МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Журнал основан в 1957 году

5

1979

Библиотека
Архангельского
Лесотехнического
института
им. С. В. Куйбышева

АРХАНГЕЛЬСК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1979

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5

Сдан в набор 3/VIII 1979 г. Подписано к печати 2/XI 1979 г.
Форм. бум. 70x108 1/16. Условн. печ. л. 12,6. Уч.-изд. л. 12,641.
Сл - 00055. Тираж 2100 экз. Заказ 5589. Цена 1 руб.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

НОВЫЕ РУБЕЖИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

В июле 1979 г. Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О дальнейшем развитии высшей школы и повышении качества подготовки специалистов». Этот важный документ — новое проявление большой и постоянной заботы Коммунистической партии и Советского правительства о развитии высшего образования.

В постановлении отмечены несомненные заслуги и достижения советской высшей школы в обеспечении народного хозяйства квалифицированными кадрами и развитии научных исследований. По масштабам выпуска специалистов с высшим образованием наша страна давно оставила позади развитые капиталистические страны. Неуклонно повышается профессиональный уровень выпускников высшей школы, их идейно-политическая закалка, экономическая подготовка. Все большее число студентов активно приобщается к научно-исследовательской работе, что способствует формированию у выпускников вузов творческого отношения к делу.

Но научно-техническая революция и социальный прогресс нашего общества — общества развитого социализма предъявляют к высшей школе все новые и новые требования. ЦК КПСС и Совет Министров СССР отмечают, что наша высшая школа должна оказывать более активное влияние на ускорение научно-технического прогресса, рост культуры народа, умножение духовных богатств общества. В постановлении намечена широкая программа по устранению недостатков, имеющихся в работе вузов, дальнейшему совершенствованию учебно-воспитательного процесса и других сторон деятельности.

Первоочередная и неотложная задача состоит сейчас в том, чтобы организовать деловое обсуждение постановления, разработать четкую программу действий каждого вуза, факультета, кафедры, партийных и общественных организаций, студенчества. Ни один работник высшей школы не должен остаться в стороне от предстоящей большой работы.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР отмечено, что целый ряд министерств и ведомств все еще не полностью обеспечен специалистами. К ним относятся и лесные отрасли.

В нашей стране создана широкая сеть вузов и факультетов лесного профиля, охватывающая регионы с самыми различными условиями от Прибалтики и Карпат до Сибири и Дальнего Востока, от Архангельска, Ухты и Петрозаводска до Львова и Тбилиси. Лесные вузы и факультеты располагают солидной материальной базой и высококвалифицированными профессорско-преподавательскими кадрами и немало сделали для подготовки инженерных кадров для лесной промышленности и лесного хозяйства. Однако в силу ряда причин предприятия этих отраслей все еще испытывают недостаток в инженерах-технологах, механиках, экономистах, особенно в северных и восточных районах страны. Новое постановление ставит задачей ликвидировать этот дефицит, что в свою очередь требует разработать меры по развитию вузов, укреплению их материальной базы, более продуманному распределению специальностей и контингента студентов и направлению вы-

пускников. Предусмотрены льготные условия поступления на лесные специальности.

Постановление Центрального Комитета партии и Советского правительства предъявляет серьезные требования к министерствам и ведомствам, для которых вузы готовят специалистов. Они должны оказывать высшей школе более действенную помощь долевым участием в строительстве, оборудованием; активнее участвовать в организации приема в вузы, комплектовании подготовительных отделений, проведении производственной практики, стажировки выпускников вузов. Прошедшее в 1978 г. авторитетное совещание работников Минлеспрома СССР и Минвуза СССР дало определенный толчок для более тесной координации их деятельности. Однако и Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности, и Гослесхоз СССР, и Министерство целлюлозно-бумажной промышленности СССР, соответствующие министерства союзных республик могут и должны увеличить свою помощь высшей школе.

В СССР высшее образование — органическая часть единого народнохозяйственного комплекса. Подобно другим отраслям, наша высшая школа развивается планомерно. Основой реализации задач нового постановления должны стать перспективные планы развития вузов до 1990—2000 гг. Это позволит всесторонне согласовать деятельность вузов и отраслевых министерств.

Необходимо еще энергичнее добиваться органического слияния педагогической, воспитательной, методической и научно-исследовательской работы каждого профессора и преподавателя, творческого содружества различных кафедр и факультетов, вузов и производства.

Ответственные задачи стоят перед кафедрами общественных наук, экономики и организации производства. Последовательное изучение на протяжении всей учебы в вузе марксистско-ленинской теории, истории КПСС, решений съездов партии и других партийных документов обеспечивает формирование у студентов вузов высоких политических и моральных качеств активных строителей коммунизма.

Улучшается и экономическая подготовка, привитие будущим инженерам навыков организаторов производства. Однако здесь предстоит еще большая работа, особенно в связи с выходом в свет постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы».

Многогранны и сложны задачи, стоящие перед коллективами вузов. Но их верность идеалам коммунизма, стремление достойно служить своему народу, весь предшествующий опыт не оставляют сомнений в том, что эти задачи будут успешно решены.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*.181.65 : 630*.43

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ И СОДЕРЖАНИЕ ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ У ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ КРЫМСКОЙ В ПОСЛЕПОЖАРНЫЙ ПЕРИОД

А. Г. САВЧЕНКО

Московский лесотехнический институт

Показано, что состояние и жизнедеятельность деревьев в послепожарный период зависят от силы пожара и высоты обгорания стволов.

По изменению ширины и строения годичных слоев, как установлено исследованиями И. С. Мелехова [1, 2], можно судить о жизнедеятельности деревьев и качестве древесины после пожара.

Мы изучали влияние пожаров на жизнедеятельность сосны крымской. Работы проводили в Крыму, в естественных древостоях сосны крымской. На заложенных пробах образцы древесины для измерений высверливали буравом на высоте груди у всех деревьев.

Ширину годичного слоя и его поздней зоны замеряли на поперечном срезе по способу, за основу которого был взят метод, описанный В. А. Сретенским [4], для чего был использован эпидиаскоп ЭПД-455. Спроектированное на экран при 20-кратном увеличении изображение замеряли с точностью до 0,1 мм. Преимущество такого способа перед способом замеров с помощью микроскопа заключается в большой наглядности и быстроте выполнения замеров при достаточно высокой точности измерения годичных слоев (0,005—0,01 мм). Данные по пробам на пожарищах сравнивали с аналогичными данными на контрольных пробах, заложенных в пределах тех же древостоев, где были пробы с огневым воздействием, но на участках, не пройденных огнем, и вне пожарища.

И. С. Мелехов показал, что в зависимости от интенсивности и условий горения пожар может иметь в лесу не только отрицательные, но и положительные последствия. Положительная роль огня сказывается в благоприятном влиянии его на почву, на последующие изменения микроклимата и лесовосстановительные процессы. Улучшая в определенных случаях общие условия произрастания, низовые пожары могут повышать смолопродуктивность, а иногда и прирост по диаметру толстокорых хвойных пород, в частности сосны [2, 3].

Положительное влияние слабого огня проявляется и в древостоях сосны крымской. При обгорании стволов на незначительную высоту деревья сосны крымской не гибнут, пожарные подсушины не образуются, в некоторые годы после пожара повышается процент поздней древесины при неизменяющемся или даже увеличивающемся радиальном приросте. Сильные пожары вызывают серьезные нарушения в состоянии и жизнедеятельности деревьев.

Примером может служить чистый одновозрастный древостой сосны крымской с допожарной характеристикой: возраст 80 лет, высота 14 м, диаметр 26 см, полнота 0,8, класс бонитета IV, подлесок редкий из можжевельника, грабинника, шиповника, покров злаковый, юго-западный склон крутизной 10°, условия произрастания — сухая суборь. В результате происшедшего зимой 1960 г. слабого пожара, при котором стволы деревьев обгорели на высоту 0,1—1,7 м, ширина годичных слоев по сравнению с контролем не изменилась, а процент поздней древесины

увеличился в 1961, 1963, 1966, 1967 гг., не отличаясь от контроля в остальные годы (табл. 1). При пожаре не произошло огневого травмирования и гибели деревьев.

Таблица 1

Годы	Средняя ширина годичных колец по годам, мм; в скобках критерий расхождения с контролем		Средний процент поздней древесины по годам; в скобках критерий расхождения с контролем	
	Пожар низовой слабый, проба № 6	Контроль, проба № 4	Пожар низовой слабый, проба № 6	Контроль, проба № 4
Допожарный период				
1955—1959	0,99±0,03(0,8)	0,95±0,04	35,6±0,7(0,7)	34,8±0,8
Год пожара				
1960	1,00±0,04(1,2)	0,93±0,04	41,0±1,0(0,5)	40,2±1,1
Послепожарный период				
1961	0,75±0,03(0,8)	0,72±0,03	35,2±1,0(2,5)	31,3±1,1
1962	0,76±0,03(0,8)	0,80±0,04	36,5±1,1(0,8)	35,3±1,1
1963	0,64±0,02(1,1)	0,60±0,03	33,3±1,0(3,6)	28,0±1,1
1964	0,70±0,03(0,4)	0,72±0,04	36,0±1,2(0,1)	36,1±1,3
1965	0,68±0,03(0)	0,68±0,03	37,4±1,1(1,2)	35,4±1,2
1966	0,84±0,03(0,3)	0,86±0,05	39,8±1,1(2,5)	35,8±1,1
1967	0,63±0,03(1,4)	0,57±0,03	37,7±1,1(3,5)	33,6±1,3
1968	0,47±0,02(0,9)	0,44±0,02	35,7±1,2(1,2)	33,5±1,4
1969	0,66±0,04(0)	0,66±0,04	37,6±1,2(0,9)	36,1±1,2
1970	0,81±0,04(0,5)	0,84±0,05	36,3±1,1(1,1)	36,5±1,2
1971	0,56±0,03(0,8)	0,59±0,03	24,2±1,0(0,8)	23,0±1,1
1972	0,58±0,03(0,2)	0,57±0,03	38,3±1,2(0,7)	37,0±1,4
1973	0,72±0,04(0)	0,72±0,05	45,1±1,4(1,2)	42,6±1,7

Примечание. Табличное значение t-критерия Стьюдента при вероятности 0,95 равно 2,0. Число деревьев на пробе № 6 — 122; на пробе № 4 — 79.

Влияние сильного пожара, возникшего в том же древостое в августе 1966 г. в непосредственной близости от пожарища 1960 г., на ширину и структуру годичных слоев показано в табл. 2. Так, обгорание стволов деревьев на высоту 3,9±0,1 м на пробе № 1 практически мало повлияло на среднюю ширину годичных слоев и содержание поздней древесины, однако у 4% деревьев прирост был ниже в течение 9 лет, а в среднем у 10% деревьев прирост резко увеличился в течение 11 послепожарных лет. Все 27 деревьев на пробе были живыми. На пробе № 2 в результате обгорания деревьев на высоту 7,5±0,2 м их жизнедеятельность была несколько подавлена, в живых осталось 32 дерева, одно (3%) погибло, в среднем у 13% прирост резко снизился, а у 6% незначительно возрос. Через 11 лет после пожара на пробе № 2 прирост был ниже у 9% деревьев (III—IV классы по Крафту), повышен у 3% деревьев (I—II классы по Крафту). На пробе № 3 пожар находился на грани перехода в верховой, деревья обгорели на высоту 10,3±0,3 м, 8 деревьев (27%) погибло, у 22 оставшихся резко снизились радиальный прирост и процент поздней древесины, которые нормализовались только на восьмой год после пожара. В первые 5 лет после пожара прирост сильно уменьшился у 50% деревьев, у 9% деревьев (III класса по Крафту) не восстановился и через 11 лет. Вследствие вызванного огнем изреживания древостоя на пробе № 3 на третий год после пожара произошло резкое увеличение радиального прироста у 5% де-

Таблица 2

Годы	Число лет после пожара	Средние ширина годичных колец, мм (числитель) и процент поздней древесины (знаменатель) по годам; в скобках критерий расхождения с контролем			
		Пожар			Контроль, проба № 4
		Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	
		Допожарный период			
1961—1965	—	0,81(1,6) / 31,9(0,6)	0,65(0,8) / 35,0(0,8)	0,61(1,3) / 30,2(1,2)	0,70 / 33,2
		Год пожара			
1966	—	0,83(0,3) / 35,3(0,2)	0,61(2,8) / 30,7(2,5)	0,53(3,3) / 28,4(3,2)	0,86 / 35,8
		Послепожарный период			
1967	1	0,57(0) / 34,1(0,2)	0,44(1,9) / 35,8(0,9)	0,27(4,7) / 22,2(4,0)	0,57 / 33,6
1968	2	0,48(0,9) / 34,2(0,2)	0,36(1,7) / 32,6(0,4)	0,29(2,9) / 24,3(3,0)	0,44 / 33,5
1969	3	0,67(0,2) / 34,4(0,7)	0,48(2,8) / 34,7(0,7)	0,33(4,2) / 23,1(5,0)	0,66 / 36,1
1970	4	0,97(1,3) / 36,9(0,2)	0,66(1,9) / 38,3(0,8)	0,44(3,6) / 24,7(4,7)	0,84 / 36,5
1971	5	0,67(1,3) / 25,6(1,2)	0,51(1,4) / 24,5(0,7)	0,36(3,4) / 20,9(0,9)	0,59 / 23,0
1972	6	0,59(0,3) / 35,7(0,5)	0,47(1,6) / 37,3(0,1)	0,33(3,4) / 24,8(4,1)	0,57 / 37,0
1973	7	0,79(0,7) / 39,8(0,9)	0,65(0,7) / 42,3(0,1)	0,55(1,5) / 31,0(3,2)	0,72 / 42,6
1974	8	0,59(1,3) / 24,8(0,8)	0,51(0) / 23,5(0,2)	0,50(0,1) / 25,4(1,1)	0,51 / 23,1
1975	9	0,58(1,7) / 28,4(0,8)	0,45(0,5) / 28,1(0,6)	0,47(0,2) / 27,1(0,1)	0,48 / 26,8
1976	10	0,44(1,5) / 31,7(1,0)	0,34(0,6) / 31,7(1,0)	0,48(1,9) / 30,1(0,4)	0,37 / 29,1
1977	11	0,79(1,6) / 36,9(1,0)	0,57(0,8) / 35,3(0,4)	0,73(0,8) / 33,0(0,4)	0,64 / 34,3

Примечание. Табличное значение t-критерия Стьюдента при вероятности 0,95 равно 2,0.

ревьев. В дальнейшем число деревьев с повышенным приростом постепенно возрастало и на 11-й год после пожара составило 18%. Прирост у этих деревьев, которые принадлежали к I—II классам по Крафту, увеличился по сравнению с допожарным в 2,0—3,9 раза. Средние и сильные пожары ускоряют дифференциацию выживших деревьев. При очень сильных пожарах, сопровождающихся частичным обгоранием крон, значительное число деревьев гибнет, у оставшихся в живых радиальный прирост резко падает (на 60—78%), годичные слои и их поздняя зона выражены неясно.

Влияние пожара средней силы, возникшего в апреле 1961 г. в чистом одновозрастном древостое сосны крымской (допожарная харак-

Таблица 3

Годы	Число лет после пожара	Средние ширина годичных колец, мм (числитель) и процент поздней древесины (знаменатель) по годам; в скобках критерий расхождения с контролем			
		Пожар			Контроль, проба № 12
		Проба № 9	Проба № 10	Проба № 11	
		Допожарный период			
1956—1960	—	1,12(0,7) / 43,1(0,6)	0,97(0,9) / 40,5(1,1)	0,92(1,3) / 39,4(1,5)	1,05 / 42,1
		Год пожара			
1961	—	0,74(0,8) / 43,1(1,3)	0,73(1,0) / 46,9(2,9)	0,55(3,2) / 37,2(0,8)	0,80 / 39,7
		Послепожарный период			
1962	1	0,78(0) / 45,9(0)	0,67(1,6) / 43,6(1,0)	0,59(2,3) / 38,5(2,8)	0,78 / 45,9
1963	2	0,71(0,8) / 38,7(0,3)	0,63(0,5) / 37,7(0,2)	0,60(0,8) / 33,4(2,0)	0,66 / 38,1
1964	3	0,86(2,2) / 40,8(0,4)	0,66(0,4) / 36,8(1,5)	0,68(0,1) / 35,1(2,1)	0,69 / 39,8
1965	4	0,90(1,6) / 45,6(2,1)	0,77(0,2) / 40,6(0,2)	0,81(0,3) / 39,4(0,7)	0,78 / 41,0
1966	5	1,15(2,1) / 47,8(1,8)	0,95(0,1) / 46,4(1,4)	1,00(0,5) / 42,7(0,1)	0,94 / 42,8
1967	6	0,78(1,7) / 45,8(1,0)	0,70(0,4) / 41,1(1,1)	0,79(1,3) / 40,7(1,0)	0,68 / 43,4
1968	7	0,59(1,0) / 43,4(1,9)	0,55(0,4) / 40,8(1,0)	0,60(1,1) / 36,1(0,6)	0,53 / 38,0
1969	8	0,81(1,5) / 46,2(1,2)	0,75(0,8) / 44,0(0,3)	0,75(0,7) / 40,6(1,0)	0,70 / 43,2
1970	9	0,91(0,7) / 43,9(0,4)	0,85(0) / 40,7(0,8)	0,98(1,2) / 39,0(1,3)	0,85 / 42,8
1971	10	0,66(1,1) / 32,0(2,01)	0,57(0,4) / 25,3(0,9)	0,62(0,4) / 29,4(0,9)	0,59 / 27,3
1972	11	0,65(1,2) / 44,7(1,2)	0,59(0,3) / 42,9(0,6)	0,57(0) / 40,7(0,2)	0,57 / 41,3
1973	12	0,81(0,8) / 48,2(0,2)	0,78(0,5) / 48,0(0,1)	0,79(0,5) / 42,5(1,6)	0,74 / 47,7

Примечание. Табличное значение t-критерия Стьюдента при вероятности 0,95 равно 2,0.

теристика: возраст 80 лет, высота 18 м, диаметр 28 см, полнота 0,8, класс бонитета III, густой подлесок из грабинника, кизила, скумпии, юго-западный склон крутизной 20°, условия произрастания — сухая суборь) на жизнедеятельность деревьев показано в табл. 3. Пожар не вызвал гибели деревьев, но повлиял на послепожарную ширину годичных слоев и их строение. На пробе № 9 стволы деревьев (36 шт.) обгорели на высоту 1,7±0,1 м, деревья без огневых травм, на 3-й и 5-й годы после пожара у деревьев увеличился радиальный прирост (вероятность вывода 0,95), в отдельные годы после пожара возросло содержа-

ние поздней древесины; вследствие изреживания густого подлеска жизнедеятельность деревьев улучшилась. На пробе № 10 (высота обгорания стволов 2,1±0,1 м) одно дерево получило незначительную травму ствола, жизнедеятельность остальных 39 деревьев практически не изменилась. На пробе № 11 вследствие обгорания деревьев (40 шт.) на высоту 2,8±0,1 м радиальный прирост уменьшился в год пожара и в 1-й послепожарный год, а процент поздней древесины снизился в первые три года после пожара, 8% деревьев получили пожарные травмы ствола.

Следует отметить, что если высота обгорания стволов меньше определенных значений, названных нами критическими, то в результате такого слабого огневого воздействия количественная и качественная продуктивность древостоев сосны крымской не снижается, а в ряде случаев даже повышается. Обгорание деревьев на высоту больше критической неблагоприятно отражается на состоянии и жизнедеятельности деревьев в послепожарный период.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Мелехов И. С. Об изменении анатомического строения древесины сосны под влиянием лесных пожаров. Архангельск, АЛТИ, 1940. [2]. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. М.—Л., Гослестехиздат, 1948. [3]. О смолопродуктивности сосновых насаждений, пройденных пожарами. — В сб.: Повышение продуктивности лесов и улучшение ведения лесного хозяйства. М., 1976 (Науч. труды МЛТИ, вып. 88, с. 5—10). Авт.: Мелехов И. С., Бабакин А. С., Чипашвили В. Б., Ломов В. Д. [4]. Сретенский В. А. Общедоступный способ измерения ширины годичных колец. — «Лесное хозяйство», 1973, № 6, с. 25.

Поступила 7 декабря 1978 г.

УДК 630*.53

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕКУЩЕГО ОБЪЕМНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ С МАССОЙ КРОН

Н. П. ГОРДИНА

Сибирский технологический институт

Излагается способ определения процента объемного прироста растущих деревьев по массе их крон, найденной измерительными методами.

Определение текущего объемного прироста растущих деревьев сопряжено с известными трудностями и не всегда гарантирует достаточную точность.

В настоящее время предложен ряд способов таксации объемного прироста, которые подробно рассмотрены Н. П. Анучиным [1], что, однако, не исключает возможности дальнейших поисков в этом направлении.

Интенсивность физиологических процессов, обусловливающих темпы роста деревьев и изменение их объемов, в значительной мере определяется массой их крон.

Как отмечают Л. К. Поздняков, В. В. Протопопов, В. М. Горбатенко [3], выявляя зависимости между различными биометрическими и обычными таксационными показателями, можно сократить трудоемкие натурные работы при изучении продуктивности лесных биогеоценозов.

Для выяснения количественной стороны этого явления нами использованы материалы 22 пробных площадей, характеризующих лишайниковые сосняки среднего тече-

ния р. Енисей (бассейн р. Сым), которые в этом районе являются наиболее распространенной группой типов леса, занимающей площадь около 2 млн. га. На пробных площадях срублено и обмерено 825 модельных деревьев обычным способом, принятым в лесной таксации. Кроме того, была найдена масса их крон.

Таблица 1

Ступени толщины, см	Изменчивость массы крон, %	Ступени толщины, см	Изменчивость массы крон, %
8	45,6	32	14,7
12	41,0	36	14,3
16	30,5	40	15,2
20	18,5	44	13,5
24	16,5	48	12,3
28	17,1	52	9,2

Последний показатель характеризуется довольно значительным варьированием, даже у деревьев близких диаметров, особенно в тонкомерных ступенях (табл. 1). Масса крон отдельных деревьев зависит, в первую очередь, от диаметров крон, их протяженности по стволу и плотности, которая у сосны определяется средним расстоянием между мутовками.

С использованием трехфакторного дисперсионного анализа было доказано, что сила влияния названных факторов на массу крон, по Г. Ф. Лакину [2], составляет: диаметра — 62,7%, протяженности крон по стволу — 1,6%, среднего расстояния между мутовками — 8,4%, совместное их влияние — 12,2%.

Масса крон растущих деревьев в сыром виде может быть найдена из выражения

$$M_{кр} = K \frac{D^2_{кр} L_{кр}}{\Delta l_{кр}},$$

где $D_{кр}$ — диаметр крон, м;

$L_{кр}$ — протяженность крон по стволу, м;

$\Delta l_{кр}$ — средний прирост по высоте ствола в пределах кроны;

K — коэффициент пропорциональности, зависящий от конкретных лесорастительных условий и определяемый опытным путем; в нашем случае $K = 0{,}05$.

Для нахождения диаметров крон в натуре у растущих деревьев используют кромомеры; протяженность крон по стволу определяют с помощью высотомеров. По протяженности крон и числу мутовок в них, найденному визуально, рассчитывают средний прирост по высоте ствола в пределах кроны.

Наиболее тесная связь между массой крон и объемным приростом (P_v) обнаружена при отнесении массы крон к объему ствола без коры ($v_{б.к}$).

Коэффициент корреляции (r) при этом находится в пределах от +0,66 до +0,76, а корреляционное отношение (η) — от 0,72 до 0,78.

Таблица 2

Возраст деревьев, лет	Показатели степени тесноты связи		Уравнение связи	Ошибки, %	
	$r \pm m_r$	$\eta \pm m_\eta$		систематические	случайные
До 40	0,66±0,10	0,76±0,08	$y=7{,}06+0{,}0032x+0{,}00000780x^2$	4,6	22,7
41—80	0,69±0,07	0,72±0,06	$y=2{,}57+0{,}0098x-0{,}00000571x^2$	—3,2	23,9
81—120	0,71±0,05	0,76±0,04	$y=0{,}73+0{,}0048x+0{,}0000060x^2$	2,4	18,5
121 и более	0,76±0,10	0,78±0,08	$y=0{,}36+0{,}0010x+0{,}00000286x^2$	3,5	16,7

Примечание. x — отношение массы крон к объему стволов без коры; y — процент объемного прироста.

Форма связи криволинейная и передается уравнением параболы второго порядка (табл. 2). Систематические ошибки приведенных уравнений находятся в пределах от −3,2 до +4,6%, случайные от ±16,7 до ±23,9%.

По приведенным формулам рассчитан процент текущего объемного прироста за последние 10 лет у деревьев сосны, относящихся к различным возрастным группам (табл. 3).

Таблица 3

Возраст деревьев, лет	Процент текущего прироста по объему при $M_{кр}/v_{б.к}$								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
До 40	7,4	8,0	8,7	9,6	10,6	11,8	13,1	14,6	16,3
41—80	3,5	4,3	5,0	5,6	6,0	6,4	—	—	—
81—120	1,3	1,9	2,7	3,6	4,6	—	—	—	—
121 и более	0,5	0,7	0,9	1,2	—	—	—	—	—

Действующей лесоустроительной инструкцией предусмотрено определение объемного текущего прироста для хозяйственных секций путем взятия модельных деревьев, что сопряжено с большими трудозатратами. Предложенный метод позволяет на основе объективных показателей определить текущий объемный прирост деревьев, не прибегая к их рубке.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1977. [2]. Лакин Г. Ф. Биометрия. М., «Высшая школа», 1973. [3]. Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. Красноярск, 1969.

Поступила 22 декабря 1978 г.

УДК 630*.232.31

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ СЕМЕНОШЕНИЯ ЕЛИ БАЛЛАМИ КАППЕРА

П. И. ВОЙЧАЛЬ, А. И. БАРАБИН

Архангельский лесотехнический институт

Получены уравнения, позволяющие с достаточной точностью определять фактический урожай. Доказано, что нет необходимости заготовлять семена при оценке урожая по 1, 2 и даже 3 баллу шкалы Каппера.

В производственных условиях урожай шишек принято оценивать баллами, предложенными В. Г. Каппером около полувека назад. При всей простоте и доступности его шкала не может дать абсолютных цифр урожая шишек, а тем более урожая семян с единицы площади. Сомнительно также, что одинаковые урожаи всегда оцениваются одинаковыми баллами, особенно если оценку дают разные наблюдатели.

Правда, различными исследователями были предприняты небезуспешные попытки связать оценку урожая баллом с его действительной величиной, а именно: с числом шишек, числом семян и их массой на 1 га. Анализируя эти попытки, мы изучили материалы С. В. Алексеева, А. А. Молчанова, П. Н. Пастуховой, В. П. Тимофеева, А. М. Леонтье-

ва, Т. П. Некрасовой, И. Д. Юркевича, А. И. Стратоновича и Е. П. Заборовского, Г. И. Козубова, Л. С. Алаева, Д. Н. Данилова, С. А. Мамаева.

Однако непосредственно использовать данные названных авторов для установления указанной выше связи было невозможно, по крайней мере, по двум причинам. Во-первых, эти данные охватывают почти весь ареал ели в европейской части СССР. А географический фактор, как известно, играет здесь немаловажную роль. При одинаковых баллах урожаи в Брянской области, Белорусской ССР, Ленинградской области и южной части Коми АССР заметно выше, чем на других территориях. Поэтому мы взяли лишь материалы по Архангельской области. Во-вторых, в том виде, в каком данные оценки урожаев были опубликованы, они, по-видимому, содержат какие-то ошибки. Скорее всего (мы так и посчитали), что в некоторых случаях был поставлен не тот балл, который действительно наблюдался. Так, например, такие неточности замечены в оценке урожаев 1940 и 1949 гг. в работе А. А. Молчанова [5]. С нашей точки зрения, здесь вместо балла 2 надо поставить балл 1, о чем свидетельствует как число семян на 1 га (5 и 6 тыс. шт.), так и их масса (0,025 и 0,03 кг). Сделав такую коррекцию данных, мы далее подвергли их статистической обработке. В табл. 1 приведены исходные данные по исследованиям С. В. Алексеева и А. А. Молчанова [1], П. Н. Пастуховой [6] и А. И. Барабина [2].

Таблица 1

Показатели урожая	Балл по Каппеpу				
	1	2	3	4	5
По числу шишек на 1 га, шт.:					
среднее	504	1510	5314	12000	20743
наибольшее	508	2450	6950	—	62960
наименьшее	500	1042	3295	—	10160
Число наблюдений	2	4	4	1	7
По числу семян на 1 га, тыс. шт.:					
среднее	38,6	156	1186,7	1100	3462
наибольшее	129,8	447,9	3224	1400	4107
наименьшее	5,2	18	280,1	920	966
Число наблюдений	10	6	6	3	11
По массе семян на 1 га, кг:					
среднее	0,082	0,684	2,182	5,317	21,590
наибольшее	0,237	0,920	2,826	5,650	46,100
наименьшее	0,025	0,432	1,273	5,000	4,600
Число наблюдений	7	5	4	3	12

Были найдены уравнения регрессии:
для числа шишек

$$y = 250\,(x^3 - 2x^2 + 3x)\,; \qquad (1)$$

для числа семян

$$y = 33500\,(4x^2 - 3x)\,; \qquad (2)$$

для массы семян

$$y = 0{,}082x^3, \qquad (3)$$

где x — фактический балл урожая по шкале Каппера.

Соответствующие сравнения фактических средних данных с вычисленными по этим уравнениям даны в табл. 2.

Коэффициенты сглаженности для этих трех уравнений оказались равными 0,991; 0,942 и 0,625. Они показывают, что зависимость числа

Таблица 2

Показатели урожая	Балл по Капперу				
	1	2	3	4	5
По числу шишек на 1 га шт.:					
вычисленный	500	1500	4500	11000	22000
% от фактического	100	100	85	92	108
По числу семян на 1 га, тыс. шт.:					
вычисленный	33,5	335	904,5	1742	2848
% от фактического	87	215	76	158	82
По массе семян на 1 га, кг:					
вычисленный	0,082	0,656	2,214	5,250	10,250
% от фактического	100	96	101	99	47

шишек и семян от балла урожая очень хорошо аппроксимируется приведенными уравнениями. Связь же массы семян на 1 га с баллом урожая много слабее, хотя и может быть названа значительной.

Однако рассмотрение табл. 2 несколько изменяет эти выводы. Оказывается, что действительно тесная корреляционная связь существует лишь в первом случае, что вполне естественно, потому что сам балл урожая устанавливается по относительному числу шишек. Второе уравнение дает значительные отклонения для отдельных баллов. Если для балла 2 это не имеет существенного значения, так как практически это слабый урожай, то для балла 4 расхождения весьма велики: полученное по формуле число семян в 1,5 с лишним раза больше фактического. Мы полагаем, что причиной такого расхождения можно считать малое число наблюдений — здесь их только 3. При большей представленности данных, вероятно, можно было бы подобрать уравнение, дающее большее совпадение по баллу 4, а также по баллам 3 и 5.

Для массы семян на 1 га уравнение дало весьма хорошие результаты для всех баллов урожая, кроме балла 5, где вычисленная средняя величина составила менее половины фактической. В поисках причины этой аномалии мы обратили внимание на то, что баллом 5 были оценены очень разные урожаи — от 4,6 до 46,1 кг семян на 1 га. При этом оказалось, что при обильном урожае шишек (балл 5) фактическая масса семян на 1 га равнялась (по данным А. И. Барабина) в 1965 г. 7,5 кг, а в 1973 г. — 29,1 кг, т. е. в 3,9 раза больше. Были несколько условно отобраны урожаи балла 5 ниже 15 кг. В этом случае фактический урожай в среднем составил бы 10,3 кг/га, т. е. почти точно был бы равен вычисленному. Оставшаяся группа (урожай семян выше 15 кг/га) имела бы средний урожай 37,4 кг/га, т. е. в 3,7 раза больше, чем в первой группе. Отсюда можно сделать вывод, что балл 5 в самом себе неоднороден, включает и просто обильные, и сверхобильные урожаи. Последние не имеют своих баллов и поэтому все идут под знаком балла 5. Но если исходить из уравнения (3), то можно вычислить, что при условном балле 6 (такого сейчас нет) урожай семян составит 18 кг/га, при балле 7 — 28, а при балле 8 — 43 кг/га.

Если бы можно было ввести в шкалу Каппера дополнительные баллы (сверх балла 5), то уравнение достаточно хорошо позволяло бы вычислять действительный (точнее, ожидаемый) урожай семян (кг/га). Но баллов выше 5 не существует; нет указаний и на то, по каким наблюдаемым показателям можно отделять эти высшие баллы от балла 5. По-видимому, пока приходится мириться с тем, что по уравнению (3) для балла 5 получается не средний, а более низкий уровень урожая семян.

Имея указанные выше данные, можно в первом приближении решить вопрос о практическом использовании оценок урожаев баллами Каппера для организации лесосеменного хозяйства. Для Архангельской области имеется достаточно данных, чтобы определить повторяемость урожаев ели. Используя наблюдения С. В. Алексеева, А. А. Молчанова, П. Н. Пастуховой и А. И. Барабина, легко установить, что за 63 года (с 1914 г. по 1976 г. включительно) обильных (балл 5) и хороших (балл 4) урожаев было 16, т. е. в среднем такие урожаи бывают через три года на четвертый и лишь иногда через пять на шестой. Хранить семена в течение такого времени мы в состоянии. Следовательно, для получения нужного количества хороших семян можно использовать лишь годы с обильными и хорошими урожаями. Остается лишь проверить, будет ли этих семян достаточно для проведения лесокультурных работ.

Допустим некоторые упрощения. Во-первых, будем считать, что все лесные культуры выполняются методом посева. Это не точно, и наше упрощение завышает необходимое количество семян. Во-вторых, примем, что ежегодная площадь культур составляет 50 тыс. га, из них на долю еловых отнесем 40 тыс. га. Фактически эта площадь меньше, но и здесь допускаем превышение необходимого количества еловых семян. В-третьих, будем считать, что из ежегодной площади рубки 170 тыс. га (по области) еловых древостоев 150 тыс. га, из них черничников — половина. В-четвертых, примем при баллах 5 и 4 минимальный размер урожая семян 5 кг/га, что, надо думать, занижено против действительного урожая. Тогда сбор шишек на лесосеках может дать 375 т еловых семян. Это количество будет поступать один раз в четыре года, следовательно, в течение года можно израсходовать 94 т семян. При норме высева 0,7 кг/га ежегодная потребность в семенах составит 28 т. Таким образом, на посев будет расходоваться менее 1/3 собираемых и сохраняемых семян, что позволит лесоводам маневрировать в широких масштабах при решении вопросов о количестве и местах заготовки шишек. Легко также подсчитать, что и при более редких урожаях (один раз в 6 лет) можно заготовлять в два раза больше семян, чем требуется для посева.

Выводы

1. Полученные уравнения позволяют с достаточной практической вероятностью вычислять урожай еловых семян по верно установленному баллу В. Г. Каппера.

2. Нет необходимости заготовлять шишки ели при оценке урожаев по 1, 2 и даже 3 баллу шкалы Каппера, ибо обильные и хорошие урожаи обеспечивают лесокультурное производство полностью.

3. Служба прогноза и учета может быть сосредоточена в минимальном числе лесхозов, поскольку высокие урожаи распространяются на большие территории, охватывающие, как правило, не одну административную область.

4. Вопросы заготовки и хранения семян должны решаться обычным, ныне принятым путем.

5. На будущее следует ввести более совершенные способы службы урожая, в том числе непосредственное определение числа шишек в натуре и его прогнозирование на основании предложений А. И. Барабина [3, 4]. Для этого же времени можно пользоваться баллами В. Г. Каппера, считая, что при балле 4 на 1 га может быть получено в среднем 5 кг еловых семян и 12 тыс. шишек, а при балле 5 соответственно 10 кг семян и 20 тыс. шишек.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Алексеев С. В., Молчанов А. А. Плодоношение сосновых и еловых насаждений Севера. — «Лесное хозяйство», 1938, № 2/8. [2]. Барабин А. И. Прогнозирование и учет урожаев семян в ельниках Архангельской области. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Свердловск, 1974. [3]. Барабин А. И. Составление прогнозов семеношения ели. — «Информ. листок Архангельского ЦНТИ», 1977, № 61—77. [4]. Барабин А. И. Оценка семеношения ели. — «Информ. листок Архангельского ЦНТИ», 1977, № 62—77. [5]. Молчанов А. А. География плодоношения главнейших древесных пород в СССР. М., «Наука», 1967. [6]. Пастухова П. Н. Плодоношение сосны и ели в лесах Архангельской области. — В сб.: Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. М., «Наука», 1967.

Поступила 14 марта 1978 г.

УДК 581.543 : 519.272

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ПОГОДЫ НА РИТМ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ МЕТОДАМИ МНОЖЕСТВЕННОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

С. В. БЕРДНИКОВА, Н. Е. БУЛЫГИН

Архангельский лесотехнический институт
Ленинградская лесотехническая академия

Изучено влияние факторов погоды на зацветание липы мелколистной, определена доля воздействия каждого фактора, выявлены ведущие метеофакторы.

Как известно, ежегодно наблюдаемая изменчивость сезонной ритмики растений является следствием их ответных реакций на флюктуации погодных условий. Поэтому, начиная с работ М. Реомюра [13], изучение ритмометеорологических связей у растений разных экобиоморф стало одной из центральных задач экологической фитофенологии и фенологического прогнозирования. По современным представлениям [1, 13], эту экологическую задачу следует решать через количественную оценку эффекта воздействия на сезонное развитие интересующих нас ботанических таксонов как всей совокупности факторов погоды, так и тех из них, которые в конкретных условиях внешней среды с учетом этапа онтогенетического и сезонного развития растений могут оказывать решающее влияние на их сезонный ритм.

В этой связи представляют определенный интерес результаты проведенного нами исследования зависимости сроков зацветания липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) от погодных условий. Выбор этого древесного вида для исследований определился не только известной хозяйственной ценностью липы (например, как медоноса), но и тем, что ритмика ее цветения является прекрасным сигнальным феноиндикатором темпов сезонного развития природных ландшафтов, в том числе и лесных биоценозов в апогее лета [7], и одновременно используется как универсальный феноиндикатор для прогнозов динамики созревания плодов и семян у древесных растений [3] и теплообеспеченности во второй половине вегетационного сезона [8].

Фактической основой для исследования служили материалы 30-летних (1939—1972 гг.) фенологических наблюдений над постоянным средневозрастным модельным деревом липы [5], растущим в парке Ленинградской лесотехнической академии на свежей дерново-подзолистой почве; одновременно были использованы данные ежесуточных метеонаблюдений за те же годы: среднесуточная (x_1), суточная максимальная (x_2) и минимальная (x_3) температура воздуха (°С), относительная влажность его (%) в 13 час. (x_4), количество выпадающих осадков (x_5 мм), продолжительность сол-

нечного сияния. По каждому метеофактору ежегодно подсчитывали средние значения для периода, предшествующего дате зацветания липы (y). Согласно [5], за начало периода были приняты даты начала облиствения постоянного модельного дерева березы бородавчатой (*Betula pendula* Rh.), растущего в парке ЛТА в сходных микроклиматических и эдафических условиях. При выборе этого феноиндикатора мы исходили из того, что начало облиствения у березы по времени совпадает с весенним образованием в почках липы зачаточных цветков [2], поэтому изменчивость фенодат индикаторов по годам более тесно коррелирует с аналогичной изменчивостью начальных этапов органогенеза цветочных зачатков у липы, чем это можно было бы ожидать при выборе стандартных феноклиматических показателей (даты перехода температуры воздуха через пороговые значения: 0, +5°С и т. д.).

