметры сортирующих установок, а также режимы их функционирования должны базироваться на теории, в основе которой лежат механические и математические модели системы сортирующая установка — пиломатериал.

Рассмотрим широко используемые вальцовые сортирующие установки с продольным перемещением пиломатериалов и одноточечной схемой нагружения.

Сортирующая установка с пиломатериалом имеет бесконечное число степеней свободы, поэтому ее точное математическое описание невозможно. С целью ограничения числа степеней свободы абстрагируемся от малозначительных свойств системы сортирующая установка — пиломатериал и сохраним лишь существенные степени свободы.

Для сортирующих установок с постоянным прогибом (рис. 1) пиломатериал представим в виде совокупности жестких элементов, соединенных шарниром с коэффициентом жесткости C_n и коэффициентом внутреннего трения μ . Смятие древесины пиломатериалов имитируем упругими элементами с коэффициентом жесткости C_{cm} . Роль поверхности пиломатериалов играют шесть волнообразных элементов, расстояние между которыми обеспечивают фазовые сдвиги в неровностях.

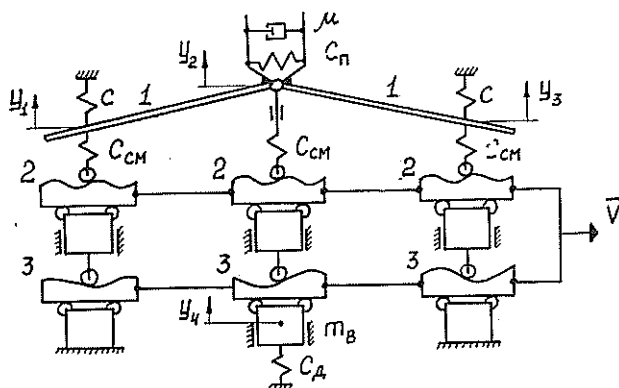


Рис. 1. Динамическая модель сортирующей установки с постоянным прогибом: 1 — пиломатериал (прогиб для наглядности преувеличен); 2 — имитация периодических неровностей пиломатериалов; 3 — имитация неперiodических неровностей пиломатериалов; m_b — масса изгибающего вальца и жестко связанных с ним тел

Для сортирующих установок с постоянной изгибающей силой (рис. 2) пиломатериал расчленим двумя дополнительными шарнирами с параметрами C_k , μ_k . Шарниры по краям пролета вводят для имитации движения концов материала, так как, в отличие от установок с постоянным прогибом, у сортирующих установок с посто-

янной изгибающей силой среднее сечение пиломатериала перемещается в пределах 2...10 мм, возбуждая демпфирующее движение концов пиломатериала.

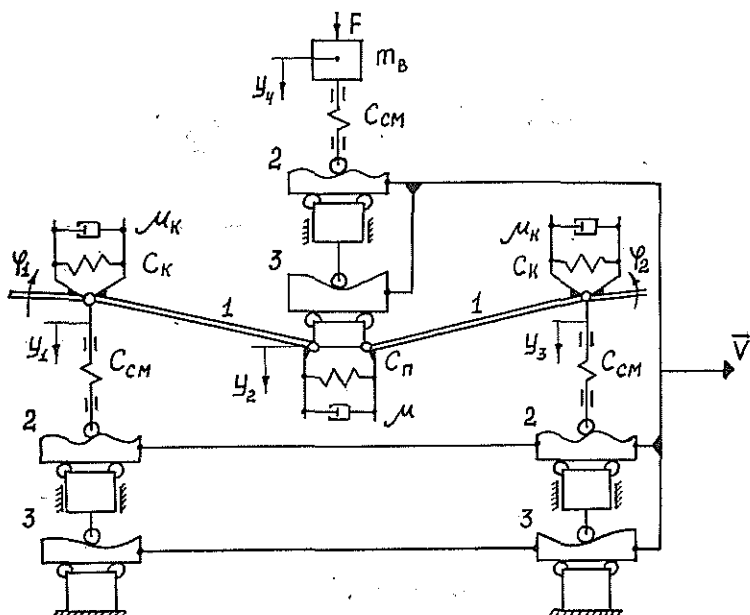


Рис. 2. Динамическая модель сортирующей установки с постоянной изгибающей силой. (Обозначения величин те же, что на рис. 1 и в таблице)

Параметр	Вариант 1	Вариант 2
Средняя жесткость пиломатериала посредине пролета $C_{п}$, Н/м	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$
Амплитуда колебаний жесткости $\Delta C_{п}$	$0,2 C_{п}$	$0,6 C_{п}$
Отношение периода пульсации жесткости к скорости перемещения пиломатериалов d/v , с	0,1	0,03
Жесткость при смятии древесины вальцом $C_{см}$	$15 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
Жесткость подпружинивания опорных валцов C , Н/м	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
Жесткость пиломатериала по краям пролета при симметричном его расположении $C_{к}$, Н/м	$2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$
Жесткость пиломатериала справа $C_{пр}$ и слева $C_{л}$ от пролета при несимметричном его расположении, Н/м	$2 \cdot 10^4$; 0	$8 \cdot 10^3$; 0
Жесткость датчика силы $C_{д}$, Н/м	$5 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$
Коэффициент затухания нагружаемого участка пиломатериала n , c^{-1}	50	400
Коэффициент внутреннего трения древесины среднего участка пиломатериала μ , $(кг \cdot м^2)/с$	600	5 000
Коэффициент внутреннего трения древесины по краям пролета при симметричном расположении доски $\mu_{к}$, $(кг \cdot м^2)/с$	66	320
Коэффициент внутреннего трения справа $\mu_{пр}$ и слева $\mu_{л}$ от пролета при несимметричном расположении доски, $(кг \cdot м^2)/с$	100; 0	800; 0
Амплитуда периодических неровностей пиломатериала τ , м	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
Период периодических неровностей пиломатериалов Δ , м	$50 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Высота периодической неровности h^* , м	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$
Протяженность неперiodической неровности пиломатериала a , м	$50 \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^{-3}$

Следовательно, пиломатериал расчленяется на несколько объектов, моделирующих различные его свойства. Через сортирующую установку перемещается только несомая геометрическая оболочка пиломатериала. Вязко-упругий ее наполнитель остается неподвижным. Движение этой части пиломатериала имитируется изменением параметров C_p, μ, C_k, μ_k .

Построенные механические модели являются линейными системами с четырьмя (для установок с постоянным прогибом) и шестью (для установок с постоянной изгибающей силой) степенями свободы. Их движение определяется обобщенными координатами y_1, y_2, y_3, y_4 (рис. 1) и $y_1, y_2, y_3, y_4, \varphi_1, \varphi_2$ (рис. 2).

Для определения параметров полученных механических моделей (амплитуды и частоты периодических и непериодических неровностей, жесткости древесины при смятии вальцами, а также коэффициентов сопротивления и затухания древесины) проводили экспериментальные исследования с применением сортирующих установок и специально изготовленного для этих целей стенда. Анализ полученных результатов позволил составить два граничных варианта параметров пиломатериалов и сортирующих установок (см. табл.), необходимых для оценочных исследований системы сортирующая установка — пиломатериал. Первый вариант благоприятен для динамики процесса сортировки, второй, наоборот, обеспечивает тяжелые динамические условия сортирующих установок.

Таким образом, нами разработаны динамические модели системы сортирующая установка — пиломатериал, позволяющие математически описывать и исследовать влияние различных неровностей поверхности пиломатериала, а также пульсации его жесткости на точность измерения силы упругости и прогиба пиломатериала в процессе их сортировки по механическим свойствам.

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 378 : 630* (73)

О ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ
ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ ВУЗОВ США

Деятельность профессорско-преподавательского состава сосредоточена в трех традиционных областях: преподавательская, исследовательская (или другая творческая) и общественная, т. е. работа в университетских или местных органах. В разных вузах соотношения и требования в этом плане различны. Даже в пределах одного департамента (кафедры) колледжа (факультета) нагрузка преподавателей неодинакова. Например, на кафедре лесного хозяйства Массачусетского университета рабочее время заведующего распределено следующим образом: преподавание — 10 %, исследования — 0 %, общественная работа — 10 %, административная — 80 %; одного из ведущих профессоров в области экономики лесного хозяйства, соответственно 50, 50, 0 и 0 %; профессора по лесопромышленности — 60, 35, 5 и 0 %. Ассистент профессора, имеющий степень доктора наук, специалист в области лесного хозяйства тратит на преподавательскую и исследовательскую работу 25 %, на общественную — 75 % времени. Общественная деятельность практически полностью посвящена работе в профессиональных организациях, таких как местное или окружное бюро, ассоциация профессиональных лесничих, комитет охраны окружающей среды и т. д. Члены этих ассоциаций и комитетов организуют и проводят различные съезды работников лесного хозяйства и лесовладельцев на уровне штата или региона, а также собрания и семинары по обмену опытом, учебу для частных лесовладельцев, лесничих, лесозаготовителей и т. п. Такая деятельность рассматривается как непрерывное образование.

Нагрузку распределяет руководитель департамента (заведующий кафедрой), консультируясь с каждым преподавателем. Преподаватель, как правило, учит и ведет исследовательскую деятельность в своей первичной сфере интересов и экспертиз. Он независим в выборе основного направления исследования и в решении работать над конкретным проектом. Однако все больше заказов на разработку поступает от региональных властей, которые и финансируют эти проекты.

В вузах с обилием аспирантских (докторских) программ работу профессорско-преподавательского состава чаще оценивают по числу научных публикаций как основного показателя творческой активности. В других вузах, при высокой оценке этой деятельности, более весомы другие формы: написание учебника, защита патента, выступление с докладами, проведение консультаций и т. п. Однако во всех вузах преподавательская деятельность приоритетна.

В основе подготовки вузовских преподавателей лежит комбинированная, т. е. учебно-исследовательская деятельность. Молодые специалисты, принятые на должность ассистента профессора, работают стажерами-преподавателями в течение 5 лет, причем ежегодно проходят аттестацию наравне с другими преподавателями. При аттестации учитываются все виды работы: число лекций и семинаров, статей, лекций вне вуза, участие в деятельности профессиональных обществ и организаций и т. д. Место постоянного преподавателя дает гарантированную зарплату, в отличие от позиции преподавателей, приглашаемых на семестр или цикл лекций. Широкая практика приглашения на временную работу позволяет иметь ограниченное число постоянных преподавателей для обучения основам профессиональных знаний, использовать высокой потенциал ведущих специалистов-практиков, гибко реагировать на изменение спроса на будущих специалистов. Позиция постоянного преподавателя пожизненная. По мнению самих американцев, такая система имеет плюсы и минусы. К плюсам они относят, например, факт, что никто не вправе запретить или ограничить проведение избранных профессором научных исследований, которые не имеют официальной поддержки; к минусам — то, что отошедшего от активной деятельности профессора до пенсии (в 60 лет) практически нельзя без его согласия заменить другим, более деятельным.

Для преподавателя наличие докторской степени желательно, для профессора — необходимо. Если вуз имеет аспирантуру, то кафедра может пригласить специалиста на профессорскую должность, но с условием защиты диссертации в семилетний срок. Если по истечении этого срока докторская диссертация не представлена к защите, то преподаватель, как правило, покидает кафедру, так как вакансий практически нет, а должность профессора должна быть заполнена другим человеком.

Вузы, не имеющие аспирантуры (докторских программ), приглашают докторов из других вузов. Существует негласное правило: чтобы стать квалифицированным преподавателем, требуется нечто большее, чем для того, чтобы стать компетентным ин-

спектором. Преподаватель должен обладать рядом персональных качеств, а также желанием и способностью повышать свою квалификацию. Новых членов профессорско-преподавательского состава материально заинтересовывают и поощряют активизировать педагогическую деятельность.

При ежегодной аттестации зарплата преподавателей, как правило, увеличивается. Однако ее рост тесно зависит от вклада в «общую копилку» кафедры, от выполнения определенных обязательств и т. д. Чем выше вклад, тем весомее прибавка. Не следует думать, что зарплата повышается на тысячи долларов в год. Увеличение в среднем колеблется от 100...200 до 600...800 долларов в год в зависимости от степени и должности преподавателя и выполняемой работы. Данные о заработной плате по кафедре лесного хозяйства и по Массачусетскому университету в среднем приведены в таблице (тыс. долларов).

Уровень зарплаты	Должность			
	Профессор	Доцент	Ст. преподаватель	Ассистент
Кафедра лесного хозяйства				
Средний	57,7	44,6	35,1	28,6
Пределы	51,6...68,5	37,9...49,5	34,5...35,7	Нет
Университет штата Массачусетс				
Средний	48,5	38,9	30,7	28,5

Более высокая заработная плата по кафедре отражает ее компетентность на уровне университета и штата. Например, федеральные ассигнования с 1982 г. увеличились от 90 до 99 тыс. долларов в 1987 г., а вклады и дарения (субсидии) компаний и частных лиц за этот же период — от 354 до 563,4 тыс. долларов, т. е. более чем на 59 %. Таким образом подтверждается формула: сильные кафедры — сильные вузы.

Однако неправильно считать, что помощь вуза новым (отнюдь не только молодым) преподавателям заключается лишь в материальной поддержке. Для повышения их квалификации организуются соответствующие семинары, секции, краткосрочные курсы. Тематика семинаров может быть очерчена следующим кругом вопросов: цели и задачи вуза, организация и развитие учебного плана, проведение экзаменов и система оценок, успеваемость студентов, элементы их учебы, отношения с преподавателями.

Специалисты в области педагогики возможными путями улучшения подготовки преподавателей считают повышение привлекательности работы аспирантов в качестве ассистентов преподавателей; развитие докторских программ и кооперирование.

Почти половина вузов США имеет право присуждать степень доктора философии, но половина из них готовит менее 10 докторов в год каждый. Это связано с тем, что развитие докторских программ поощряется слабо, поэтому менее трети вузов готовит более 75 % всех докторов. Выход из подобного положения — развитие аспирантской подготовки и всемерное повышение привлекательности и престижности карьеры вузовского преподавателя в глазах лучших студентов.

Трудность привлечения аспирантов к преподавательской работе заключается в их конкуренции за научные и именные стипендии, должности ассистента исследователя. В должности ассистентов преподавателей работают не самые лучшие аспиранты. В связи с этим американцы считают, что хороший преподаватель — образец для подражания, а плохой может вообще отбить у студентов охоту учиться. Привлекательность условий работы ассистентом преподавателя повышается благодаря поощрениям за хорошую работу, созданию лучших условий труда, оснащению рабочих мест ЭВМ и другим оборудованием, повышению размера стипендий.

Преподаватели инженерных вузов США считают, что в перенасыщенных учебных планах недостаточно внимания уделяется международной, производственно-ориентированной обстановке, в которой действует современный инженер. Эта обстановка находится под влиянием ряда факторов, в том числе связанных с консервативной невозобновляющихся ресурсов и сохранением окружающей среды; эффективностью международных связей; проектированием качественной, недорогой, надежной и производительной продукции; удовлетворением запросов потребителя и т. п. Для решения таких задач созданы и создаются кооперированные программы обучения, которые, с одной стороны, знакомят студента с производством, с другой, способствуют повышению мотивации и профессиональной ориентации.