Для решения поставленной экологической задачи был применен множественный регрессионный анализ в двух вариантах: по методу И. Я. Лиепы [11] и «шаговым методом» [9]. Все математические расчеты были выполнены С. В. Бердниковой в вычислительном центре ЛТА.

По методу И. Я. Лиепы удельный вес воздействия каждого анализируемого фактора находят с помощью специального показателя γ_j: данный фактор воздействует на отклик (y) существенно, если существенно значение γ_j. Удельный вес суммарного воздействия всех изучаемых факторов равен $\Sigma\gamma_j$, а разность $(1 - \Sigma\gamma_j)$ отражает удельный вес суммарного воздействия случайных факторов (фона). Показатель удельного веса влияния j-того фактора вычисляют по формуле

$$\gamma_j = |b_j C_{yj}| \frac{R^2}{\Sigma |b_j C_{yj}|},$$

$$j = 1, 2, \ldots, k,$$

где k — число исследуемых факторов воздействия;

b_j — коэффициент регрессии j-того фактора в уравнении множественной линейной регрессии

$$y = a + \sum_{j=1}^{k} b_j x_j;$$

R — коэффициент множественной регрессии;

C_{yj} — коэффициент ковариации между откликом y и j-тым фактором.

Существенность значения γ_j проверяют по критерию Фишера: если $F_j > F_\alpha$, то воздействие j-того фактора признают существенным. Несущественные факторы из уравнения регрессии исключают, а показатели удельного веса их воздействия прибавляют к удельному весу фона.

Проведенные расчеты дали следующие показатели удельного веса влияния исследуемых факторов на фенодаты зацветания липы: $\gamma_{x_1} = 0{,}5055$; $\gamma_{x_2} = 0{,}0357$; $\gamma_{x_3} = 0{,}0875$; $\gamma_{x_4} = 0{,}0495$; $\gamma_{x_5} = 0{,}0040$. Отсюда суммарное влияние всех изучаемых факторов $\Sigma\gamma_i = 0{,}6822$, а влияние фона составляет 0,3178 (1—0,6822). Но при принятом уровне значимости $F_{0{,}05} = 4{,}28$, существенно воздействующими можно признать только два фактора: среднесуточную ($x_1 = 50{,}55\%$) и минимальную ($x_3 = 8{,}75\%$) температуру воздуха. После исключения несущественных факторов получим следующее уравнение регрессии:

$$y = 138{,}37 - 7{,}04x_1 + 2{,}64x_3$$

с ошибкой уравнения $\Delta_{y/x} = \pm 3{,}73$ сут.

Рассмотрим результаты исследования «шаговым методом» по Дрейперу и Смиту [9]. При использовании этого метода значения анализируемых факторов вводят в регрессионное уравнение поэтапно. Порядок

их включения определяют с помощью специального критерия — частного коэффициента корреляции как меры важности (значимости) факторов, еще не включенных в уравнение. Фактор, который может быть признан достойным введения в модель на ранней стадии исследования, в последующем может оказаться излишним из-за взаимосвязи между ним и другими факторами, содержащимися теперь в уравнении. Чтобы проверить это, на каждом этапе вычисляют частный F-критерий для каждого фактора и его значение сравнивают с заранее выбранным теоретическим значением F_α. Это позволяет вынести суждение о том, какой вклад может внести каждый фактор в предположении, что он введен в модель последним, и безотносительно к тому, когда он был введен на самом деле. Любой фактор, дающий незначительный вклад, из модели исключают. На основании расчетов было установлено, что основной вклад (65%) в вариацию фенодат зацветания липы мелколистной по годам вносит среднесуточная температура воздуха, но статистически значимым оказалось воздействие на отклик y относительной влажности воздуха (3%). Регрессионное уравнение, полученное «шаговым методом», имеет вид:

$$y = 110{,}09 - 4{,}43x_1 + 0{,}31x_4;\ \Delta_{y/x} = \pm 3{,}71 \text{ сут.}$$

Следовательно, исследования, проведенные с применением двух статистических методов, дали принципиально сходные и различающиеся лишь в деталях результаты. Если при расчетах по методу И. Я. Лиепы вся доля объяснимой вариации фенодат зацветания липы определяется только термическим фактором, то при применении «шагового метода» этим фактором обусловлено 65,0% вариации фенодат. В сравнении с термическим фактором влияние влажности воздуха на ритмику цветения липы оказалось в 21,7 раза слабее, а введение показателей ее в модель, как статистически значимого фактора, практически не повышает точности прогноза сроков зацветания липы в сравнении с моделью, учитывающей только температурно-биоритмическую связь.

Есть основание утверждать, что и прямая солнечная радиация не оказывает заметного влияния на ритмику цветения липы. Это подтверждается сравнением коэффициентов корреляции между фенодатами и средней суточной температурой воздуха в анализируемые периоды ($r = -0{,}804$), а также — между фенодатами и продолжительностью солнечного сияния ($r = -0{,}119$ при критическом значении 0,40).

Полученные результаты вступают в противоречие со взглядами тех эколого-фенологов, которые придают большое значение влиянию на сезонную биоритмику растений влажности воздуха [1] или прямой солнечной радиации [10]. Но одновременно материалы проведенного исследования дают ответ на вопрос, почему существующие методы фенологических прогнозов, основанных только на температурно-биоритмических корреляциях [6, 8, 12], дают практически надежные результаты, хотя и не учитывают других экологических факторов. Выявленный же высокий уровень фоновых факторов (30,5—32,0%) в значительной мере объясняет причину безуспешности попыток установить температурные константы для отдельных ботанических видов и сортов, наличие которых предполагает реомюровский метод «сумм температуры» ($T° = \text{const}$). Очевидно, что дальнейшее совершенствование эколого-фенологических прогнозов должно идти по пути снижения уровня факторов, составляющих «фон». Вероятно, что в суммарном эффекте их влияния на сезонный ритм древесных растений большое место занимают эндогенные регуляторы ритма, включая корневые системы и связь их сезонного роста с эдафическими условиями.

Исследования также показывают, что удельный вес воздействия различных факторов погоды на ритм сезонного развития одних и тех же видов и форм древесных растений — показатель непостоянный и может меняться в зависимости от условий места произрастания растений, их возраста, фазы сезонного развития. Например, роль фактора влаги в динамике формирования плодов древесных растений (особенно сочных) выше, чем в воздействии этого фактора на ритм формирования цветочных органов. Темп роста побегов в начальный период более тесно коррелирует с температурой воздуха, а на завершающем этапе с показателями гидротермического коэффициента. Совершенно иными, чем для фаз роста почек, облиствения, цветения и созревания плодов, эколого-ритмическими корреляциями характеризуется динамика осеннего отмирания листьев [4] и др.

Один из перспективных путей дальнейшего изучения экологической обусловленности процессов роста и развития древесных растений — широкое использование сезонно-ритмических показателей в сочетании с методами математического моделирования, включая изложенные в настоящем сообщении.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Александров М. В. Тепло атмосферы и прогнозы развития пойкилотермных аэробов. Ташкент, ФАН, 1974. [2]. Булыгин Н. Е. Периоды образования цветков в почках древесных растений и влияние погоды на обилие их цветения в Ленинграде. — «Тр. Всесоюз. заоч. лесотехн. ин-та». Л., 1964, № 8, с. 193—223. [3]. Булыгин Н. Е. Фенолого-статистический метод прогноза периодов созревания плодов и семян древесных растений в северо-западных районах РСФСР. — Материалы науч.-техн. конф. лесохоз. фак. Л., ЛТА, 1971, с. 3—7. [4]. Булыгин Н. Е. Особенности сезонного развития и плодоношения древесных растений на Кайгородовском фенологическом опорном пункте в 1972 и 1973 гг. — В сб.: Засуха 1972 г. и ее влияние на сезонную жизнь и биологическую продуктивность Восточно-Европейской равнины. Л., Географич. общ. СССР, 1975, с. 54—65. [5]. Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над лиственными древесными растениями. Л., ЛТА, 1976. [6]. Булыгин Н. Е., Бердникова С. В., Михалкина Л. Г. Цикличность в фитофенологических рядах и ее индикационное значение. — Межвуз. сб. о законченных НИР. Вып. 4. Л., ЛТА, 1976, с. 8—10. [7]. Воробьева А. М., Шульц Г. Э. Сезонная жизнь природы Русской равнины. Л., «Наука», 1969. [8]. Давитая Ф. Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. М., Гидрометеоиздат, 1964. [9]. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М., «Статистика», 1973. [10]. Иванов В. И. Суммы температур, нужные некоторым растениям С-Петербурга (парк Лесного ин-та) для их зацветания. — «Изв. Лесн. ин-та», 1905, № 13. [11]. Лиепа И. Я. Показатели удельного веса влияния факторов воздействия. — В сб.: Моделирование и прогнозирование в ботанике. Рига, 1971 («Уч. зап. Латв. гос. ун-та», т. 153). [12]. Подольский А. С. Фенологический прогноз. М., «Колос», 1974. [13]. Термический фактор в жизни растений. Сборник статей. Под ред. Х. А. Мауриня. Рига, 1972 («Уч. зап. Латв. гос. ун-та», т. 161).

Поступила 15 ноября 1978 г.

УДК 630*.845 : 58.036

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ДЕРЕВЬЕВ ЗДОРОВОГО И ЗАСЕЛЕННОГО СТВОЛОВЫМИ ВРЕДИТЕЛЯМИ

В. Н. ТРОФИМОВ

Московский лесотехнический институт

Установлено, что максимум плотности поселения ольхового рогохвоста приходится на нижнюю треть стволов, где колебания температуры и изменения влажности древесины выражены более слабо.

Большинство исследований температурного режима ствола относится к поваленным деревьям. Работами Грэма [6, 7] показано, что рас-

пределение личинок стволовых вредителей в бревне определяется степенью освещенности и, как следствие, взаимосвязью нагрева различных участков ствола (верхних, боковых и обращенных к земле) с влажностью древесины. Савели [9], Хаарлев и Петерсен [8] и др. установили, что у освещенных солнцем бревен температура под корой может на 15—20°С превосходить температуру окружающего воздуха.

У стоящих деревьев температурный режим изучен недостаточно. А. И. Черепанов [5], А. И. Петров [2], Л. Ф. Правдин и Н. Н. Лигачев [3] выяснили, что у растущих деревьев на высоте 1,3 м от комля суточные колебания температуры ствола по сравнению с температурой воздуха несколько сглажены и запаздывают по времени на 1—2 ч. Более интересны данные А. И. Грибова [1], применившего полупроводниковый электротермометр для измерения температуры ствола на высоте от 0,2 до 15 м. Но автор приводит только усредненные результаты, показавшие, что во всех участках дерева среднемесячные температуры незначительно отличались от среднемесячных температур воздуха.

Основная задача нашего исследования — выяснить влияние температурного режима стоящих деревьев на условия развития в них стволовых насекомых (на примере ольхового рогохвоста). Как видим из приведенного обзора, данные по этому вопросу ориентировочны.

Работу выполняли в черноольшаниках Хоперского государственного заповедника. Выбранный участок (черноольшаник болотно-папоротниковый 75 лет, средняя высота 26 м, средний диаметр 30 см, класс бонитета I, полнота 0,8, происхождение семенное +30% порослевого) представлял собой действующий очаг ольхового рогохвоста (*Xiphydria camelus* L.) с интенсивным отмиранием деревьев. Подробности о месте работы и биологии ольхового рогохвоста описаны ранее [4].

Температурный режим ствола наблюдали в течение сезона 1973 г. у двух здоровых и двух заселенных ольховым рогохвостом 75-летних деревьев. В каждый ствол на глубину 7 см (средняя глубина ухода личинок рогохвоста в древесину) было вставлено по 8 ртутных термометров через каждые 3 м от комля к вершине. Диаметр высверленных для установки термометров отверстий соответствовал диаметру термометров. С внешней стороны отверстия замазывали пластилином. Учитывая значительную глубину погружения в ствол, экраны у термометров не устанавливали. Показания снимали в течение суток через каждые 3 ч с одновременным измерением температуры воздуха.

Суточный ход температур здоровых и заселенных деревьев представлен на рис. 1. Данные приведены за одни сутки июля 1973 г., когда средняя температура воздуха близка к многолетней среднемесячной июля. Во всех стволах температура заболони постоянно изменяется в соответствии с температурой воздуха, но с запаздыванием по амплитуде у заселенных деревьев на 2—3 ч, а у здоровых — на 4—5 ч. Как у здоровых, так и у заселенных деревьев суточные колебания температуры, скорость и степень нагрева днем и охлаждения ночью увличиваются с уменьшением диаметра и толщины коры дерева по высоте. Нагрев стволов заселенных деревьев заметно выше, чем у здоровых, разница температур на одинаковых высотах возрастает в верхних частях стволов, достигая 10°С при температуре воздуха 28°С. В комлевых участках стволов различие температур здоровых и заселенных деревьев незначительно.

У заселенных деревьев можно выделить участок ствола на высоте 2—8 м от комля, где колебания температуры и изменения влажности древесины выражены наиболее слабо (рис. 2). На этом участке была максимальной плотность поселения наиболее опасных стволовых вредителей черной ольхи — ольхового рогохвоста и усача мраморного скрипуна (*Saperda scalaris* L.), которые имели двухгодичную генерацию и заселяли стволы от комля до вершины. Более того, небольшая часть популяции ольхового рогохвоста завершала развитие в этой части ство-

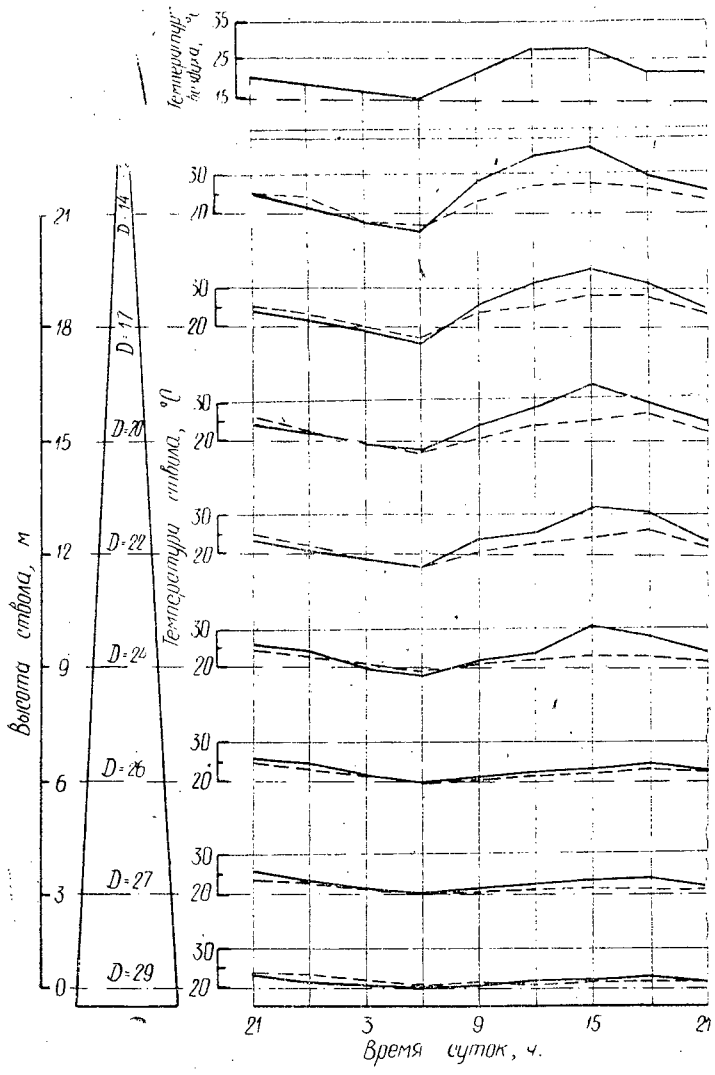


Рис. 1. Суточный ход температур различных частей ствола здорового (пунктирная линия) и заселенного (сплошная линия) ольховым рогохвостом деревьев. Верхний график — суточный ход температуры воздуха (средняя температура воздуха 21,2°С). *D* — диаметр ствола в месте измерения температуры.

ла за один год. Единичные попытки поселения ксилофагов на расстоянии от комля 20 м и более закончились гибелью на стадиях личинок младших возрастов, что несомненно связано с нагревом вершин выше 50°С (рис. 2). В течение вегетационного периода среднесуточные температуры всех частей стволов заселенных деревьев были близки и незначительно увеличивались с высотой. Видимо, относительная стабильность микроклиматических условий нижней трети стволов способствовала более быстрому развитию в них вредителей.

Итак, температурные режимы стволов здорового и заселенного вредителями погибшего стоящего дерева, а также лежащих бревен отличаются, с одной стороны, величиной нагрева древесины, с другой —

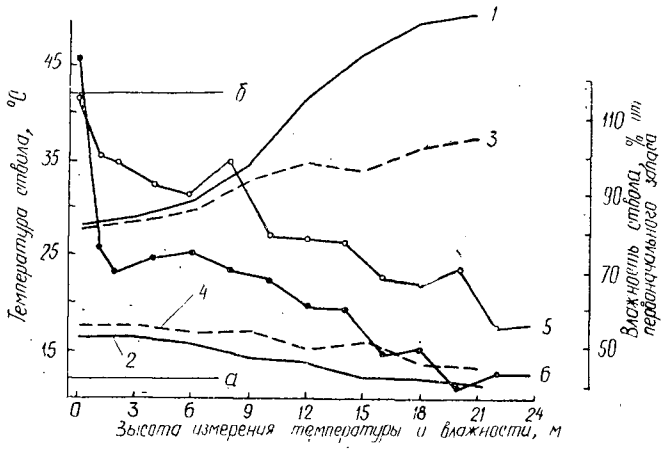


Рис. 2. Эстремальные температуры стволов в июне—августе 1973 г. и влажность заболони заселенных деревьев в сентябре 1973 и 1974 гг.

1 и *2* — максимальная и минимальная температуры заселенных деревьев; *3* и *4* — то же для здоровых деревьев; *5* и *6* — влажность заболони заселенных деревьев к концу первого и второго сезонов развития ольхового рогохвоста; *а* и *б* — минимальная и максимальная температура воздуха.

временем «запаздывания» максимальных и минимальных температур древесины по отношению к изменениям температуры воздуха. У здоровых деревьев температура древесины никогда не превышала температуры воздуха (рис. 2), а время «запаздывания» было небольшим. У заселенных стоящих деревьев верхние половины стволов нагревались больше воздуха, но величина нагрева была ниже, время «запаздывания» относительно больше (поэтому и условия жизни ксилофагов лучше), чем у лежащих на прямом солнечном свету стволов и бревен такого же диаметра.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Грибов А. И. Температурный режим стволов сосны. — В сб.: Гидроклиматические исследования в лесах Сибири. М., Наука», 1967, с. 128—132. [2]. Петров П. И. О температурном режиме древесных стволов. — «Ботанический журнал», 1955, т. 40, 4, с. 584—587. [3]. Правдин Л. Ф., Лигачев Н. Н. Исследования температурного режима северной и южной стороны ствола обыкновенной сосны и лиственницы сибирской. — В сб.: Физиология древесных растений. М., АН СССР, 1962, т. 41. [4]. Трофимов В. Н. Влажность дерева, фенология и распределение по субстрату основных стволовых вредителей ольхи черной. — В сб.: Вопросы защиты леса. Научн. труды МЛТИ, 1974, вып. 65, с. 85—96. [5] Черепанов А. И. Лиственничный дровосек и борьба с ним. Новосибирск, «Наука», 1952, с. 1—104. [6]. Graham S. A. Temperature as a limiting factor in the life of subcortical insects. — «J. Econ. Entomol.», 1924, 17, 9, 377—383. [7]. Graham S. A. The felled tree trunk as a ecological unit. — «Ecology», 1925, 6, 4, 397—411. [8]. Haarlov N., Petersen B. Measurment of temperature in bark and wood of Sitka spruce. — «Forstl. Forv. Danm.», 1952, 21, 43—91. [9]. Savely H. R. Ecological relation of certain animals in dead pine and oak logs. — «Ecol. Monogr.», 1939, 9, 3, 321—385.

Поступила 20 октября 1978 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

УДК 581.144.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЛОРХОЛИНХЛОРИДА ДЛЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ ПРИРОСТА МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

В. А. АЛЕКСЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что обработка крон быстрорастущих лиственных пород водными растворами тура вызывает существенное снижение прироста в высоту у деревьев березы и осины при дозировке препарата от 12 до 19 кг/га.

Использование арборицидов направлено на уничтожение лиственных пород. В то же время в лесоводстве издавна высоко ценится способность мелколиственных пород создавать необходимые микроклиматические условия под пологом для роста главных пород, обогащать почву кальцием, калием, фосфором и азотом, особенно в молодом возрасте. Однако быстрота роста мелколиственных пород сводит на нет все их положительные свойства. Следовательно, необходимо найти принципиально новые способы воздействия на быстрорастущие лиственные породы, направленные не на их уничтожение, а на замедление темпов роста в высоту с тем, чтобы в полной мере использовать их полезные свойства.

В сельском хозяйстве в целях ингибирования усиленного роста стеблей в длину и предотвращения их утончения применяют специальные физиологически активные вещества — ретарданты. Воздействие ретардантов на растения заключается в замедлении деления растительных клеток, что приводит к уменьшению размеров растений. При этом листья, цветки и плоды имеют нормальные размеры [5].

Наибольшую известность в группе ретардантов получил хлористый β-хлорэтил) триметиламмоний или хлорхолинхлорид (ССС) —

Номер пробной площадки	Фенофаза	Дата	Доза тура, кг/га (по д. в.)	Раствор	
				%	л/га
					Бере
1	Лист 3/4 нормального	29.V	18,6	3,7	500
Контроль	То же		—	—	—
2	»	29.V	18,6	3,7	500
Контроль	»		—	—	—
					Оси
3	Почки набухли	30.V	5,8	1,15	510
4	То же		18,6	3,7	500
9	Почки вытянулись	6.VI	11,7	1,15	1020
10	То же		37,3	3,7	1020
Контроль	»		—	—	—
12	Почки чуть разверзаются	12.VI	5,8	1,15	510
13	То же		15,6	1,6	1000
11	»		55,9	4,7	1200
Контроль	»		—	—	—

Примечание. Древостой осины на пробных площадках 13 и 11 в 1976 г. осветления сосны и ели.

$C_5H_{13}NCl_2$, выпускаемый в нашей стране под названием «препарат тур» [4].

Тур (ССС) к ядохимикатам не относится, для животных и человека совершенно безвреден, не оказывает вредного влияния на пчел и других насекомых, а также рыб [2—4]. Через 2—3 недели после применения хлорхолинхлорид разлагается до холина, аммиака, воды и углекислоты, не накапливаясь ни в воде, ни в почве, ни в растениях [3]. Более того, тур считается идеальным химическим соединением, бесследно исчезающим после определенного воздействия на растения.

Безвредность тура для человека и животных обусловлена тем, что при окислении хлорхолинхлорид превращается в холинхлорид. Последний же широко используется в качестве кормовой добавки в комбикормовой промышленности. Холинхлорид превращается затем в жизненно важное вещество — аминоспирт холин, необходимый живым организмам для нормального обмена веществ, построения клеточных оболочек и т. п. Холин используется в организмах животных для выработки ацетилхолина — одного из главных нейрогормонов [4].

Тур широко используют в сельском хозяйстве в целях уменьшения полегания хлебов, регулирования роста деревьев в садах, овощеводстве. При опрыскивании посевов пшениц применяют водный раствор тура с дозировкой препарата по действующему веществу (д. в.) от 1 до 8 кг/га. Под влиянием тура замедляется рост клеток в длину, усиливается их деление в поперечном направлении, утолщаются оболочки клеток и увеличивается число сосудисто-волокнистых пучков [3]. Стебли становятся короче и толще, уменьшается их полегание, поражение головней, корневыми гнилями.

Воздействие ретардантов на древесные породы пока не изучено. В задачу исследований 1976 г. входило изучение последействия препарата тур (ССС) на мелколиственные молодняки. Исследования выполнены в Кастенском лесничестве Лисинского учебно-опытного лесхоза. В качестве опытных объектов выбраны 2-летний несомкнувшийся осиновый молодняк на вырубке 1974 г. (тип леса — осинник-кисличник) и осиново-березовый молодняк, возникший на месте сплошной вырубки 1970 г. (тип леса — осинник кислично-черничный), со значительным участием в составе березы. На послед-

Таблица 1

Данные осеннего учета				Снижение прироста в 1976 г. под влиянием хлорхолинхлорида по отношению к 1975 г. и контролю, %
Число обмеренных деревьев	Средняя высота, см	Прирост в высоту, см		
		1975 г.	1976 г.	
за				
19	221,0±4,5	42,0±2,39	29,8±2,71	41,1
24	233,7±5,1	34,5±2,52	37,0±1,93	—
17	224,1±6,5	51,1±3,76	30,6±2,87	40,6
17	224,4±5,9	33,9±3,84	27,8±2,40	—
на				
20	251,6±8,2	29,6±4,31	32,2±4,02	—
20	337,9±10,8	85,2±10,55	35,6±2,96	109,5
25	282,9±6,7	60,1±4,71	44,1±3,01	33,1
24	319,4±10,3	52,5±5,84	43,0±4,43	18,4
45	278,4±6,1	44,3±4,91	43,0±2,25	—
25	244,2±9,0	58,5±5,17	43,3±3,53	57,4
30	235,8±7,4	45,4±3,57	43,8±3,65	30,7
25	291,1±6,3	47,6±6,12	39,8±3,91	40,4
30	268,5±6,5	50,0±5,24	72,7±5,79	—

сразу же после опрыскивания был интенсивно изрежен (пройден рубкой) в целях

нем участке в 1973 г. посадкой в пласты созданы культуры сосны и ели. Почвы обоих участков подзолистые среднесуглинистые, местоположение ровное.

Для обработки молодняков применяли препарат тур отечественного производства в виде светло-золотистой жидкости с относительной плотностью 1,1315. Содержание действующего вещества — около 66%. Препарат выпущен 17.IV.75 г., в течение года хранился в железной бочке заводской упаковки в неотапливаемом складе. Оптовая цена препарата невысокая — 0,72 р./кг.

Опрыскивание молодняков препаратом тур выполнено в три срока: 29—30.IV, 6.VI и 12.VI.76 г. Дозировка препарата от 1,9 до 55,9 кг/га, концентрация водного раствора от 1,1 до 4,7% по д. в. Обработка молодняков в большинстве случаев выполнена путем опрыскивания крон деревьев, реже их оснований, на пробных площадках 10×10 м. Площадки расположены в шахматном порядке: 4—в двухлетнем осиннике, 9 — в шестилетнем смешанном молодняке. Опрыскивание проведено вручную, с помощью опрыскивателя ОРП-Г. Повторность опыта — двукратная, но полностью не выдержана. В момент опрыскивания и во все последующие дни в июне стояла чрезвычайно холодная и дождливая погода.

Учет результатов опыта осуществлен путем обмера высот с точностью до 1 см и прироста в высоту с точностью до 0,2 см у доминирующих деревьев березы и осины, представляющих наибольшую опасность для заглушения хвойных и, в то же время, испытывающих меньшее конкурентное влияние своих соседей. Учетные деревья обмерены подряд по диагоналям пробных площадок в октябре — ноябре 1976 г. Измерения контрольных необработанных деревьев проведены по периферии обработанных участков, но не ближе 5—10 м от них. Всего обмерено 458 деревьев, из них 317 на обработанной площади (0,13 га). Статистическая обработка полевых материалов выполнена на ЭВМ «Проминь».

В табл. 1 представлены результаты опытного опрыскивания молодняков осины и березы шестилетнего возраста. Опрыскивание двухлетнего молодняка осины препаратом тур в дозировке до 5,8 кг/га не оказало существенного влияния на прирост осины, поэтому эти данные здесь не приводятся.

Из данных таблицы следует, что наиболее существенно уменьшился прирост в высоту у деревьев березы (бородавчатой), обработанных препаратом тур в дозировке 18,6 кг/га по д. в. На пробной площадке 1 прирост максимально высоких деревьев снизился на 13 см (в контроле увеличился на 2,5 см), а на пробной площадке 2 — на 20 см. В последнем случае уменьшение прироста произошло и у контрольных деревьев (на 6 см). Дополнительное снижение прироста здесь, по-видимому, связано с микропонижением участка (в покрове наблюдается участие сфагнума).

Данные таблицы также свидетельствуют, что малые (5,8 кг/га) и повышенные (37—56 кг/га) дозировки тура не вызвали заметного снижения прироста осины в высоту, особенно при обработке до начала распускания почек (пробная площадка 3). Значительное уменьшение прироста осины (на 16—50 см) наблюдается при дозировке препарата от 12 до 19 кг/га по д. в. (пробные площадки 4 и 9). Слабое снижение прироста осины на пробных площадках 13 и 11 связано с интенсивным изреживанием древостоя, проведенным лесхозом в целях осветления культур сосны и ели. Обработка лиственных молодняков выполнена до начала трогания в рост почек ели и сосны, которое в 1976 г. несколько запоздало в связи с погодными условиями, поэтому снижения прироста в высоту ели и сосны во всех вариантах опыта не наблюдалось. Слабое влияние препарата тур (ССС) на прирост сосны при однократной инъекции отмечено А. М. Евдокимовым [1].

Из данных таблицы можно сделать вывод, что, по-видимому, наилучшим временем обработки мелколиственных молодняков следует признать начало разверзания почек у осины и березы. В другие сроки воздействие препарата менее эффективно.

На опытных участках никаких аномалий в размерах листьев, хвои и почек деревьев не наблюдалось. У осины следует отметить сильное поражение фузикладиумом, выразившееся в почернении и засыхании

концов побегов текущего года. Это заболевание отмечено как у обработанных, так и у необработанных деревьев, очевидно, оно связано с холодным и дождливым летом.

Проведенные опыты не позволяют пока сделать исчерпывающих выводов. Результаты опытов следует рассматривать как предварительные, нуждающиеся в дальнейшей проверке. Все же следует заметить, что на воздействие тура более отзывчива береза, чем осина. Опрыскивание 1 га молодняков водным раствором тура в дозировке 12—19 кг/га дешевле на 15—30 р., чем аналогичная обработка их масляным раствором арборицида бутилового эфира 2,4-Д в дозировке 2,5—3 кг/га, и дороже на 4—8 р. при использовании последнего в виде водной эмульсии.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Евдокимов А. М. Влияние ССС на морфогенез побегов сосны. — В межвуз. сб. о законченных НИР. Лесное хозяйство, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Вып. 4. Л., ЛТА, 1976. [2]. Прусакова Л. Д. Физиологическое обоснование применения хлорхолинхлорида. — «Химия в сельском хозяйстве», 1967, т. 5, № 9. [3]. Халитов А. Х. Применение тура в земледелии. М., Россельхозиздат, 1976. [4]. Халитов А., Игнатьев А. Препарат тур и урожай. М., «Наука и жизнь», № 7, 1975. [5]. Чайлахян М. Х. Действие ретардантов на растения. — «Химия в сельском хозяйстве», 1967, т. 5, № 9.

Поступила 15 марта 1979 г.

УДК 630*.232.312.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН В МАШИНЕ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

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

Воронежский лесотехнический институт

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению времени обработки семян в машине с цилиндрическим рабочим органом, расположенным вертикально.

К особенностям конструкции и кинематики машины для механической обработки семян относится вертикальное расположение цилиндрического рабочего органа, включающего рабочую поверхность *1* и ротор *2* со щетками *3* (рис. 1) [1—3, 6, 7]. Вращаясь с определенной угловой скоростью, ротор обеспечивает перемещение семян по рабочей поверхности. При взаимодействии семян со щетками ротора и рабочей поверхностью происходит отделение крылышек.

Попав на щетки, семена совершают сложное движение по внутренней цилиндрической поверхности. Траекторией их движения является винтовая линия, полученная как составляющая от поступательного движения семян вдоль щеток под действием веса и вращательного под действием щеток.

Для определения времени прохождения семян по рабочей поверхности (времени обработки) нами было рассмотрено движение частицы (единичного семени) по цилиндрической рабочей поверхности под действием вращающейся щетки [4, 5]. В этом случае на частицу действуют силы (рис. 2):

$\overline{P}$ — вес частицы

$$P = mg; \qquad (1)$$

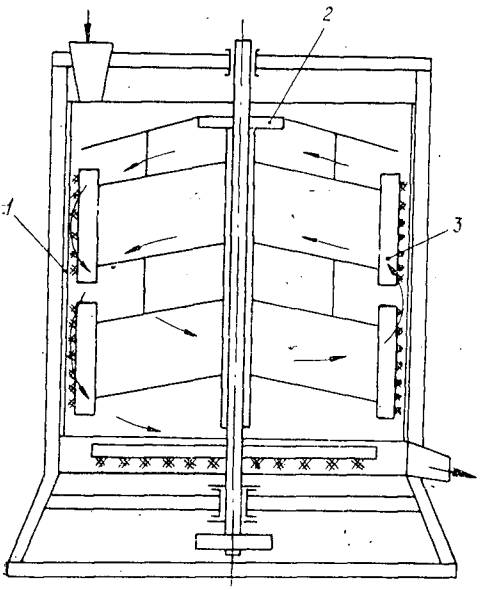


Рис. 1. Схема машины для механической обработки семян.

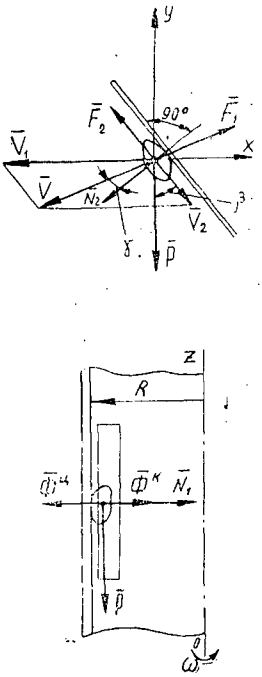


Рис. 2. Схема скоростей и действующих сил при движении частицы в цилиндрическом рабочем органе.

$\overline{\Phi}^{ц}$ — центробежная сила

$$\Phi^{ц} = mR\omega^2; \tag{2}$$

$\overline{\Phi}^{к}$ — кориолисова сила инерции

$$\Phi^{к} = 2mV_2\omega \sin\beta; \tag{3}$$

$\overline{F_1}$ — сила трения о цилиндрическую рабочую поверхность, направленная противоположно абсолютной скорости движения частицы по цилиндру,

$$F_1 = N_1 f_1 = mR\omega^2 f_1; \tag{4}$$

$\overline{F_2}$ — сила трения о щетку, направленная противоположно относительной скорости движения частицы вдоль щетки,

$$F_2 = N_2 f_2 = mR\omega^2 f_1 f_2 \cos\gamma; \tag{5}$$

где m — масса частицы;
g — ускорение свободного падения;
R — радиус рабочего цилиндра;
ω — угловая скорость вращения ротора;
V_2 — относительная скорость движения частицы вдоль щетки;
β — угол наклона щетки к образующей рабочего цилиндра;
N_1 — нормальная реакция от давления частицы на стенку рабочего цилиндра, $N_1 = \Phi^{ц}$;
f_1 — коэффициент трения частицы о рабочую поверхность цилиндра;

N_2 — нормальная реакция от давления частицы на плоскость щетки:

$$N_2 = F_1 \cos\gamma; \tag{6}$$

f_2 — коэффициент трения частицы о щетку;

γ — угол между векторами $\overline{N}_2$ и $\overline{V}$.

Условия равномерного перемещения частицы в окружном и осевом направлениях:

$$V_2 = \text{const} \quad \text{и} \quad \frac{V_2}{f_2} = \frac{V_1}{f_1},$$

отсюда

$$V_2 = \frac{f_2}{f_1} V_1 = \frac{f_2}{f_1} \omega R, \tag{7}$$

где V_1 — переносная скорость движения частицы.

Дифференциальное уравнение движения частицы вдоль вертикали:

$$m\frac{dV_y}{dt} = -P + F_2\cos\beta + F_1\sin(\beta-\gamma) - N_2\sin\beta. \tag{8}$$

Решая его, получим

$$t = \frac{V_{0y} + \sqrt{V_{0y}^2 + 2H[g - R\omega^2(f_1 - 2f_2)(f_2\cos\gamma\cos\beta + \sin(\beta-\gamma) - \cos\gamma\sin\beta)]}}{g - R\omega^2(f_1 - 2f_2)[f_2\cos\gamma\cos\beta + \sin(\beta-\gamma) - \cos\gamma\sin\beta]}, \tag{9}$$

где H — высота рабочего цилиндра.

При вертикальном расположении щетки ($\beta = 0$) выражение (9) для нахождения времени обработки примет вид

$$t = \frac{V_{0y} + \sqrt{V_{0y}^2 + 2H[g - R\omega^2(f_1 - 2f_2)(f_2\cos\gamma - \sin\gamma)]}}{g - R\omega^2(f_1 - 2f_2)(f_2\cos\gamma - \sin\gamma)}; \tag{10}$$

при $V_{0_y} = 0$,

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g - R\omega^2(f_1 - 2f_2)(f_2\cos\gamma - \sin\gamma)}}. \tag{11}$$

Зная время обработки семян при заданных конструктивно-кинематических параметрах ротора, производительность машины с вертикальным расположением рабочего органа (кг) можно определить по формуле

$$Q = \varepsilon\frac{m'k}{t}, \tag{12}$$

где ε — коэффициент заполнения семенами рабочей поверхности цилиндра;

m' — масса 1000 семян, кг;

k — число семян, находящееся одновременно на рабочей поверхности цилиндра, шт.;

t — время цикла (обработки), ч.

Анализ выражений (9)—(11) показывает, что время обработки зависит от угловой скорости ротора и угла наклона щеток к образующей рабочего цилиндра. С увеличением их следует ожидать уменьшения времени обработки, и наоборот.

Таблица 1

Угол наклона щеток, °	Время обработки семян, с, при угловой скорости ротора, рад/с			
	40	60	80	100
0	6,5/6,7	5,5/5,7	5,2/5,1	4,6/4,4
5	5,6/5,8	4,6/4,8	4,5/4,6	4,2/4,3
10	4,6/4,4	3,6/3,4	3,5/3,2	3,2/3,0
15	3,6/3,4	2,6/2,4	2,5/2,3	2,3/2,2
20	2,9/2,7	1,9/1,7	1,7/1,7	1,5/1,6

Примечание. В числителе приведены теоретические данные; в знаменателе — экспериментальные.

Для подтверждения теоретических выводов была проведена экспериментальная проверка влияния угловой скорости и угла наклона щеток ротора на продолжительность обработки семян. Результаты замеров представлены в табл. 1, из которой видно, что с увеличением угловой скорости ротора и угла наклона щеток время обработки семян уменьшается. Сравнительная оценка времени обработки семян, полученная экспериментальным путем, показала, что отклонение их от расчетных значений не превышает 5%.

Таким образом, экспериментальные данные подтверждают теоретические выводы и возможность использования их при проектировании рабочих органов машин для механической обработки семян.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Баранов А. И. Машины и механизмы лесного хозяйства. М., Гослесбумиздат, 1962, с. 256—260. [2]. Баранов А. И., Землянухин А. И., Малофеева М. А. Пути уменьшения повреждения семян при механической обработке. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 2, с. 14—18. [3]. Баранов А. И., Землянухин А. И., Малофеева М. А. Анализ влияния радиуса подачи на скорость схода семян с распределительного диска в машине для механической обработки семян. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 1, с. 35—39. [4]. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев, 1960, с. 217—234. [5]. Воронков И. М. Курс теоретической механики. М., «Наука», 1965, с. 452—458. [6]. Саралидзе Г. М., Саларидзе Б. Г. Машина для обескрыливания и очистки семян. Авт. свид. № 242570. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1969, № 15. [7]. Седаш Л. Т., Землянухин А. И., Поливяный В. А., Глуховский В. С. Машина для шлифования семян. Авт. свид. № 411894. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1974, № 3.

Поступила 4 июля 1978 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*.37

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ КОЛЕИ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

Я. В. СЛОДКЕВИЧ, Н. А. БЕЛОУСОВ

Московский лесотехнический институт

Рассматриваются особенности процесса деформации дисперсной среды и предлагается аналитическое выражение, позволяющее определять глубину колеи гусеничной машины при ее движении по снегу, а также предельную толщину снежного покрова из условий проходимости. Предлагается способ повышения проходимости гусеничной машины по снегу в условиях лесосеки.

Большинство поверхностей, по которым приходится двигаться лесосечным машинам, сложено из дисперсных материалов (грунтов и снега), поэтому рассмотрим особенности процесса деформации этой среды. В отличие от сплошных, дисперсные тела состоят из отдельных частичек, соприкасающихся между собой или разделенных пространствами, заполненными газами или влагой. Прочность этих частичек во много раз больше прочности связей в местах их взаимного контакта. Поэтому при приложении внешней нагрузки σ практически разрушаются только связи, а сами частицы не изменяют своей формы.

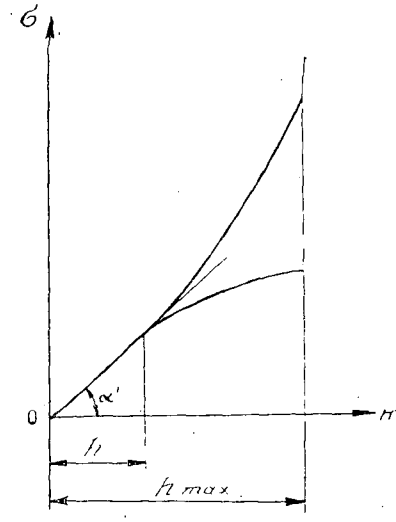


Рис. 1. Характер изменения кривых деформации в дисперсных средах.

При разрушении связей (целостности структуры грунта) снижается сопротивляемость материала деформации, однако частички материала уплотняются, растет количество точек их соприкосновения, способствующее увеличению сопротивляемости деформации. Хотя оба процесса и протекают одновременно, один из них чаще всего превалирует над другим. Поэтому кривые деформации грунтов, испытанных в полевых условиях, загибаются кверху или книзу (рис. 1).

Математически оба случая описываются уравнением

$$\frac{d\sigma}{dh} = A(a \pm \sigma)^2, \qquad (1)$$

где A и a — постоянные коэффициенты, определяемые из граничных условий.

Интегрируя уравнение (1) в пределах изменения внешней нагрузки от нуля до текущего значения σ и деформации от нуля до текущего значения h, получаем

$$h = \frac{\sigma}{aA(a \pm \sigma)}. \tag{2}$$

Принимая во внимание, что при небольших нагрузках (σ) связи между частичками практически не нарушаются и деформация грунтов происходит по закону деформации сплошных тел:

$$dh = \alpha d\sigma$$

или

$$\frac{d\sigma}{dh} = \frac{1}{\alpha}, \tag{3}$$

где α — коэффициент линейной деформации.

Из уравнений (1) и (3) при $\sigma \longrightarrow 0$

$$A = \frac{1}{\alpha a^2}. \tag{4}$$

После подстановки выражения (4) в формулу (2) получим

$$h = \frac{\alpha a \sigma}{a \pm \sigma}. \tag{5}$$

Для случая разности $a - \sigma$ в последнем уравнении деформация $h \longrightarrow \infty$ при $\sigma \longrightarrow a$. Нагрузка, при которой деформация грунта может быть сколько угодно большой, называется пределом несущей способности грунта и обозначается через σ_s.

Вводя в уравнение (5) вместо a значение несущей способности грунта, получаем

$$h = \alpha\sigma \frac{\sigma_s}{\sigma_s - \sigma}. \tag{6}$$

Аналогичная эмпирическая формула используется при оценке колееобразования, когда отсутствует твердый подстилающий слой [1].

Исследования, выполненные в МЛТИ [3], показали, что коэффициент линейной деформации грунта, а следовательно, и деформация, зависит от физико-механических свойств грунта, размеров и формы деформатора.

Если легко деформируемый грунт покоится на абсолютно твердом основании, то увеличение внешней нагрузки теоретически до любой большой величины не может привести к неограниченной деформации. В этом случае в уравнении (5) должна быть записана сумма $a + \sigma$.

Приведя уравнение (5) к виду

$$h = \frac{\alpha a}{\frac{a}{\sigma} + 1}$$

и полагая, что в случае $\sigma \longrightarrow \infty$ деформация стремится к пределу $h \longrightarrow h_{max}$, имеем

$$h_{max} = \alpha a \text{ и } a = \frac{h_{max}}{\alpha}.$$

Подставляя значение a в исходную формулу, после преобразования получаем

$$h = \frac{\sigma}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\sigma}{h_{max}}}. \qquad (7)$$

Типичным примером двухслойной поверхности движения, состоящей из верхнего легко деформирующегося и нижнего прочного слоя, является снежная целина.

Зима — наиболее благоприятный период для лесоразработок. Зимой, когда заболоченные участки лесосек скованы льдом, лишь снежный покров осложняет работу лесосечных машин.

С точки зрения проходимости машин наиболее трудными оказываются участки, покрытые глубоким свежевыпавшим снегом.

Характерная особенность свежевыпавшего снега — незначительные деформации сдвига при уплотнении. Поэтому происходящий в естественных условиях процесс мало отличается от сжатия снега поршнем в закрытом цилиндре. Распространяя закон Гука на сжатие снежного столбика высотою H, получаем

$$\alpha = \frac{H}{E},$$

где E — модуль деформации снега.

Подставляя в уравнение (7) последнее выражение и производя преобразования, получим

$$h = \frac{\sigma H}{E + \sigma H}.$$

При отсутствии выдавливания снега вбок из-под штампа отношение h_{max}/H представляет собой коэффициент пористости ε:

$$\varepsilon = \frac{\rho_л - \rho_{сн}}{\rho_л},$$

где $\rho_л$ и $\rho_{сн}$ — соответственно плотность льда и снега.

Тогда

$$h = \frac{\sigma H}{E + \frac{\sigma}{\varepsilon}}. \qquad (8)$$

Экспериментальная проверка формулы (8) с помощью штампов различной формы и размеров показала возможности ее использования при ширине штампа $b \geqslant 0{,}3H$.

С помощью формулы (8) можно определить предельную толщину снежного покрова из условия проходимости. Если при движении машина образует колею больше своего клиренса K, то она теряет проходимость из-за резкого увеличения силы сопротивления движению и появления буксования. Поэтому

$$H_{max} \leqslant \frac{K}{\sigma}\left(E + \frac{\sigma}{\varepsilon}\right).$$

Попытки убрать из-под днища машины снег установкой бульдозерного отвала обычно не дают желаемого эффекта, так как появляющаяся дополнительная сила сопротивления вызывает буксование движителя на слабоуплотненном снеге. Чтобы исключить буксование, приходится расчищать трассу движения до твердого основания, что связано с большими энергетическими затратами, является длительным процессом и не всегда возможно. Стремление улучшить проходимость трелевочных

тракторов по снежной целине натолкнуло на мысль осуществить подсыпку снега бульдозерным отвалом под гусеницу трактора. При этом толщина уплотненного снега увеличивается, что позволяет уменьшить высоту срезаемого слоя и тем самым снизить сопротивление движению. Экспериментальная проверка предложенного способа с помощью модели ходовой системы показала возможность его реализации.

Натурные испытания, проведенные на трелевочных тракторах ТДТ-55А, ТБ-1 и валочно-пакетирующей машине ЛП-2 в условиях лесосеки, дали положительные результаты [2]. Эксперимент осуществлен в Боровском ЛПХ объединения Ухталес.

Глубина снега на экспериментальном участке колебалась от 0,8 до 1,5 м, его плотность 0,26 г/м^3.

Гусеничные машины, оборудованные отвалом предложенной нами конструкции, продвигались по участку со скоростью 2,7 км/ч, объем трелюемой пачки деревьев 4,5—6,0 м^3. Дорожный просвет увеличился до 14—27 см, при глубине снимаемого слоя снега из-под днища гусеничной машины 25—45 см.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Агейкин Я. С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. М., «Машиностроение», 1972. 184 с. [2]. Белоусов Н. А., Слодкевич Я. В. Повышение проходимости гусеничных машин зимой. — «Лесная промышленность», 1978, № 12, с. 6. [3]. Лобанов В. Н., Слодкевич Я. В. Исследование сопротивления качению гусеничного движителя лесосечных машин. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 6, с. 48—52.

Поступила 1 февраля 1979 г.

УДК 625.721

ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С УЧЕТОМ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

В. И. МЕЛЬНИКОВ

Всесоюзный институт повышения квалификации МЛП СССР

Рассматривается оптимизационная задача совместного размещения на территории осваиваемого лесного массива лесотранспортных путей и дорог общего пользования. В качестве критерия оптимальности принят минимум удельных приведенных затрат по всем транспортным операциям. Получена многофакторная модель решения поставленной задачи в виде функциональной зависимости удельных приведенных затрат от параметров транспортной сети.

Огромная роль сухопутного транспорта леса в общем комплексе лесозаготовительных работ общеизвестна. Один из главных показателей работы транспорта — объем перевозимых грузов, другой — дальность перевозок и грузовая работа.

Как показывает анализ работы лесовозных дорог Минлеспрома СССР, расстояние вывозки леса непрерывно растет, в среднем на 1,0—1,5 км в год. В свою очередь, рост расстояний вывозки вызывает повышение стоимости вывозимой древесины. При этом стоимость транспортировки по лесовозным дорогам, исчисляемая на единицу грузовой работы (р./т·км)), значительно выше, чем по дорогам общего пользования. Дальнейший рост расстояний вывозки леса может быть предотвращен в результате развития сети дорог общего пользования.

В нашей работе формулируется задача оптимального размещения дорог общего пользования с учетом лесотранспортных сетей. Разработана экономико-математическая модель такой задачи. Применение этой модели позволит научно обосновать оптимальную ширину лесоэксплуатационных зон, тяготеющих к дорогам общего пользования, и соответствующие им экономически обоснованные расстояния вывозки по лесовозным дорогам.

За критерий оптимальности может быть принят минимум удельных приведенных затрат, связанных с транспортировкой, перегрузкой и частичной переработкой древесины. Выражение критерия в общей форме таково:

$$C = \sum_{i=1}^{n} C_i = \min, \tag{1}$$

где $C = C_1, C_2, \ldots, C_{i_t}$ — слагаемые удельных приведенных затрат, учитывающие расходы на трелевку и перевозку древесины по путям всех категорий (усам, веткам, магистралям и дорогам общего пользования), а также на сооружение и эксплуатацию этих путей. Кроме того, были учтены расходы на погрузочно-разгрузочные работы с частичной переработкой на погрузочных пунктах и нижних складах.

Сумма удельных приведенных затрат выразится в функции основных геометрических параметров транспортной сети:

$$C = f(l_у, l_в, l_м, l_о), \tag{2}$$

где $l_у$, $l_в$, $l_м$, $l_о$ — расстояния между лесовозными усами, ветками, магистралями и дорогами общего пользования.

Для определения оптимальных значений геометрических параметров ($l_у$, $l_в$, $l_м$, $l_о$) следует найти частные производные рассматриваемой функции (2) по этим параметрам:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial C}{\partial l_у} &= (B_1 - B_2) - \frac{B_6 + B_9}{l_у^2} - \frac{2B_5}{l_у^3}; \\
\frac{\partial C}{\partial l_в} &= (B_2 - B_3) - \frac{B_7 + B_9}{l_в^2}; \\
\frac{\partial C}{\partial l_м} &= (B_3 - B_4 + B_{11}) - \frac{B_8 + B_9 + \frac{B_{10}}{l_о}}{l_м^2}; \\
\frac{\partial C}{\partial l_о} &= B_4 - \frac{B_{12} + \frac{B_{10}}{l_м}}{l_о^2}.
\end{aligned} \tag{3}$$

В этих уравнениях $B_1, B_2, B_3, \ldots, B_{12}$ — константы различной размерности, представляющие сочетания конкретных показателей транспорта.

Эти четыре уравнения не образуют общей системы, первые два из них самостоятельные. Приравнивая каждое из них нулю, мы можем определить из первого оптимальное значение величины $l_у$, а из второго — $l_в$.

Третье и четвертое уравнения взаимосвязаны. При их совместном решении получаем уравнение пятой степени относительно l_0:

$$l_0^5 + l_0^4 \frac{B_{10}}{B_8 + B_9} - l_0^3 \frac{2B_{12}}{B_4} + l_0^2 \frac{B_{10} B_{12}}{B_4 (B_8 + B_9)} +$$

$$+ l_0 \left[\frac{B_{12}^2}{B_4^2} + \frac{B_{10}^2 (B_3 - B_4 + B_{11})}{B_4 (B_3 + B_9)} \right] + \frac{B_{10} B_{12}^2}{B_4^2 (B_8 + B_9)} = 0.$$

или

$$l_0^5 + l_0^4 A + l_0^3 B - l_0^2 C + l_0 D + E = 0. \quad (4)$$

Константы $B_3 - B_{12}$, входящие в уравнение (4), выражаются следующим образом:

$$B_3 = \frac{k_в \alpha_в C_м}{2 Q_р T_0 v_{ср_в}}; \quad (5)$$

$$B_4 = \frac{k_м \alpha_м C_м}{2 Q_р T_0 v_{ср_м}}; \quad (6)$$

$$B_8 = \frac{b_м}{100 A}; \quad (7)$$

$$B_9 = n k_с F; \quad (8)$$

$$B_{10} = \frac{C_{н.с}}{100 A}; \quad (9)$$

$$B_{11} = d_0 k_0; \quad (10)$$

$$B_{12} = \frac{b_0}{100 A}, \quad (11)$$

где $C_м$ — стоимость машино-смены лесовозного автопоезда, р./см.;

$Q_р$ — средняя рейсовая нагрузка лесовозного поезда, м^3;

T_0 — чистое время работы поезда за смену, ч/см.;

$v_{ср_в}$, $v_{ср_м}$ — средняя скорость движения лесовозного поезда соответственно по ветке (в грузовом и порожнем направлении) и по магистралям, км/ч;

$\alpha_в$, $\alpha_м$ — коэффициент удлинения соответственно веток (1,3—1,5) и магистрали;

$k_в$, $k_м$, $k_с$, k_0 — коэффициент пробега по веткам, магистрали, для всей сети лесовозных дорог в массиве, по участкам дороги общего пользования длиной l;

$b_м$, b_0 — затраты на строительство и содержание лесовозной магистрали и 1 км дороги общего пользования, р./км;

A — запас ликвидной древесины, м^3/га;

n — расходы на лесохозяйственные мероприятия, р/(м^3·км);

F — общая площадь лесного массива, км^2;

$C_{н.с}$ — затраты на устройство нижнего склада плюс эксплуатационные затраты на нижнескладские работы, р.;

d_0 — затраты на единицу грузовой работы при перевозке лесных грузов по дороге общего пользования, р./(м^3·км).

Решение уравнения (4) в общем виде, как известно, невозможно. Однако при определенных значениях входящих в него коэффициентов можно найти его корни. Некоторые из этих корней комплексные, дру-

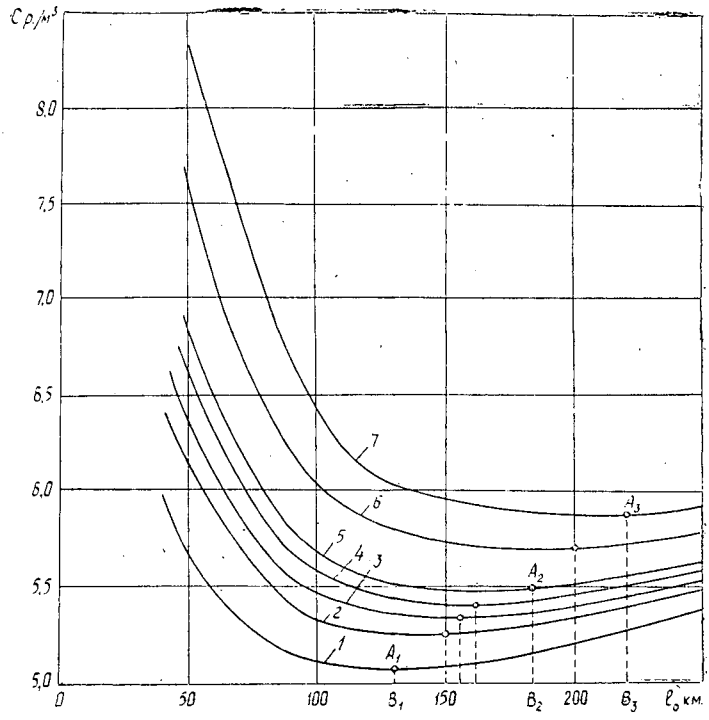


Рис 1. Зависимость удельных суммарных затрат C от расстояния между дорогами общего пользования l_0 при разных $C_{н.с}$.

1 — $C_{н.с}$ = 5 млн. р.; *2* — 15; *3* — 20; *4* — 25; *5* — 30; *6* — 45; *7* — 60 млн. р. $l_м$ = 123 км; b_0 = 445 тыс. р.

гие — мнимые и один — два действительные, которые и отвечают оптимальному значению расстояния между дорогами общего пользования, т. е. $l_{0опт}$.

При аналитическом способе решения уравнения (4) оптимальные значения искомых параметров будут представлены вполне конкретными числовыми величинами, например, расстояние между дорогами общего пользования l_0, или, что то же, ширина зоны тяготения. Половина этой величины представляет оптимальное расстояние от дороги общего пользования до границы лесного массива (до дальней стенки леса).

Графический способ решения уравнения (4) позволяет установить не только численное значение искомой величины l_0 в зависимости от интересующих нас факторов, но и выявить зону оптимальных значений искомого параметра.

Покажем на конкретных примерах построение соответствующих графиков.

Представим удельные приведенные затраты как функцию l_0, $C_{н.с}$ (рис. 1):

$$C = A + Bl_0 + C\frac{1}{l_0} + DC_{н.с}\frac{1}{l_0}, \qquad (12)$$

где A, B, C и D — постоянные.

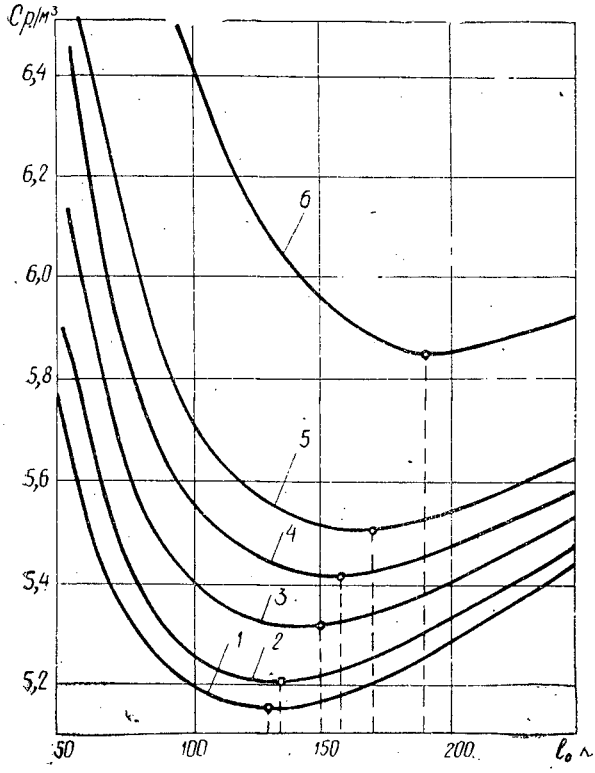


Рис. 2. Зависимость удельных суммарных затрат C от расстояния между дорогами общего пользования l_0 при разных затратах на строительство этих дорог b_0.

1 — b_0 = 200 тыс. р.; *2* — 250; *3* — 350; *4* — 450; *5* — 550 тыс. р.; *6* — 1 млн. р.; $l_м$ = 123 км.

Каждый график имеет минимум затрат. С увеличением затрат $C_{н.с}$ оптимальное расстояние между дорогами общего пользования l_0 возрастает. Так, при $C_{н.с}$ = 15 млн. р. $l_{0_{опт}}$ = 150 км, а при $C_{н.с}$ = 60 млн. р. $l_{0_{опт}}$ = 220 км.

Если удельные приведенные затраты представить как функцию l_0, b_0, где b_0 — стоимость сооружения 1 км дороги общего пользования, то:

$$C = A + Bl_0 + C\frac{1}{l_0} + D\frac{b_0}{l_0}. \qquad (13)$$

Общий вид функции $C = f(l_0, b_0)$ совершенно идентичен функции $C = f(l_0, C_{н.с})$, однако постоянные A, B, C, D в обоих случаях различны.

График функции $C = f(l_0, b_0)$ представлен на рис. 2. Из этого графика можно видеть, что при b_0 = 200 тыс. р./км $l_{0_{опт}}$ = 130 км, а при b_0 = 550 тыс. р./км $l_{0_{опт}}$ = 170 км.

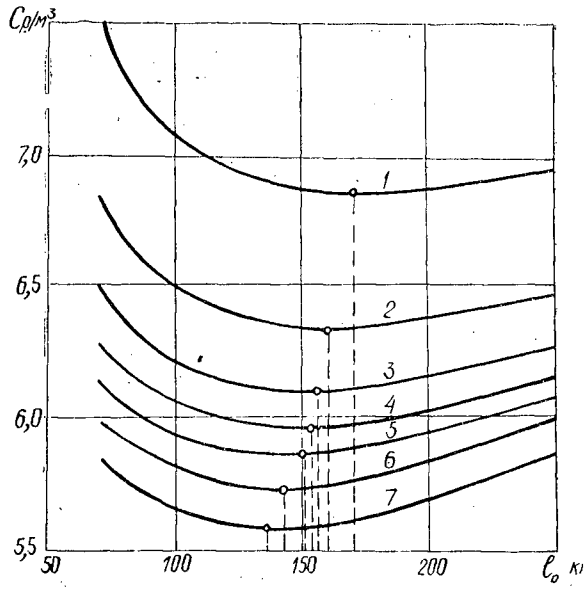


Рис. 3. Зависимость удельных суммарных затрат C от расстояния между дорогами общего пользования l_0 при различных запасах ликвидной древесины A.

1 — A=50 м³/га; *2* — 67; *3* — 80; *4* — 90; *5* — 100; *6* — 110; *7* — 130 м³/га.

Рассмотрим влияние на удельные приведенные затраты, а следовательно, и на искомое отпимальное значение l_0, запаса ликвидной древесины на единице площади A (м³/га). Общий вид этой функции

$$C = A + B\frac{1}{A} + Cl_0 + \frac{D}{l_0} + E\frac{1}{Al_0}, \qquad (14)$$

а ее графики изображены на рис. 3. С увеличением запаса ликвидной древесины A удельные приведенные затраты уменьшаются и, наоборот, при уменьшении запаса — возрастают.

Так, при запасе $A = 130$ м³/га оптимальное расстояние между путями общего пользования составляет 136 км, а при $A = 50$ м³/га $l_{0_{опт}} = 170$ км. Причем в первом случае суммарные удельные приведенные затраты в два раза меньше, чем во втором.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что во всех случаях функциональные зависимости удельных приведенных затрат от основных факторов позволяют не только определить оптимальные значения искомой величины (в данном случае), но и установить «размеры зоны оптимальности».

Поясним это на примере. При $b_0 = 200$ тыс. р./км (рис. 2) минимум удельных приведенных затрат соответствует $l_{0_{опт}} = 130$ км. Однако плавное изменение кривой показывает, что при l_0 от 110 до 150 км существенного увеличения затрат C не происходит. Это значит, что «зона оптимальности» составляет около 40 км.

Таким образом, графический способ решения более нагляден и точен, позволяет получать более разносторонние решения.

На основе изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Ширина зоны тяготения к дорогам общего пользования ($l_о$) не зависит от некоторых элементов лесотранспортной сети ($l_у$, $l_в$) — рис. 3.

2. Влияние отдельных факторов ($C_{н.с}$, b, A) на размещение дорог общего пользования различно, однако характер функций во всех случаях допускает определение оптимальных значений $l_о$.

Поступила 20 ноября 1978 г.

УДК 630*.377.71.001

О ВЛИЯНИИ НЕРОВНОСТЕЙ СВАРНЫХ РЕЛЬСОВ НА ИХ ДОПУСТИМУЮ ДЛИНУ

С. И. МОРОЗОВ, М. В. ПОПОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведена методика расчета допустимых размеров неровностей рельсов в плане на прямолинейных участках лесовозных железных дорогах колеи 750 мм.

Температурно-напряженный железнодорожный путь, уложенный сварными рельсами длиной 24, 32 м и более, находит применение на лесовозных железных дорогах колеи 750 мм. Устойчивость такого пути зависит от начальных неровностей оси рельсо-шпальной решетки. Правила технической эксплуатации лесовозных железных дорог [4] устанавливают, что отклонение рельсов от прямолинейного положения не должно превышать 1 мм на 1 м длины неровности. Однако это условие, обеспечивая необходимую плавность движения поездов, не гарантирует достаточной устойчивости рельсо-шпальной решетки при действии температурных сжимающих сил и требует уточнения.

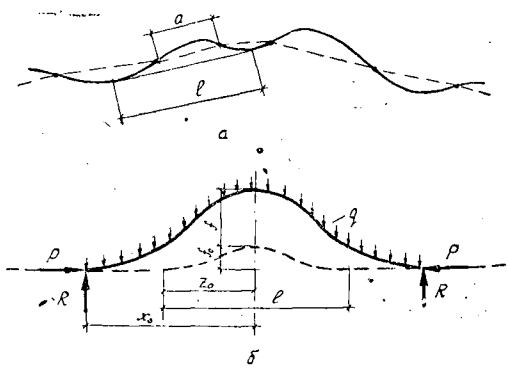


Рис. 1.

Рассмотрим, прежде всего, понятие начальной неровности. Фактическая ось рельсо-шпальной решетки представляет собой кривую произвольного очертания, состоящую из отдельных волн, расположенных между точками перегиба этой кривой (рис. 1, *а*). Как показали опыты [3], поперечные деформации рельсо-шпальной решетки возникают в пределах отдельных волн и затем распространяются на соседние участки. Поэтому начальной неровностью следует считать участок пути, расположенный между точками перегиба его оси (*а* на рис. 1, *а*). На

практике, однако, определение размеров таких неровностей довольно трудоемко [2]. Значительно проще замерять неровность рельса как расстояние между двумя сечениями, имеющими наибольшее отклонение в одну сторону (l на рис. 1, *а*). Расчетная неровность, соответствующая данному случаю, приведена на рис. 1, *б* (пунктир). Она состоит из искривленного участка пути, плавно сопрягающегося с примыкающими прямолинейными частями.

Используем расчетную схему на рис. 1, *б* для решения задачи при следующих предпосылках.

1. Неровность аппроксимирована уравнением смещенной косинусоиды

$$y_z = \frac{f_0}{2}\left(1 - \cos\beta z\right), \tag{1}$$

где $\beta = \pi/z_0$;

f_0, z_0 — стрела прогиба и половина длины неровности;

z, y_z — абсцисса и ордината неровности в системе x, y_z.

2. Искривленный участок состоит из одной волны длиною $l = 2x_0$ и стрелой прогиба f, плавно сопрягающейся с прилегающими прямолинейными участками, поэтому $y(0) = y''(0) = 0$. Действие отброшенных частей пути заменяем опорными реакциями R.

3. Сосредоточенные реактивные силы, возникающие при смещении шпал в балласте, представлены распределенной нагрузкой постоянной интенсивности q.

4. Для костыльного скрепления реактивные моменты, возникающие при повороте рельсов относительно шпал, равны нулю.

Дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба температурно-напряженного железнодорожного пути можно получить обычным способом, используя зависимость $EIy'' = M$.

Методика составления и решения дифференциального уравнения рассмотрена в работе [1]. На участке $x_1 \leqslant x \leqslant x_0$ имеем

$$y = \frac{qEI}{P^2}\left(1 + kx_0kx - 0{,}5k^2x^2 - kx_0\sin kx - \cos kx\right) + \\ + \frac{1}{2}f_0\left[\left(1 - \lambda\right)\cos kz - \left(1 - \lambda\right)\cos\beta z\right], \tag{2}$$

где $k^2 = P/EI$; EI — жесткость рельсо-шпальной решетки;

x_0 — половина длины изогнутого участка $\left(x_0 = \frac{l}{2}\right)$.

Из условия симметрии $y'(x_0) = 0$, отсюда определяем в общем виде силу P при любом значении стрелы прогиба. В момент выброса пути $kx_0 = \pi$ [2], что дает

$$P = \sqrt{\frac{\pi qEI}{f_0}\mu}, \tag{3}$$

где

$$\mu = 2/(1 - \lambda)\sin kz_0; \quad \lambda = k^2/(k^2 - \beta^2).$$

Стрелу прогиба f при выбросе определяем из уравнения (2) при $x = x_0$:

$$f = 6{,}9348\frac{qEI}{P^2} + \frac{f_0}{2}\left[(1 - \lambda)\cos kz_0 - (1 + \lambda)\right]. \tag{4}$$

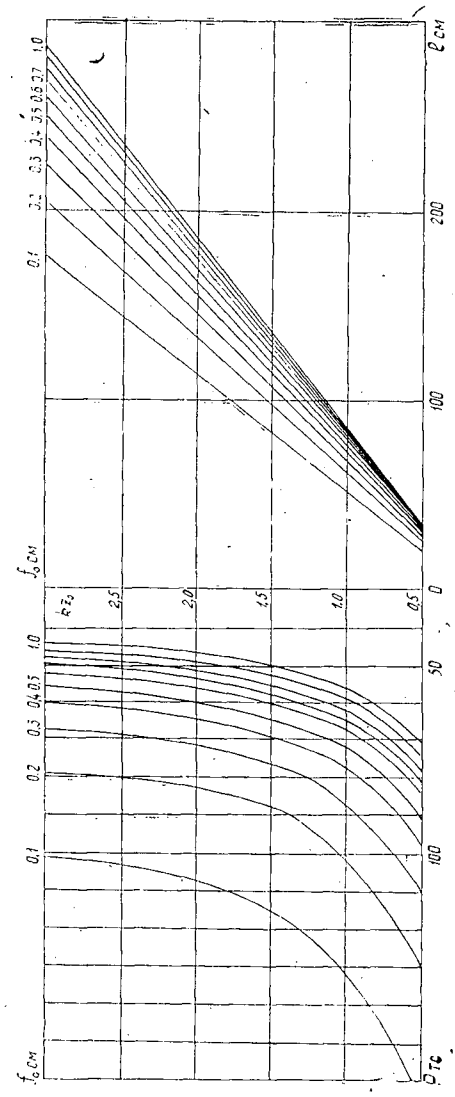


Рис. 2.

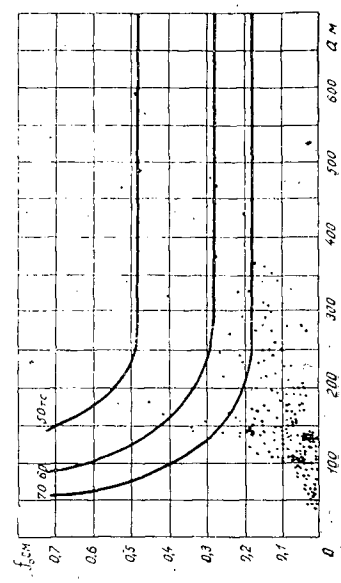


Рис. 3.

Подставив в уравнение (4) выражение для P из формулы (3), получим

$$f = f_0 \eta, \tag{5}$$

где

$$\eta = \frac{6{,}9348}{\pi\mu} + \frac{1}{2}[(1-\lambda)\cos kz_0 - (1+\lambda)].$$

Силу P в зависимости от длины и стрелы прогиба неровности определим следующим образом:

1) зададим f_0 и для различных значений kz_0 $(0 \leqslant kz_0 \leqslant \pi)$ вычислим μ и η;

2) определим f по уравнению (5);

3) вычислим q по формуле

$$q = q_0 + 0{,}5cf^{\alpha},$$

где q_0 — начальное сопротивление сдвигу;

c, α — параметры зависимости $q(y)$;

0,5 — множитель, означающий замену площади криволинейного участка зависимости $q(y)$ прямоугольником с ординатой $0{,}5cf^{\alpha}$;

4) найдем силу P по уравнению (3) и z_0 для принятого в расчете значения kz_0;

5) по результатам вычислений построим номограмму и для каждого z_0 найдем соответствующую P.

На рис. 2 приведена номограмма для участка пути колеи 750 мм, уложенного рельсами Р24, балласт — среднезернистый песок ($q_0 = 0{,}24$ кгс/см, $c = 1{,}56$, $\alpha = 0{,}23$). Определенные с ее помощью значения $l = 2z_0$ даны в табл. 1.

Таблица 1

Стрела прогиба f_0, см	Максимальная длина неровности l, см								
	при допустимой P, тс								определенная по [4]
	100	90	80	70	60	50	40	30	
0,1	204	—	—	—	—	—	—	—	100
0,2	94	122	174	340	—	—	—	—	200
0,3	60	84	112	170	308	—	—	—	300
0,4	46	60	86	124	204	—	—	—	400
0,5	28	46	72	100	162	300	—	—	500
0,6	20	30	50	84	130	242	—	—	600
0,7	16	26	40	74	110	194	—	—	700
0,8	10	20	32	56	100	164	410	—	800
0,9	6	16	30	50	86	156	330	—	900
1,0	4	12	24	46	76	140	80	—	1000

Прочерки в табл. 1 соответствуют тем случаям, когда устойчивость пути при данных значениях P и f_0 не зависит от длины неровностей. Ее минимальная величина в этих случаях определяется из условия плавности движения и приведена в последней графе табл. 1. Например, при $f_0 = 0{,}3$ см и $P = 30 \div 50$ тс имеем $l \geqslant 300$ см.

В остальных случаях минимальная длина неровности для каждого значения P зависит от f_0 и определяется, в основном, условием устойчивости пути. Например, при $f_0 = 0{,}3$ см и $P = 70$ тс по табл. 1 находим $l_{max} = 170$ см. Если $l < 170$ см — путь устойчив, если $l > 170$ см — неустойчив.

Величина l_{max}, как правило, меньше значений, приведенных в последней графе табл. 1. Это означает, что неровности, параметры которых найдены из условия устойчивости, имеют большую кривизну, чем неровности, длина которых найдена по [4], т. е. плавность движения поездов по пути, уложенному сварными рельсами, может понизиться. Если l_{max} больше, чем соответствующие данные последней графы табл. 1, то расчетное значение l находят из условия $l_{max} \geqslant l \geqslant l_{min}$.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 1, можно использовать для определения допустимой длины рельсов. Температурную силу, действующую в сварных рельсах, находим по формуле [5]

$$T = \frac{P+Q}{E\alpha\omega} + \frac{\lambda}{\alpha L} + \frac{r_0 L}{2E\alpha\omega}, \qquad (6)$$

где P, Q — температурная сжимающая и растягивающая силы;

T — годовая температурная амплитуда рельсов;

λ — конструктивный стыковой зазор;
L — длина рельсов;
α — коэффициент линейного расширения;
ω — площадь поперечного сечения двух рельсов;
r_0 — среднее погонное сопротивление перемещению рельсов вдоль пути.

Для пути узкой колеи, уложенного рельсами Р24 при $E\alpha\omega = 1600$ кгс/град, $r_0 = 1{,}5$ кгс/см; $Q = 10$ тс, значения P, вычисленные по формуле (6), приведены в табл. 2.

Таблица 2

T°C	Значения P, тс, при L м			
	16	24	32	40
90	0	21	48	64
95	0	29	56	72
100	0	37	64	80
105	0	45	71	88
110	0	53	79	96

Из табл. 2 видно, что только в рельсах длиной 16 м (при содержании стыковых зазоров в соответствии с нормами) температурные сжимающие силы равны нулю. В рельсах длиной 24 м и более эти силы имеются и величина их существенно зависит не только от длины, но и от годовой температурной амплитуды рельсов.

Для того чтобы определить допустимую (в определенных условиях) длину рельса, необходимо иметь данные о параметрах неровностей на действующих путях УЖД. Наиболее полно эти параметры характеризуются полем распределения значений l и f_0.

На рис. 3 приведено поле распределения значений a и f_0 (a — длина неровности, измеренная между точками перегиба оси рельсо-шпальной решетки) для пути УЖД, уложенного рельсами Р24 и содержащегося в соответствии с нормами [4]. Кривые, показанные на рис. 3, характеризуют зависимость между a и f_0 при действии данных температурных сжимающих сил. Каждая кривая делит поле распределения на две части. Те неровности, для которых точки на поле распределения находятся ниже кривой, допустимы по условию устойчивости при действии данной силы P, и наоборот.

С помощью поля распределения можно оценить вероятность того, что путь, уложенный сварными рельсами, будет достаточно устойчив. В рассматриваемом примере для $P \leqslant 50$ тс имеют место только два случая, когда точки расположены выше соответствующей кривой $a(f_0)$. Всего рассматривается 195 случаев. Таким образом, при $P \leqslant 50$ тс путь будет устойчив с вероятностью 0,99. Аналогично найдено, что для $P \leqslant 60$ тс вероятность составляет 0,93, а для $P \leqslant 70$ тс — 0,83.

Учитывая, что сила P сама по себе (вследствие неточности исходных данных) вычисляется с вероятностью 0,9, можно принять эту величину за оценку вероятности устойчивости пути. Поэтому, используя данные табл. 2, находим условия применения рельсов различной длины, а именно: рельсы длиной 16 и 24 м можно применять при $T \leqslant 110$°C, рельсы длиной 32 м — при $T \leqslant 100$°C, рельсы длиной 40 м — при $T \leqslant 90$°C.

Отметим в заключение, что по материалам обследования лесовозных дорог установлено значительное отклонение их фактического состояния от требований норм [4]. Поэтому при применении длинных рельсов необходимо сначала привести верхнее строение пути в соответствие с этими нормами.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Морозов С. И., Попов М. В. Начальные неровности рельсо-шпальной решетки. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5, с. 57—61. [2]. Морозов С. И. О кри-

терии устойчивости железнодорожного пути. — «Труды АЛТИ», 1971, № 28, с. 60—67. [3]. Попов М. В. Влияние неровностей лесовозных железных дорог на устойчивость рельсо-шпальной решетки. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 4, с. 83—89. [4]. Технические указания по содержанию лесовозных железных дорог колеи 750 мм. М., «Лесная промышленность», 1968, с. 168. [5]. Шахунянц Г. М. Путь и путевое хозяйство. М., Гострансжелдориздат, 1949, с. 596.

Поступила 20 февраля 1979 г.