Задачи кооперированного обучения требуют привлечения к преподавательской деятельности производственников. В то же время промышленность все чаще проводит свои исследования с привлечением докторов наук. Возникает потребность в контактах, кооперации. В связи с этим, чтобы получить статус ассистента профессора (ст. преподавателя), претендент должен не менее двух лет выполнять функции, связа-

ные с разработкой новой продукции, методов, процессов или услуг. Опыт можно также получить, выполняя в летний период серию работ в консультативных службах, финансируемых отраслью исследовательских контрактах или сочетая эти виды работ. Этот путь весьма распространен, так как многие фирмы в летнее время увеличивают число рабочих мест для вузовских преподавателей, а также финансирование исследовательских работ. Вузовские преподаватели рассматривают эту возможность не только с позиции заработка, но и повышения своих знаний, квалификации.

Сокращение сроков появления новых технологий и создания новой техники снижает возможности преподавателей инженерных вузов по выполнению научных и педагогических функций на оптимальном уровне. Для поддержания необходимого уровня преподаватели должны следить за теоретическими и практическими достижениями в своей специальности и в смежных дисциплинах, предвидеть перспективные требования своей профессии. Для этого университеты привлекают к преподавательской деятельности работающих специалистов, которые практически сталкиваются с теми же проблемами.

Основной из способов повышения квалификации профессорско-преподавательского состава — годичный творческий отпуск через каждые 7 лет. Однако этот метод применим не везде. Широко используются также разрешение на непродолжительную работу вне вуза, консультирование, письменные работы и исследования, разработка новых и модернизация действующих учебных планов и т. д.

По мнению американских специалистов, каждый преподаватель должен иметь тщательно разработанный индивидуальный план повышения квалификации. Этот процесс должен быть структурирован, однако пока нет модели программы, обеспечивающей его.

Недостаточно используются такие формы организации повышения квалификации преподавателей, как перевод в другую область исследования; оплата вузом периода, необходимого для получения ученой степени; дробление годичного творческого отпуска; производственные программы повышения педагогического мастерства и сжатые вузовские курсы для профессорско-преподавательского состава, хотя эти формы хорошо разработаны (сконструированы).

Для привлечения к педагогической работе и повышения квалификации преподавателей государство делает определенные шаги, обеспечивая ряд гарантий в виде налоговых стимулов, финансирования экспериментов и программ повышения квалификации, а также временных рабочих мест в госучреждениях, где преподаватель получает полную ставку.

Большую помощь вузам с лесохозяйственными программами оказывают профессиональные общества, такие как Американское общество лесоводов (SAF), Научно-техническое общество технологии древесины (SWST), Американская лесная ассоциация (AFA), Ассоциация лесохозяйственных организаций при государственных колледжах и университетах (ASC & UFRO) и др. Эти общества и ассоциации координируют систему подготовки кадров, а также направляют своих сотрудников в колледжи для чтения циклов лекций, преподавания и проведения семинаров.

В. К. Тепляков

Московский лесотехнический институт

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.22 : 630*

ТРЕВОГИ И ЗАБОТЫ ОБЩЕСТВА ЛЕСОВОДОВ СССР

В конце октября 1989 г. в Ленинграде проходил Учредительный съезд общества лесоводов СССР. Открыл его лидер лесной науки страны акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов. Были заслушаны доклады чл.-кор. ВАСХНИЛ Д. П. Столярова «Об учреждении Общества лесоводов СССР» и акад. АН СССР, председателя Госкомлеса СССР А. С. Исаева «Важнейшие направления и задачи экономической и организационной перестройки лесного хозяйства страны». На съезд собрались более 200 представителей (делегатов) областей, краев и автономных республик России и союзных республик. В его работе участвовали лесоводы-производственники, ведущие ученые и специалисты НИИ, вузов, проектных организаций, руководящие работники министерств союзных республик и страны. Всех их объединила глубокая озабоченность судьбой наших лесов, тревога за кризисное состояние лесного хозяйства, стремление к выявлению причин сложившегося тупикового положения и поиска путей выхода из него. Осознание критического состояния лесов привело участников съезда к пониманию необходимости мобилизации сил общественности и государства в защиту леса как важнейшего компонента биосферы, создающего саму возможность жизни на Земле, против расточительства лесных богатств, принадлежащих не только нам, но и нашим потомкам.

Широко распространенное потребительское отношение к лесу как источнику дачной древесины привело к их безудержной эксплуатации, порче и истреблению. В нашей стране ежегодно вырубается 2,5 млн га леса. При этом, как правило, используются антиэкологические способы, техника и технология промышленных лесозаготовок, при которых исключается сама возможность успешного естественного возобновления лесов, ухудшается их породный состав, снижается продуктивность древостоев и плодородие почв. В ряде регионов страны продолжаются перерубы расчетных лесосек. За десятилетие только в европейско-уральской зоне вырублено с превышением расчетной лесосеки 666,8 млн м³ древесины, что в 1,5 раза превышает максимально возможный отпуск леса. Такое безрассудное расточительство в лесопользовании сопровождается огромными потерями — от 30 до 40 % срубленной древесины остается в лесу и идет в отходы. Только на Европейском Севере ежегодные потери древесины в виде недорубов, срубленных, но не вывезенных хлыстов и древесных отходов составляют более 10 млн м³ в год. Обладая нищенскими материально-техническими ресурсами, предприятия лесного хозяйства проводят лесовосстановительные работы на месте вырубленных лесов и гарей с крайне низкой эффективностью. Из-за отсутствия надлежащего ухода и нарушения технологии в РСФСР примерно треть, а в отдельных регионах до 60 % посадок и посевов леса погибает. К этому следует добавить, что из-за неудовлетворительной охраны леса от пожаров в стране ежегодно гибнет от 1 до 2 млн га наших лесных богатств.

Концентрированным выражением сложившейся недопустимой диспропорции между заготовками и воспроизводством лесов может служить соотношение затрат: мы ежегодно тратили 5,8 млрд р., чтобы срубить лес и вывезти древесину, и всего лишь 180 млн р., чтобы компенсировать вырубку лесов новыми посадками.

Приведенных факторов достаточно, чтобы сделать вывод о безотрадней и мрачной картине состояния наших лесов и хозяйства в них.

В этих условиях лесоводственная общественность ставит своей главной программной целью — утвердить в сознании и реализовать в действиях граждан страны, различных организаций и предприятий правильное понимание средообразующего значения леса для жизни всего живого на земле, понимание того, что лес может быть постоянным источником важнейших возобновляемых ресурсов для многих поколений только в том случае, если за ним будут ухаживать, если он не будет истощен чрезмерными рубками, сожжен пожарами и уничтожен выбросами промышленных предприятий.

Многостороннее значение леса в жизни людей и общества обуславливает необходимость централизованного государственного управления лесами страны. Поэтому мы утверждаем в соответствии с программой, принятой съездом, что лес как сложнейшая экологическая система может быть доверен только компетентным специалистам — лесоводам в лице единого союзного государственного органа, союзно-республиканских органов и лесохозяйственных предприятий на местах; на последних должно быть распространено право владения.

В постановлении Верховного Совета СССР «О неотложных мерах экологического оздоровления страны» от 27 ноября 1989 г. предусматривается сосредоточить в веде-

нии Госкомлеса СССР все леса, за исключением колхозных, для предоставления их в пользование на условиях аренды. Этим постановлением определена также необходимость разработки и принятия государственной программы по лесовосстановлению.

Важнейшие законы о собственности, земле и местном самоуправлении, которые ныне рассматриваются Верховным Советом СССР, могут стать основополагающими правовыми актами для будущего наших лесов и хозяйства в них.