УДК 630*.378.35

АНАЛИЗ УРАВНЕНИЯ УГЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПЛОТА

С. В. ГУЛИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Предлагаются формулы для определения сил сопротивления движению плота, инерции его массы и присоединенной массы воды, а также моментов от натяжения лежня и силы тяжести плота. На основании количественного анализа сил и моментов установлено, что основными факторами, влияющими на угловые колебания и прогиб плота, являются силы тяжести плота, инерция его массы и присоединенная масса воды.

Ранее [4] нами было получено уравнение

$$\varphi = \frac{m \sin\left(2\pi \frac{t}{\tau} - \gamma\right)}{\sqrt{\left[k^2 - \left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2\right]^2 + 4n^2\left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2}}. \qquad (1)$$

В уравнении (1) угол γ характеризует отставание фазы вынужденных колебаний от фазы возмущающей силы. В данном случае, у гибкого плота, период собственных колебаний равен периоду колебаний волны. Поэтому значение γ принимается равным нулю.

Для изучения уравнения (1) необходимо найти значения амплитуды возмущающей силы m, частоты свободных колебаний k и коэффициента затухания n по формулам

$$m = \frac{D_0 \delta \alpha_0}{I_y - \Delta I_y}; \quad k^2 = \frac{T_0 Z_0}{I_y - \Delta I_y}; \quad n = \frac{N}{I_y - \Delta I_y}.$$

Момент инерции половины плота I_y относительно поперечной оси y, проходящей через нулевую точку O_1 (рис. 1), находят по приближенной формуле [1]

$$I_y = 0{,}07 \frac{\alpha}{g} \frac{D}{2} \left(\frac{L}{2}\right)^2, \qquad (2)$$

где α — коэффициент полноты ватерлинии плота при расчетной осадке;

D — водоизмещение плота;

L — длина плота.

Для нахождения момента инерции присоединенной массы ΔI_y и коэффициента сопротивления N воспользуемся данными А. З. Салькаева [1].

Присоединенную массу, приходящуюся на единицу длины плота, определяют по формуле

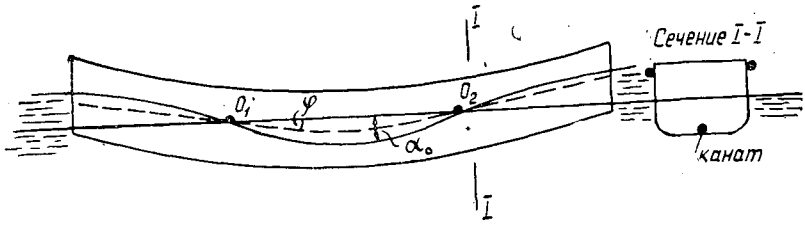


Рис. 1.

$$\mu(x) = \bar{\mu}(x)\,\rho_0 \frac{\pi}{8} B^2; \tag{3}$$

где $\bar{\mu}(x)$ — безразмерный коэффициент присоединенной массы при вертикальных колебаниях плота (находят по графику [1]);

ρ_0 — массовая плотность воды;

σ — частота колебаний волны $\left(\sigma = \frac{2\pi}{\tau}\right)$;

B — ширина расчетного поперечного сечения плота по ватерлинии.

Момент инерции присоединенной массы, при угловых колебаниях плота, для расчетной длины l, выражается следующим образом:

$$\Delta I_y = \int_l x^2 \mu(x)\,dx = \mu x \frac{l^3}{3}. \tag{4}$$

Коэффициент сопротивления, при угловых колебаниях плота, для расчетной длины l определяют по формуле

$$2N_y = \int_l x^2 \nu(x)\,dx = \nu(x)\,\frac{l^3}{3}. \tag{5}$$

Коэффициент линейного сопротивления $\nu(x)$ вертикальным колебаниям, приходящийся на единицу длины плота, представлен в виде:

$$\nu(x) = \bar{\nu}(x)\,\rho_0\,\sigma \left(\frac{B}{2}\right)^2, \tag{6}$$

где $\bar{\nu}(x)$ — безразмерный коэффициент волнового сопротивления вертикальным колебаниям (находят по графику [1]).

В формулах (4) и (5) x — расстояние от начала координат до расчетного поперечного сечения плота, для которого по графикам берут $\bar{\mu}(x)$ и $\bar{\nu}(x)$. Кривые $\bar{\mu}(x)$ и $\bar{\nu}(x)$ изображены в зависимости от $\frac{\pi B}{\lambda}$ и $\frac{B}{2T}$, где λ — длина волны и T — осадка плота.

При определении момента от силы натяжения нижнего лежня плота $T_0 Z_0$ расстояние Z_0 принимают равным половине высоты плота: $Z_0 = \frac{H}{2}$.

Величину T_0 вычисляют по формуле [2]

$$T_0 = q\delta, \tag{7}$$

где q — среднее значение водоизмещения 1 пог. м длины плота в миделевом сечении.

Для прямоугольного поперечного сечения плота

$$q = \gamma_д \eta \beta H B_0, \tag{8}$$

здесь $\gamma_д$ — объемная масса древесины;
β — коэффициент поперечной полноты плота;
H, B_0 — высота и ширина плота в миделевом сечении;
η — коэффициент полнодревесности плота; принимается с учетом массы воды между бревнами, т. е. $\eta = 1{,}0$;
δ — расстояние от центра величины до центра тяжести плота в миделевом сечении

$$\delta = \frac{H}{2}\left(1 - \frac{\gamma_д}{\gamma_в}\right). \tag{9}$$

При определении момента от сил поддержания, тяжести плота и воды $M = D_0\,\delta\alpha_0$, на основании исследований, проведенных автором [3], учитывают влияние воды, находящейся между бревнами. В первом приближении это влияние на момент учтено прибавлением массы воды к массе плота, т. е. коэффициент полнодревесности плота η принят равным единице. Тогда водоизмещение половины плота, имеющего поперечное сечение, близкое к прямоугольному,

$$D_0 = \frac{D}{2} = \frac{\gamma_д L B_0 H \varepsilon}{2}, \tag{10}$$

где ε — коэффициент полноты водоизмещения.

Среднее значение угла волнового склона α_0 определяется как $\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{2h_в}{\lambda}$.

Для малых углов $\operatorname{tg}\alpha_0' = \alpha_0$. Поэтому

$$\alpha_0 = \frac{2h_в}{\lambda}, \tag{11}$$

здесь $h_в$ — высота волны;
λ — длина волны.

По известному углу φ определяют прогиб плота в миделевом сечении:

$$Z_п = 2l_0\varphi. \tag{12}$$

Расстояние l_0 от миделевого сечения до центра тяжести половины площади ватерлинии плота, без учета цилиндрической части, находят как центр тяжести трапеции:

$$l_0 = \frac{L}{6}\left(\frac{B_0 + 2B_т}{B_0 + B_т}\right), \tag{13}$$

где $B_т$ — ширина плота в торце.

Качественная сторона изучаемого явления, с учетом принятых расчетных зависимостей, лучше всего может быть оценена на основании количественных данных, т. е. решения конкретного примера.

Пример. Размеры плота сигарообразной формы: $L = 90$ м; $H = 5{,}2$ м; $B_0 = 11{,}2$ м; $B_т = 6{,}4$ м (торца); $T = 3{,}12$ м; $\varepsilon = 0{,}75$. Параметры волны: $\lambda = 90$ м; $h_в = 2{,}2$ м; $\tau = 7{,}6$ с; $\alpha_0 = 0{,}049$. Результаты расчетов следующие: $\gamma_д = 0{,}60$ т/м³; $G = 1235$ т; $\delta = 1{,}04$ м; $\alpha_0 = 0{,}049$; $I_y = 8300$ т·м·с; $\Delta I_y = 1940$ т·м·с; $I_y - \Delta I_y = 6360$ т·м·с; $M = 61$ т·м; $m = 0{,}0096$ с$^{-2}$; $T_0 Z_0 = 85$ т·м; $k^2 = 0{,}0134$ с$^{-2}$ $2N = 919$ т·м·с; $2n = 0{,}145$ с$^{-1}$; $\sigma = 0{,}83$ с$^{-1}$; $(2n\sigma)^2 = 0{,}0144$ с$^{-4}$; $\varphi = 0{,}0138$ рад; $\varphi' = 0{,}0139$ рад; $l = 20{,}4$ м; расчетные: $Z_п = 0{,}56$ м; $Z_{п_1} = 0{,}57$ м; опытный $Z_п = 0{,}48 \div 0{,}54$ м. Значение $Z_п$ принято по формуле (1) и $Z_{п_1}$ — по формуле (16).

Можно отметить, что в знаменателе формулы (1) величина $(2n\sigma)^2$ очень мала по сравнению с величиной $[k^2-\sigma^2]^2$. Поэтому в дальнейшем ее можно не учитывать. Тогда

$$\varphi=\frac{m\sin\delta t}{\sqrt{[k^2-\sigma^2]^2}}=\frac{m\sin\sigma t}{k^2\left(1-\frac{\sigma^2}{k^2}\right)}. \qquad (14)$$

Ввиду большой разницы между частотой собственных колебаний k и частотой возмущающей силы σ, в формуле (14) можно принять

$$1-\frac{\sigma^2}{K^2}=-\frac{\sigma^2}{K^2}.$$

С учетом принятого

$$\varphi=-\frac{m\sin\sigma t}{\sigma^2}=-\frac{D_0\,\delta\,\alpha_0}{\sigma^2(I_y-\Delta I_y)}\sin\sigma t. \qquad (15)$$

Угловые колебания плота максимальны при наибольшем значении возмущающей силы, т. е. при $t=\frac{\pi}{2}$.

Окончательно получим

$$\varphi_1=-\frac{D_0\,\delta\alpha_0}{\sigma^2(I_y-\Delta I_y)}. \qquad (16)$$

Знак минус показывает, что у плота происходит сжатие верхней и растяжение нижней его частей.

Итак, в результате проведенного анализа уравнения (1) получена сокращенная формула (16), в которой не учитываются внешние вязкостные силы сопротивления движению плота при угловых колебаниях и усилия, возникающие в лежне при прогибе на волне. Зная φ_1, прогиб можно вычислить по формуле (12).

Приведенные расчеты по формулам (1) и (16) показали, что разница численных значений максимальных углов наклона плота φ_{max} и φ_{max_1}, а также прогибов $Z_п$ и $Z_{п_1}$ в миделевом сечении, вычисленных по формуле (12), не превышает 2%. Поэтому при динамической постановке плота на волну максимальный угол φ_{max} поворота его можно определять по сокращенной формуле (16), учитывающей силы тяжести плота, силы инерции массы плота и силы от присоединенной массы воды, что значительно упрощает решение рассматриваемой задачи.

Отметим, что при выводе и анализе уравнения (1) угловых колебаний нами был сделан ряд допущений: гидростатическое давление по высоте волны принимали одинаковым; давление в любой точке погруженной поверхности плота принимали таким же, как в этой точке в отсутствие плота; момент инерции массы плота относительно поперечной оси находили по приближенной формуле.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Благовещенский С. Н., Холодилин А. И. Справочник по статике и динамике корабля. Динамика корабля. Ч. 2, Л., Судопромгиз, 1976. [2]. Гулидов С. В. О возможном определении усилий в нижнем лежне сигарного плота. — В сб.: Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса. Вып. 1. Л., ЛТА. 1972. [3]. Гулидов С. В. Определение объема воды, участвующей в колебаниях плота. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 4. [4]. Гулидов С. В. Определение прогиба плота при динамической постановке его на волну. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1979, № 3.

Поступила 31 октября 1977 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

УДК 630*.378.3

МЕТОД РАСЧЕТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОСТАНОВКИ ПЛЫВУЩИХ ПУЧКОВ БРЕВЕН*

Г. Я. СУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

При обработке результатов натурных исследований удара плывущего пучка бревен об устройство для его остановки получены расчетные зависимости силы удара от времени. Полученные формулы позволяют рассчитать предложенное устройство на прочность и установить минимально допустимый интервал движения пучков, при котором исключается наложение ударного импульса от последующего пучка на ранее действующий.

Устройство для остановки плывущих пучков бревен [4] представляет собой две запорные стойки, снабженные механизмом запора и установленные на мосту, который перекинут через дворик-накопитель. Для расчета устройства на прочность необходимо знать величину и характер изменения динамической нагрузки, возникающей при воздействии пучка на запорные стойки, а также продолжительность ее действия.

Ниже излагается метод расчета при прямом центральном ударе пучка бревен, который наблюдается в том случае, когда продольная ось пучка нормальна к направлению движения, а вектор скорости центра масс пучка делит пополам расстояние между запорными стойками.

Как известно из теории удара [3], при исследовании ударных процессов целесообразна замена деформируемого тела упрощенной моделью. Пучок бревен — деформируемое тело, поэтому для первой фазы удара его о сооружение, т. е. при возрастании ударной силы, была принята модель дискретного типа (рис. 1, *а*) [7], которая представляет

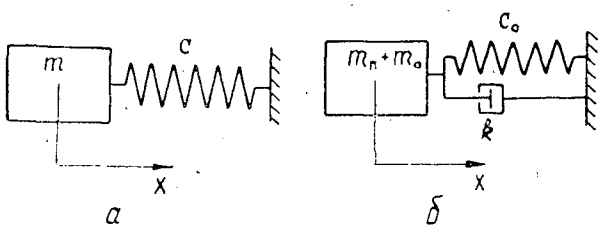


Рис. 1. Расчетная схема удара пучка бревен об устройство для его остановки.

а — первая фаза; *б* — вторая фаза.

собой комбинацию абсолютно твердого тела массой m и деформируемого элемента с коэффициентом жесткости c. В первой фазе удара скорость движения пучка относительно сооружения уменьшается до нуля, а относительно потока возрастает до скорости течения, поэтому наряду с ростом инерционных сил происходит и рост силы влечения пуч-

* Работа выполнена под руководством проф. К. А. Чекалкина.

ка потоком. Экспериментальные исследования [7] показали, что эта сила значительно меньше инерционных сил, и величиной ее можно пренебречь. Тогда дифференциальное уравнение движения пучка относительно сооружения примет вид

$$m\ddot{x} = -cx, \tag{1}$$

где m — действующая расчетная масса, которая состоит из приведенной массы запорных стоек m_0 и приведенной массы пучка бревен m_1:

$$m = m_0 + m_1; \tag{2}$$

x — перемещение действующей расчетной массы относительно сооружения;

c — коэффициент приведенной жесткости

$$c = c_0 K_c, \tag{3}$$

здесь c_0 — коэффициент жесткости запорных стоек;

K_c — опытный коэффициент.

Согласно [1], решение уравнения (1):

$$x = \frac{v_1}{P} \sin Pt, \tag{4}$$

где v_1 — начальная скорость движения действующей расчетной массы относительно сооружения;

P — угловая частота колебаний

$$P = \sqrt{\frac{c}{m}}; \tag{5}$$

t — текущее время.

Сила удара пучка о сооружение

$$F = cx, \tag{6}$$

или с учетом (4)

$$F = \frac{cv_1}{P} \sin Pt. \tag{7}$$

Данное уравнение справедливо для первой фазы удара, продолжительность которой равна

$$t_1 = \frac{\pi}{2P}. \tag{8}$$

Величина m_0 может быть определена [8], как

$$m_0 = \frac{33}{140} \frac{G}{g} n, \tag{9}$$

где G — вес рабочей длины запорной стойки;

n — количество стоек.

Приведенная масса пучка

$$m_1 = \alpha m_п, \tag{10}$$

где α — опытный коэффициент;

$m_п$ — действующая масса пучка, определению которой посвящены работы [5, 6]:

$$m_п = \frac{m_{др}}{\eta}(1+\mu), \tag{11}$$

здесь $m_{др}$ — масса древесины пучка;
η — коэффициент полнодревесности пучка;
μ — коэффициент присоединенной массы.

Коэффициенты K_c и α в совокупности учитывают влияние деформируемости пучка на процесс удара. Они получены нами в результате натурных исследований [7].

Величину v_1 в выражении (7) определяли по формуле [7]

$$v_1 = \sqrt{\frac{m_п v_р^2 - c_к x_к^2}{m_п}}, \tag{12}$$

где $v_р$ — скорость подхода пучка к сооружению;
$c_к$ — коэффициент жесткости крепления сооружения в русле реки;
$x_к$ — максимальное перемещение сооружения.

Во второй фазе удара запорные стойки стремятся принять исходное положение, перемещая при этом пучок. Силы упругости стоек расходуются на преодоление инерционных и гидродинамических сил. По мере уменьшения силы удара пучок под действием распорных сил также стремится принять исходную форму, дополнительно воздействуя на стойки. Поэтому для второй фазы удара в качестве расчетной была принята модель Кельвина—Фохта [3] (рис. 1, *б*), дифференциальное уравнение движения которой

$$(m_п + m_0)\ddot{x} = -c_0 x - k\dot{x} + R, \tag{13}$$

где k — коэффициент пропорциональности;
R — сила влечения пучка потоком.

Преобразуем уравнение (13):

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + P_0^2 x = \frac{R}{m_п + m_0}, \tag{14}$$

где n — коэффициент затухания движения, вызванного деформируемостью пучка и сопротивлением движению его в спокойной воде,

$$n = \frac{k}{2(m_п + m_0)}; \tag{15}$$

P_0 — угловая частота колебаний

$$P_0 = \sqrt{\frac{c_0}{m_п + m_0}}. \tag{16}$$

Таким образом, имеем линейное дифференциальное неоднородное уравнение второго порядка, общее решение которого равно сумме общего решения соответствующего линейного однородного уравнения x_0 и частного решения неоднородного уравнения $x_н$, т. е.

$$x = x_0 + x_н. \tag{17}$$

Натурные исследования удара плывущего пучка бревен об устройство для его остановки показали, что изменение ударной силы во второй фазе удара теряет колебательный характер, что соответствует условию $n = P_0$. Согласно [1], решение (17) уравнения (14) при условии $n = P_0$ равно

$$x = e^{-nt}(c_1 t + c_2) + x_н. \tag{18}$$

Отсчет времени в данном выражении производится от начала второй фазы удара. Подставив выражение (17) в уравнение (14), получим

$$x_н = \frac{R}{c_0}. \tag{19}$$

Для определения постоянных интегрирования c_1 и c_2 в выражении (18) положим, что в начальный момент времени $t = 0$ перемещение x имеет максимальное значение, т. е. $x = x_м$, а начальная скорость $\dot{x} = 0$. Подставив (19) и $t = 0$ в уравнение (18), получим

$$c_2 = x_м - \frac{R}{c_0}. \tag{20}$$

Дифференцируя выражение (18) и приравнивая его нулю при $t = 0$, получим

$$c_1 = n\left(x_м - \frac{R}{c_0}\right). \tag{21}$$

Перепишем выражение (18) с учетом (19), (20), (21):

$$x = e^{-nt}(nt + 1)\left(x_м - \frac{R}{c_0}\right) + \frac{R}{c_0}. \tag{22}$$

Тогда сила удара

$$F = (F_м - R)e^{-nt}(nt + 1) + R, \tag{23}$$

где $F_м$ — максимальная сила удара, которая может быть определена из выражения (7) при $t = t_1$.

Из данного выражения следует, что с ростом переменной t сила удара F стремится к R и при $t \to \infty F \to R$. Если время t отсчитывать от начала первой фазы удара, то уравнение (23) принимает вид

$$F = (F_м - R)e^{-n(t - t_1)}[n(t - t_1) + 1] + R. \tag{24}$$

Для того чтобы яснее представить крутизну ударного импульса во второй фазе удара, необходимо знать интервал времени, в течение которого происходит основной спад силы удара. В дальнейшем сила удара асимптотически приближается к величине R. Некоторые авторы, например [2], рекомендуют измерять данный интервал времени на уровне 10% амплитуды, поскольку примерно с этого уровня резко меняется характер ударного импульса. В нашем случае данный параметр можно определить из полученного уравнения (23) методом итерации.

На рис. 2 в качестве примера представлены опытные и расчетные зависимости действующей на запорные стойки силы от времени для

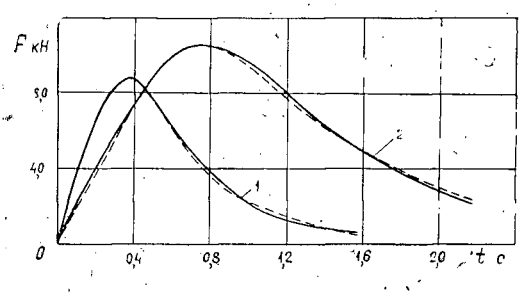


Рис. 2. Зависимость $F = f(t)$.
1, 2 — номер пучка; сплошная линия — расчетная; пунктирная — опытная.

Таблица 1

Номер пучка	$m_{др}$ кг	η	$v_р$ м/с	c_0 Н/м	$c_к$ Н/м
1	7600	0,66	0,32	$4{,}17\cdot10^5$	$3{,}79\cdot10^5$
2	21900	0,55	0,31	$3{,}41\cdot10^5$	$3{,}08\cdot10^5$

двух пучков из еловых бревен. В табл. 1 приведены величины, характеризующие пучки и условия проведения эксперимента. Опытные кривые получены с осциллограммы, скорость протяжки которой равнялась 0,16 м/с, а отметки времени регистрировались через 0,005 с. Расчетные кривые построены с использованием уравнений (7) и (24). Расчет производили следующим образом. Зная коэффициенты K_c, α и μ, порядок нахождения которых изложен в работах [6, 7], из выражений (2), (3), (5), (8)—(11) определяли m, c, P, t_1.

Зная P и t_1 и приняв в первом приближении $v_1 = v_р$, находили из выражения (7) максимальное значение силы удара $F_м$, затем по формуле (12) уточняли v_1, учитывая, что $F_м = c_к x_к$. Расчет по определению v_1 повторяли до нахождения этой величины с необходимой точностью. Затем, задаваясь t в пределах от 0 до t_1, из выражения (7) получали соответствующие значения силы, действующей на запорные стойки в первой фазе удара. Далее из выражения (16) находили P_0, предварительно определив из выражения (11) величину $m_п$ для второй фазы удара. Затем, задаваясь $t \geqslant t_1$, из выражения (24) устанавливали соответствующие значения силы, действующей на запорные стойки во второй фазе удара. Величину R в уравнении (24) определяли по формулам К. А. Чекалкина [9].

Сравнение расчетных и опытных значений максимальной силы удара показало, что среднее квадратичное отклонение находилось в пределах от 0,25 до 0,95 кН, а ошибка от 0,09 до 0,28 кН при изменении максимальной силы удара от 7,8 до 21,4 кН. Во второй фазе удара по мере уменьшения силы удара возрастает разброс точек опытной кривой, а соответственно и отклонение ее от расчетной. Это связано с большим варьированием распорных сил в пучке. Результаты экспериментальных исследований многих авторов указывают на сложность явлений, происходящих во время сжатия пачки бревен, и на значительный разброс величины силы сжатия. Так, например, Д. М. Шварц [10] указывает, что «при многократном сжатии одного и того же пучка до одинакового состояния замеренные силы сжатия колеблются в большом диапазоне и часто до двух раз отличаются от средних значений».

При расчете предложенного устройства [4] на прочность наибольший интерес представляет максимальная сила удара, коэффициент вариации которой равен 22,5% при показателе точности 2,8% [7].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М., «Наука», 1976, с. 576. [2]. Крючков Ю. С. и др. Ударостойкость судового энергетического оборудования. Л., «Судостроение», 1969, с. 251. [3]. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара. М., «Наука, 1977, с. 224. [4]. Суров Г. Я., Чекалкин К. А. Устройство для остановки плывущих пучков бревен на сплавных рейдах. Авт. свид. № 569515. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1977, № 31, с. 53. [5]. Суров Г. Я. Исследование динамического взаимодействия плавающего пучка бревен с наплавными сооружениями. — Материалы к IV научно-технической конференции. Новое в технике и технологии лесосплава. Л., 1976, с. 78—79. [6]. Суров Г. Я. Присоединенные массы плавающего пучка бревен при его ударе о сооружение. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 2, с. 69—72. [7]. Суров Г. Я. Результаты натурных исследований удара плывущего пучка бревен

о сооружение. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 3, с. 48—52. [8]. Тимошенко С. И. Колебания в инженерном деле. М., Госфизматиздат, 1959, с. 439. [9]. Чекалкин К. А. Исследования гидродинамических характеристик бревенных пучков при поступательном движении. — Труды АЛТИ, 1967, вып. 19, с. 86—96. [10]. Шварц Д. М. Сила сжатия пачек круглых лесоматериалов стойками. — Сборник трудов ЦНИИЛесосплава. Вып. 20. М., «Лесная промышленность», 1975, с. 46—53.

Поступила 24 апреля 1978 г.

УДК 629.1.066 : 621.873.12

НАГРУЗКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ХОДА КОЗЛОВОГО КРАНА НА ЛЕСНОМ СКЛАДЕ

Н. Е. ВЫСОТИН

Ленинградская лесотехническая академия

Дан графический расчет и приведены аналитические выражения для определения статических нагрузок на опоры и двигатели хода козлового крана в зависимости от местоположения груза по длине несущей балки. Указан один из возможных вариантов устранения неравномерности хода опор по контролю забегания одной из них.

На нижних складах лесопромышленных предприятий широко применяются консольно-козловые краны типа ККУ-7,5, ККУ-10, ККС-10 и др. с пролетом 20, 32 м и более. Для передвижения крана установлены электродвигатели одинаковой мощности на обеих опорах, и схема управления предусматривает одинаковый режим нагрузки.

Нагрузка на опоры зависит не только от массы поднимаемого груза, но и от расположения центра тяжести металлоконструкции и местоположения груза и подвижных узлов на несущей балке крана. Величину ее можно определить по формулам

$$F_1 = m_к\left(1 - \frac{l_{ц.т}}{l_0}\right) + m_т\left(1 - \frac{x}{l_0}\right);$$

$$F_2 = m_к\frac{l_{ц.т}}{l_0} + m_г\frac{x}{l_0},$$

где F_1 — нагрузка на жесткую опору;
F_2 — нагрузка на гибкую опору;
$m_к$ — масса крана без подвижных узлов;
$m_г$ — масса груза и подвижных узлов;
$l_{ц.т}$ — расстояние до центра тяжести металлоконструции от жесткой опоры;
l_0 — пролет крана;
x — расстояние от точки подвеса груза до жесткой опоры.

Координата x отсчитывается от оси, проходящей через жесткую опору, и может принимать отрицательное значение при подвеске груза на ближней консоли. Уравнения показывают, что нагрузка на опоры изменяется по линейному закону и одинакова, если $x = l_{ц.т} = 0{,}5l_0$. Графики ab и cd нагрузок на жесткую и гибкую опоры крана в зависимости от местоположения груза $F = f(x)$ представлены на рис. 1. Точка пересечения прямых ab и cd определяется координатами $l_{ц.т}$ и F_0 — равной нагрузкой на опоры при заданной массе поднимаемого груза.

Проведем естественную механическую характеристику электродвигателя хода крана, т. е. кривую зависимости $M = f(s)$ через точку рав-

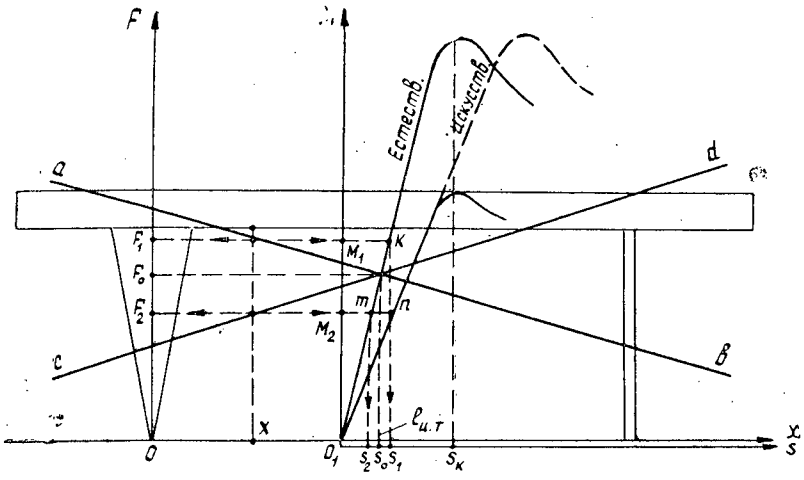


Рис. 1. Графики для определения разности нагрузок на опоры козлового крана.

ных нагрузок на опоры. Ось скольжений s совместим с осью x, а ось моментов M проведем параллельно оси нагрузок F. Начало O_1 новых координат определяется по известной жесткости естественной механической характеристики электродвигателя. Наложение осей координат правомерно, так как между нагрузкой F и моментом на валу электродвигателя существует прямая пропорциональная связь, которая учитывается выбором масштаба по оси моментов.

Таким образом, при известной массе груза и его местоположении x можно определить нагрузки F_1 и F_2 на опоры, моменты M_1 и M_2 на валах электродвигателей и скольжения s_1 и s_2 по механической характеристике. Кроме того, по графикам (рис. 1) легко определяется разность между указанными величинами. Известно, что скольжение s характеризуется отношением:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

где n_1 — частота вращения магнитного поля статора электродвигателя, об/мин;

n_2 — частота вращения ротора, об/мин.

Следовательно, разности F_1 и F_2 соответствует разность частот вращения n_{21} и n_{22} двигателей разных опор, т. е.

$$\Delta n = n_{22} - n_{21} = n_1 (s_1 - s_2)$$

или

$$\Delta n = \frac{M_1 - M_2}{\delta},$$

где $\delta = \frac{M_н}{n_1 - n_{2н}}$ — жесткость естественной механической характеристики;

$M_н$ — номинальный момент на валу электродвигателя;

$n_{2н}$ — номинальная частота вращения ротора, об/мин.

Разность частот вращения электродвигателей, вызванная неравномерностью нагрузки, приводит к забеганию менее нагруженной опоры вперед по ходу движения крана. При этом металлоконструкция крана деформируется. Появляется дополнительная нагрузка на забегающую опору, и частота вращения электродвигателя этой опоры уменьшается до выравнивания с частотой вращения двигателя отстающей опоры. Далее кран движется с перекосом опор. Если окажется, что нагрузка на забегающую опору недостаточна, то возможно пробуксовывание колес по рельсу; при этом наблюдается дополнительный их износ.

Забегание менее нагруженной опоры с учетом частых реверсов и повторно-кратковременного режима вызывает дополнительные знакопеременные деформации металлоконструкций, ухудшает плавность передвижения и затрудняет управление работой крана. В результате трудно обеспечить точную остановку пачки при погрузке в вагоны или при укладке груза на заранее подготовленное место.

Указанные недостатки в работе крана могут быть устранены уменьшением скорости электродвигателя недогруженной опоры. Это достигается или включением в цепь ротора добавочных сопротивлений, или уменьшением напряжения питания обмотки статора при одном и том же моменте на валу ротора. Напряжение питания может быть снижено включением в цепь статора добавочных активных сопротивлений или реакторов в каждую фазу. В обоих случаях включения добавочных сопротивлений (в цепь ротора или в цепь статора) можно получить такую искусственную механическую характеристику (рис. 1), что менее нагруженный электродвигатель из режима работы, соответствующего точке m, перейдет в режим, соответствующий точке n. В этом режиме электродвигатель с меньшей нагрузкой имеет скольжение, равное скольжению электродвигателя с увеличенной нагрузкой (режим k), следовательно, частоты вращения также будут одинаковы. Включение добавочного сопротивления в цепь ротора электродвигателя с фазным ротором смещает максимум момента в сторону увеличения критического скольжения $s_к$, а снижение напряжения питания уменьшает максимальный момент пропорционально квадрату напряжения при том же критическом скольжении $s_к$.

Чтобы исключить забегание недогруженной опоры козлового крана, необходимо уменьшить частоту вращения электродвигателя пропорционально разности нагрузок F_1 и F_2. Из приведенных графиков видно, что эта разность изменяется плавно. Однако практическая реализация бесступенчатого регулирования скорости асинхронных электродвигателей вызывает известные трудности. Целесообразно установить 2—3 секции добавочных активных сопротивлений или реакторов в цепи статора для электродвигателей с короткозамкнутым ротором и автоматизировать их включение в зависимости от разности нагрузок. Для электродвигателей с фазным ротором можно использовать имеющиеся добавочные сопротивления в цепи ротора. Одним из вариантов автоматического перевода электродвигателей на искусственные характеристики является включение добавочных сопротивлений в зависимости от опережения забегающей опоры. Электрическая схема козлового крана усложняется, но при этом улучшается плавность хода и точность остановок, что особенно важно при погрузке лесоматериалов в вагоны.

Поступила 27 апреля 1978 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093.4

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ШТАБЕЛЯ КОРОТКОМЕРНЫХ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Б. А. ТАУБЕР, Л. М. МАРТОВИЦКИЙ

Московский лесотехнический институт

Дан анализ структуры штабеля, указаны факторы, влияющие на плотность штабеля, приведены формализация структуры и математическая модель штабеля. Полученные аналитические зависимости коэффициента плотности и полнодревесности штабеля от его параметров, размеров бревен и уровня их ориентированности позволяют определить плотность произвольного штабеля короткомерных лесоматериалов. Предложены номограмма для определения коэффициентов плотности, порядок и пример пользования ею.

В последнее время четко наметилась тенденция кучевого хранения короткомерных лесоматериалов на биржах сырья крупнейших ЦБК и в леспромхозах. Во всех случаях для обмера короткомерной древесины необходимо знать коэффициент плотности и полнодревесности кучевого штабеля.

В настоящем исследовании аналитически определена плотность штабеля короткомерных круглых лесоматериалов произвольного формирования.

Всякий штабель короткомерных бревен рассматриваем как произвольную (случайную) укладку их в трехкоординатном пространстве. Основное условие цельности и устойчивости штабеля — наличие контактов между бревнами. По-видимому, бревно, находящееся в контакте с другими бревнами, — характерный элемент для любого штабеля. Этот элемент будем считать периодически повторяющейся ячейкой пространственной структуры штабеля.

Бревна условимся считать круговыми цилиндрами с диаметром, равным среднему диаметру бревен. Тогда штабель короткомерных круглых лесоматериалов можно рассматривать как случайную укладку круговых цилиндров. Воспользуемся методикой решетчатой разбивки пространства, в каждую ячейку которого вписано укладываемое тело.

Рассматриваемый цилиндр вместе с контактирующими цилиндрами впишем в правильную четырехгранную призму (ячейку решетки трехмерного пространства) так, чтобы ось центрального цилиндра проходила через ось призмы, а грани призмы проходили через оси контактирующих цилиндров. Пусть длина призмы L и размер основания $2d \times 2d$. Тогда плотность заполнения призмы цилиндрами можно определить из выражения

$$K = \frac{V_ц}{V_п}, \tag{1}$$

где $V_ц$ — объем тела цилиндров;
$V_п$ — » призмы.

$$V_п = 4d^2L; \tag{2}$$

$$V_ц = V_{ц1} + V_{ц.к}, \tag{3}$$

здесь $V_{ц1}$ — объем центрального цилиндра;
$V_{ц,к}$ — половина объемов контактирующих цилиндров, отсекаемых гранями призмы.

Объем цилиндров, контактирующих с центральным цилиндром, можно записать в виде

$$V_{ц.к} = 4\,(V_{ц.к\,1} + V_{ц.к\,2}) = \frac{3}{4}\pi d^2 l_i\,, \tag{4}$$

где l_i — средняя длина контактирующих цилиндров, приходящаяся на площадь контакта, равную dl.

Средняя длина l_i — функция случайного аргумента — угла разориентирования цилиндров α. Предлагаем следующую схему определения l_i. Считаем обязательным и необходимым условием для этого — контакт центрального цилиндра с боковыми. В условиях случайно меняющегося угла α наличие контактов и их количество—функция случайного аргумента. Только при наличии контакта между цилиндрами можно говорить о какой-то средней длине цилиндра, приходящейся на площадь dl. Эта длина, в свою очередь, зависит от случайного аргумента α, так как цилиндры могут скрещиваться под произвольными углами.

$$l_i = pm\,(l)\,, \tag{5}$$

здесь p — математическое ожидание числа контактов между цилиндрами;
$m(l)$ — математическое ожидание длины контактирующих цилиндров, приходящейся на площадь прямоугольника dl.

Коэффициент плотности

$$K_1 = \frac{0{,}2l}{L} + 0{,}6\,\frac{pm\,(l)}{L}\,, \tag{6}$$

Примем следующие допущения:

1) короткомерные бревна — одинаковые круговые цилиндры длиной l и диаметром d;

2) углы разориентирования контактирующих цилиндров распределяются внутри рассматриваемого диапазона равномерно с одинаковой плотностью распределения;

3) положение центров цилиндров одинаково вероятно по всему объему.

Для определения p рассмотрим только одну грань четырехгранной призмы.

Предварительно сформированную навалочную структуру штабеля короткомерных балансов представим в виде плоской решетчатой укладки цилиндров (рис. 1, *а*). Пусть цилиндры располагаются на параллельных линиях решетки, отстоящих друг от друга на расстоянии a и с продольным шагом b. На такую решетку произвольно бросаем сверху цилиндр диаметром d и длиной l, т. е. с теми же параметрами, что и цилиндры, лежащие на линиях решетки. Все положения центра падающего цилиндра и все его направления одинаково вероятны, согласно предыдущим допущениям. Определим среднее число линий решетки, пересекаемых проекций цилиндра. Положение и ориентацию проекции цилиндра определяют двумя случайными величинами: x и α (где x — расстояние от центра проекции цилиндра до ближайшей к нему линии; α — угол разориентирования цилиндров). Эти случайные величины распределены равномерно: x — от 0 до $\frac{a}{2}$; α — от α_1 до α_2.

Из вышесказанного следует, что p — функцию со случайными аргументами — можно определить из выражения

$$p = \iint\limits_{(Д)} \frac{1}{a\alpha}\,dx\,d\alpha = \frac{1}{a\alpha}\,S_Д\,, \tag{7}$$

где $\frac{1}{a\alpha}$ — плотность распределения случайных аргументов α и a;

$S_Д$ — площадь области интегрирования D.

После замены угла α на $\varphi = \frac{\pi}{2} - \alpha$ найдем площадь области интегрирования

$$S_Д = 2\int\limits_0^{\pi/2} \frac{1}{2}\left(l\cos\varphi + d\sin\varphi\right)d\varphi - 2\int\limits_0^{\pi/2-\alpha} \frac{1}{2}\left(l\cos\varphi + d\sin\varphi\right)d\varphi\,;$$

$$S_Д = l - l\cos\alpha + d\sin\alpha\,. \tag{8}$$

Входящая в знаменатель уравнения (7) величина a распределена равномерно в диапазоне $d \leqslant a \leqslant (l-d)\sin\alpha + d$. Поэтому плотность распределения случайной величины a

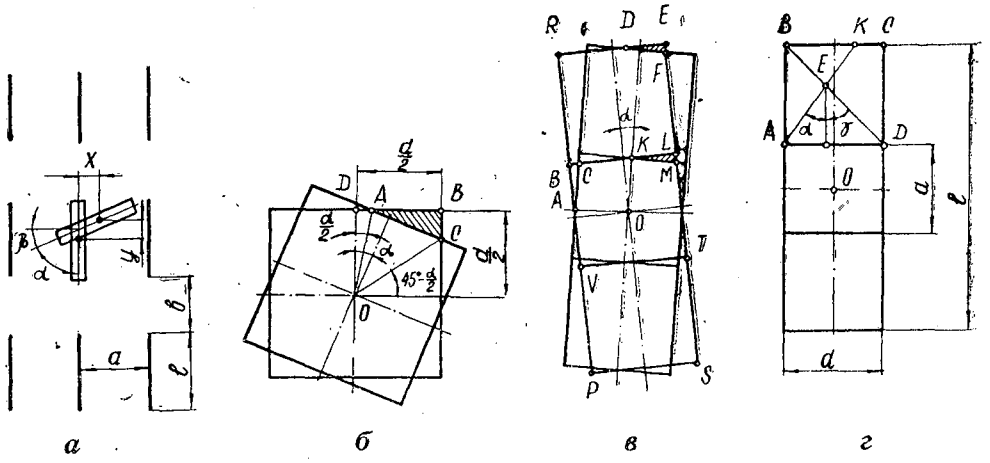


Рис. 1.

а — плоская решетчатая структура навалочного штабеля короткомерных лесоматериалов; *б* — площадь перекрытия взаимно развернутых квадратов; *в* — площадь перекрытия взаимно развернутых прямоугольников; *г* — схема определения пропорциональности перекрытия остаточных площадей взаимно развернутых прямоугольников.

$$m(a) = \frac{(l-d)\sin\alpha + 2d}{2}. \tag{9}$$

Подставляя $S_Д$ и $m(a)$ в уравнение (7) и преобразуя, получим

$$p = \frac{2\,[l\,(1-\cos\alpha) + d\sin\alpha]}{a\,[l\sin\alpha + d\,(2-\sin\alpha)]}. \tag{10}$$

Уравнение (10) справедливо при непрерывных параллельных линиях решетки. Но цилиндры располагаются на параллельных линиях с произвольно именяющейся величиной b — продольным разориентированием. Согласно допущениям, b также равномерно распределена в диапазоне от 0 до l. Поэтому средний продольный шаг решетки равен $1{,}5l$, что соответствует длине L четырехгранной призмы. Наличие продольного разориентирования в решетке равнозначно увеличению параметра в числителе уравнения (10). Для неориентированного штабеля выражение (10) принимает вид

$$p = \frac{2\,[1{,}5l\,(1-\cos\alpha) + d\sin\alpha]}{a\,[l\sin\alpha + d\,(2-\sin\alpha)]}. \tag{11}$$

Коэффициент продольного разориентирования укладки $\eta = 1 - \frac{b}{l}$ характеризует распределение величины b. Принимая во внимание, что длина пространственной призмы L зависит от η, а коэффициент η, в свою очередь, — от угла α, получим

$$L = l\,(1{,}5 - 0{,}5\eta\cos\alpha). \tag{12}$$

Число контактов цилиндров по одной из граней призмы с учетом коэффициента η выражается уравнением

$$p = \frac{2\,[(1{,}5 - 0{,}5\eta\cos\alpha)(1-\cos\alpha) + \varepsilon\sin\alpha]}{a\,(\sin\alpha + 2\varepsilon - \varepsilon\sin\alpha)}. \tag{13}$$

Ввиду того, что не представляется возможным непосредственно определить математическое ожидание $m(l)$ длины цилиндра, приходящейся на прямоугольную область площадью dl, попытаемся математическое ожидание вычислить через частное от деления площади перекрытия двух прямоугольников (проекций цилиндров на грань призмы), развернутых друг относительно друга на угол α вокруг общей центральной точки, на ширину прямоугольников d.

В дальнейших рассуждениях условимся пользоваться осевым сечением бревна (цилиндра), являющимся прямоугольником. Очевидно, прямоугольники могут иметь такое же многообразие соотношений $\varepsilon = \frac{d}{l}$, как и брёвна (цилиндры).

Сначала определим математическое ожидание длины перекрытия двух прямоугольников, у которых $l=d$, т. е. квадратов.

Из рис. 1, *б* видно, что площадь перекрытия двух взаимно развернутых квадратов в каждом положении равна площади квадрата без четырех площадей $\triangle ABC$.

$$S_{\Delta ABC}=\frac{1}{2}AB\cdot BC.$$

Катеты прямоугольного треугольника можно выразить через параметр квадрата d, тогда

$$S_{\Delta ABC}=\frac{d^2}{8}\left(1-\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\left[1-\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2}\right)\right]. \tag{14}$$

Находим окончательно площадь перекрытия двух квадратов со стороной l, взаимно развернутых на угол α.

$$S_{\text{п}}=S_{\square}-4S_{\triangle}=d^2\left\{1-\frac{1}{2}\left(1-\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\left[1-\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2}\right)\right]\right\}. \tag{15}$$

Среднюю длину перекрытия квадратов можно определить, разделив площадь перекрытия квадратов на d

$$l=d\left\{1-\frac{1}{2}\left(1-\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\left[1-\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2}\right)\right]\right\}. \tag{16}$$

Перекрываемую площадь представим в виде суммы двух функций, одна из которых описывает перекрытие квадратов со стороной d, вторая — перекрытие остаточных площадей $S_0=ld-d^2$ прямоугольников при различных углах взаимного поворота (рис. 1, *в*). Считаем, что остаточные площади перекрываются пропорционально отрезку диагонали DB, отсекаемому линией AK, исходящей из точки A под углом α к AD (рис. 1, *г*).

Указанная пропорциональность

$$f=\frac{AF}{d}=\frac{\operatorname{tg}\alpha(l-d)}{\operatorname{tg}\alpha(l-d)+2d}. \tag{17}$$

Всю перекрытую площадь прямоугольников определим в виде суммы перекрытых площадей квадратов $VBLT$ (15) и остаточных площадей $BREL$ и $PVTS$ (рис. 1, *в*) с учетом пропорциональности (17).

Общую площадь перекрытия прямоугольников можно выразить следующей зависимостью:

$$S_0=d^2\left\{1-\frac{1}{2}\left(1-\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\left[1-\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2}\right)\right]\right\}+dl-$$
$$-d^2-(dl-d^2)\frac{\operatorname{tg}\alpha(l-d)}{\operatorname{tg}\alpha(l-d)+2d}. \tag{18}$$

Длину взаимно перекрываемых прямоугольников получим, если перекрытую площадь разделим на d

$$l_{\text{п}}=d\left\{1-\frac{1}{2}\left(1-\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right)\left[1-\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2}\right)\right]\right\}+l-d-$$
$$-(l-d)\frac{\operatorname{tg}\alpha(l-d)}{\operatorname{tg}\alpha(l-d)+2d}. \tag{19}$$

Теперь выразим математическое ожидание длины прямоугольников, перекрывающих друг друга. Математическое ожидание функции $m(l)$ от непрерывного равномерно распределенного случайного аргумента α находим из выражения

$$m(l)=\int_{\alpha_1}^{\alpha_2}\frac{1}{\alpha}f(\alpha)\,d\alpha=l-d+\frac{d}{\alpha}\ln\frac{\cos\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2}\right)\left(\cos\frac{\alpha}{2}+\sin\frac{\alpha}{2}\right)}{0{,}707\cos^2\frac{\alpha}{2}}-$$
$$-\frac{(l-d)^2\left\{\left(l-d\right)\alpha-2d\ln\left[\cos\alpha+\frac{l-d}{2d}\sin\alpha\right]\right\}}{\alpha\left[4d^2+(l-d)^2\right]}. \tag{20}$$

Подставляя значения p из выражения (11) и $m(l)$ из равенства (20) в уравнение (6) и сокращая на l, получим аналитическую зависимость коэффициента плотности K_1 навáлочного штабеля короткомерных лесоматериалов от параметра бревен ε и максимального угла разориентирования α

$$K_1 = \frac{1}{1{,}5 - 0{,}5\eta\cos\alpha}\left[0{,}2 + \frac{1{,}2\left[(1{,}5 - 0{,}5\eta\cos\alpha)(1 - \cos\alpha) + \varepsilon\sin\alpha\right]}{\alpha(\sin\alpha + 2\varepsilon - \varepsilon\sin\alpha)} \times \right.$$

$$\times \left\{1 - \varepsilon + \frac{\varepsilon}{\alpha}\ln\frac{\cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2}\right)\left(\cos\frac{\alpha}{2} + \sin\frac{\alpha}{2}\right)}{0{,}707\cos^2\frac{\alpha}{2}} - \right.$$

$$\left.\left. - \frac{(1-\varepsilon)^2\left\{\left(1-\varepsilon\right)\alpha - 2\varepsilon\ln\left(\cos\alpha + \left(\frac{1}{2\varepsilon} - 0{,}5\right)\sin\alpha\right)\right\}}{\alpha\left[4\varepsilon^2 + (1-\varepsilon)^2\right]}\right\}\right]. \qquad (21)$$

Расчетные значения K_1 для различных значений ε и α приведены в виде номограммы (рис. 2). Чтобы определить плотность штабеля короткомерных круглых лесоматериалов по номограмме, необходимо знать ε и α.

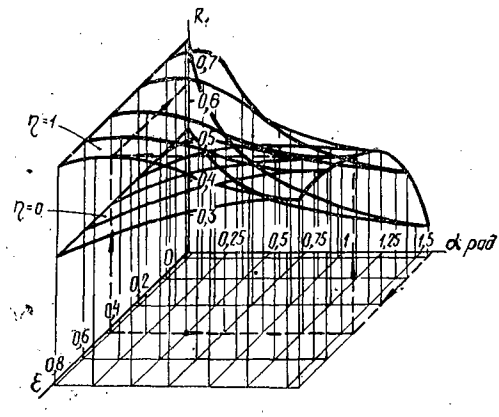


Рис. 2. Номограмма для определения коэффициента плотности штабеля короткомерных лесоматериалов.

Пример. Требуется вычислить плотность навáлочного (неориентированного) штабеля короткомерных круглых бревен с $\varepsilon = 0{,}6$. На горизонтальной плоскости находим точку пересечения координатных линий, проведенных из координат $\varepsilon = 0{,}6$ и $\alpha = 1{,}57$ рад. Из данной точки проводим вертикальную линию до пересечения с кривой, характеризующей плотность штабеля с $\varepsilon = 0{,}6$. Высота этой линии в масштабе оси K_1 и есть значение плотности для данного штабеля. В нашем случае $K_1 = 0{,}6$.

Для определения коэффициента полнодревесности необходимо коэффициент плотности K_1 умножить на коэффициент C, учитывающий содержание плотной древесины без коры в бревнах рассматриваемого штабеля

$$K = K_1 C. \qquad (22)$$

Из номограммы видно, что плотность хорошо ориентированного штабеля короткомерных бревен (т. е. при $\eta = 1$ и $\alpha \longrightarrow 0$) не зависит от параметра ε и равна 0,75. Умножая $K_1 = 0{,}75$ на $C = 0{,}9$, получим коэффициент полнодревесности $K = 0{,}68$ для такого штабеля. Этот коэффициент хорошо согласуется с коэффициентами полнодревесности для штабелей короткомерных круглых лесоматериалов ручной укладки, приведенными в ГОСТе 2292—74.

Для достижения наибольшей плотности при формировании штабеля короткомерных лесоматериалов следует стремиться к минимальному разбросу торцов и к сужению диапазона рассеивания угла разориентирования бревен в штабеле, т. е. бревна должны иметь максимальное ориентирование в штабеле.

Поступила 5 января 1979 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

УДК 674.815-41 : 658.562.64

О ВОЗМОЖНОСТИ ОДНОПАРАМЕТРОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Н. Н. БЕССОНОВА, Б. П. ЕРЫХОВ, А. Н. НАУМОВ, В. И. СКРИПОВА

Ленинградская лесотехническая академия

На основе сравнительного сопоставления четырех разрушающих и неразрушающих показателей древесностружечных плит Сыктывкарского ЛПК для 400 образцов установлено, что динамический модуль, определяемый методом крутильных колебаний, может быть достоверным и единственным параметром качества выпускаемой продукции.

Качество древесностружечных плит (ДСП) оценивают по прочностным разрушающим показателям по ГОСТам 10633—73, 10635—73, 10636—73 и 10632—77. Кроме прочностных показателей (пределов прочности при изгибе и растяжении перпендикулярно пласти плиты и пределов сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов) определяют и другие физические свойства (влажность, плотность, разбухание, водопоглощение и т. д.) по ГОСТу 10634—73. Естественно, что для исчерпывающей характеристики качества плит этот перечень параметров можно существенно увеличить. Однако для оперативного и валового контроля выпускаемой продукции при стабилизированной технологии такой подход вряд ли можно считать разумным.

В работах [1—5] делается упор на использование неразрушающих экспресс-методов при оценке качества самой разнообразной продукции. Об этом свидетельствуют также и материалы III Всесоюзной конференции по механике полимеров, состоявшейся в Риге 10—12 ноября 1976 г. [6].

Данная статья не претендует на критику общепринятых стандартных методов испытаний древесностружечных плит, в ней не поставлена задача особо выделить какой-то один из динамических методов оценки качества. Цель работы сводится к тому, чтобы на примере древесностружечных плит, выпускаемых Сыктывкарским ЛПК, показать, к каким важным выводам можно прийти, корректно анализируя корреляционные зависимости между разрушающими и неразрушающими параметрами, и что контроль продукции по одному неразрушающему параметру можно осуществить в условиях производства.

Представленные нами материалы интересны тем, что испытательная лаборатория завода древесностружечных плит СЛПК оснащена установкой неразрушающего контроля до пуско-наладочного периода и можно проследить, как постепенно, по мере отладки оборудования улучшалось качество выпускаемой продукции, контролируемой разрушающими и неразрушающими методами.

В течение двух кварталов 1977—1978 гг. было произведено шесть отборов (более 400 образцов размером 1,9×5,0×25 см). Установка для неразрушающих испытаний представляла собой крутильный маятник в резонансном режиме нагружения, подробно описанный в работе [4]. В качестве адеструктивных параметров измеряли динамический модуль сдвига G и добротность колеблющейся системы Q, характеризующей рассеяние упругой энергии в образце за одно полное колебание и обусловленной количеством дефектов в образце ДСП.

Таблица 1

Результаты статистической обработки данных, полученных при исследовании древесностружечных плит

Число образцов n_0	Месяц 1977—1978 гг	Уравнение регрессии, Н/м²	Коэффициент корреляции r	Среднее $\overline{X}$ арифметическое по n_0 измерениям для			Среднее квадратичное отклонение σ_x для		
				$\overline{\sigma}_и \times 10^5$ Н/м²	$\overline{G} \times 10^8$ Н/м²	$\overline{Q}$	$\overline{\sigma}_и \times 10^5$ Н/м²	$G \times 10^8$ Н/м²	Q
19	Октябрь	$G=(0{,}0139\cdot10^{-5}\sigma_и+4{,}285)\cdot10^8$ $Q=f(\sigma_и)$	0,856 —0,085	187	6,78	46,78	36,4	1,06	13,23
31	Ноябрь	$G=(0{,}0184\cdot10^{-5}\sigma_и+3{,}585)\cdot10^8$ $Q=f(\sigma_и)$	0,838 —0,13	180	6,92	35,70	43,7	0,96	5,47
23	Декабрь	$G=(0{,}0133\cdot10^{-5}\sigma_и+4{,}89)\cdot10^8$ $Q=f(\sigma_и)$	0,501 —0,16	186,6	7,37	27,3	34,2	0,88	3,55
36	Январь	$G=(0{,}021\cdot10^{-5}\sigma_и+3{,}87)\cdot10^8$ $Q=f(\sigma_и)$	0,853 —0,100	190,3	7,90	28,1	37,86	0,95	6,40
72	Февраль	$G=(-0{,}029\cdot10^{-5}\sigma_и+4{,}17)\cdot10^8$ $Q=f(\sigma_и)$	0,749 —0,150	197	7,91	28,8	42,7	1,02	12,7
100	Март	$G=(0{,}0112\cdot10^{-5}\sigma_и+4{,}97)\cdot10^8$	0,490	233,9	7,56	27,11	43,87	1,20	6,38
102	Апрель	$G=(0{,}620\cdot10^{-5}\sigma_р+5{,}00)\cdot10^8$	0,601	4,12	7,45	37,82	30,3	0,76	—

Те же самые образцы были подвергнуты стандартным испытаниям на предел прочности при изгибе $\sigma_и$ и растяжении $\sigma_р$ перпендикулярно пласти плиты. Затем сопряженные значения разрушающих и неразрушающих показателей по месяцам были статистически обработаны при помощи ЭВМ с расчетом уравнений регрессии, коэффициентов корреляции, дисперсий и средних квадратичных отклонений (табл. 1).

Типичные корреляционные зависимости для одного из отборов представлены на рис. 1 и 2.

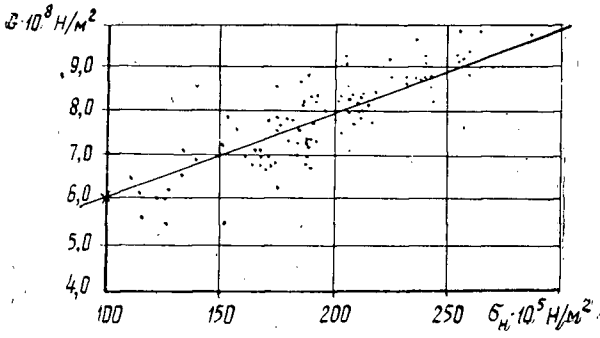


Рис 1. Корреляционная зависимость между динамическим модулем сдвига G и пределом прочности при изгибе для древесностружечных плит.

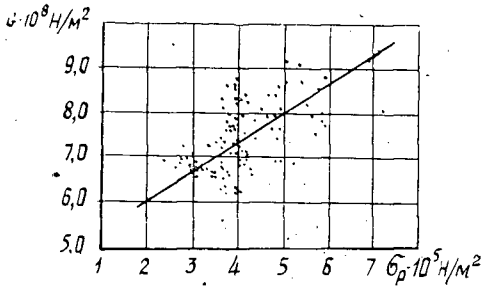


Рис. 2. Корреляционная зависимость между динамическим модулем сдвига G и пределом прочности при растяжении σ_p перпендикулярно пласти плиты.

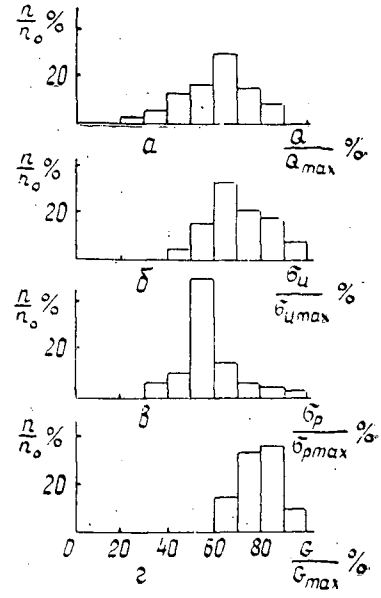


Рис. 3.

а — добротность крутильных колебаний; *б* — предел прочности при изгибе; *в* — предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты; *г* — динамический модуль сдвига.

На рис. 3 представлены сводные гистограммы разрушающих и неразрушающих параметров, построенные для одного из отборов, насчитывающего 100 образцов.

Анализ результатов позволяет прийти к следующим выводам.

1. Наиболее тесная корреляция зафиксирована между динамическим модулем сдвига и пределом прочности на изгиб, за исключением отбора в декабре и марте (из-за резкого ухудшения технологии изготовления плит по техническим причинам).

2. Корреляция между динамическим модулем сдвига и пределом прочности при растяжении намного хуже (нижняя строка табл. 1). Вследствие значительной трудоемкости и большой погрешности измерений предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты и малого коэффициента корреляции ($r \leqslant 0{,}6$) этот вид стандартных испытаний не следует рекомендовать для контроля качества плит.

3. Корреляция между добротностью и пределом прочности на изгиб практически отсутствует. Добротность колеблющейся системы может конкурировать с модулем сдвига при резком изменении технологии [4]. При стабильной технологии более надежная характеристика качества — модуль сдвига.

4. Гистограмма по динамическому модулю сдвига (рис. 3, *г*) менее размазана по оси абсцисс (40% против 60—80% для остальных характеристик); это означает, что модуль сдвига определяется с меньшей погрешностью.

5. Гистограмма по модулю сдвига сдвинута в сторону максимальных значений, составляющих 0,8—0,9 от максимальной величины. Следовательно, базируясь на разрушающие параметры, находящиеся в пределах 0,5—0,6 от максимальных значений, мы существенно увеличиваем вероятность браковки хорошей продукции или, иными словами, неоправданно завышаем запас прочности древесностружечных плит.

Таким образом, замена всех разрушающих испытаний одним неразрушающим показателем — динамическим модулем сдвига — резко сокращает трудозатраты на систематический контроль древесностружечных плит и дает достаточно полную картину соблюдения требуемой технологии и качества выпускаемой продукции. Это испытание является действительно экспрессным, так как время одного испытания в звуковом диапазоне частот составляет не более 0,5 мин.

Дальнейшая задача состоит в том, чтобы собрать достаточно представительный статистический материал для обоснования и создания государственного стандарта на метод неразрушающего контроля по динамическому модулю сдвига и ввести этот показатель в стандарт на выпускаемую продукцию.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ашкенази Е. К., Сборовский А. К. К вопросу о возможности однопараметрового метода неразрушающего контроля прочности анизотропных стеклопластиков при одноосном сжатии. — «Механика полимеров», 1974, № 5, с. 909—919. [2]. Ашкенази Е. К., Капустин М. Г. Неразрушающий контроль качества древесины и фанеры. Л., ЛДНТП, 1978, с. 30. [3]. Ерыхов Б. П., Котов В. Н., Сырников Ю. П. К корреляции между упругими и прочностными характеристиками древеснослоистого пластика — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 1, с. 108—111. [4]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов. М., 1977, с. 246. [5]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сташкявичус А. Ю. О возможности однопараметрового неразрушающего контроля качества целлюлозно-бумажных материалов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 2, с. 117—121. [6]. Максимов С. Д., Уржумцев Ю. С. Прогнозирование длительного сопротивления полимерных материалов. — «Механика полимеров», 1977, № 4, с. 631—645.

Поступила 23 ноября 1978 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

УДК 674.053

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ КРУГЛЫХ ПИЛ СО ВСТАВНЫМИ ЗУБЬЯМИ

Н. В. СОКОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Изложена методика расчета на прочность сопрягаемых элементов конструкций круглых пил со вставными зубьями в стадии их проектирования.

На работоспособность круглых пил влияет ряд факторов: резонансные колебания, неравномерный нагрев и явление усталостного характера дисков пил, а также ударные динамические нагрузки на режущую кромку зуба от различных включений в древесине и ее заменителях.

Увеличить срок службы пил можно созданием работоспособных и технологичных пил со вставными зубьями [2, 3]. Эти пилы относятся к категории тонких.

Напряженное состояние пил экспериментально оценивали по прогибу средней части диска пилы на приборе ПСП конструкции ЦНИИМОДа. Пилы имели постоянные диаметры диска и количество вставных зубьев, но разные толщины.

Результаты показали, что с увеличением усилий запрессовок в интервале $P_з = 100—1300$ Н для пил толщиной b, равной 2,8 и 2,5 мм, прогиб не изменился (рис. 1), для пил толщиной 2,2; 1,8 и 1,4 мм прогиб уменьшился.

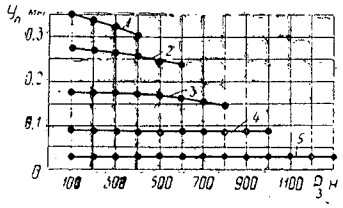


Рис. 1. Влияние усилий запрессовок вставных зубьев $P_з$ на прогиб диска пилы $y_п$.

1 — $в$=1,4 мм; *2* — 1,8; *3* — 2,2; *4* — 2,5; *5* — 2,8 мм.

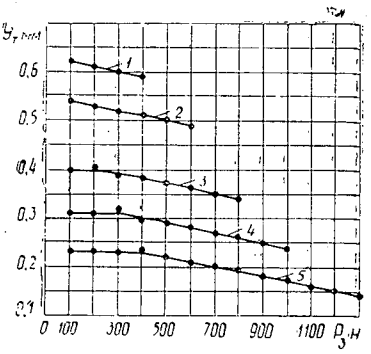


Рис. 2. Зависимость торцового биения дисков пил $y_т$ от усилий запрессовок вставных зубьев $P_з$.

1 — $в$=1,4 мм; *2* — 1,8; *3* — 2,2; *4* — 2,5; *5* — 2,8 мм.

При исследовании влияния усилий запрессовок на торцовое биение дисков пил в приборе ПН установлено, что с увеличением усилий запрессовок абсолютное значение торцового биения уменьшается (рис. 2).

Круглые пилы со вставными зубьями как сборные системы состоят из следующих сопряженных элементов: средняя часть и межзубные

перемычки в периферийной зоне диска пилы; державки вставных зубьев и упругие или заклепочные фиксаторы к ним. В стадии проектирования можно варьировать количество вставных зубьев, диаметры и толщины дисков пил, руководствуясь ГОСТом 9769—69 или эксплуатационной потребностью. Исходя из этого, возникает необходимость рассчитать влияние центробежных сил инерции на прочность конструкций.

Полную центробежную силу инерции $C(r)_3$, Н (типовой конструкции с трапецеидальной формой державки вставного зуба [3]), растягивающую сечение основания вставного зуба (рис. 3) по длине L от выступающей его части, можно получить по формуле

$$C(r)_3 = \rho\omega^2 \int_r^R r_1 F(r_1)\, dr_1, \tag{1}$$

где ρ — плотность материала державки вставного зуба, Н/мм³;
ω — угловая скорость, рад/с;
$F(r_1)$ — площадь сечения державки вставного зуба на расстоянии r_1 от оси диска пилы, мм².

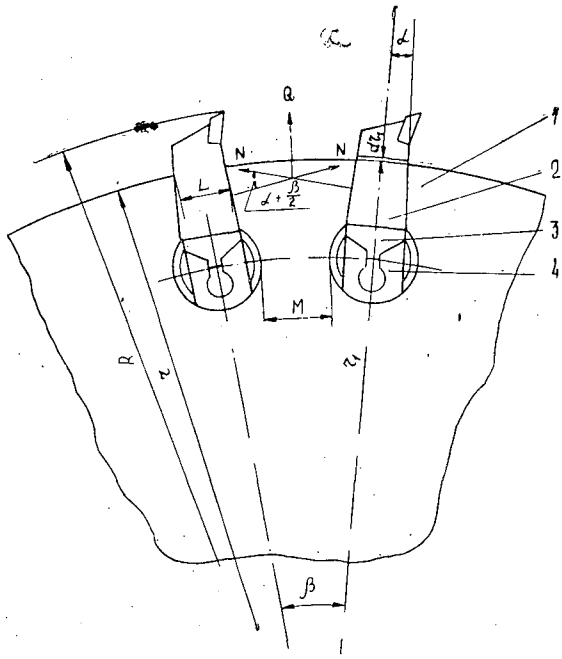


Рис. 3. Схема распределения усилий, действующих на периферийную часть диска пилы от центробежной силы инерции.

1 — диск пилы; *2* — державка вставного зуба; *3* — сектор фиксатора; *4* — упругий элемент фиксатора.

Растягивающие напряжения в опасном сечении [1]

$$\sigma(r)_3 = \frac{C(r)_3}{F(r)} = \rho\omega^2 \frac{\int_r^R r_1 F(r_1)\, dr_1}{F(r)}. \tag{2}$$

Принимая допущение, что в периферийной части диска пилы в контактируемых поверхностях сопрягаемых элементов трение не учитывается, центробежную силу инерции N, Н, действующую нормально к контактируемой поверхности перемычки диска пилы, можно рассчитать по формуле

$$N = \frac{C(r)_3}{2\sin\alpha}. \tag{3}$$

Силу Q, Н, отрывающую межзубную перемычку диска пилы в опасном сечении с учетом действия усилий запрессовок вставных зубьев от фиксирующих элементов, определяем из условия равновесия

$$Q = 2N \sin\left(\alpha + \frac{\beta}{2}\right) + C_п + P_з, \tag{4}$$

здесь α — угол между боковой стороной трапецеидальной державки вставного зуба и его осью, град;

β — угол между осями вставных зубьев, град;

$C_п$ — центробежная сила в перемычке диска пилы, Н;

$P_з$ — нормированное усилие запрессовки вставных зубьев, Н.

После преобразований формул (3) и (4) находим

$$Q = C(r)_з \frac{\sin\left(\alpha + \frac{\beta}{2}\right)}{\sin\alpha} + C_п + P_з. \tag{5}$$

Особое место при расчетах на прочность занимают вставные зубья, фиксируемые заклепками в дисках пил. Известно, что в случае комбинированных креплений деталей различных конструкций долю несущей нагрузки, действующей в сопряжении, определить трудно.

В связи с этим в круглых пилах со вставными зубьями, которые имеют заклепочные соединения, расчеты на прочность целесообразно производить дифференцированно [2] с последующей проверкой по допускаемым нормальным и касательным напряжением несущих элементов.

Растягивающие нормальные напряжения σ, Н/мм^2, в опасном сечении вставного зуба можно рассчитать по формуле

$$\sigma = \frac{C_д - P_з}{f}, \tag{6}$$

где $C_д$ — центробежная сила, действующая на защемленную часть державки вставного зуба, Н;

$P_з$ — усилия запрессовки от натяга в сопряжении, Н;

f — площадь сечения, мм^2.

Коэффициент запаса прочности K можно определить как произведение частных коэффициентов $K = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$, отражающих:

а) достоверность определения расчетных нагрузок и напряжений, действующих в пильных дисках,

$$n_1 = 1{,}0 - 1{,}5;$$

б) однородность механических свойств сопрягаемых элементов

$$n_2 = 1{,}2 - 2{,}0;$$

в) специфические требования в работе

$$n_3 = 1{,}0 - 1{,}5.$$

Оценить прочность дисков круглых пил со вставными зубьями можно по разрушающей угловой скорости вращения, исходя из предположения, что в момент разрушения во всех точках диска пилы $\sigma_t = \sigma_r$, т. е. возникающее тангенциальное напряжение равно прочности материала на данном радиусе. Независимо от геометрических параметров в конструкции круглых пил со вставными зубьями коэффициент запаса прочности $K_д$ по разрушающим угловым скоростям вращения следует рассчитывать из условия

$$K_д = \frac{\omega_{раз}}{\omega_{max}},$$

где $\omega_{раз}$ — угловая скорость вращения, при которой произойдет разрушение диска пилы, рад/с;

ω_{max} — максимальная (расчетная) угловая скорость вращения диска пилы, рад/с.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Исходя из условий начального напряженного состояния дисков пил с запрессованными вставными зубьями и их плоскостности опти-

мальные усилия запрессовок для данных параметров пил лежат в пределах 100—500 Н.

2. При увеличении усилий запрессовок вставных зубьев, независимо от геометрических параметров конструкций круглой пилы со вставными зубьями, повышается жесткость периферийной части диска пилы, что позволяет исключить технологические операции проковки или вальцовки диска пилы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Биргер И. А., Шорр Б. Ф., Шнейдерович Р. М. Расчет на прочность деталей машин. М., «Машиностроение», 1966. 612 с. [2]. Соколов Н. В. Дисковые пилы, армированные твердым сплавом с механическим креплением зубьев. — В сб.: Совершенствование конструкций дереворежущих инструментов, методов их подготовки и эксплуатации. Л., ЛДНТП, 1973, с. 41—46. [3]. Соколов Н. В. Новые конструкции круглых дереворежущих пил со вставными зубьями. — «Механическая обработка древесины», М., 1978, № 7, с. 6—8.

Поступила 15 ноября 1978 г.

УДК 674.047.3

ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ РАСПЛАВОМ МОЧЕВИНЫ

В. А. ШАМАЕВ, А. В. ГРЕБЕНЩИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Проведены исследования высокотемпературной сушки древесины в расплаве мочевины. Показано, что в течение 2 ч при температуре расплава 408—415 К сырую древесину с начальной влажностью 60% можно высушить до 10—15%. При этом древесина сохраняет 90—93% природной прочности.

Подшипники скольжения из модифицированной древесины — дестама — [1, 3] получают по технологии, включающей в себя последовательные операции пропитки древесины в растворе мочевины, сушки пропитанной древесины, прессования и последующей термической обработки [2]. Длительность технологического цикла составляет 38—69 ч. Сокращение или исключение некоторых операций дало бы значительный выигрыш во времени и привело бы к значительному снижению себестоимости продукции.

Анализ литературных данных [4] позволил предположить, что стадии пропитки заготовок втулок в растворе мочевины, сушки их и прогрева перед прессованием можно совместить в одну путем замены раствора мочевины расплавом. Это и явилось целью настоящих исследований.

Для эксперимента брали бруски березы размером 50×60×180 мм (последний размер вдоль волокон) и мочевину марки ч. д. а. по ГОСТу 2084—63. Плотность древесины березы равна 580±40 кг/м^3, начальная влажность 12—15%. Бруски высушивали до постоянного веса, затем пропитывали дистиллированной водой до влажности 20±5%; 60±10%; 90±15%. Влажность и плотность брусков определяли по ГОСТам 164837—71 и 16483—73. После этого бруски помещали в сосуд с расплавом мочевины. Температура расплава составляла 408—415 К. Бруски влажностью 20±5% выдерживали в расплаве мочевины в течение 1—2—4—6 ч; влажностью 60±10% и 90±15% — в течение 2—4—6—8 ч. После этого бруски взвешивали, разрезали по длине на 7 равных частей и сушили до постоянного веса. Затем из каждой части нарезали образцы и находили предел прочности при сжатии вдоль волокон, плотность и влажность — по ГОСТу 9629—75. Для определения степени проникновения мочевины расплав окрашивали красителем «метиленовый синий». Пропитку проводили двумя методами: методом горяче-холодных ванн и под давлением.

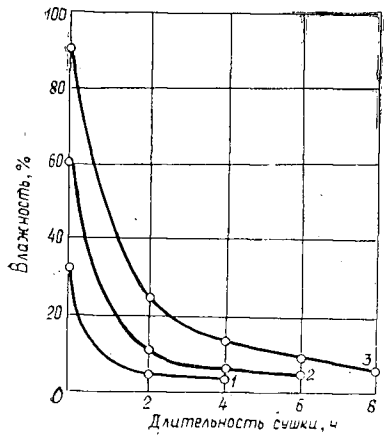


Рис. 1.

1 — 30%; *2* — 60%; *3* — 90%.

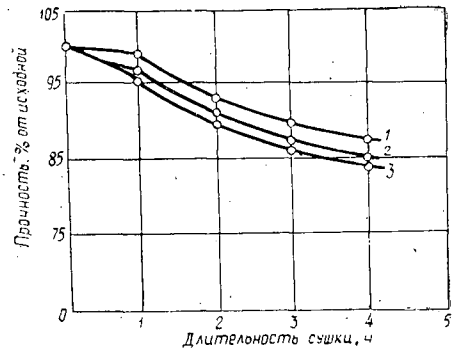


Рис. 2.

1 — начальная влажность 20%; *2* — 60%; *3* — 90%.

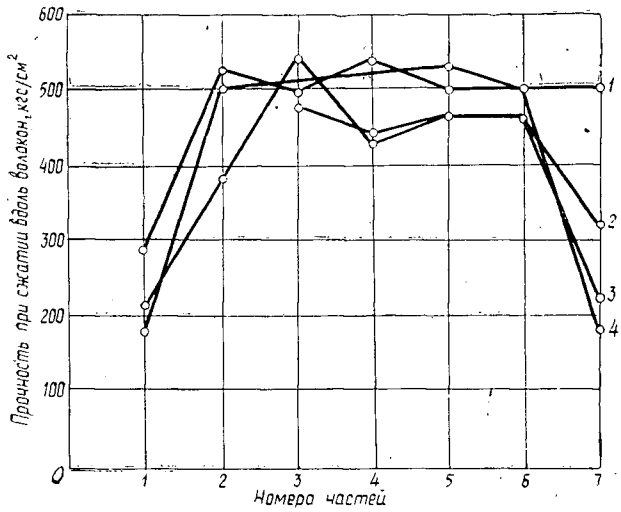


Рис. 3.

1 — начальная влажность 20%; *2* — 60%; *3, 4* — 90%.

Как показал эксперимент, сушка в расплаве мочевины протекает весьма интенсивно. Зависимость градиента влажности древесины от длительности сушки показана на рис. 1, из которого видно, что наиболее интенсивно процесс сушки происходит за первые 2 ч. Древесина с начальной влажностью 90% не высыхает за 2 ч до требуемой технологической влажности 15%. Установлено, что при сушке более 2 ч получается много трещин, поэтому длительность ее не должна превышать 2 ч.

Анализ показал, что сушка древесины с начальной влажностью 20% ведет практически к равномерному распределению влажности внутри образца — 1,8—3,5%. При начальной влажности 60% влажность после сушки по торцам образцов составляет 3,5—4,5%, а в средине —

5,3—8%. Образцы с начальной влажностью 90% после сушки имеют влажность 5,4—5,7% по торцам и 9,5—9,7 в средине образцов. Контролем качества сушки можно считать сохранение физико-механических свойств древесины в результате высокотемпературной гидротермической обработки.

Изменение прочности при сжатии вдоль волокон в зависимости от длительности сушки древесины представлено на рис. 2, из которого видна прямо пропорциональная зависимость между этими величинами. При сушке в расплаве мочевины не более 2 ч древесина сохраняет 90—93% природной прочности.

Прочность древесины после сушки зависит от количества мочевины, вошедшей в древесину, и ее конечной влажности. После 2 ч сушки привес расплава мочевины составляет 17% для древесины с начальной влажностью 20%, 23% — при влажности 60% и 30% — при влажности 90%. В результате высокотемпературной сушки расплав проникает (только по торцам образцов) на глубину до 20 мм, что было замечено по окрашенной части древесины и изменению прочности по сечению образцов (рис. 3).

Таким образом, гидротермическая обработка древесины березы в расплаве мочевины при температуре 408—415 К позволяет в течение 2 ч высушить сырую древесину с начальной влажностью 60% и сократить длительность технологического цикла получения подшипников скольжения из дестама в 9—12 раз.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ельков Л. В., Шамаев В. А. Рациональное использование мелкотоварной древесины для производства втулок и паркета. — В сб.: Рациональное и комплексное использование древесины в деревообрабатывающей промышленности. Минск, 1974, с. 234—236. [2]. Солечник Н. Я., Шишкина А. А., Царев Г. И. Влияние различных технологических режимов на свойства ДВП из березы и сосны при сухом формовании. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1966, № 6, с. 19—20. [3]. Шамаев В. А. Модифицированная древесина мочевиной для изготовления подшипников скольжения. — «Лесоэксплуатация и лесосплав», 1977, № 3, с. 15. [4]. Шамшурин А. А., Фельдман Я. С. Антипирен для целлюлозных материалов. Авт. свид. № 326062. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1972, № 4.

Поступила 4 июля 1979 г.

УДК 630*.831.6

РАСПИЛОВКА КРЯЖЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНО ВЕРХНЕЙ ПЛАСТИ ВЫПИЛИВАЕМЫХ ШПАЛ

И. И. СИДОРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Выявлен наиболее прогрессивный способ выпиливания шпал параллельно верхней пласти, дающий улучшенные показатели по сортности и прочности.

Шпалы деревянные для дорог широкой колеи изготовляют трех типов и по качеству разделяют на два сорта. По форме поперечного сечения шпалы подразделяют на обрезные А, пропиленные с четырех сторон, и необрезные Б с пропиленными только пластями.

Объемы необрезных шпал полнодревеснее обрезных в среднем на 12%. Цена шпал не зависит от их поперечного сечения, а определяется типом и сортом. Следовательно, поставка необрезных шпал ведет к

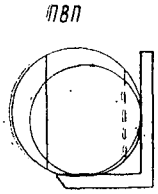


Рис. 1.