При закреплении за лесохозяйственными предприятиями права владения лесными землями и централизованного управления ими лесопромышленная деятельность должна быть изъята из их функций и передана различным пользователям на условиях аренды с выплатой арендной платы за землю, а также лесного дохода как части прибыли, получаемой арендаторами от реализации древесины и других продуктов леса.

Законы, принятые Третьим съездом народных депутатов, создают необходимую правовую основу для коренной перестройки экономической организации лесного хозяйства, в результате которой станет возможным действительный переход лесного хозяйства на самоокупаемость и доходность.

Общество лесоводов считает, что эта перестройка должна базироваться на безоговорочном признании в качестве основного товара лесного хозяйства спелого леса на корню (в размере научно обоснованной расчетной лесосеки), стабилизирующего и восстанавливающего влияния леса на среду, а также различных побочных продуктов. Указанные источники поступления необходимо использовать в основном для восстановления лесов и поддержания экологического равновесия в природе.

Создать и отладить сбалансированный механизм решения сложных, зачастую противоречивых проблем лесопользования на местах под эгидой местных Советов — задача лесоохранительных комиссий (такие комиссии работали в России после принятия лесоохранительного закона 1888 г.). В них должны войти представители Советов, правоохранительных органов, формальных и неформальных природоохранных и экологических организаций и движений широкого спектра. Основу для решений этих комиссий обязаны формулировать профессионально подготовленные лесоводы (главные лесничьи лесхозов), которые в своих действиях и расчетах должны руководствоваться основополагающими принципами постоянства лесопользования, другими правилами лесоводства, опираясь на лесоустроительный проект, разрабатываемый для каждого лесхоза.

Целенаправленная деятельность активистов общества лесоводов совместно с лесоохранительными комиссиями на местах должна быть направлена против антиэкологических способов лесоразработок и иных видов и форм несообразной хозяйственной деятельности в лесах, разрушающей лесные экосистемы, ставить заслоны перерубам расчетных лесосек, варварскому нерациональному использованию срубленной древесины и иным видам хищнической эксплуатации лесов, оценивая их как расхищение достояния настоящего и будущих поколений людей.

Мы не можем спокойно проходить мимо многочисленных фактов бюрократической имитации лесохозяйственных и природоохранных мероприятий, создающих видимость активной деятельности администрации, но не обеспечивающих решение неотложных задач и ведущих к бесполезному расходованию материальных ресурсов.

В условиях обострения экологических проблем, создания кризисных и катастрофических ситуаций (оз. Байкал, Приаралье, Калмыкия и др.) необходимо убежденно и систематически работать над повышением уровня экологического образования населения. Поэтому общество лесоводов считает своей обязанностью, используя средства массовой информации, вести широкую воспитательную работу по формированию высоко нравственного экологического мировоззрения как у взрослого населения, так и у подрастающего поколения, а также влиять на учебные программы школ и специальных учебных заведений. Необходимо мобилизовать на защиту лесов не только профессиональных лесоводов, но и широкую общественность.

Д. П. Столяров

Президент общества лесоводов СССР

ЮБИЛЕИ

ИВАНУ СТЕПАНОВИЧУ МЕЛЕХОВУ — 85 ЛЕТ

Этот славный юбилей академик ВАСХНИЛ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР И. С. Мелехов встречает 15 сентября.

Он родился в 1905 г. в деревне близ Архангельска и уже в 9 лет погонщиком лошадей на лесозаводе начал свой трудовой путь. Уроженец северного лесного края, И. С. Мелехов избрал профессию лесовода и, окончив в 1930 г. Ленинградскую лесотехническую академию, сразу включился в научно-исследовательскую и педагогическую деятельность во вновь созданном Архангельском лесотехническом институте. С 1934 г. он в течение 17 лет заведовал кафедрой общего лесоводства АЛТИ. Одновременно Иван Степанович возглавлял крупные исследования лесов Севера в системе Академии наук СССР. В 1944 г. он защитил докторскую диссертацию, а в 1956 г. был избран действительным членом (академиком) ВАСХНИЛ. В 1958—1962 гг. Иван Степанович был директором созданного им Института леса и лесохимии в Архангельске, а в 1962—1966 гг. заместителем Председателя Государственного комитета по лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и лесному хозяйству Совета Министров СССР. В 1965—1971 гг. И. С. Мелехов — академик-секретарь Отделения лесоводства и агролесомелиорации и член президиума ВАСХНИЛ. С 1962 г. он заведует кафедрой общего лесоводства Московского лесотехнического института.

За всеми этими должностями стоит неутомимая творческая работа И. С. Мелехова по глубокому и всестороннему исследованию таежных лесов СССР. Его докторская диссертация была посвящена актуальнейшей проблеме лесных пожаров. Изучение сплошных концентрированных рубок привело И. С. Мелехова к созданию нового фундаментального научного направления — типологии вырубок. Познавание им природы леса как целого, как природной системы с ее региональным разнообразием легло в основу учения о динамической типологии лесов, открыло большие возможности научного предвидения развития лесов.

И. С. Мелехов — автор более 300 научных публикаций по лесоведению, лесоводству, другим отраслям лесной науки. Широко известны его монографии «Рубки главного пользования», «Лесоведение», «Лесоводство», «Лесная пирология», труды по истории науки. Он подготовил более 50 кандидатов и докторов наук.

Научные труды и разносторонняя деятельность принесли Ивану Степановичу международное признание. Он иностранный член Королевской Шведской академии сельского и лесного хозяйства Венгерской академии наук, почетный член Лесного общества Финляндии, доктор honoris causa Бременского сельскохозяйственного университета. И. С. Мелехов не только активно участвовал во многих международных лесных конгрессах, симпозиумах, конференциях, но и был их организатором и руководителем. Трудно даже хотя бы перечислить эти научные форумы. Их значение и личный вклад акад. И. С. Мелехова непреходящи.

В своей родной стране Иван Степанович всегда был в гуще событий, вел большую общественную работу. Он член КПСС с 1945 года. И. С. Мелехов — один из зачинателей, а ныне главный редактор «Лесного журнала», член редколлегий журналов «Лесоведение», «Лесное хозяйство».

Орден Ленина, орден Октябрьской Революции, два ордена Трудового Красного Знамени, многие медали, среди которых золотая медаль имени Г. Ф. Морозова, — яркое свидетельство научных, педагогических и общественных заслуг Ивана Степановича Мелехова. Многим — многим тысячам людей в науке, на производстве, в студенческих аудиториях известны имя и труды И. С. Мелехова — несомненно одного из лидеров современной лесной науки. В день его большого и славного юбилея все они горячо желают Ивану Степановичу доброго здоровья, творческой энергии, счастья!

Московский лесотехнический институт
Архангельский лесотехнический институт
Архангельский институт леса и лесохимии
Редколлегия «Лесного журнала»

ПРОФЕССОР ИВАН МИТРОФАНОВИЧ ЗИМА

(к 90-летию со дня рождения)

Исполнилось 90 лет со дня рождения и 65 лет научной, научно-педагогической и общественной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора Украинской сельскохозяйственной академии Ивана Митрофановича Зимы.

Жизнь Ивана Митрофановича является образцом верности любимому делу, чрезвычайного трудолюбия, принципиальности.

И. М. Зима родился в многодетной крестьянской семье в Белоруссии, окончил Горькое сельскохозяйственное училище, а в 1920—1924 гг. обучался в Томском политехническом институте, после окончания которого получил квалификацию инженера-механика.

С этого времени всю свою жизнь И. М. Зима посвятил педагогической и научной деятельности.

Преподавательскую работу он начал в Сибирском лесном техникуме и Сибирской промышленной академии. Параллельно участвовал в технической реконструкции лесной промышленности Сибири, работая по совместительству в Сиблесотресте.