тому, что излишнюю древесину приходится отправлять бесплатно. Использование грузоподъемности вагонов при погрузке необрезных шпал уменьшается примерно на 26—28%, так как они имеют большую ширину по сравнению с обрезными. Напрашивается вывод о выпиливании только обрезных шпал.

Шпалы из кряжей можно выпиливать различными способами: 1) параллельно оси симметрии кряжа (ПОС); 2) параллельно нижней пласти выпиливаемой шпалы (ПНП); 3) параллельно верхней пласти выпиливаемой шпалы (ПВП; рис. 1). Распиловка кряжей по ПВП предложена нами и впервые опробована в Верховском лесопункте Савинского леспромхоза (Архангельская область). Рассмотрим, как указанные способы удовлетворяют основным требованиям распиловки шпальных кряжей.

1. Минимальный объем выпиливаемых шпал получается по способу ПВП и по сравнению с ПНП он меньше на 3,35% (табл. 1).

Таблица 1

Способ распиловки	Единицы измерения	Объем выпиливаемых шпал при типе и сечении						Средний минимальный объем, м³
		I		II		III		
		А	Б	А	Б	А	Б	
ПОС	м³	0,123	0,137	0,101	0,1133	0,092	0,103	0,112
Превышение объема $V_б$	%		12,00		13,2		11,95	
ПНП	м³	0,1235	0,138	0,102	0,115	0,942	0,1034	0,113
Превышение объема $V_б$	%		12,2		13,85		12,4	
ПВП	м³	0,121	0,135	0,100	0,111	0,916	0,100	0,110
Превышение объема $V_б$	%		9,80		9,90		8,70	

Примечание. Превышение объема необрезных шпал для всех способов распиловки вычислено по отношению к объему обрезных, выпиленных способом ПОС.

2. Получение более высококачественных типов шпал обеспечивается способом ПВП, так как распиловка ведется с максимальным использованием для верхней пласти шпал сбеговой бессучковой зоны кряжа.

3. Для выявления максимального выхода шпал и попутных пиломатериалов необходимо использовать методику расчета поставов в шпалопилении.

Размеры выпиливаемых шпал и толщину потребных шпальных кряжей определяют по довольно сложным формулам. Для упрощения расчета необрезную шпалу условно приравниваем к симметричному двухкантному брусу (рис. 2).

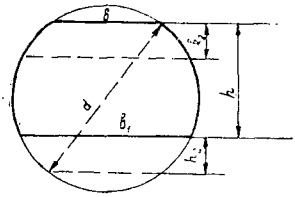


Рис. 2.

b — ширина верхней пласти шпалы, мм; b_1 — ширина нижней пласти шпалы, мм; h — толщина шпалы, мм; h_2 — условная толщина для приведения шпалы к симметричному двухкантному брусу, мм.

Диаметр шпальных кряжей D определяем по формулам

$$D = \sqrt{b^2 + (h + h_2)^2}; \quad (1)$$

$$D = \sqrt{b_1^2 + (h - h_2)^2}, \quad (2)$$

тогда

$$h_2 = \frac{b_1^2 - b^2}{4h}. \quad (3)$$

При известных размерах поперечного сечения шпал определяем h_2 (табл. 2).

Таблица 2

Тип шпал	I	II	III
h_2 см	5,0	4,3	6,0

Выход шпал по всем трем способам примерно одинаковый, только при распиловке кряжей ПНП несколько увеличивается высота пропиленных боковых сторон.

Объемный выход попутных пиломатериалов несколько увеличивается по способу ПВП за счет уменьшения фактического объема шпал на 2,3%.

Поставы по способу ПДП нами опробированы и подтверждены неоднократными пробными распиловками в Верховском лесопункте Савинского ЛПХ, где шпалы выпиливают только обрезные; снимаемые с боков шпал горбыли используют для выработки тарной дощечки.

Распиловка шпальных кряжей по способу ПВП позволяет целиком сосредоточить сбеговую древесину в одном толстом горбыле, из которого в каждом шпалоцехе можно вырабатывать тарную дощечку и тем самым увеличивать объемный выход.

4. Для получения максимального выхода шпал первого сорта нужно учитывать следующие факторы:

По ГОСТу 78—65 сучки — основной сортообразующий фактор, в особенности если они загнивающие или табачные и выходят на верхнюю пласть в месте укладки подкладок выпиливаемых шпал. Известно, что в комлевых бревнах длиной до 6,5 м имеются три качественные зоны: бессучковая, сросшихся сучков и несросшихся сучков. Бессучковая зона больше всего развита в комле бревна. Необходимо вести распиловку шпальных чураков так, чтобы не вскрывать зону несросшихся сучков на верхней пласти выпиливаемой шпалы, что возможно только при распиловке по способу ПВП. Выход шпал I сорта по способу ПВП увеличился на 60%, а разница в стоимости 1 м³ шпал I и II сортов составляет 7,2 р.

5. Для определения наибольшей прочности шпал на поперечный изгиб нами разработана специальная методика для шпал III типа, выпиленных в паре из одного шпального кряжа. В этом случае одна шпала оказывается выпиленной по способу ПВП, а другая — по ПНП. Всего распилено по 12 сосновых и еловых чураков диаметром 34—36 см.

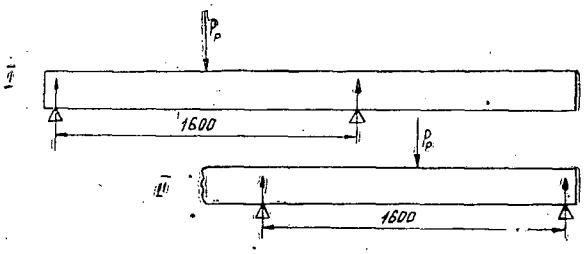


Рис. 3.

I — первое положение шпалы под прессом; *II* — второе положение шпалы под прессом.

Испытание на изгиб производили на гидравлическом прессе при двух положениях расстановки опор (рис. 3) с расстоянием между опорами для шпал 1600 мм, что со-

ответствует ширине колеи по центрам головок рельсов железнодорожного пути широкой колеи.

Опыты показали, что шпалы из сосны и ели ведут себя при изгибе по-разному. Сосновые сильно прогибаются и разрушаются с отщепом. Еловые очень мало прогибаются и разрушаются без отщепа по месту приложения нагрузки.

Результаты испытаний и их статистическая обработка приведены в табл. 3, из данных которой видно, что шпалы, выпиленные по ПВП, прочнее выпиливаемых по ПНП, для сосны в среднем на 12,22% и для ели на 11,05%.

Таблица 3

Статистические показатели	Единицы измерения	Численные значения показателей для			
		сосны		ели	
		при способе распиловки			
		ПВП	ПНП	ПВП	ПНП
P_{min}	кгс	12000	10000	11000	10000
P_{max}	„	17000	14000	15000	15000
M	„	14500	11875	13320	12050
σ	„	±1318	±1074	±1355	±1250
m	„	±269	±218	±288	±266,5
v	%	±9,1	±9,05	±10,2	±10,4
p	„	±1,85	±1,84	±2,16	±2,21
t		9,3>2,796	8,6>2,796	8,07>2,818	7,68>2,818

Примечание. Распределение t-критерия Стьюдента при 1%-ном уровне значимости получается больше табличного, т. е. не является случайным.

Таким образом, полностью подтверждается целесообразность выпиливания шпал параллельно верхней пласти.

Поступила 25 декабря 1978 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 667.621.63 : 674.815-41

ОБ ОТВЕРЖДЕНИИ КАРБАМИДНЫХ СМОЛ КИСЛОТНО-ПЕРЕКИСНЫМИ ОТВЕРДИТЕЛЯМИ

В. В. ФЕФИЛОВ, В. К. МАКАРЕНКО, Т. И. РОМАНОВА

Московский лесотехнический институт

Приведены результаты использования в качестве отвердителей карбамидных смол некоторых α-оксиалкилперекисей и их сложных эфиров в сочетании с латентными отвердителями типа хлористого аммония.

Один из путей интенсификации прессования ДСП — уменьшение времени отверждения связующего —карбамидных смол. Это достигается увеличением концентрации латентных отвердителей (типа хлористого аммония) и применением более эффективных катализаторов отверждения, например, органических и неорганических кислот. Однако повышение концентрации латентных отвердителей эффективно лишь до определенного предела [6], введение же кислот в качестве отвердителей существенно снижает жизнеспособность смолы, а при повышенных температурах прессования отрицательно влияет на свойства древесной стружки [9].

Заслуживает внимания применение комбинированных отвердителей, состоящих из веществ кислого характера (например, хлористого аммония) и перекисных соединений. Основание для использования таких отвердителей — предположение о возможности отверждения карбамидных смол, наряду с общепринятым конденсационным механизмом по метилольным группам, по полимеризационному механизму через образующиеся азометиновые связи [3, 4, 8].

Для исследования выбраны α-оксиперекиси и их производные, поскольку они обладают высокой термической стабильностью, безопасностью в обращении, малой летучестью, простотой синтеза, доступностью сырьевой базы [1, 5, 7]. Исходные вещества для синтеза α-оксиалкилтретбутилперекиси — гидроперекись третбутила и соответствующий альдегид. Например, α-оксиметилтретбутилперекись получили путем смешения эквимолекулярных количеств гидроперекиси третбутила с муравьиным альдегидом на холоду при $t = 2—5°C$ в среде CCl_4 с последующей отгонкой под вакуумом при $t = 48—50°C$ (при $p_{ост} = 10—12$ мм рт. ст) по реакции

$$(CH_3)_3C — OOH + CH_2O \longrightarrow (CH_3)_3C — OO — CH_2OH.$$

Выход составил 70% от теоретического.

Ацетат α-оксиалкилтретбутилперекиси получили при взаимодействии α-оксиалкилперекиси на холоду с эквимолекулярным количеством уксусного ангидрида в среде петролейного эфира при перемешивании в течение 3—3,5 ч. Выход равен ~ 80% от теоретического, процесс идет по реакции

$$(CH_3)_3C — OO — CH_2OH + (CH_3CO)_2O \longrightarrow (CH_3)_3C — OO — CH_2OCOCH_3 + CH_3COOH.$$

Исходную гидроперекись третбутила получили из третичного бутилового спирта и 30%-ной H_2O_2 в присутствии H_2SO_4 по реакции

$$(CH_3)_3C — OH + H_2O_2 \xrightarrow{H_2SO_4} (CH_3)_3C — OOH + H_2O.$$

Характеристики перекисей (плотность, коэффициент преломления, температура кипения), полученных в лабораторных условиях, близки к описанным в литературе [2, 5]. Синтезированные перекисные соединения вводили в карбамидную смолу марки УКС как в чистом виде, так и в сочетании со стандартным отвердителем NH_4Cl при различных соотношениях указанных компонентов и общем содержании комбинированного отвердителя 0,5—2%.

Эффективность отвердителей оценивали по стандартной методике (ГОСТ 14231—69) в интервале температур 80—130°С. Для снижения градиента температуры по радиусу пробирок содержимое их при термостатировании интенсивно перемешивали. За время отверждения принимали время от момента погружения в термостат пробирки с навеской смолы за вычетом времени прогрева, устанавливаемого в «холостом» опыте для каждой температуры отверждения. Температуру в термостате поддерживали с точностью ±0,1°С.

В табл. 1 приведены результаты исследования влияния соотношения компонентов в комбинированном отвердителе на время отверждения и жизнеспособность карбамидной смолы марки УКС. В качестве перекисной составляющей применяли ацетат α-оксиметилтретбутилперекиси (АОМБП), оказавшийся наиболее эффективным при индивидуальной проверке. Содержание отвердителя принимали постоянным (1%). Для ускорения распада перекисей вводили комбинированный отвердитель нафтената кобальта (около 0,5% от веса).

Таблица 1

NH_4Cl : АОМБП	Время отверждения $\tau_{отв}$, с, при температуре, °С			Жизнеспособность при 20°С, ч
	80	90	100	
100 : 0	190	132	76	15
75 : 25	155	105	60	18—20
50 : 50	141	87	48	24
25 : 75	575	325	190	24
0 : 100	2340	1200	660	24

Из данных табл. 1 видно, что при температуре 100°С и соотношении компонентов 50 : 50 время отверждения смолы на 37% меньше, чем в случае отверждения таким же количеством хлористого аммония. В табл. 2 приведены значения времени отверждения смолы марки УКС при различном содержании отвердителя и температуре 100°С, а также показатели жизнеспособности при температуре 20°С. Максимальный эффект снижения времени отверждения достигается при содержании комбинированного отвердителя 1—2%.

Таблица 2

Содержание отвердителя, мас. %	Время отверждения $\tau_{отв}$, с, для отвердителей		Снижение времени отверждения, %	Жизнеспособность $\tau_ж$, ч, для отвердителей	
	NH_4Cl	NH_4Cl : АОМБП		NH_4Cl	NH_4Cl : АОМБП
0,5	94	58	38,3	>24	>24
1,0	76	46	39,5	15	>24
2,0	64	37	42,2	13	15
3,0	58	38	34,5	10	14—15
5,0	56	38	32,1	8	12

Как видно из приведенных данных, применение комбинированного отвердителя (в количестве 1—2%), состоящего из равных количеств хлористого аммония и ацетата α-оксиметилтретбутилперекиси позволяет снизить время отверждения кабамидных смол на 40—42%.

Для проверки механизма действия перекиси в составе комбинированного отвердителя была исследована зависимость pH карбамидной

смолы в процессе ее термостатирования при $t = 80°C$ с комбинированным отвердителем и чистым хлористым аммонием. Количество отвердителя в смоле составляло 0,1—0,2%.

Результаты приведены на рис. 1, из которого видно, что в процессе термостатирования смолы с указанными отвердителями pH снижается, т. е. увеличивается кислотность смеси. Однако для смеси, содержащей 0,1% хлористого аммония, скорость снижения pH значительно больше, чем для смеси, содержащей такое же количество комбинированного отвердителя. Так, если через 20 мин отверждения для смолы, содержащей хлористый аммоний, pH составляет около 5,2, то для смолы, содержащей комбинированный отвердитель, значение pH было около 6 (начальное значение pH смесей — около 6,6—6,7). При увеличении концентрации комбинированного отвердителя в два раза, т. е. до 0,2%, pH смеси в процессе термостатирования мало изменяется. Следовательно, ацетат α-оксиметилтретбутилперекиси практически не влияет на pH смолы при ее отверждении.

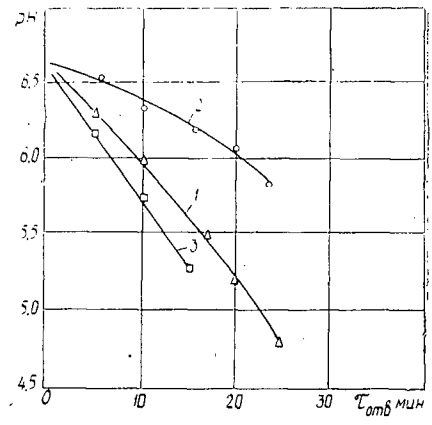


Рис. 1. Зависимость pH от времени отверждения при различных концентрациях отвердителя.

1 — NH_4Cl—0,1%; *2* и *3* — комбинированный отвердитель — соответственно 0,1 и 0,2%.

Можно предположить, что перекись, разлагаясь при нагревании, выделяет кислород, который, окисляя свободный формальдегид до муравьиной кислоты, ускоряет таким образом отверждение по метилольным группам. Для проверки этого предположения исследовано содержание свободного формальдегида в исходной смоле в зависимости от концентрации комбинированного отвердителя и хлористого аммония. Свободный формальдегид определяли сульфитным методом.

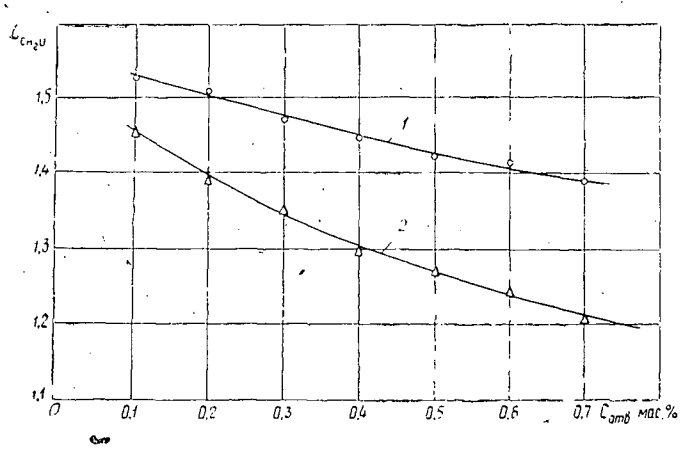


Рис. 2. Зависимость концентрации свободного формальдегида C_{CH_2O} от концентрации отвердителя $C_{отв}$.

1 — комбинированный отвердитель; *2* — хлористый аммоний.

Результаты приведены на рис. 2, из которого видно, что при увеличении концентрации отвердителя содержание свободного формальдегида уменьшается, однако в случае применения комбинированного отвердителя это снижение менее существенно, чем при применении такого же количества хлористого аммония.

Таким образом, исследования по изменению pH карбамидной смолы в процессе ее отверждения, а также влиянию концентрации отвердителя на содержание свободного формальдегида служат подтверждением предположения о двух механизмах отверждения карбамидных смол комбинированным отвердителем — конденсационного, по метилольным группам, и полимеризационного, по азометиновым связям.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Антоновский В. Л. Органические перекисные инициаторы, М., «Химия», 1972. [2]. Гаевский Ю. К. и др. — «Труды Волгогр. политехн. ин-та», 1973, с. 28. [3]. Горбунов В. Н., Яшина В. З. — «Пластические массы», 1968, № 7, 23, [4]. Горбунов В. Н., Яшина В. З. — «Пластические массы», 1970, № 8, 28. [5]. Горбунов В. Н., Яшина В. З. — «Высокомолекулярные соединения», 1976, т. XXIII (А), № 11,2561. [6]. Темкина Р. З. Синтетические клеи в деревообработке. М., 1971. 286 с. [7]. Фефилов В. В. и др. Отчет по теме № 138. МЛТИ, 1977. [8]. Фефилов В. В., Макаренко В. К. и др. Отчет по теме № 491. МЛТИ, 1978. [9]. Шварцман Г. М. Производство древесностружечных плит. М., «Лесная промышленность», 1977. 312 с.

УДК 54-386 : [546.723'267+547.992.3]

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФЕРРИЦИАНИДА КАЛИЯ С СУЛЬФАТНЫМИ ЛИГНИНАМИ

Ю. Г. ХАБАРОВ, И. М. БОХОВКИН, Г. Ф. ПРОКШИН

Архангельский лесотехнический институт

Изучено комплексообразование сульфатных лигнинов с феррицианидом калия. Показано, что в результате реакции образуется комплекс с переносом заряда. Определен состав комплекса при различных pH фотометрируемого раствора. Показано, что в комплексообразовании участвуют структуры лигнина, имеющие фенольные гидроксилы, и структуры, восстанавливающиеся боргидридом натрия.

В настоящее время проводятся широкие исследования, направленные на экологическое улучшение технологии в целлюлозно-бумажной промышленности. Предприняты попытки использовать в технологических процессах различные органические и неорганические соединения, которые позволили бы уменьшить или даже полностью избежать загрязнения окружающей среды. Одно из таких веществ — феррицианид калия.

Вопросам применения феррицианида калия (ФЦК) для окисления различных классов органических веществ, химизму происходящих реакций посвящен обзор [9].

Выявилось несколько направлений использования ФЦК в химии древесины и технологии целлюлозно-бумажного производства. В количественной ИК-спектроскопии используют ФЦК в качестве внутреннего стандарта [2]. Окислительно-восстановительные свойства системы феррицианид — ферроцианид применяют при изучении процесса сульфитной варки [1]. Кроме того, предложено использовать ФЦК в качестве варочного реагента в модифицированной натронной варке [7] и как отбеливающий агент [3].

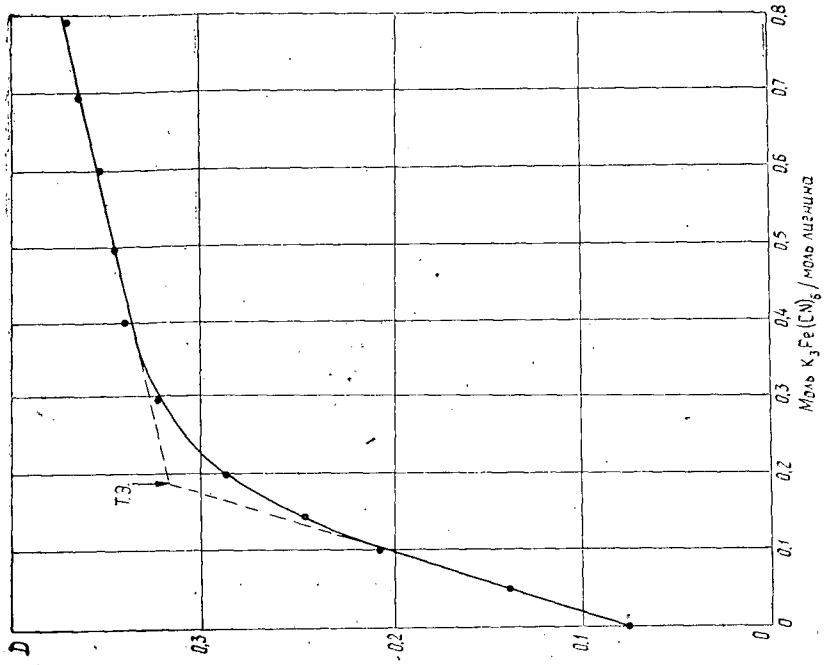


Рис. 2.

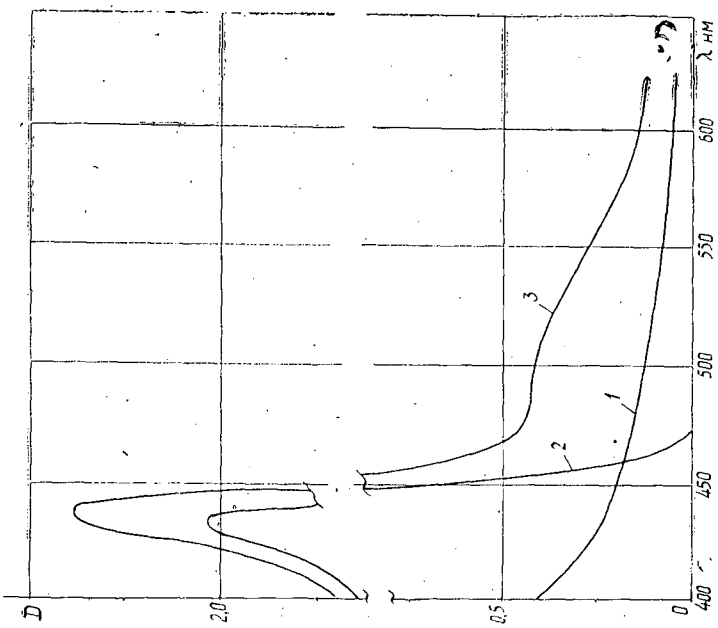


Рис. 1. Видимые спектры сульфатного лигнина (*1*), феррицианида калия (*2*), их смеси (*3*).

Мы предложили применять ФЦК при количественном определении сульфатного лигнина в щелоках и сточных водах сульфат-целлюлозного производства [4]. В этой связи вопросы химизма реакции ФЦК с лигнином представляют большой интерес.

Использование ФЦК при определении концентрации лигнина основано на том, что феррицианид калия вызывает сильный ауксохром-

ный эффект в видимой части спектра при 480—560 нм (рис. 1). Как видно из рис. 1, спектр лигнина представляет собой нехарактерную ниспадающую линию, в то время как спектр ФЦК имеет интенсивную узкую полосу поглощения с максимумом при 434 нм. На спектре смеси этих компонентов появляется новая полоса с максимумом около 500 нм, что указывает на наличие взаимодействия в системе. При содержании лигнина в фотометрируемом растворе до 0,24 мг/мл интенсивность поглощения при 500 нм линейно связана с концентрацией лигнина.

Для полной характеристики метода было бы необходимо определить состав комплекса, константы равновесия реакции образования, коэффициенты молярного поглощения, оптимальную область pH раствора, уравнение химической реакции образования комплексного соединения. Однако если эти вопросы сравнительно просто решаются в отношении низкомолекулярных соединений, то при изучении комплексов лигнина возникают трудности. Эти трудности связаны с тем, что макромолекула лигнина представляет собой полимер нерегулярного строения, неоднородный по молекулярно-массному распределению, содержащий большой набор различных реакционноспособных групп. Поэтому невозможно представить простое уравнение реакции комплексообразования, скорее всего это многоплановый процесс, включающий в себя реакции с участием различных группировок лигнина.

В связи с этим состав комплекса был определен по методу «насыщения», который заключается в установлении зависимости оптической плотности раствора от концентрации одного компонента при постоянной концентрации второго. Точка излома на кривой насыщения соответствует отношению стехиометрических коэффициентов. Состав комплекса был установлен для сульфатных лигнинов промышленных и лабораторных варок хвойной древесины и осинового сульфатного лигнина, очищенных от водо- и эфирорастворимых продуктов. Типичная кривая насыщения для системы сульфатный лигнин — феррицианид калия при pH = 7 приведена на рис. 2, из которого видно, что образующееся соединение малопрочно, точка излома на кривой выражена неявно, поэтому линейные участки экстраполировали до пересечения. Точка пересечения соответствует отношению стехиометрических коэффициентов. В нейтральной среде (pH=7) отношение стехиометрических коэффициентов находилось в пределах 0,130—0,187 моль ФЦК/моль лигнина (за 1 моль лигнина условно принята масса одной фенилпропановой единицы, равная 180). Наименьшие значения отношения были определены для осинового лигнина (0,137) и для лигнина от лабораторной варки сосны при 160°С (0,130), т. е. для лиственного лигнина и для лигнина, полученного при сравнительно мягких условиях варки.

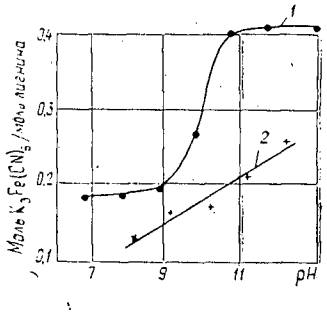


Рис. 3.

Зависимость состава комплекса от pH среды для исходного *(1)* и восстановленного боргидридом натрия сульфатного лигнина *(2)* представлена на рис. 3. На полученной кривой четко выделяются три участка: в нейтральной среде до pH = 9 отношение стехиометрических коэффициентов практически постоянно, в интервале pH от 9 до 11 оно резко увеличивается, а при pH>11 отношение вновь становится постоянным. Полученные данные указывают на то, что в нейтральной среде одна молекула ФЦК взаимодействует с фрагмен-

том макромолекулы лигнина, состоящей из 5—8, а в щелочной среде — из 2—3 фенилпропановых единиц.

Иная зависимость отношения стехиометрического коэффициента от pH среды получена для того же образца лигнина, восстановленного боргидридом натрия (рис. 3, кривая *2*). В этом случае полученная зависимость почти линейна, а значение отношения меньше, чем у исходного препарата.

Щелочные растворы диоксанлигнина сосны при равной концентрации с сульфатным лигнином давали гораздо менее интенсивную окраску с феррицианидом калия.

Для доказательства нами проведены сульфатная и натронная изотермические варки диоксанлигнина сосны при 170°С и концентрации активной щелочи 20 г Na_2O/л. Полученные результаты (рис. 4) показали, что интенсивность окраски щелока с ФЦК сначала быстро возрастает, а затем стабилизируется, причем для сульфатной варки интенсивность поглощения больше, чем для натронной. Одновременно были записаны и УФ-дифференциальные спектры, при этом оказалось, что для начального периода варки имеется линейная зависимость между измеряемым нами показателем и величиной ΔD_i при 300 нм.

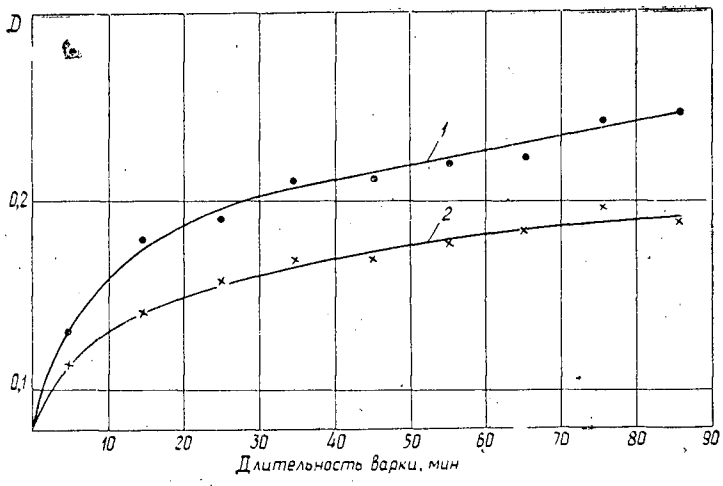


Рис. 4. Изменение поглощения щелоков с феррицианидом калия при сульфатной *(1)* и натронной *(2)* варках диоксанлигнина сосны.

Полученные результаты позволяют отметить, что в результате реакции образуется комплекс с переносом заряда и именно для этого типа соединений характерно появление новых полос поглощения в электронных спектрах. В образование комплекса вносят вклад ионизующиеся и восстанавливающиеся боргидридом натрия структуры.

Из работ [5, 6, 8, 9] известно, что первая стадия реакции ФЦК с фенолами — образование радикала, который затем вступает во вторичные реакции. Можно полагать, что и для лигнина первоначально образуется феноксирадикал, а затем окрашенный комплекс с переносом заряда с ФЦК и хиноидными или хинонметидными структурами лигнина.

Причиной увеличения отношения стехиометрических коэффициентов для восстановленного боргидридом натрия сульфатного лигнина может быть разрушение агрегатов лигнина в щелочном растворе, раз-

рыхление структуры макромолекулы, что приводит к повышению реакционной поверхности, доступной для воздействия ФЦК.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Боголицын К. Г. и др. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости промышленных сред ЦБП. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 3, с. 100—104. [2]. Карклинь В. Б. и др. ИК-спектральный метод определения содержания лигнина в древесине и продуктах ее переработки. — ИК- и УФ-спектроскопия древесины и лигнина. Тезисы докладов на Всесоюзном семинаре. Рига, «Зинатне», 1977, с. 35—38. [3]. Стромский С. В. Окисление целлюлозы и лигнина при электрохимической отбелке. — Исследования в области химии древесины. Тезисы докладов 2-й конференции молодых ученых. Рига, «Зинатне», 1978, с. 77—78. [4]. Хабаров Ю. Г., Новожилов Е. В., Прокшин Г. Ф., Боховкин И. М. Способ определения лигнина в растворах химической переработки целлюлозосодержащих материалов. Авт. свид. № 580265, М., кл. Д21С 3/02 G01 13/00. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1977, № 42. [5]. Müller E., Ley K., Kiedaish W. Über ein Stabiles Sauerstoffradikal, das 2.4.6.- Tri-tert.-butyl-phenoxyl-(1), II. Mitteil. Weitere Herstellungsmethoden und Lebensdauer des Aroxyls. — Chem. Ber., 1954, Jahrg. 87, N 10, s. 1605—1616. [6]. Müller E., Schick A., Mayer R., Scheffler K. Über Sauerstoffradikale. XIV, Das 2-Phenyl-4.6-die-tert.-butyl-phenoxyl-(1). — Chem. Ber., 1960, Jahrg. 93, s. 2649—2662. [7]. Procter A. R. Stabilization of cellulosic material by treatment with ferricyanide ion. [MacMillan Bloedel Ltd.] USA Pat., clas. 162—70 (D21C 1/00, D21C 1/06), N 3929595, publ. 30.12.75. [8]. Pummerer R., Veit I. Über Dehydronaphthole und ein Diurethan des 1-Methyl-naphthols- (2); XII. Mitteil. über die Oxydation der Phenole. — Chem. Ber., 1953, Jahrg. 86, N 3, s. 412—432. [9]. Thyagarajan B. S. Oxidations by ferricyanide. — Chem. Ber., 1958, Jahrg. 58, s. 439—460.

Поступила 1 сентября 1978 г.

УДК 547.992.3 : [543.544+543.42]

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ФЕНОЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИГНИНА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ АММИАКА

Т. Г. ЕКИМОВА, Д. А. ПОНОМАРЕВ, М. Я. ЗАРУБИН

Ленинградская лесотехническая академия

Методами тонкослойной и газо-жидкостной хроматографии, а также масс-спектрометрии исследованы в виде ацетатов фенольные фракции продуктов оксиаммонолиза модельных соединений лигнина. Установлен компонентный состав изучаемых фракций, вычислено относительное процентное содержание найденных компонентов в смесях.

Данное исследование проведено с целью установления состава нейтральных и фенольных фракций, полученных при окислении модельных соединений лигнина в водном растворе аммиака. Изучение фенолов представляет большой интерес, так как они являются промежуточными продуктами окислительных превращений модельных соединений, знание же структуры промежуточных продуктов позволяет судить о химизме процессов, происходящих при оксиаммонолизе.

Ранее [2] нами установлено, что количество нейтральных фракций незначительно для всех соединений, кроме вератрола (94,4%). Невысокий выход фенольных фракций наблюдался в случае варки таких соединений, как гваякол (17,3%), α-гваяцилпропанон (7,8%), для варки фенола выход этой фракции составил 82,7%.

Методом ТСХ найдено, что один из компонентов изучаемых фракций — исходное вещество.

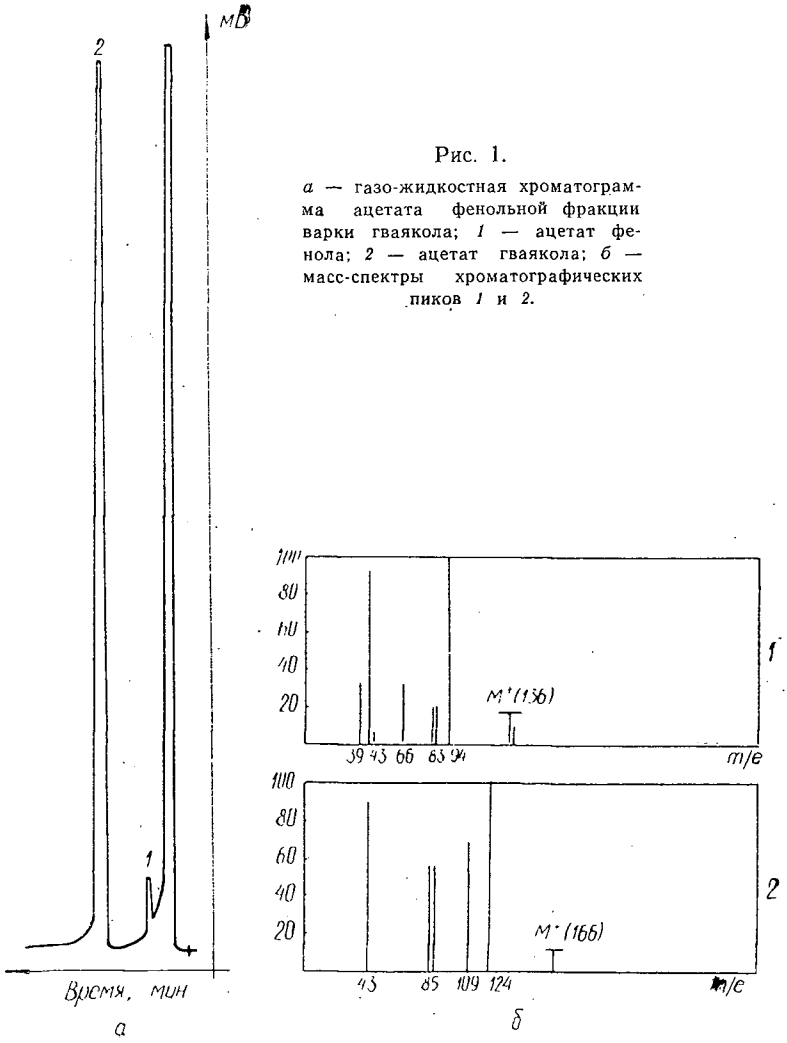


Рис. 1.

а — газо-жидкостная хроматограмма ацетата фенольной фракции варки гваякола; *1* — ацетат фенола; *2* — ацетат гваякола; *б* — масс-спектры хроматографических пиков *1* и *2*.

В настоящей работе мы исследовали полученные фракции методами тонкослойной хроматографии и хроматомасс-спектрометрии в виде ацетатпроизводных. В качестве свидетелей при проведении хроматографии были использованы синтезированные нами 20 ацетатов различных фенолов.

Результаты анализа ацетатпроизводных нейтральных и фенольных фракций, полученные методом газо-жидкостной хроматографии, сведены в табл. 1 и представлены на рис. 1—3, *а*. На рис. 1—3, *б* даны масс-спектры некоторых хроматографических пиков, подтверждающие результаты ГЖХ.

Из данных тонкослойной хроматографии ацетатов нейтральных и фенольных фракций следует, что эти фракции близки по составу, т. е. продукты, называемые нами «нейтральными», являются также фенольными соединениями. В фенольных фракциях после варки фенола, гваякола, ванилина, α-гваяцилпропанона присутствует исходное соединение.

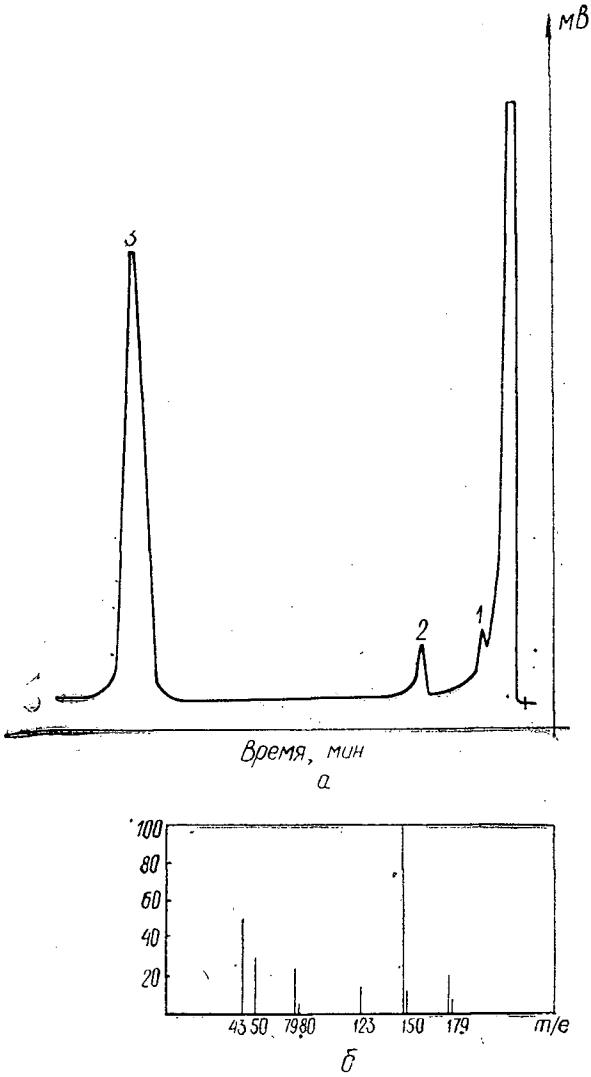


Рис. 2.

а — газо-жидкостная хроматограмма ацетата фенольной фракции варки α-гваяцилпропанона; *1* — ацетат фенола; *2* — ацетат гваякола; *3* — ацетат α-гваяцилпропанона; *б* — масс-спектр хроматографического пика *3*.

Таблица 1

Модельное соединение	Фракция	Число идентифицированных компонентов	Относительное содержание идентифицированных компонентов, %
Фенол	Фенольная	2	Фенол (100), гваякол (следы)
Гваякол	»	2	Фенол (4,82), гваякол (95,0)
Ванилин	»	3	Фенол (12,8), гваякол (82,7), ванилин (4,37)
Изоэвгенол	»	6	Фенол (12,0), гваякол (0,98), метилгваякол (0,37), ванилин (52,7), ацетогваякон (20,2), α-гваяцилпропанон (13,6)
α-гваяцилпропанон	»	3	Фенол (5,53), гваякол (3,84), α-гваяцилпропанон (90,6)
Вератрол	Нейтральная	1	Вератрол (100)
Фенол	»	6	Фенол, гваякол
Гваякол	»	2	Фенол (2,86), гваякол (97,1)

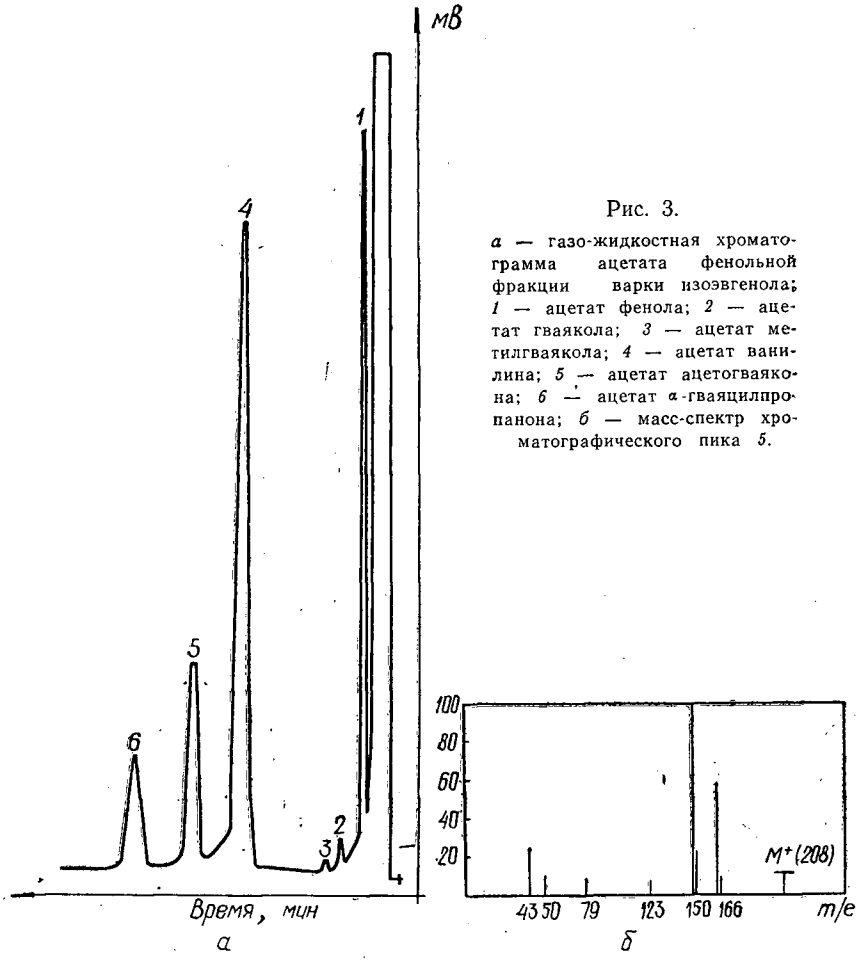


Рис. 3.

а — газо-жидкостная хроматограмма ацетата фенольной фракции варки изоэвгенола; *1* — ацетат фенола; *2* — ацетат гваякола; *3* — ацетат метилгваякола; *4* — ацетат ванилина; *5* — ацетат ацетогваякона; *6* — ацетат α-гваяцилпропанона; *б* — масс-спектр хроматографического пика *5*.

В табл. 1 и на рис. 1—3, *а* представлены основные компоненты, входящие в состав изучаемых фракций и идентифицированные методом ГЖХ с использованием свидетелей. Полученные результаты дают представление о химических процессах, протекающих при оксиаммонолизе.

То, что фенол был найден во всех фенольных фракциях для варок гваяцильных соединений, свидетельствует об их частичном деметоксилировании. Наблюдается образование гваякола из соединений гваяцильного ряда. Гваякол — основной компонент фенольной фракции ванилина. Один из возможных путей его получения — промежуточное образование ванилиновой кислоты с последующим декарбоксилированием [1].

Образование ванилина и метилгваякола при окислении изоэвгенола можно объяснить разрывом связи между α- и β-углеродными атомами боковой цепи. Наличие этих соединений указывает на протекание сопряженных окислительно-восстановительных реакций при оксиаммонолизе. Образование ацетогваякона при варке изоэвгенола свидетельствует о разрыве связи между β-γ-углеродными атомами боковой цепи.

Фенольная фракция варки фенола состоит практически полностью из исходного соединения, т. е. фенол устойчив в условиях нашего окис-

ления. Для ванилина, α-гваяцилпропанона и изоэвгенола число компонентов в фенольных фракциях по сравнению с фенолом и гваяколом возрастает, т. е. при наличии боковой цепи увеличивается число химических превращений.

Методом ГЖХ показана идентичность нейтральной и фенольной фракций варки гваякола.

На основании данных ГЖ-хроматографии нейтральной фракции вератрола установлено, что это исходный вератрол, устойчивый в условиях варки. Нейтральные фракции от варок ванилина, изоэвгенола и α-гваяцилпропанона не исследовали из-за их малого количества.

Отнесение хроматографических пиков, выполненное с использованием свидетелей, дополнительно подтверждено комбинированным применением хроматомасс-спектрометрии. Представленные на рис. 1, *б* масс-спектры фенилацетата и гваяцилацетата, обнаруженные после ацетилирования в фенольной фракции окисления гваякола, хорошо согласуются с соответствующими литературными данными [3, 5].

Наличие в продуктах окисления α-гваяцилпропанона исходного вещества подтверждено масс-спектром ацетата α-гваяцилпропанона (рис. 2, *б*). Пик молекулярного иона отсутствует, пик *m/e* 180 отвечает за выделение кетена из молекулярного иона и образование α-гваяцилпропанона. Этот процесс характерен для ацетатов метоксизамещенных фенолов [5]. Дальнейшая фрагментация α-гваяцилпропанона идет по обычному для кетонов гваяцильного ряда пути [4].

В фенольной фракции варки изоэвгенола методом хроматомасс-спектрометрии показано наличие фенола, гваякола, метилгваякола, ванилина, ацетогваякона и α-гваяцилпропанона. На рис. 3, *б* представлен масс-спектр ацетата ацетогваякона. Интенсивность пика молекулярного иона низка (0,2%), пик иона *m/e* 166 отвечает за выделение кетена с образованием ацетогваякона, дальнейшая фрагментация которого приводит к образованию иона типа бензоильного *m/e* 151.

Хотя ранее нами было показано [2], что некоторые из описанных нейтральных и фенольных фракций содержат 2—5% азота, но обнаружить индивидуальные азотсодержащие соединения нам не удалось.

Образование фенолов — результат окислительных превращений исходных модельных соединений. Это один из вероятных путей протекания реакции оксиаммонолиза, который не определяет основного направления изучаемого процесса. К основным направлениям, по нашему мнению, можно отнести образование при оксиаммонолизе не растворимых в щелоке азотсодержащих продуктов и кислот.

Экспериментальная часть

Получение ацетатов фенолов. 0,5 г фенольной фракции смешивали при $T = 0°C$ с 4 мл уксусного ангидрида и 1 мл сухого пиридина. Реакционную смесь оставляли при комнатной температуре на 12—16 ч, после чего разбавляли водой с добавлением льда и экстрагировали хлороформом. Экстракт тщательно промывали 2%-ным раствором HCl, насыщенным раствором $NaHCO_3$ и затем несколько раз водой. После высушивания над Na_2SO_4 хлороформ отгоняли.

Хромато-масс-спектрометрический анализ исследуемых образцов. ТСХ ацетатов фенолов проводили в системе растворителей бензол: эфир (8: 2) на стеклянных пластинах с закрепленным слоем силикагеля марки ЛСЛ$_{254}$ 5/40 мкм с люминесцентным индикатором, толщина слоя — 0,35 мм. Проявление пластин в УФ-свете.

ГЖХ осуществляли на приборе «Хром-4». Размеры колонок 150×0,3 см и 300×0,3 см, фаза ПФМС-6 на силанизированном хромосорбе G (80—100 меш). Работали в изотермическом режиме при $T = 211°C$ и $T = 186°C$.

Масс-спектры снимали на приборе Carlo-Erba-Hitachi, колонка стеклянная капиллярная длиной 30 см, неподвижная фаза OV-101 с линейным программированием тем-

пературы 80—250° при скорости 15°/мин. Энергия ионизирующих электронов 75 эВ, ток эмиссии 200 мА. Газ-носитель — гелий.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дейнеко И. П., Зарубин М. Я. Изучение реакций кислородносодового способа делигнификации. II. О некоторых путях окислительного распада модельных соединений лигнина. — «Химия древесины», 1977, № 4, с. 56—61. [2]. Екимова Т. Г., Пономарев Д. А., Зарубин М. Я. Окисление модельных соединений лигнина в водном растворе аммиака. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 2, с. 116—120. [3]. Cornu A., Massot R. — Compilation of Mass-Spectral Data. — Heyden and Son, London, 1970, p. 43B. [4]. Kovacik V. u, a. — Massenspectrometric einiger Modellsubstanzen des Lignins I. — «Chemische Berichte», 102, N 5, 1969, s. 1513—1522. [5]. Thomas C. B. Mass-Spectra of Metoxy- and Dimetoxy-phenyl Acetates. — «Journal of the Chemical Society», B 1970, p. 430—436.

Поступила 6 июня 1979 г.

УДК 676.1.022.168

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ ВАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ ЩЕЛОЧНЫХ ВАРКАХ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. А. МАЛКОВ, Ю. Н. НЕПЕНИН, В. В. ДОМНИЦКИЙ, М. Ю. ГУГНИН

Ленинградская лесотехническая академия

В опытах по нагреву тонких срезов щепы с сульфатным и полисульфидным варочным растворами показаны качественные и количественные изменения серы в период заварки. На основании предложенной схемы окислительно-восстановительных реакций серы при щелочной делигнификации сделан вывод о целесообразности искусственного окисления сульфидной серы до полисульфидов в начале варки или в щелоке до варки.

Вопрос о роли сульфида натрия и других серосодержащих соединений, присутствующих в варочном растворе в различные периоды сульфатной варки, остается дискуссионным.

Результаты многочисленных исследований сульфатной варки, проводимых в течение ста лет, позволяют лишь заключить, что присутствующий в варочном растворе сульфид натрия существенно не влияет на растворение углеводов и значительно ускоряет процесс делигнификации [2].

Относительно механизма влияния сульфидной серы на растворение лигнина существуют две концепции. Согласно одной из них, сульфид-ион как нуклеофильный реагент непосредственно участвует в гетеролитических реакциях расщепления макромолекул лигнина, согласно другой, сульфид натрия как восстановитель препятствует развитию нежелательных процессов конденсации (полимеризации) лигнина при повышенных температурах варки [5, 6, 9].

При полисульфидной варке в варочном растворе, кроме сульфида натрия, присутствуют и многочисленные полисульфиды. Показано [10], что полисульфидная сера как окислитель участвует в реакциях с редуцирующими концевыми группами углеводов, благодаря чему происходит стабилизация последних к щелочной деструкции и увеличение выхода целлюлозы. Предполагается также возможность окислительно-восстановительного взаимодействия полисульфидов с лигнином древесины [1, 8].

Единственный стабильный продукт восстановления полисульфидной серы — сульфид-ион (или гидросульфид-ион); при щелочной варке серосодержащие компоненты варочного раствора, являясь одновременно донорами и акцепторами электронов, могут находиться в состоянии циклических валентных превращений.

Изучаемые в данной работе возможные валентные превращения основных компонентов сульфатного и полисульфидного варочных растворов можно изобразить в виде реакций (1)—(6)

$$2S^{-2}-2\bar{e} \rightarrow [S_2]^{-2}; \quad (1)$$

$$S^{-2}-2\bar{e} \rightarrow S^0; \quad (2)$$

$$2S^{-2}+2O_2+H_2O \rightarrow S_2O_3^{-2}+2OH^-; \quad (3)$$

$$[S_2]^{-2}+2\bar{e} \rightarrow 2S^{-2}; \quad (4)$$

$$4[S_2]+6OH^- \rightarrow S_2O_3+6S^{-2}+3H_2O; \quad (5)$$

$$2S^0+2\bar{e} \rightarrow [S_2]^{-2}. \quad (6)$$

С целью определения количественных изменений в составе серосодержащих соединений щелока проведены опыты по нагреву тонких срезов древесины с варочными растворами, моделирующие период пропитки и заварки при сульфатной и полисульфидной варках.

Из ядровой части древесины лиственницы (*Larix sibirica* Lbd.) приготовлены щепочки толщиной 0,6—0,8 мм и массой 1,0 г. Сравнительные варки проводили при гидромодуле 10 : 1 и расходе активной щелочи 18% в ед. Na_2O. Подъем температуры до 150°С проводили по прямолинейному графику за 120 мин и в течение 30 мин температуру выдерживали на 150°С при экстракции. Данные изменения концентрации реагентов в начальный период сульфатной и полисульфидной варок модельной щепы приведены в табл. 1. По окончании варки щелок сливали из автоклава, охлаждали и

Таблица 1

Способ варки	Температура, °С	Объем, мл	NaOH	Na_2S	$Na_2S_2O_3$	Na_2S_x
			мг/мл ед. Na_2O			
Сульфатный (варка А)	20	10,0/10,0	10,40/29,10	8,70/—	0,53/—	0/—
	110	8,5/10,0	4,9/25,10	7,1/0	0,88/0,04	0,90/0
	130	8,0/10,0	4,70/22,30	5,26/0	0,99/0,15	1,12/0,03
	150	8,0/10,0	3,60/22,90	5,08/0	1,08/0,29	1,10/0,07
Полисульфидный (варка В)	20	10,0/10,0	10,55/29,10	7,44/—	1,27/—	8,33/—
	110	9,0/10,0	3,60/13,30	7,27/0	2,70/0,75	5,37/0,12
	130	8,5/10,0	3,10/12,10	9,25/0	2,55/0,18	4,70/0,19
	150	8,5/10,0	3,40/22,30	9,75/0	2,57/0,76	2,55/0,15

Примечание. В числителе данные для варочного щелока; в знаменателе — для экстракта.

атмосфере азота и анализировали методами полярографии и потенциометрического титрования, разработанными ранее [3].

Щепу в автоклаве заливали нагретым раствором 1 н. NaOH и в атмосфере азота экстрагировали при температуре 150°С. Экстракт отделяли и анализировали после охлаждения в атмосфере азота вышеуказанными методами.

Результаты анализов щелоков после варок и экстракций щепы в сравнительных опытах приведены в табл. 1.

По полученным данным составлены номограммы (рис. 1, 2), показывающие изменение концентрации серосодержащих компонентов варочных растворов в начальный период сульфатной и полисульфидной варок в процентах от исходного содержания гидроокиси натрия и серы в варочном растворе.

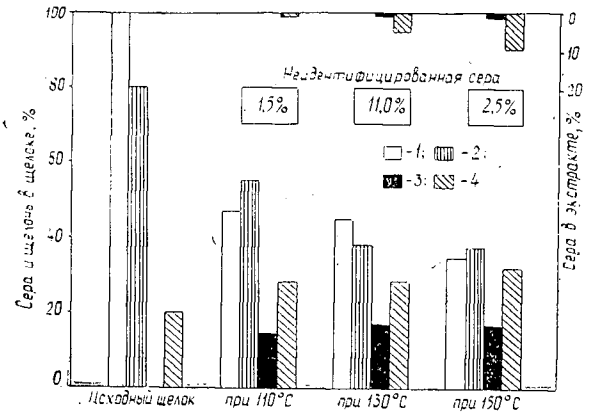


Рис. 1. Изменение реагентов в щелоке и экстракте при сульфатной варке в процентах от исходного содержания в сульфатном щелоке.

1 — NaOH; *2* — S^{-2}; *3* — $[S_x]^{-2}$; *4* — $S_2O_3^{-2}$.

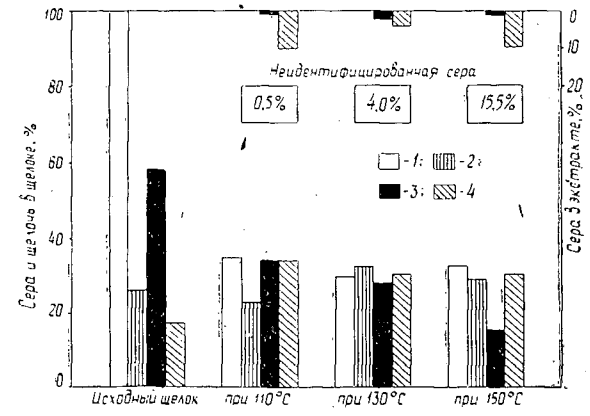


Рис. 2. Изменение реагентов в щелоке и экстракте при полисульфидной варке в процентах от исходного содержания в полисульфидном щелоке.

1 — NaOH; *2* — S_3^{-2}; *3* — $[S_x]^{-2}$; *4* — $S_2O_3^{-2}$.

При нагревании щепы с белым сульфатным щелоком (варка А до температуры варки 110 и 130°С продукты окисления сульфидной серы (рис. 1) — полисульфиды и тиосульфат.

Расчет показал, что на образование 8 мг тиосульфата по реакции (3) потребовалось бы такое количество воздуха (52 мл), которое не могло содержаться в заполненном азотом автоклаве в условиях опыта. Остается принять, что тиосульфат в условиях варки, в основном, образуется по реакциям (1) и (5), т. е. в результате диспропорционирования первичного продукта окисления сульфида — полисульфидной серы. Тогда реакцию окисления сульфида до полисульфидов следует считать основной в общей цепи валентных превращений серы при сульфатной варке.

Нами проверена возможность окисления сульфидной серы продуктами щелочной экстракции древесины в следующем опыте. Опилки лиственничной древесины экстрагировали 1,0 н. раствором NaOH в течение 1 ч на кипящей водяной бане, затем к нагретому экстракту приливали раствор сульфида натрия из расчета, чтобы сульфидность щелока составила 25%.

Анализ полученного щелока методом полярографии показал, что уже через 15 мин около 30% добавленного к экстракту сульфида окислилось, из них 65% до полисульфидов и 30% до тиосульфата.

Положительные результаты позволяют считать, что в условиях сульфатной варки полисульфиды могут накапливаться в щелоке, находящемся внутри полостей древесной ткани.

В период нагрева щепы до 110°С с полисульфидным щелоком (варка В) основным следует считать диспропорционирование полисульфидов по реакции (5) с образованием тиосульфата [7]. Значительное количество тиосульфата обнаружено и в экстракте щепы, что указывает на глубокую пропитку древесины ионами полисульфидов уже при температуре варки 110°С.

Учитывая имеющиеся данные по сравнительной скорости диффузии ионов полисульфидного щелока внутрь щепы [11], можем считать, что в случае пропитки щепы сульфатным щелоком (варка А) ионы образовавшихся полисульфидов в сравнении с полисульфидной варкой

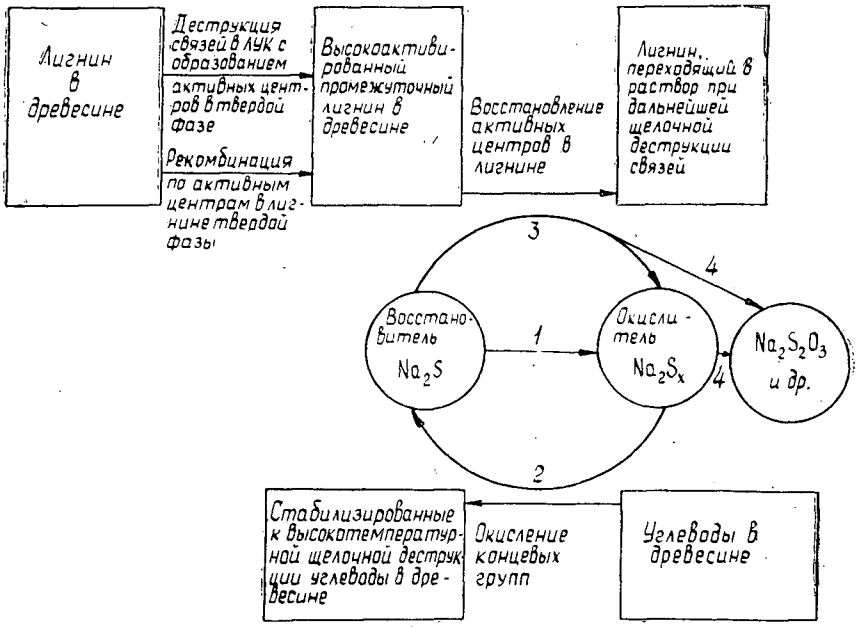


Рис. 3.

диффундируют в клеточную стенку с запаздыванием. Из рис. 1 видно, что концентрация тиосульфата в экстракте возрастает лишь при температуре пропитки 130—150°С, что также подтверждает это положение.

Заслуживает внимания различие между варками А и В в количестве неидентифицированной серы (рис. 1, 2), под которой подразумевается сера, возможно химически связанная с древесиной (не экстрагируемая щелочью при 150°С), а также сера в любых других неопределяемых валентных состояниях. При варке А максимальное количество такой серы найдено в период нагрева при температуре 130°С, тогда как при варке В ее количество увеличивается до конца периода нагрева вплоть до 150°С.

Если считать, что вся не экстрагируемая щелочью сера участвует в окислительно-восстановительных реакциях с лигнином в твердой фазе, тогда можно с достаточной уверенностью сказать, что реакции восстановления активных групп в лигнине при полисульфидной варке запаздывают по сравнению с аналогичным процессом при сульфатной варке. Это и может определять, по нашему мнению, различия в протекании процессов делигнификации при сульфатной и полисульфидной варках [7].

На рис. 3 представлена предлагаемая нами схема окислительно-восстановительных превращений серы в условиях щелочной делигнификации древесины. Реакция 1, ее скорость и глубина в превалирующей степени определяют результаты сульфатной варки и, в первую очередь, выход целлюлозы из древесины.

В качестве примера на рис. 4 приведены результаты сравнительных сульфатных варок древесины сосны с одинаковым расходом эффективной щелочи, выполненных нами ранее [4].

Повышение сульфидности белого щелока от 10 до 45%, приводящее к соответствующему возрастанию концентрации полисульфидов в щелоке в период заварки, снижает скорость растворения углеводов в течение всей варки.

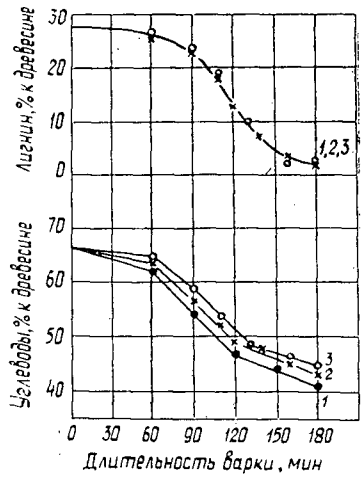


Рис. 4. Кинетические кривые делигнификации при сульфатных варках с различной сульфидностью щелока.

1 — 10%; *2* — 25%; *3* — 45%.

На практике, однако, целесообразно проводить процесс окисления сульфида по реакции 1 (рис. 3) до начала пропитки щепы белым щелоком. Тогда повышенное соотношение $[S_x]^{-2}/S^{-2}$ в варочном растворе обеспечит более благоприятное протекание варочных процессов с участием серы в порядке 1—2—3 (4) (рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гугнин Ю. А. Влияние полисульфида и гидразина на ускорение процесса варки целлюлозы.—ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 2. с. 115—118. [2]. Лендьел П., Морвай Ш. Химия и технология целлюлозного производства. Пер. с нем., М., «Лесная промышленность», 1978, 543 с. [3]. Малков Ю. А. Анализ полисульфидных варочных растворов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 3, с. 100. [4]. Малков Ю. А.

Исследование электрохимического способа сульфатной варки целлюлозы. — Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1976 (ЛТА им. С. М. Кирова). [5]. Чиркин Г. С., Тищенко Д. В. Восстановительно-окислительные реакции при щелочных варках древесины. — «ЖПХ», 1962, т. 35, вып. 1, с. 153—159. [6]. Gierer J. The reaction of lignin during pulping. — «Svensk Papperstidning», 1970, vol 73, N 18, p. 571. [7]. Green R. P., Prusas Z. S. Polysulphide pulping of two canadian softwood blends. — «Pulp and Paper Mag. of Canada», 1975, vol. 76, N 9, p. 272—275. [8]. Jansen L., Samuelson O. Oxidation of lignin by polysulfide solutions. — «Svensk Papperstidning», 1967, vol. 70, N 19, p. 607—609. [9]. Kleinert T. N. Lignin preparations from rapid kraft pulping. — «Pulp and Paper Mag. of Canada», 1966, vol. 67, N 6, p. 299. [10]. Teder A. Redox potential of polysulfide solutions and carbohydrate stabilization. — «Svensk Papperstidning», 1968, vol. 71, N 5, p. 149—150. [11]. Violante M. E. Impregnation of slash pine chips with polysulfide Liquer. — «TAPPI», 1975, vol. 58, N 6, p. 92—95.

Поступила 10 апреля 1979 г.

УДК 668.473.002.15

О КИНЕТИКЕ ОКИСЛЕНИЯ ТАЛЛОВОГО МАСЛА НАДКИСЛОТАМИ В СЛАБОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ

Н. В. ТЕРЕГЕРЯ, В. В. ТЕРЕГЕРЯ, В. А. ВЫРОДОВ, Ф. А. МЕДНИКОВ

Владимирский политехнический институт
Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что процесс окисления подчиняется уравнению первого порядка. Рассчитаны константы скорости и энергии активации процесса и установлено, что более реакционноспособна надмуравьиная кислота в момент образования.

Талловое масло после специальной обработки все шире внедряют в качестве смазочных материалов при волочении цветных металлов.

Как показано в работе [2], с целью получения поверхностно-активных веществ для волочения медных и латунных труб можно применять реакцию окисления таллового масла надкислотами.

Нами исследована кинетика окисления таллового масла надуксусной и надмуравьиной кислотами и сделан вывод о характере процесса.

Для изучения кинетических параметров использовали результаты ранее выполненной работы [2]. Установлено, что показатели окисленного таллового масла (число омыления, кислотное и эфирное числа), кроме йодного числа, остаются почти без изменения. Отсюда следует, что надкислоты взаимодействуют по двойным связям. Поэтому уменьшение концентрации ненасыщенных карбоновых кислот таллового масла в сторону образования окисленных продуктов пропорционально только снижению йодного числа. И йодное число можно использовать для определения кинетических параметров.

Кинетические кривые изменения йодных чисел карбоновых кислот таллового масла при окислении их надкислотами, полученными заранее и взятыми в момент образования, приведены на рис. 1, *а*.

Из представленных данных видно, что йодное число продуктов окисления таллового масла ниже при использовании надуксусной и надмуравьиной кислот при реакции их с талловым маслом в момент образования по сравнению с надкислотами, взятыми заранее. Однако полного насыщения двойных связей не происходит, а достигается некоторое равновесное значение для каждой кислоты.

Для определения порядка реакции на основании экспериментальных данных рис. 1, *а* построены полулогарифмические зависимости

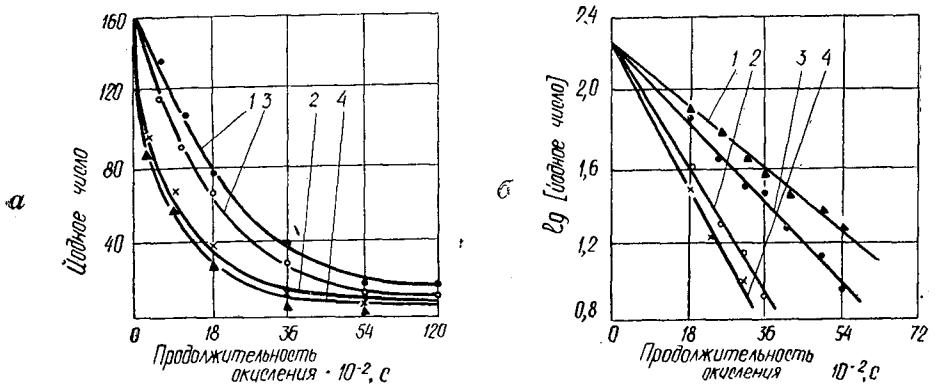


Рис. 1.

1, 2 — для надуксусной кислоты, полученной соответственно заранее и взятой в момент образования; *3, 4* — для надмуравьиной кислоты, полученной соответственно заранее и взятой в момент образования.

йодных чисел от длительности окисления (рис. 1, *б*). Как видно из рис. 1, *б*, расчетные точки хорошо ложатся на прямую. Следовательно, реакция окисления таллового масла надкислотами подчиняется уравнению первого порядка.

Среднее значение констант скоростей процесса K определяли по дифференциальному уравнению для реакций первого порядка [3]

$$K = \frac{2{,}3}{t} \lg \frac{[C_0]}{[C]}, \qquad (1)$$

где t — длительность окисления;
$[C_0]$ — йодное число исходного продукта;
$[C]$ — уменьшение йодного числа с начала реакции до данного момента.

В табл. 1 приведены результаты расчета констант скоростей, вычисленные с помощью уравнения (1) для разных значений йодных чисел от длительности окисления. Полученные значения констант скоростей совпадают в пределах разброса экспериментальных точек (рис. 1, *а*).

Из данных табл. 1 видно, что средние значения констант скоростей реакции таллового масла с надуксусной и надмуравьиной кислотами как заранее приготовленными, так и в момент их образования, различны. На основании этих данных можно сделать вывод, что скорость реакции с надуксусной кислотой ниже, чем с надмуравьиной. Средние значения констант скоростей реакции таллового масла с надкислотами, взятыми в момент образования, выше, чем с полученными заранее. Для исследования влияния температуры на процесс

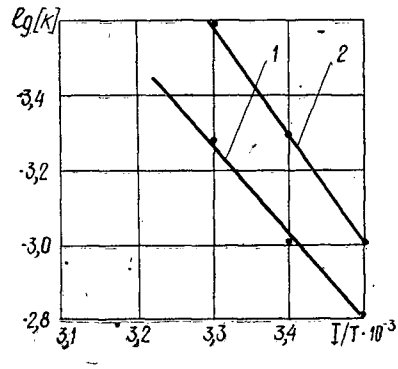


Рис. 2.

1 — для надмуравьиной кислоты, заранее приготовленной; *2* — для надмуравьиной кислоты, взятой в момент образования.

Таблица 1

Длительность окисления × $\times 10^3$, с	Йодное число продукта окисления кислотой, полученной заранее	Константа скорости реакции с кислотой, полученной заранее, $K \cdot 10^{-4}$, $с^{-1}$	Йодное число продукта окисления кислотой, взятой в момент образования	Константа скорости реакции с кислотой, взятой в момент образования, $K \cdot 10^{-4}$, $с^{-1}$
0	168,0/168,0		168,0/168,0	
6	130,1/119,0	4,16/5,7	88,3/83,2	10,6/11,7
12	100,8/85,2	4,16/5,7	55,2/50,0	9,3/10,2
18	79,4/64,3	4,16/5,3	35,1/31,3	8,6/9,3
24	60,5/48,0	4,30/5,2	23,4/20,0	8,2/8,8
30	46,9/35,0	4,16/5,2	15,0/12,1	8,0/8,8
36	36,8/25,8	4,16/5,2	8,15/8,95	8,3/8,2
42	29,0/19,2	4,16/5,2	8,0/8,5	7,2/7,2
48	23,5/14,0	4,16/5,2	7,9/7,83	6,3/—
54	18,2/10,3	4,16/5,2	7,85/7,05	5,7/—
60	18,0/10,2	3,70/4,7	7,85/7,05	5,7/—
		$K_{ср} = \frac{4,16}{5,3}$		$K_{ср} = \frac{7,7}{9,3}$

Примечание. В числителе данные для надуксусной кислоты; в знаменателе — для надмуравьиной.

окисления таллового масла надмуравьиной кислотой как заранее приготовленной, так и взятой в момент образования, поставлены опыты при переменном значении температуры в диапазоне 288—308 К при прочих равных условиях.

На рис. 2 показана зависимость $\lg [K]$ от $1/T$ в реакции окисления таллового масла. В изученном интервале температур она представляет прямую линию. Энергию активации реакции окисления таллового масла надмуравьиной кислотой как функцию тангенса угла наклона $\lg K$ — $1/T$ рассчитывали по формуле

$$E = 2,3R\,|\operatorname{tg}\alpha|\,\xi,$$

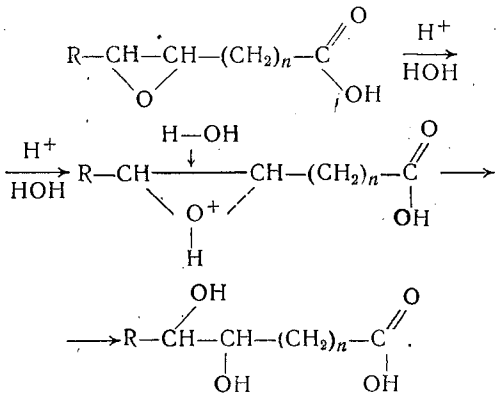
где R — газовая постоянная, равная 8,3144 ккал/моль;
α — угол наклона прямой к оси абсцисс;
ξ — отношение масштабов по осям абсцисс и ординат.

Энергия активации процесса окисления таллового масла надмуравьиной кислотой, заранее приготовленной, составляет 57,3 кДж/моль, а взятой в момент образования — 47,7 кДж/моль. В результате исследований установлено, что надмуравьиная кислота, заранее приготовленная, менее реакционноспособна, чем взятая в момент образования.

Найденные значения энергий активации окисления таллового масла надкислотами указывают на ионный механизм реакции. Известно, что энергия активации при взаимодействии свободных радикалов с молекулой обычно меньше 41 кДж/моль, а при взаимодействии молекул она может достигать 41 кДж/моль и более [1]. В работах [4, 5] установлено, что в зависимости от условий при окислении олефиновых соединений образуются эпокси- или оксисоединения.

Протекание механизма реакции окисления таллового масла надкислотами с образованием эпоксисоединений указывает на низкие гидроксильные числа или отсутствие их [2]. Вероятность степени гидратации эпоксисоединений таллового масла до оксикислот в кислых средах слабых кислот (уксусной и муравьиной) незначительна.

Оксикислоты из эпоксидированных продуктов таллового масла можно получить при каталитическом действии сильных минеральных кислот. При окислении таллового масла надкислотами в присутствии серной кислоты происходит образование транс-гликолей. Катализатор в данном случае способствует протеканию процесса гидратации эпоксисоединений непосредственно в реакционной массе, видимо, по следующему механизму:



Следовательно, процесс окисления таллового масла в слабокислых средах протекает с образованием эпоксисоединений, а в присутствии сильных минеральных кислот эпоксисоединения гидратируются до диоксисоединений.

В результате проведенного исследования изучена кинетика окисления таллового масла в слабокислых средах при температурах 288—308 К.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ситтич М. Процессы окисления углеводородного сырья. М., «Химия», 1970, с. 58—63. [2]. Терегеря Н. В. и др. Получение поверхностно-активных веществ на основе таллового масла. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1973, № 6, с. 10—11. [3]. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики. М., «Высшая школа», 1974, с. 136—143. [4]. Kwart H., Hofmann D. M. J. Org. Chem., 1966, 31, 4191. [5]. Weisenborn F. L., Taub D. J. Am. Chem. Soc., 1952, 74, 1329.

Поступила 24 июля 1978 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

УДК 634.81 : 634.0.221

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ОТ РУБОК УХОДА

Т. К. ЛЫСЯК, Ю. Н. НЕПЕНИН, В. А. ЖАЛИНА

Ленинградская лесотехническая академия, ВНПОбумпром

Приведены результаты исследования химического состава и физических свойств различных частей тонкомерной лиственной древесины от рубок ухода с целью ее практического использования.

XXV съезд КПСС поставил перед целлюлозно-бумажной промышленностью задачу улучшить комплексное использование древесного сырья в производстве целлюлозы путем вовлечения в переработку технологической щепы, древесных отходов и древесины лиственных пород. Один из путей решения этой задачи — применение щепы из всего дерева для производства древесноволокнистых плит и целлюлозы [6]. Использование вершин, ветвей, пней и корней, а также тонкомерной древесины может полностью восполнить дефицит в древесном сырье, прогнозируемый к 2000 г. [3].

В США в 1974 г. 25 предприятий употребляли от 10 до 100% щепы, полученной из всего дерева, в качестве сырья при производстве целлюлозы высокого выхода, сульфатной целлюлозы и бумаги для гофрирования [4], а в 1975 г. эту щепу использовали уже на 114 предприятиях, из которых 29 заводов производили небеленую целлюлозу, 30 заводов — беленую сульфатную целлюлозу, 18 — бумагу для гофрирования [5].

Возможность использования тонкомерной древесины березы и осины от рубок ухода для производства волокнистых полуфабрикатов представляет большой практический интерес. В данной работе для оценки качества такой древесины определены ее физические свойства и химический состав.

Для исследования брали образцы тонкомерной древесины березы и осины, заготовленные в Карельской АССР, с диаметром ствола на уровне груди от 4 до 8 см и высотой 4—10 м. Возраст деревьев — от 8 до 32 лет. Средняя по всем образцам условная плотность древесины березы составляла 442 кг/м^3, осины — 386 кг/м^3. Рубку в щепу различных частей дерева (исходных образцов) производили на рубительной машине типа Кархула без предварительной окорки. Из полученной щепы без сортировки составляли средние пробы.

На рис. 1 показано содержание коры в щепе от рубки различных частей древесины березы *(1)* и осины *(2)*; при этом для осины оно больше, чем для березы (на 1,9% для стволовой части, на 3,3% для дерева в целом и на 8,9% для верхушек и веток).

В табл. 1 приведены результаты определения химического состава различных частей тонкомерной древесины лиственных пород от рубок ухода; для сравнения представлены также средние показатели по химическому составу балансовой древесины березы и осины северо-западной части СССР (по данным Н. И. Никитина [2]).

Тонкомерная древесина (окоренный ствол) отличается от балансовой древесины нормальных размеров пониженным содержанием целлюлозы (на 2—2,5%) при практически одинаковом количестве лигнина и меньшим (на 2—4%) содержанием пентозанов. По-видимому, процесс лигнификации клеток в тонкомерной древесине закончился, а биосин-

тез целлюлозы и гемицеллюлоз, характерных для вторичного и третичного слоев клеточной оболочки, еще продолжается. Зольность и содержание веществ, экстрагируемых горячей водой, у молодой и балансовой древесины практически одинаковы.