В 1933 г. И. М. Зима перешел на работу в Киевский лесотехнический институт, в 1935 г. утвержден доцентом по специальности «Механизация лесозаготовок и лесного хозяйства». После успешной защиты диссертации на тему «Механизация сбора семян древесных пород» Ивану Митрофановичу в 1940 г. была присуждена ученая степень кандидата технических наук. В этом же году он возглавил кафедру механизации лесохозяйственных работ.

В годы Великой Отечественной войны институт был эвакуирован в г. Брянск, а затем в г. Советск Кировской области. Здесь И. М. Зима возглавил кафедру механизации лесохозяйственных работ и лесозаготовок.

Вскоре после освобождения Киева от немецко-фашистских захватчиков Киевский лесохозяйственный институт был восстановлен на прежней базе. В начале 1944 г. И. М. Зима был направлен в столицу Украины как уполномоченный Главлесохраны СССР по восстановлению института. Именно в этот период в полной мере раскрылся его организаторский талант. В 1945 г. И. М. Зима возглавил кафедру механизации лесохозяйственных работ и заведовал ею в течение 30 лет.

Под руководством Ивана Митрофановича сотрудниками кафедры разработаны конструкции машин для валки деревьев с корнями, для пересадки крупномерных деревьев с комом земли, для ухода за почвой в рядах и междурядьях лесных культур, предложена методика расчета оптимального состава машинно-тракторного парка в лесном хозяйстве.

В 1957 г. он успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук.

И. М. Зима известен среди ученых-лесоводов как автор нового и единственного в нашей стране учебника для вузов «Механизация лесохозяйственных работ», который затем в соавторстве с Т. Т. Малюгиным неоднократно переиздавался, переведен на китайский и польский языки.

Иван Митрофанович избирался деканом лесохозяйственного факультета, депутатом Киевского городского Совета.

Содержательные и глубоко аргументированные лекции по механизации лесохозяйственных работ и лесозаготовке с благодарностью вспоминают тысячи студентов и аспирантов Киевского лесохозяйственного института и Украинской сельскохозяйственной академии. Им подготовлено более 20 кандидатов и докторов наук.

За пропаганду научных знаний и оказание практической помощи лесному хозяйству И. М. Зима награжден орденом «Знак Почета», многими медалями; он неоднократный участник ВДНХ.

Свой 90-летний юбилей Иван Митрофанович Зима встретил интересными замыслами и планами на будущее. Он плодотворно трудится над написанием истории лесохозяйственного факультета, делится знаниями с молодым поколением лесоводов.

Благодарные ученики и коллеги сердечно поздравляют его со славным юбилеем, желают доброго здоровья, бодрости, физических и духовных сил.

В. Н. Портной

Украинская сельскохозяйственная академия

НАТАЛИЯ МИХАЙЛОВНА БЕЛАЯ

(к 75-летию со дня рождения)

23 августа 1990 г. исполнилось 75 лет со дня рождения и 60 лет трудовой, научной и общественной деятельности доктора технических наук, профессора кафедры прикладной механики Львовского лесотехнического института Натальи Михайловны Белой.

Н. М. Белая родилась в Саранске в семье военнослужащего. Трудовую деятельность она начала с 15 лет учеником слесаря в ФЗУ при Днепропетровском паровозоремонтном заводе. После окончания ФЗУ по комсомольской путевке была направлена на учебу в Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта. В 1939 г. окончила с отличием факультет мостов и тоннелей. С 1940 г. по 1947 г. работала в отделах мостов Сибирского и Киевского отделений Союзтранспортпроект. Во время Великой Отечественной войны Наталья Михайловна была командирована на восстановление мостов Кишиневской, Сталинской и Львовской железных дорог.

С 1 сентября 1947 г. начинается плодотворная педагогическая, научная и общественная деятельность Н. М. Белой в ЛЛТИ, в стенах которого она прошла путь от ассистента до профессора. В 1953 г. она окончила годичную аспирантуру в МЛТИ, в 1954 г. защитила кандидатскую диссертацию, а в 1967 г. стала доктором технических наук. В 1969 г. утверждена в ученом звании профессора. В 1959—1961 гг. Н. М. Белая работала деканом лесинженерного факультета. С 1961 г. по 1987 г. руководила кафедрой строительной механики, а с 1988 г. после объединения кафедр работает профессором кафедры прикладной механики.

Проф. Н. М. Белая — специалист широкого профиля. Круг ее научных интересов охватывает подвесные канатные системы, прочность и долговечность канатов, канатный транспорт леса как основу природо-, энерго- и металлосберегающей технологии в горных условиях лесоразработок, лес и его природоохранные функции, прочность конструкций из дерева и металла, строительство мостов и др. Результаты исследований опубликованы более чем в 150 работах.

Н. М. Белая широко известна как прекрасный педагог и научный руководитель. Она подготовила 18 кандидатов наук, более 30 раз была оппонентом по кандидатским и докторским диссертациям. Является членом специализированных советов по защите диссертаций Львовского политехнического и лесотехнического институтов. Ведет большую организаторскую и общественную работу в институте и за ее пределами. Много лет работала председателем совета наставников института, членом парткома института, ответственным редактором республиканского межвузовского сборника «Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность». Является членом лесной секции НТС Госкомобразования СССР, членом редколлегии «Лесного журнала» и др.

За трудовые успехи Н. М. Белая удостоена 10 правительственных наград, в том числе Почетной грамоты Президиума Верховного Совета УССР.

Большое внимание Н. М. Белая уделяет внедрению научных достижений в практику эксплуатации горных лесов и в учебный процесс, много выступает с докладами на всесоюзных и международных симпозиумах и конференциях.

Проф. Н. М. Белая и ее многочисленные ученики — энтузиасты защиты горных лесов. Проблема совершенствования канатного транспорта леса — неотъемлемая часть большой проблемы охраны окружающей среды мирового значения. Ее научные разработки позволяют сохранять почву и подрост и другие богатства леса для будущих поколений, способствуют нормальному продуцированию и воспроизводству лесов.

Желаем Натальи Михайловне доброго здоровья, дальнейших успехов на ее трудном и благородном поприще, плодотворной научно-педагогической и общественной деятельности на долгие годы.

Ректорат, партком, профком, коллектив
лесомеханического факультета
Львовского лесотехнического института
Редакционная коллегия «Лесного журнала»

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>В. М. Ивонин, А. В. Прахов.</i> Можжевельник казацкий как закрепитель меловых оврагов	3
<i>В. В. Цыплаков, О. Е. Федоров, Ю. М. Гришин.</i> Об интенсивности роста сеянцев дуба в пнях ранее срубленных деревьев	8
<i>Л. Г. Попова, А. А. Юринова, А. И. Киприанов.</i> Стимуляция образования хлорофилла в хвое ели и сосны препаратами на основе черных сульфатных щелоков	11
<i>А. В. Василенко.</i> Влияние лазерного облучения семян на ускорение роста сеянцев сосны обыкновенной	14
<i>Ю. К. Телешек, Н. Н. Агапонов.</i> Пути повышения эффективности террасирования крутосклонов под лесные насаждения	17
<i>А. И. Барабин, Н. А. Стрежнева.</i> Экономическое обоснование заготовки семян ели на Европейском Севере в урожайные годы	21
<i>Е. Н. Самошкин, В. П. Иванов, Л. А. Крючкова.</i> Парааминобензойная кислота — новый биостимулятор роста сеянцев и саженцев сосны	25

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С. И. Морозов.</i> Определение сил, действующих на рельсовые плети в кривых участках пути	29
<i>Э. А. Келлер.</i> Идентификация параметров силового воздействия активного блока мотопил	35
<i>В. П. Стуков.</i> Расчеты элементов балочного пролетного строения методом «упругооседающих и упругоповорачивающихся опор»	39
<i>Р. П. Капустин, А. В. Шувалов.</i> Исследование работоспособности карданных валов автолесовозов	47
<i>С. А. Зуев, Г. И. Кольниченко.</i> Стохастическое моделирование дорог в задачах движения троллейных лесовозных поездов	50

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В. М. Алябьев, Н. М. Горбатов, Г. П. Знаменский.</i> Регулирование напряжения в электрических сетях лесопромышленных предприятий при помощи реактивных устройств	54
<i>В. Ю. Павликов, Ю. Н. Стрижев.</i> К вопросу моделирования работы бассейна для гидротермической обработки фанерного сырья	58
<i>А. И. Сопотун, М. Т. Бець.</i> О корректности краевых условий при решении задачи Дирихле для случая резания древесины	62
<i>Ю. М. Стахив, С. В. Еришов.</i> Максимально допустимая, оптимальная и универсальная частоты вращения круглой пилы	66
<i>А. Н. Васильев.</i> Тепловые схемы производства древесноволокнистых плит	70
<i>Н. И. Ковзун.</i> Влияние усушки древесины на разнотолщинность досок	74

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>О. М. Соколов, В. А. Демин, А. П. Карманов, Е. Н. Коробова.</i> Кинетика деполимеризации и изменения ММР хлопковой целлюлозы под действием гипохлоритной окислительной системы	78
<i>А. Б. Никандров, С. М. Шевченко, С. А. Амигина, В. Г. Шубин.</i> Каталитическая активность антрахинонов с углеводородными заместителями при щелочной варке	83
<i>Б. Д. Левин, П. Г. Романченко.</i> О сушке лигнина сорбирующими телами	86
<i>А. И. Ламоткин, Т. А. Бутько, С. И. Каленникова, А. Н. Проневич.</i> Растворимость терпеномалеиновых смол в воде	89
<i>О. А. Кучинская, С. С. Пузырев, Ю. И. Дьяченко, Т. А. Туманова.</i> Спектрофотометрическое исследование реверсии белизны термомеханической массы под воздействием УФ-облучения	92

<i>В. С. Крылов, С. А. Паюсов, Л. Н. Шарыпова.</i> Расчетное определение равновесий химических реакций ЦБП	96
<i>В. А. Бабкин.</i> К теории ротационного вискозиметра при переходном течении волокнистой суспензии	99
ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	
<i>В. И. Мосягин.</i> Методы определения морального износа ведущего оборудования гидролизных производств	104
<i>В. В. Абрамкин, П. Жуковски.</i> Оптимизация плана производства деталей ящичной тары с применением ЭВМ	108
<i>П. С. Гейзлер, В. С. Зайцев.</i> Научно-технический прогресс в лесопромышленном комплексе Белорусской ССР	112
<i>В. Стрыковски.</i> Общественные затраты на производство и заготовку древесного сырья в Польше	116
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ	
<i>В. М. Попов, В. П. Белокуров.</i> Термодинамика процесса сушки древесины	122
<i>Р. И. Рыков, Б. Ц. Цыренжапов.</i> Температурно-влажностные характеристики сечения деревянных конструкций при пожаре	124
<i>А. С. Прокофьев.</i> Разрушение коротких клееных деревянных балок	126
<i>В. В. Огурцов.</i> Моделирование установок для сортировки пиломатериалов по механическим свойствам методом изгиба	128
ЗА РУБЕЖОМ	
<i>В. К. Тепляков.</i> О повышении квалификации преподавателей лесных вузов США	131
НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ	
<i>Д. П. Столяров.</i> Тревоги и заботы общества лесоводов СССР	134
ЮБИЛЕИ	
<i>Московский лесотехнический институт, Архангельский лесотехнический институт, Архангельский институт леса и лесохимии, редколлегия «Лесного журнала».</i> Ивану Степановичу Мелехову — 85 лет	136
<i>В. Н. Портной.</i> Профессор Иван Митрофанович Зима (к 90-летию со дня рождения)	137
<i>Ректорат, партком, профком, коллектив лесомеханического факультета Львовского лесотехнического института, редакционная коллегия «Лесного журнала».</i> Наталия Михайловна Белая (к 75-летию со дня рождения)	138
Рефераты	143

CONTENTS

FORESTRY

<i>V. M. Ivonin, A. V. Prakhov.</i> Juniper Cossack as Chalky Gully Stabilizer . . .	3
<i>V. V. Tsyplakov, O. E. Fedorov, Yu. M. Grishin.</i> On Intensity of Oak Seedlings Growth in the Stubs of Formerly Felled Trees	8
<i>L. G. Popova, A. A. Yurinova, A. I. Kiprianov.</i> Black Sulphate Liquor Agent Stimulation of Chlorophyll Origin in Pine and Spruce Needle	11
<i>A. V. Vasilenko.</i> Rapid Growth of Pine Seed Trees under Seed Exposure to Laser Radiation	14
<i>Yu. K. Teleshok, N. N. Agaponov.</i> Effective Methods of Terracing Hills with Steep Slopes for Forest Plantations	17
<i>A. I. Barabin, N. A. Strezhneva.</i> Feasibility Study of Spruce Seed Stocking up in the European North in Good Years	21
<i>E. N. Samoshkin, V. P. Ivanov, L. A. Kryuchkova.</i> Para-Amino-Benzolic Acid—New Pine Seedlings and Samplings Growth Bio-Stimulant	25

FOREST EXPLOITATION

<i>S. I. Morozov.</i> Determination of Forces Acting upon Welded Rails at Curved Road Sections	29
<i>E. A. Keller.</i> Parameters Identification of Active Motorsaw Block Power Effect	35
<i>V. P. Stukov.</i> Calculations of Beam Span Structure Parts Elements by Method of Elastico-Settling and Elastico-Turning Supports	39
<i>R. P. Kapustin, A. V. Shuvalov.</i> Investigation of Lumber Carrier Cardan Shafts' Normal Operation	47
<i>S. A. Zuev, G. I. Kolnichenko.</i> Probabilistic Road Modelling in the Problems of Trolley Log Truck Movement	50

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>V. M. Alyabiev, N. M. Gorbatov, G. P. Znamensky.</i> Voltage Regulation in the Mains of Timber Industrial Enterprises by Jet Devices	54
<i>V. Yu. Pavlikov, Yu. N. Strizhev.</i> On Modelling Problem of Pond Operation for Thermo-Treatment of Plywood Materials	58
<i>A. I. Sopotun, M. T. Bets.</i> On Correctness of Edge Conditions in Solving Dirikhle Problem for the Case of Cutting Wood	62
<i>U. M. Stahiev, S. V. Ershov.</i> Highest Optimal Circular Saw Rotational Speed Compared to Standard One	66
<i>A. N. Vasiliev.</i> Fiberboard Heat Flow Diagram	70
<i>N. I. Kovzun.</i> Influence of Wood Shrinkage on Different Thickness of Boards	74

CHEMICAL WOODWORKING

<i>O. M. Sokolov, V. A. Demin, A. P. Karmanov, E. N. Korobova.</i> Kinetics of Depolymerization and Change in MMD of Cotton Pulp Affected by Hypochlorite Oxidizing System	78
<i>A. B. Nikandrov, S. M. Shevchenko, S. A. Amitina, V. G. Shubin.</i> Catalytic Activity of Anthraquinones with Carbon Hydride Substitute at Alkaline Pulping	83
<i>B. D. Levin, P. G. Romanchenko.</i> On Lignin Drying by Sorbing Particles	86
<i>A. I. Lamotkin, T. A. Butko, S. I. Kalennikova, A. N. Pronevitch.</i> Solubility of Maleine—turpentine Resins in Water	89
<i>O. A. Kutchinskaya, S. S. Pusyrev, U. I. Dyatchenko, T. A. Tumanova.</i> Reversion of Whiteness in Thermo-mechanical Wood Pulp under Ultraviolet Rays and its Spectrometric Research	92
<i>V. S. Krylov, S. A. Payusov, L. N. Sharypova.</i> Calculation of PPP Chemical Reactions' Equilibrium	96
<i>V. A. Babkin.</i> On Theory of Rotary Viscosimeter at Transition Flow of Fibrous Suspension	99

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>V. I. Mosyagin</i> . Determination of Equipment Obsolescence in Wood Hydrolysis Operations	104
<i>V. A. Abramkin, P. Zhukovski</i> . Computer Optimization of Box-Packing-Material-Parts Production Plan	108
<i>P. S. Geizler, V. S. Zaitsev</i> . Science-and-Technical Progress at Timber Industrial Complex in Byelorussian SSR	112
<i>V. Strykovski</i> . Public Funds to Spend on Logging and Timber Processing in Poland	116

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>V. M. Popov, V. P. Belokurov</i> . Thermodynamics of Wood Drying Process . .	122
<i>D. I. Rykov, B. Ts. Tsyrenzhapov</i> . Temperature-Moisture Characteristics of Wood Structure Section in Fire	124
<i>A. S. Prokofiev</i> . Short Sandwich Wood Beams' Failure	126
<i>V. V. Ogurtsov</i> . Modelling of Lumber Grading Plants on Mechanical Properties by Bending Method	128

ABPOAD

<i>V. K. Teplyakov</i> . Improvement in Teachers' Qualifications at US Forest Educational Institutions	131
--	-----

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

<i>D. P. Stolyarov</i> . Anxieties and Concern of SU Foresters' Society	134
---	-----

JUBILEES

<i>Moscow Forestry Technical Institute, Arkhangelsk Forestry Technical Institute, Arkhangelsk Institute of Forest and Forest Chemistry, Editorial Board of „Lesnoy Zhurnal“</i> . Ivan Stepanovich Melekhov is 85	136
<i>V. N. Portnoy</i> . Professor Ivan Mitrophanovich Zima (to 90-th Anniversary of Birthday)	137
<i>Rectorat, Communist Party Committee, Trade Union Committee, Forestry Machinery Faculty, Editorial Board of „Lesnoy Zhurnal“</i> . Natalia Mikhailovna Belaya (to 75-th Anniversary of Birthday)	138

Précis	143
------------------	-----

РЕФЕРАТЫ

УДК 630*237:674.032.477.62

Можжевельник казачий как закрепитель меловых оврагов. ИВОНИН В. М., ПРАХОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 3—8.

Указаны причины низкой эффективности лесных культур в связи с особенностями оврагообразования в мелах. Описаны процессы самозарастания оврагов можжевельником казачьим. Предложены приемы, способствующие облесению и закреплению меловых оврагов. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*232:630*176.322.6

Об интенсивности роста сеянцев дуба в лнях ранее срубленных деревьев. ЦЫПЛАКОВ В. В., ФЕДОРОВ О. Е., ГРИШИН Ю. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 8—11.

Приведены результаты исследования роста культур дуба черешчатого, созданных методом посева в пень. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676.11.082.1:631.811.98

Стимуляция образования хлорофилла в хвое ели и сосны препаратами на основе черных сульфатных щелоков. ПОПОВА Л. Г., ЮРИНОВА А. А., КИПРИАНОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 11—14.

В лабораторных и полевых условиях исследовано влияние препаратов на основе черных сульфатных щелоков на образование хлорофилла в хвое ели и сосны. Показано, что испытанные продукты активизируют указанный процесс. Эффективность действия препаратов зависит от концентрации и продолжительности обработки растений. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*232.3

Влияние лазерного облучения семян на ускорение роста сеянцев сосны обыкновенной. ВАСИЛЕНКО А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 14—16.

Приведены результаты исследований влияния лазерного облучения на увеличение энергии прорастания семян, ускорение роста и развития сеянцев сосны обыкновенной. Выявлена оптимальная дозировка лазерного облучения семян сосны обыкновенной. Табл. 5. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*116.23:630*116.27:630*116.64

Пути повышения эффективности террасирования крутосклонов под лесные насаждения. ТЕЛЕШЕК Ю. К., АГАПОНОВ Н. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 17—21.

Рассмотрены методы определения ширины полос, отводимых на крутосклонах под устройство выемочно-насыпных террас, и межполосных пространств с расчетом полного зарегулирования поверхностного стока на осваиваемом участке. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*232.312.003.1

Экономическое обоснование заготовки семян ели на Европейском Севере в урожайные годы. БАРАБИН А. И., СТРЕЖНЕВА Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, с. 21—25.

Показано, что на Европейском Севере заготовка семян ели экономически оправдана только при хорошем и обильном урожае. В этом случае рентабельность возрастает соответственно на 18 и 82, расчетная прибыль — на 2,39 и 7,81 р. на 1 кг семян. Табл. 4. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 631.811.98:630*232

Парааминобензойная кислота — новый биостимулятор роста сеянцев и саженцев сосны. САМОШКИН Е. Н., ИВАНОВ В. П., КРЮЧКОВА Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 25—28.

Показано влияние обработки семян слабыми водными растворами препарата ПАБК на рост сеянцев и саженцев сосны. Отмечен эффект стимуляции по их высоте и диаметру. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 625.143.482

Определение сил, действующих на рельсовые плети в кривых участках пути. МОРОЗОВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., № 4, с. 29—34.

Приведено решение задачи по определению сил, действующих на длинную рельсовую плеть при транспортировке ее в кривых лесовозных УЖД, а также по перемещению сечений плети в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Ил. 4. Табл. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*36:621.936.5

Идентификация параметров силового воздействия активного блока мотопил. КЕЛЛЕР Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., № 4, с. 35—39.

Изложена методика определения проекций вынуждающих сил и моментов активного блока по экспериментально замеренным параметрам его пространственного виброполя. Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 624.21:625.745.12

Расчеты элементов балочного пролетного строения методом «упругоседающих и упругоповорачивающихся опор». СТУКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., № 4, с. 39—47.

Рассмотрен метод пространственного расчета поперечной конструкции пролетного строения, позволяющий получить усилия M и Q в произвольном сечении. На конкретном примере дано сравнение с результатами по методу Б. Е. Улицкого. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 621.825.6.004.65

Исследование работоспособности карданных валов автодесовозов. КАПУСТИН Р. П., ШУВАЛОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 47—50.

Приведены результаты стендовых испытаний работоспособности шлицевого соединения карданных валов автодесовозов со смазками пресс-солидол С, № 158 и ВНИИНП-242. Применение смазки ВНИИНП-242 или № 158 позволяет увеличить ресурс соединения и всего вала в 3 раза. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*37:629.113.62

Стохастическое моделирование дорог в задачах движения троллейных лесовозных поездов. ЗУЕВ С. А., КОЛЬНИЧЕНКО Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 50—53.

Дано обоснование и изложена последовательность реализации на ЕС ЭВМ алгоритма построения вероятностных моделей автомобильных дорог. Приведены результаты математического моделирования движения троллейных поездов по вероятностным моделям участка Северо-Восточной магистрали ПЛО Мезеньлес. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 621.316.34

Регулирование напряжения в электрических сетях лесопромышленных предприятий при помощи реактивных устройств. АЛЯБЬЕВ В. М., ГОРБАТОВ Н. М., ЗНАМЕНСКИЙ Г. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 54—58.

Выполнено аналитическое исследование различных способов автоматического регулирования напряжения посредством поперечной и продольной компенсации реактивной нагрузки. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.046

К вопросу моделирования работы бассейна для гидротермической обработки фанерного сырья. ПАВЛИКОВ В. Ю., СТРИЖЕВ Ю. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 58—62.

Предложена математическая модель и методика, позволяющие моделировать работу бассейна для тепловой обработки фанерного сырья на всех стадиях его функционирования. Приведен алгоритм моделирования работы бассейна. Рассмотрены методика и математическая модель предназначены для использования их в САПР производства фанеры. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.023(075.8)

О корректности краевых условий при решении задачи Дирихле для случая резания древесины. СОПОТУН А. И., БЕЦЬ М. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 62—66.

Изложено решение задачи по определению напряженного состояния древесины в области непосредственного контакта реза с обрабатываемым материалом. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.053:621.934

Максимально допустимая, оптимальная и универсальная частоты вращения круглой пилы. СТАХИЕВ Ю. М., ЕРШОВ С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 66—70.

Введено новое понятие — универсальная частота вращения пилы. Приведены числовые значения этого показателя для размеров пил по ГОСТ 980-80. Рекомендуются при возможности использовать в круглопильных станках универсальные частоты вращения. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 674.817-41:658.26

Тепловые схемы производства древесноволокнистых плит. ВАСИЛЬЕВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 70—74.

Приведены экспериментальные данные по определению истинного количества тепла, идущего на прессование древесноволокнистых плит (ДВП). Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.047:674.093.6

Влияние усушки древесины на разнотолщинность досок. ҚОВЗУН Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 74—77.

Приведены результаты исследований, обосновывающие метод расчета статистических оценок случайной величины — разнотолщинности от неодинаковой усушки в пределах длины доски. Ил. 2. Библиогр. список: 4 назв.

676.023.11

Кинетика деполимеризации и изменения ММР хлопковой целлюлозы под действием гипохлоритной окислительной системы. СОКОЛОВ О. М., ДЕМИН В. А., КАРМАНОВ А. П., КОРОВА Е. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 78—83.

Установлено, что деполимеризация целлюлозы под действием окислительной гипохлоритной системы при pH от 7 до 12 характеризу-

ется уравнением первого порядка; эффективная энергия активации процесса составляет 95...98 кДж/моль. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*861.16:547.673.1

Каталитическая активность антрахинонов с углеводородными заместителями при щелочной варке. НИКАНДРОВ А. Б., ШЕВЧЕНКО С. М., АМИТИНА С. А., ШУБИН В. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 83—85.

Проведено сравнение эффективности ряда производных антрахинона с различными углеводородными заместителями в качестве катализаторов делигнификации древесины. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*864.66.081

О сушке лигнина сорбирующими телами. ЛЕВИН Б. Д., РОМАНЧЕНКО П. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 86—88.

Изложены результаты исследования по сушке гидролизного лигнина при контакте с частицами силикагеля 2...4 мкм. Приведены данные по динамике влажности материала в ходе сушки и влиянию режимных параметров процесса на конечную влажность. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 628.312.2

Растворимость терпеномалеиновых смол в воде. ЛАМОТКИН А. И., БУТЬКО Т. А., КАЛЕННИКОВА С. И., ПРОНЕВИЧ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 89—91.

Установлена связь между растворимостью смол в воде и содержанием в их структуре групп димеров карбоновых кислот, связанных водородной связью, а также ангидридных групп, определенных ИК-спектроскопией. Установлено, что содержание полярных групп в структуре ТМС зависит от строения этих веществ и объясняет их физико-химические характеристики. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 543.422.676.16.023.121

Спектрофотометрическое исследование реверсин белены термомеханической массы под воздействием УФ-облучения. КУЧИНСКАЯ О. А., ПУЗЫРЕВ С. С., ДЬЯЧЕНКО Ю. И., ГУМАНОВА Т. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 92—96.

Методом спектрофотометрии отражения изучено изменение содержания хромофоров в процессе отбели термомеханической массы пероксидом водорода в присутствии силиката натрия. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 511.127:547

Расчетное определение равновесий химических реакций ЦБП. КРЫЛОВ В. С., ПАЮСОВ С. А., ШАРЫПОВА Л. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 96—99.

Предложено кинетическое уравнение, с помощью которого можно судить о необратимости или обратимости реакции и вычислить равновесные содержания реагентов. Табл. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 676.16

К теории ротационного вискозиметра при переходном течении волокнистой суспензии. БАБКИН В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 99—103.

Для ротационного вискозиметра с внешним вращающимся цилиндром найдено распределение скоростей в зазоре между цилиндрами и получена формула, связывающая касательное напряжение на поверхности внутреннего цилиндра с угловой скоростью внешнего. Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*863.002.51.004,62

Методы определения морального износа ведущего оборудования гидролизных производств. МОСЯГИН В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 104—108.

Разработана модель сравнительной оценки морального износа гидролизаторов разных объемов. В качестве критерия такого вида износа приняты уровни стоимости и потребительской стоимости ведущего оборудования. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 658.512:674.6

Оптимизация плана производства деталей ящичной тары с применением ЭВМ. АБРАМКИН В. В., ЖУКОВСКИ П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 108—112.

Построена экономико-математическая модель двухэтапного определения оптимального раскроя пиломатериалов на детали ящичной тары. Приведен алгоритм решения задачи на ЭВМ. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 658.152.001.572

Научно-технический прогресс в лесопромышленном комплексе Белорусской ССР. ГЕИЗ-ЛЕР П. С., ЗАИЦЕВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 112—116.

Рассмотрены методические вопросы разработки раздела «Лесопромышленный комплекс» комплексной программы НТП Белорусской ССР. Отмечена разбалансированность в решениях, преобладание технократического описательного подхода. Предложена экономико-математическая модель и задача, способные на базе баланса древесного сырья региона оптимизировать направления технического и технологического развития производства регионального лесопромышленного комплекса. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*66(438)

Общественные затраты на производство и заготовку древесного сырья в Польше. СТРЫКОВСКИ В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 116—121.

Приведены результаты определения общественных затрат на производство древесины в Польше, которые могут быть использованы как один из вариантов долгосрочной политики формирования цен на древесное сырье. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.047

Термодинамика процесса сушки древесины. ПОПОВ В. М., БЕЛОКУРОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 122—124.

Авторами предложена аналитическая зависимость, позволяющая установить одновременное влияние градиентов влажности, температуры и избыточного парциального давления на процесс сушки. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 624.011.1

Температурно-влажностные характеристики сечения деревянных конструкций при пожаре. РЫКОВ Р. И., ЦЫРЕНЖАПОВ Б. Ц. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 124—126.

Приведены аналитические зависимости между влажностью, температурой и координатой сечения деревянной конструкции в условиях пожара. Ил. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 624.011.1

Разрушение коротких клееных деревянных балок. ПРОКОФЬЕВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 126—128.

Рассмотрено сложное напряженное состояние, возникающее при разрушении коротких клееных деревянных балок, и дана оценка несущей способности с учетом анизотропии механических свойств древесины. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.09-791.8

Моделирование установок для сортировки пиломатериалов по механическим свойствам методом изгиба. ОГУРЦОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 128—130.

Разработаны динамические модели сортирующих установок с постоянным прогибом и постоянной изгибающей силой и определены их параметры для исследования процессов перемещения пиломатериалов при их механической сортировке. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 378:630*(73)

О повышении квалификации преподавателей лесных вузов США. ТЕПЛЯКОВ В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 131—133.

УДК 061.22:630*

Тревоги и заботы общества лесоводов СССР. СТОЛЯРОВ Д. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 4, с. 134—135.