Для неокоренного ствола тонкомерной древесины по сравнению с окоренным характерно несколько пониженное относительное содержание целлюлозы и пентозанов и повышенное количество лигнина, золы, смолы, веществ, экстрагируемых горячей водой и 1%-ным раствором NaOH, что, безусловно, объясняется наличием коры. Древесная кора молодых деревьев лиственных пород богата паренхимной тканью (подтверждено микрофотоанализом), а паренхимная ткань содержит больше лигнина и смолы, чем толстостенные лубяные волокна. Кора березы и осины содержит большое количество минеральных веществ: зольность березовой коры составила 1,64%, осиновой — 5,52%. Кроме того, кора молодой древесины богата пектинами и таннидами, растворимыми в горячей воде.

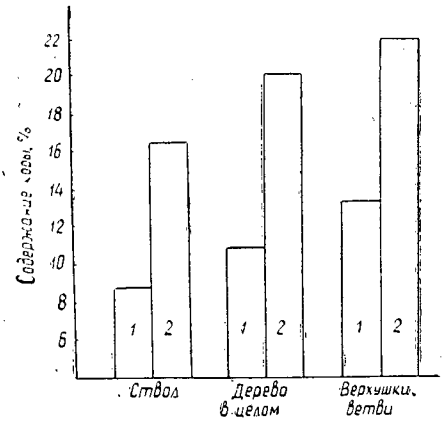


Рис. 1.

Пониженное содержание целлюлозы и пентозанов и повышенное количество лигнина, золы и экстрактивных веществ в щепе дерева в целом, по сравнению с неокоренным стволом, объясняются тем, что в щепе целого дерева присутствуют верхушки и ветки, в клетках которых аккумулируются продукты жизнедеятельности дерева.

Таблица 1

Вид сырья	Содержание компонентов, % от абс. сухой древесины						
	Целлюлозы Кюршнера	Лигнина	Пентозанов	Золы	Веществ экстрагируемых		
					горячей водой	дихлорэтаном	1%-ным раствором NaOH
Ствол окоренный	44,7 / 48,1	19,5 / 21,7	22,8 / 18,1	0,39 / 0,42	3,0 / 2,8	2,4 / 2,6	13,4 / 13,9
Ствол неокоренный	40,3 / 46,6	22,3 / 22,5	22,2 / 18,0	0,44 / 0,99	2,9 / 6,3	4,2 / 3,9	14,8 / 17,6
Дерево в целом	37,1 / 38,1	26,2 / 23,9	22,0 / 14,6	0,65 / 2,25	5,2 / 9,6	3,1 / 5,9	16,4 / 22,3
Верхушки, ветви	32,7 / 33,7	27,6 / 24,1	19,4 / 15,8	1,06 / 2,31	8,1 / 11,6	3,5 / 6,4	20,5 / 21,3
Кора	17,4 / 18,3	45,2 / 27,9	12,4 / 10,4	1,64 / 5,52	16,6 / 22,8	5,9 / 10,2	30,7 / 32,6
Береза балансовая	47,3 / 50,2	21,8 / 21,3	24,8 / 22,8	0,38 / 0,26	3,5 / 2,4	— / —	— / —

Примечание. В числителе данные для березы; в знаменателе — для осины.

При нормировании расхода древесины и волокна в производстве необходимы данные по содержанию лигнина и целлюлозы в 1 м³ древесины (табл. 2). Тонкомерную древесину отличает более низкое содержание лигнина и целлюлозы в 1 м³, что повлечет за собой увеличение расхода древесины на 1 т воздушно сухой целлюлозы.

Таблица 2

Вид древесины	Условная плотность, кг/м³	Содержание в древесине			
		лигнина		целлюлозы	
		%	кг/м³	%	кг/м³
Береза тонкомерная	442	19,5	86,21	44,7	197,6
Береза спелая	540 [1]	21,8	117,7	47,3	255,4
Осина тонкомерная	386	21,7	83,8	48,1	185,7
Осина спелая	408 [1]	21,3	86,9	50,2	204,8

Таким образом, стволовая окоренная древесина березы и осины от рубок ухода имеет химический состав, близкий к балансовой древесине. Ствол неокоренный, дерево в целом, а также верхушки и ветви имеют пониженное содержание целлюлозы и повышенное количество лигнина, что должно отрицательно влиять на выход волокнистых полуфабрикатов и технико-экономические показатели производства.

Возможность получения качественных полуфабрикатов из этого сырья требует опытной проверки.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ерофеев Л. Н. Нормирование расхода древесины и волокна в ЦБП. М., «Лесная промышленность», 1971, с. 153—154. [2]. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1962, с. 512—514. [3]. Keays J. L. Projection of world demand and supply for wood fiber to the year 2000. — «Appl. Polym. Symp», 1975, N 28, p. 29—45. [4]. Mc. Kee J. The pulping of whole-tree chips in the Southeast. — «South. Pulp and Pap. Manuf.», 1974, 37, N 2, p. 20—21. [5]. Plummer G. Uses and potential productivity of whole-tree chippers. — «TAPPI», 1976, 59, N 7, p. 64—65. [6]. Powell L. N., Shoemaker J. D., Lazar R., Barker R. G. Whole-tree chips as a source of papermaking fiber. — «TAPPI», 1975, v. 58, N 7, p. 150—155.

Поступила 15 января 1979 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.371

К ВЫБОРУ СКОРОСТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВА ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩИМИ МАШИНАМИ

О. П. АФАНАСЬЕВ, А. И. МАТВЕЕВ

Московский лесотехнический институт

Исследуются ограничения, налагаемые на скорости перемещения дерева валочно-пакетирующими машинами его прочностью.

Как показывает опыт эксплуатации валочно-пакетирующих машин ЛП-19, во время переноса дерева могут быть случаи перелома его ствола, возникающие из-за резкой остановки захватно-срезающего устройства (ЗСУ) вследствие быстрого перекрытия золотников гидрораспределителей. Это говорит о том, что на скорость движения ЗСУ к моменту его резкой остановки должны быть наложены некоторые ограничения, обусловленные прочностью дерева, или приняты конструктивные меры, исключающие быстрое перекрытие золотников.

Рассмотрим вопрос о колебаниях и прочности дерева при резкой остановке в режиме изменения угла наклона дерева с помощью гидроцилиндра стойки ЗСУ (рис. 1).

Примем следующие допущения:
дерево является однородным цилиндрическим стержнем;
материал дерева подчиняется закону Гука;
колебания дерева малы и происходят в плоскости манипулятора валочно-пакетирующей машины;
колебаний подрессоренной части машины нет;
вес дерева не оказывает влияния на его колебания и прочность.

Рассмотрим следующую схему работы машины. Стойка ЗСУ вращается вокруг оси O_1 (рис. 1) с угловой скоростью ω. В некоторый момент

Рис. 1.

происходит мгновенная остановка ЗСУ. Определим свободные поперечные колебания дерева как цилиндрического стержня.

Дифференциальное уравнение свободных поперечных колебаний цилиндрического стержня имеет вид [1]

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + c^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0; \qquad (1)$$

$$c = \sqrt{\frac{EI}{\mu}},$$

здесь E — модуль упругости дерева при растяжении — сжатии вдоль волокон;
I — момент инерции поперечного сечения дерева относительно нейтральной оси сечения, перпендикулярной плоскости колебаний;
μ — масса единицы длины дерева.

Уравнение собственных форм

$$\varphi^4(x) - k^4\varphi(x) = 0; \tag{2}$$

$$k^4 = \frac{\mu p^4}{EI}, \tag{3}$$

где p — собственная частота;
$\varphi(x)$ — форма главного колебания.

Общее решение дифференциального уравнения (2), как известно [1], удобно представить в виде линейной комбинации функций Крылова

$$\varphi(x) = AS(kx) + BT(kx) + CU(kx) + DV(kx), \tag{4}$$

здесь $S(kx) = \frac{1}{2}\left(\operatorname{ch} kx + \cos kx\right)$;

$$T(kx) = \frac{1}{2}\left(\operatorname{sh} kx + \sin kx\right);$$

$$U(kx) = \frac{1}{2}\left(\operatorname{ch} kx - \cos kx\right);$$

$$V(kx) = \frac{1}{2}\left(\operatorname{sh} kx - \sin kx\right);$$

A, B, C, D — произвольные постоянные.

Условия закрепления на концах в рассматриваемом режиме следующие. Конец дерева, находящийся в ЗСУ ($x = 0$), можно считать жестко закрепленным; вершина дерева ($x = l$, где l — высота дерева над верхним захватом ЗСУ) является свободной. Граничные условия записываем в виде

$$\varphi(0) = \varphi'(0) = 0;$$
$$\varphi''(l) = \varphi'''(l) = 0. \tag{5}$$

Чтобы общее решение (4) удовлетворяло условиям на конце $x = 0$, необходимо, чтобы $A = B = 0$. Тогда формула (3) принимает вид

$$\varphi(x) = C\left[U(kx) - \frac{D}{C}V(kx)\right]. \tag{6}$$

Условия на конце $x = l$ приводят к уравнениям

$$\begin{aligned} CS(kl) + DT(kl) &= 0; \\ CV(kl) + DS(kl) &= 0. \end{aligned} \tag{7}$$

Так как система (7) имеет нетривиальное относительно постоянных C и D решение, получим

$$S^2(kl) - T(kl)\,V(kl) = 0,$$

отсюда

$$\operatorname{ch} kl \cos kl + 1 = 0.$$

Подсчитываем первые три корня этого уравнения [1]

$$k_1 l = 1{,}875;\ k_2 l = 4{,}694;\ k_3 l = 7{,}855. \tag{8}$$

Для первых трех собственных частот получаем

$$p_1^2 = \frac{1{,}875^2}{l^2}\sqrt{\frac{EI}{\mu}};\quad p_2^2 = \frac{4{,}694^2}{l^2}\sqrt{\frac{EI}{\mu}};\quad p_3^2 = \frac{7{,}855^2}{l^2}\sqrt{\frac{EI}{\mu}}.$$

Для того, чтобы найти уравнение i-той собственной формы, выражаем отношение D/C из первого или второго уравнения (7)

$$\frac{D}{C} = -\frac{S(k_i l)}{T(k_i l)} = -\frac{V(k_i l)}{S(k_i l)}$$

и подставляем в формулу (6)

$$\varphi(x) = C\left[U(k_i x) - \frac{S(k_i l)}{T(k_i l)}V(k_i x)\right]. \tag{9}$$

Общее решение дифференциального уравнения (1) можно записать в форме бесконечного ряда

$$y(x,t)=\sum_{i=1}^{\infty}\left(M_i\cos p_it+N_i\sin p_it\right)\left[U(k_ix)-\frac{S(k_il)}{T(k_il)}V(k_ix)\right], \tag{10}$$

где постоянные M_i и N_i определяем из начальных условий

$$y(x,0)=0; \tag{11}$$

$$\dot{y}(x,0)=\omega x. \tag{12}$$

Из условия (11) следует, что все постоянные M_i равны нулю. Поэтому формула (10) принимает вид

$$y(x,t)=\sum_{i=1}^{\infty}N_i\sin p_it\left[U(k_ix)-\frac{S(k_il)}{T(k_il)}V(k_ix)\right]. \tag{13}$$

Для нахождения постоянных N_i продифференцируем уравнение (13) по времени и используем условие (12)

$$\omega x=\sum_{i=1}^{\infty}p_iN_i\left[U(k_ix)-\frac{S(k_il)}{T(k_il)}V(k_ix)\right].$$

Умножая обе части последнего равенства на первую собственную форму, производя почленное интегрирование в пределах от $x=0$ до $x=l$ и учитывая условие ортогональности собственных форм, получаем

$$\omega\int_0^l x\left[U(k_1x)-\frac{S(k_1l)}{T(k_1l)}V(k_1x)\right]dx=p_1N_1\int_0^l\left[U(k_1x-\frac{S(k_1l)}{T(k_1l)}V(k_1x)\right]^2dx. \tag{14}$$

Интеграл в левой части (14) вычисляем, применяя способ интегрирования по частям, интеграл в правой части находим способом, указанным в работе [3]. Решив полученное уравнение относительно постоянной N_1, получаем

$$N_1=\frac{4\omega}{k_1p_1l\left[U(k_1l)-\frac{S(k_1l)}{T(k_1l)}\right](Vk_1l)}\left\{lV(k_1l)-\right.$$

$$\left.-\frac{1}{k_1}\left[S(k_1l)-1\right]-\frac{S(k_1l)}{T(k_1l)}\left[lS(k_1l)-\frac{1}{k_1}T(k_1l)\right]\right\}. \tag{15}$$

Аналогично находим другие постоянные N_i.

Функции Крылова при $k_1l=1{,}875$ имеют следующие значения:

$$S=1{,}513;\quad T=2{,}061;\quad U=1{,}812;\quad V=1{,}111.$$

Подставив эти значения в уравнение (15) и использовав формулу для первой собственной частоты, находим

$$N_1=0{,}327\omega l^3\sqrt{\frac{\mu}{EI}}. \tag{16}$$

Определяем, какую часть энергии дерева, совершающего колебания, несет в рассматриваемом режиме первое главное колебание.

В момент остановки, когда дерево не деформировано, его энергия T_0 равна кинетической и может быть определена по формуле

$$T_0=\frac{1}{6}\mu l^3\omega^2.$$

Энергия, которую несет первое главное колебание, определим при условии, что дерево не деформировано, т. е. при $t=0$:

$$T_1 = \frac{1}{2}\mu N_1^2 p_1^2 \int_0^l \left[U(k_1x) - \frac{S(k_1l)}{T(k_1l)} V(k_1x)\right]^2 dx$$

или

$$T_1 = \frac{1}{8}\mu l N_1^2 p_1^2 \left[U(k_1x) - \frac{S(k_1l)}{T(k_1l)} V(k_1l)\right]^2. \tag{17}$$

Подставляя в выражение (17) значения функций Крылова, а также значения N_1 и p_1, получаем

$$T_1 = 0{,}164\mu l^3\omega^2.$$

Находим отношение

$$\frac{T_1}{T_0} \cdot 100\% = 98{,}4\% .$$

Следовательно, первое главное колебание несет 98,4% всей энергии дерева, поэтому в дальнейшем с достаточной точностью можно учитывать только это главное колебание.

Определим теперь нормальные напряжения в поперечном сечении дерева при колебаниях, вызванных мгновенной остановкой ЗСУ.

Изгибающий момент в поперечном сечении дерева [4]

$$M = EI\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}.$$

Подставляя в это выражение y из уравнения (13) и преобразовывая, получаем

$$M = EI k_1^2 N_1 \sin p_1 t \left[S(k_1x) - \frac{S(k_1l)}{T(k_1l)} T(k_1x)\right]. \tag{18}$$

Наибольшее нормальное напряжение в поперечном сечении дерева σ_x имеет место в крайних волокнах

$$\sigma_x = \frac{Md}{2I} = \frac{Ed}{2} k_1^2 N_1 \sin p_1 t \left[S(k_1x) - \frac{S(k_1l)}{T(k_1l)} T(k_1x)\right], \tag{19}$$

где d — диаметр дерева.

Учитывая, что для круглого поперечного сечения

$$\mu = \frac{\pi d^2\gamma}{4g}; \quad I = \frac{\pi d^4}{64},$$

(где γ — удельный вес древесины; g — ускорение силы тяжести) и используя формулы (3) и (16), уравнение (19) приводим к виду

$$\sigma_x = 2{,}296\omega l\sqrt{\frac{\gamma E}{g}} \sin p_1 t \left[S(k_1x) - \frac{S(k_1l)}{T(k_1l)} T(k_1l)\right]. \tag{20}$$

Максимальное нормальное напряжение

$$(\sigma_x)_{max} = 2{,}296\omega l\sqrt{\frac{\gamma E}{g}} \tag{21}$$

и имеет место в сечении $x = 0$, т. е. в сечении у верхнего захвата ЗСУ. Полагаем, что в уравнении (21) значение $(\sigma_x)_{max}$ равно пределу прочности древесины при изгибе $\sigma_{вр}$; решаем полученное уравнение относительно ω

$$\omega = 0{,}44\frac{1}{l}\sqrt{\frac{g}{\gamma E}}\,\sigma_{вр}. \tag{22}$$

Формула (22) определяет наибольшее допустимое значение угловой скорости при резкой остановке ЗСУ.

Пример. Найдем допустимую угловую скорость для сосны высотой 25 м над верхним захватом ЗСУ. Модуль упругости $E = 8{,}9 \cdot 10^4$ кгс/см², удельный вес $\gamma = 8 \cdot 10^{-4}$ кгс/см³, предел прочности при изгибе $\sigma_{вр}$ следует взять равным 510 кгс/см², т. е. равным низшему значению для свежесрубленного дерева (влажность 70%) при

температуре — 2°С [2]. По формуле (22) находим $\omega = 19$ град/с. Конструкция машины ЛП-19 допускает движение при повороте ЗСУ с угловой скоростью порядка 25 град/с и, следовательно, при резкой остановке возможен перелом дерева.

В заключение приводим формулу для определения допустимой скорости v при резкой остановке в режиме изменения вылета стрелы, считая, что дерево при этом движется поступательно

$$v = 0{,}2\sqrt{\frac{g}{\gamma E}}\,\sigma_{\text{вр}}. \tag{23}$$

Вычисленное по этой формуле при данных рассмотренного выше примера значение допустимой скорости $v = 3{,}78$ м/с.

Полученные в работе зависимости могут служить основанием для выбора скоростей перемещения дерева при проектировании валочно-пакетирующих машин.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бабаков И. М. Теория колебаний. М., «Наука», 1968. [2]. Бойко М. Д. Влияние температурно-влажностного состояния древесины на ее прочность. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре. М.—Л., 1952. [3]. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. М., Физматгиз, 1959. [4]. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов. Т. 1, М., Физматгиз, 1960.

Поступила 20 декабря 1976 г.

УДК 634.0.32

ОБ УДАРНО-ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ НА МАНИПУЛЯТОР ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ (ВПМ) ПРИ ВАЛКЕ ДЕРЕВЬЕВ

В. К. ХЕГАЙ, В. Ф. КУШЛЯЕВ

Ухтинский индустриальный институт, ЦНИИМЭ

Рассмотрена динамика манипулятора ВПМ при валке дерева. Дана формула для определения максимальной ударно-динамической нагрузки на манипулятор при пакетировании деревьев. Установлено условие, позволяющее определить рациональное значение собственной частоты колебаний манипулятора.

Рассмотрим вопрос об определении ударно-динамических нагрузок, воспринимаемых манипулятором ВПМ при валке деревьев.

Систему манипулятор — дерево по оси шарнира захвата расчленяем на две подсистемы: стрела — рукоять, захват — дерево.

На основании закона равенства действия и противодействия импульсы ударных реакций двух расчлененных подсистем равны по модулю и направлены противоположно

$$\overline{S}' = -\overline{S}, \tag{1}$$

где $\overline{S}'$ — ударный импульс, действующий на систему захват — дерево;

$\overline{S}$ — ударный импульс, действующий на систему стрела — рукоять.

Вопросу определения ударного импульса при падении деревьев посвящены работы [1, 3]. Найдем максимальную ударно-динамическую нагрузку, воспринимаемую манипулятором при падении дерева на опору (земля, прицеп).

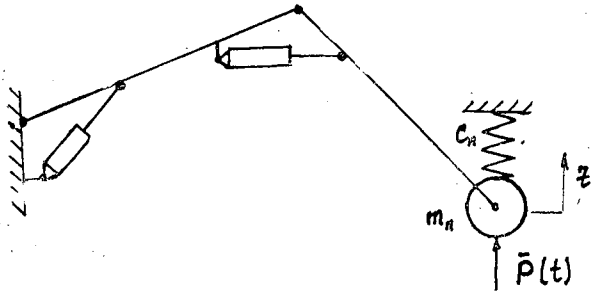


Рис. 1.

$m_п$ — приведенная масса стрелы и рукояти манипулятора к оси захвата; $c_п$ — коэффициент приведенной жесткости стрелы и рукояти манипулятора; $P(t)$ — ударное воздействие дерева на манипулятор; z — динамическое перемещение (упругая деформация) конца рукояти манипулятора.

Расчетная схема ударного взаимодействия манипулятора с деревом приведена на рис. 1.

Предположим, что ударное воздействие дерева на манипулятор имеет форму полуволны синусоиды [1, 3]. Тогда дифференциальные уравнения движения манипулятора запишем в виде [2, 4]

$$\left.\begin{aligned} m_п \ddot{z} + c_п z &= P_0 \sin \frac{\pi}{\tau} t \quad \text{при } t \leqslant \tau; \\ m_п \ddot{z} + c_п z &= 0 \quad \text{при } t > \tau, \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

где P_0 — максимальная ударная сила;
τ — длительность удара.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения (2) складывается из общего решения однородного дифференциального уравнения

$$\ddot{z} + k^2 z = 0 \tag{3}$$

и частного решения данного неоднородного уравнения [2, 4]

$$z = z_1 + z_2 . \tag{4}$$

Выражение (3) имеет общее решение

$$z_1 = D_1 \cos kt + D_2 \sin kt , \tag{5}$$

где $k = \sqrt{\frac{c_п}{m_п}}$ — круговая частота свободных колебаний манипулятора;
D_1, D_2 — постоянные интегрирования.

Частное решение уравнения (2) при $t \leqslant \tau$ находим в виде

$$z_2 = A \sin \frac{\pi}{\tau} t . \tag{6}$$

Постоянную A определяем подстановкой функции (6) и ее второй производной в уравнение (2)

$$-A \frac{\pi^2}{\tau^2} \sin \frac{\pi}{\tau} t + k^2 A \sin \frac{\pi}{\tau} t = h \sin \frac{\pi}{\tau} t ,$$

откуда

$$A = \frac{h}{k^2 - \left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2}, \tag{7}$$

где $h = \frac{P_0}{m_п}$.

Таким образом, искомое частное решение уравнения (2)

$$z_2 = \frac{h}{k_2 - \left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2} \sin \frac{\pi}{\tau} t. \tag{8}$$

Общее решение уравнения (2) с учетом выражений (5), (8) запишем в виде

$$z = D_1 \cos kt + D_2 \sin kt + \frac{h}{k^2 - \left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2} \sin \frac{\pi}{\tau} t. \tag{9}$$

При нулевых начальных условиях постоянные интегрирования D_1 и D_2 выражаются

$$D_1 = 0; \quad D_2 = \frac{\pi h \tau}{k(\pi^2 - k^2\tau^2)}. \tag{10}$$

Подставляя значения D_1 и D_2 в уравнение (9), находим

$$z = \frac{h\tau}{\pi^2 - k^2\tau^2}\left(\frac{\pi}{k} \sin kt - \tau \sin \frac{\pi}{\tau} t\right). \tag{11}$$

Общее решение однородного дифференциального уравнения (2) при $t > \tau$ имеет вид

$$z = D_3 \cos kt + D_4 \sin kt. \tag{12}$$

Постоянные интегрирования D_3 и D_4 определяем при следующих начальных условиях:

$$t = \tau; \qquad z = z(\tau); \qquad \dot{z} = \dot{z}(\tau). \tag{13}$$

При этих начальных условиях

$$\left.\begin{aligned} D_3 &= -\frac{\pi h \tau \sin k\tau}{k(\pi^2 - k^2\tau^2)}; \\ D_4 &= \frac{\pi h \tau}{k(\pi^2 - k^2\tau^2)}\left(1 + \cos k\tau\right). \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

Тогда общее решение дифференциального уравнения (12) принимает вид

$$z = \frac{\pi h \tau}{k(\pi^2 - k^2\tau^2)}\left[\sin k(t - \tau) + \sin kt\right]. \tag{15}$$

Считая удар на опору коротким, определим максимальное значение деформации z в момент $t > \tau$; z имеет максимальное значение при обращении в нуль скорости $\dot{z}$. Из этого условия находим экстремальное значение времени

$$t_э = \frac{\tau}{2} + \frac{\pi}{2k}. \tag{16}$$

Подставляя $t_э$ в уравнение (15), найдем r_{max} при $t > \tau$

$$z_{max} = \frac{2\pi h \tau}{k(\pi^2 - k^2\tau^2)} \cos \frac{k\tau}{2}. \tag{17}$$

Максимальную динамическую нагрузку, воспринимаемую манипулятором, можно определить по формуле

$$N_{max} = \frac{2m_п \pi h k \tau}{\pi^2 - k^2\tau^2} \cos \frac{k\tau}{2}. \tag{18}$$

Так как ударное воздействие имеет форму полуволны синусоиды, коэффициент h выразим через ударный импульс S

$$h = \frac{S\pi}{2m_п \tau}. \tag{19}$$

С учетом выражения (19) формулу (18) перепишем в виде

$$N_{max} = \frac{\pi^2 k S}{\pi^2 - k^2\tau^2} \cos \frac{k\tau}{2}. \tag{20}$$

Как видно из формулы (20), максимальная ударно-динамическая нагрузка зависит от ударного импульса, динамических параметров ма-

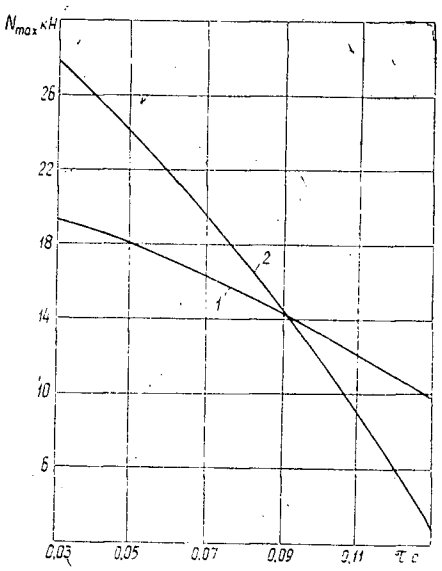


Рис. 2.

1 — $k = 40$ с$^{-1}$, $S=500$ Н · с;
2 — $k=60$ с$^{-1}$, $S=500$ Н · с.

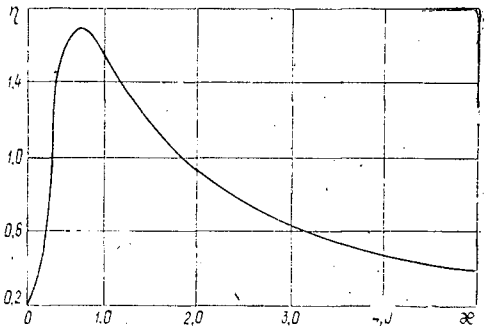


Рис. 3.

нипулятора и продолжительности удара. Ударный импульс S и продолжительность удара τ в свою очередь зависят от физико-механических свойств соударяющихся тел.

Зависимость максимальной ударно-динамической нагрузки от длительности удара представлена на рис. 2, из которого видно, что при возрастании τ от 0,03 до 0,07 с (кривая 2) ударно-динамическая нагрузка, воспринимаемая манипулятором, уменьшается на 30,7%.

Исследуем зависимость максимальной ударно-динамической нагрузки от отношения «частоты» ударной силы $\frac{\pi}{\tau}$ к частоте собственных колебаний манипулятора k. Коэффициент динамичности $\eta = \frac{N_{max}}{P_0}$, показывающий, во сколько раз максимальная ударно-динамическая нагрузка N_{max} больше максимальной ударной силы P_0, в относительных параметрах выражается

$$\eta = \frac{2\varkappa}{\varkappa^2 - 1} \cos \frac{\pi}{2\varkappa}, \tag{21}$$

$\varkappa = \frac{\pi}{k\tau}$ — отношение «частоты» ударной силы к частоте собственных колебаний манипулятора.

Зависимость коэффициента динамичности η от параметра $\varkappa$ показана на рис. 3, из которого видно, что с возрастанием $\varkappa$ коэффициент динамичности увеличивается сначала очень нтенсивно и при $\varkappa \approx 0{,}8$ достигает максимума. При дальнейшем возрастании $\varkappa$ коэффициент динамичности убывает и при $\varkappa > 1{,}87$ становится меньше единицы.

Частоту собственных колебаний манипулятора следует находить из условия $\eta < 1$. Это условие обеспечивается при

$$k < \frac{\pi}{1{,}87\tau}. \tag{22}$$

Неравенство (22) дает возможность при известных значениях определить рациональную частоту колебаний манипулятора. Так, напри-

мер, при $\eta = 0{,}6$ и $\tau = 0{,}03$ с частота колебаний манипулятора должна быть равна 33 $с^{-1}$.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Жуков А. В., Кадолко Л. И. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний. Минск, «Наука и техника», 1978. [2]. Коловский М. З. Нелинейная теория виброзащитных систем. М., «Наука», 1966. [3]. Орлов С. Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. М., Гослесбумиздат, 1963. [4]. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний. М., «Наука», 1971.

Поступила 15 июня 1979 г.

УДК 634.0.36 : 62-19

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ СОСТОЯНИЙ КОМПЛЕКСОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

А. Т. ГУРЬЕВ, В. С. ИСПАНЮК

Ленинградская лесотехническая академия

Архангельский лесотехнический институт

Изложен метод расчета вероятностей исследуемых состояний комплексов лесозаготовительных машин с учетом функциональной и структурной избыточности.

Комплексы лесозаготовительных машин (КЛМ) зачастую обладают временной, структурной и функциональной избыточностями, что позволяет им функционировать при наличии отказов отдельных элементов. Использование КЛМ с частичным отказом снижает эффективность системы. Способность функционировать с несколькими уровнями эффективности следует учитывать при разработке мероприятий по повышению эффективности и надежности комплексов на стадиях проектирования и эксплуатации. Количество возможных состояний системы и вероятности пребывания в определенных состояниях зависят от конкретной структуры КЛМ, законов распределения вероятностей наработки на отказ и времени восстановления.

В работе [2] доказано, что для практических расчетов с достаточной степенью точности можно принять допущение о показательных распределениях наработки между отказами и времени восстановления лесозаготовительных машин.

Следовательно, совокупность состояний лесозаготовительного комплекса описывается с помощью аппарата теории марковских случайных процессов.

Рассмотрим работу КЛМ в составе трех валочно-трелевочных машин и двух трелевочных тракторов (рис. 1). В основном режиме использования системы трелевочные операции проводятся элементами второго типа, при отказах последних весь цикл работ осуществляется элементами первого типа. Фазовое пространство системы состоит из $2^5 = 32$ состояний.

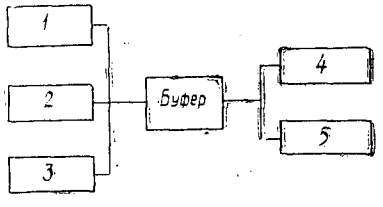


Рис. 1. Структура системы.

1, 2, 3 — элементы первого типа; *4, 5* — элементы второго типа.

В табл. 1 приведены все возможные состояния комплекса в зависимости от состояния элементов (где 0 — работоспособное состояние; 1 — отказ). Для данного множества состояний в принципе можно составить систему линейных дифференциальных уравнений, решение которой представляет трудности вычислительного порядка.

Таблица 1

№ п/п	Состояние элементов					Состояние системы	№ п/п	Состояние элементов					Состояние системы
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	0	17	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	18	1	0	0	0	1	0
3	0	0	0	1	0	0	19	1	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	1	0	20	1	0	0	1	1	0
5	0	0	1	0	0	0	21	1	0	1	0	0	0
6	0	0	1	0	1	0	22	1	0	1	0	1	0
7	0	0	1	1	0	0	23	1	0	1	1	0	0
8	0	0	1	1	1	0	24	1	0	1	1	1	0
9	0	1	0	0	0	0	25	1	1	0	0	0	0
10	0	1	0	0	1	0	26	1	1	0	0	1	0
11	0	1	0	1	0	0	27	1	1	0	1	0	0
12	0	1	0	1	1	0	28	1	1	0	1	1	0
13	0	1	1	0	0	0	29	1	1	1	0	0	1
14	0	1	1	0	1	0	30	1	1	1	0	1	1
15	0	1	1	1	0	0	31	1	1	1	1	0	1
16	0	1	1	1	1	0	32	1	1	1	1	1	1

В рассматриваемой структуре КЛМ множество способов функционирования определяет не отказы отдельных элементов, а суммарное число отказов машин одного типа. Поэтому общее количество учитываемых состояний можно сократить.

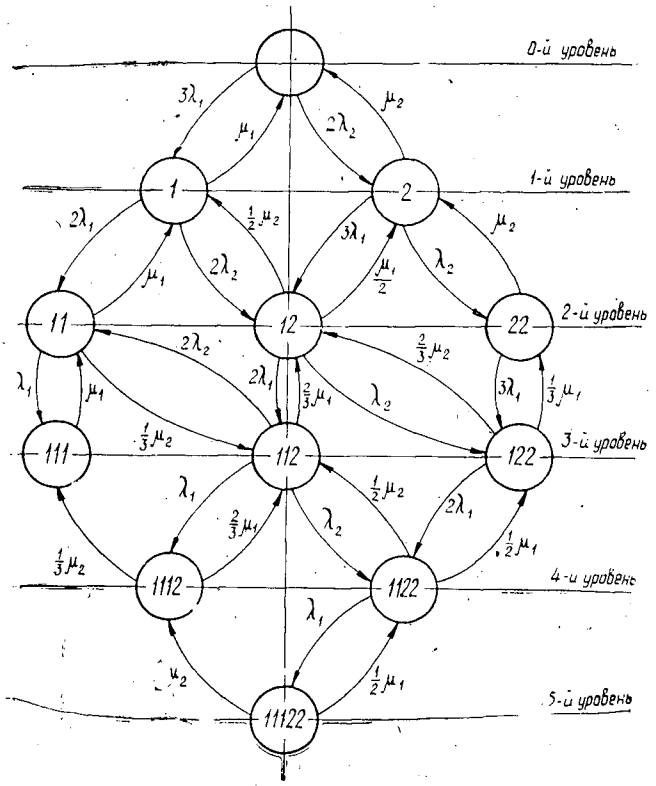


Рис. 2.

На рис. 2 показан упрощенный эквивалентный граф состояний системы с прямым приоритетом обслуживания. Число отказов элементов характеризуется уровнями, номера которых обозначают число отказавших элементов системы. Обозначения графа: 0 — исправность всех элементов системы; 1 — отказ элемента первого типа; 2 — отказ элемента второго типа.

Все возможные переходы из состояния в состояние показаны на графе стрелками.

Если разметка графа по λ-переходам не вызывает затруднений, то для определения μ-переходов использовали метод, предложенный в работе [1].

Для данного случая вероятности состояний удовлетворяют системе дифференциальных уравнений

$$
\left.
\begin{aligned}
&\frac{dP_0(t)}{dt} = -(3\lambda_1 + 2\lambda_2)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t);\\
&\frac{dP_1(t)}{dt} = -(\mu_1 + 2\lambda_1 + 2\lambda_2)P_1(t) + 3\lambda_1 P_0(t) + \mu_1 P_{11}(t) \frac{\mu_2}{2} P_{12}(t);\\
&\frac{dP_2(t)}{dt} = -(\mu_2 + 3\lambda_1 + \lambda_2)P_2(t) + 2\lambda_2 P_0(t) + \frac{\mu_1}{2} P_{12}(t) + \mu_2 P_{22}(t);\\
&\frac{dP_{11}(t)}{dt} = -(\mu_1 + 2\lambda_2 + \lambda_1)P_{11}(t) + 2\lambda_1 P_1(t) + \frac{\mu_2}{3} P_{112}(t) + \mu_1 P_{111}(t);\\
&\frac{dP_{12}(t)}{dt} = -\left(\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \lambda_2 + 2\lambda_1\right)P_{12}(t) + 2\lambda_2 P_1(t) + 3\lambda_1 P_2(t) +\\
&\qquad + \frac{2}{3}\mu_2 P_{122}(t) + \frac{2}{3}\mu_1 P_{112}(t);\\
&\frac{dP_{22}(t)}{dt} = -(\mu_2 + 3\lambda_1)P_{22}(t) + \lambda_2 P_2(t) + \frac{\mu_1}{3} P_{122}(t);\\
&\frac{dP_{111}(t)}{dt} = -\mu_1 P_{111}(t) + \lambda_1 P_{11}(t) + \frac{\mu_2}{3} P_{1112};\\
&\frac{dP_{112}(t)}{dt} = -\left(\frac{\mu_2 + 2\mu_1}{3} + \lambda_2 + \lambda_1\right)P_{112}(t) + 2\lambda_2 P_{11}(t) + 2\lambda_1 P_{12}(t) +\\
&\qquad + \frac{\mu}{2} P_{1122}(t) + \frac{2}{3}\mu_2 P_{1112}(t);\\
&\frac{dP_{122}(t)}{dt} = -\left(\frac{2}{3}\mu_2 + \frac{\mu_1}{2} + 2\lambda_1\right)P_{122}(t) + \lambda_2 P_{12}(t) +\\
&\qquad + 3\lambda_1 P_{22}(t) + \frac{\mu_1}{2} P_{1122}(t);\\
&\frac{dP_{1112}(t)}{dt} = -\left(\frac{\mu_2}{3} + \frac{2}{3}\mu_1\right)P_{1112}(t) + \lambda_1 P_{112}(t) + \frac{\mu_2}{2} P_{11122}(t);\\
&\frac{dP_{1122}(t)}{dt} = -\left(\frac{\mu_2}{2} + \frac{\mu_1}{2} + \lambda_1\right)P_{1122}(t) + \lambda_2 P_{112}(t) +\\
&\qquad + 2\lambda_1 P_{122}(t) + \frac{\mu_1}{2} P_{11122}(t);\\
&\frac{dP_{11122}(t)}{dt} = -\left(\frac{\mu_2}{2} + \frac{\mu_1}{2}\right)P_{11122}(t) + \lambda_1 P_{1122}(t).
\end{aligned}
\right\} \quad (1)
$$

В стационарной постановке, когда $t \to \infty$, система (1) сводится к системе алгебраических уравнений, решение которой с учетом нормировочного условия

$\sum_{i=1}^{N^1} P_i = 1$ (где N^1 — количество состояний упрощенного графа) определяет вероятности состояний лесозаготовительного комплекса.

Допустим, достигнутая наработка между отказами и среднее время восстановления элементов первого и второго типов составили

$$T_н^1 = 13 \text{ ч}; \qquad T_н^2 = 30 \text{ ч};$$

$$T_р^1 = 3{,}5 \text{ ч}; \qquad T_р^2 = 4 \text{ ч}.$$

Для рассмотренного комплекса в табл. 2 приведены расчеты вероятностей состояний по изложенной выше методике.

Таблица 2

Состояние	Вероятность	Состояние	Вероятность
00000	0,2539	11100	0,0382
10000	0,2043	11010	0,1124
00010	0,0686	10011	0,0231
11000	0,1043	11110	0,0347
10010	0,1202	11011	0,0240
00011	0,0093	11111	0,0069

Таким образом, вероятность пребывания КЛМ в состоянии полной надежности $P_0 = 0{,}254$. Большой период времени система находится в состоянии частичного отказа:

$$P = P_1 + P_2 + P_{11} + P_{12} + P_{22} + P_{112} + P_{221} + P_{1122} = 0{,}666.$$

Результаты исследований могут найти применение при разработке мероприятий по повышению эффективности использования лесозаготовительных машин.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Испанюк В. С. Упрощение графа состояний системы с прямым приоритетом обслуживания и П брагадами обслуживания (рук. № 1554—77 деп. в ВИНИТИ 22 апр. 1977 г.). — РЖ ВИНИТИ «Математика», 1977, № 7. [2]. Попов Ф. П. Исследование потока отказов агрегатов лесотранспортных машин. — «Труды ЦНИИМЭ. Химия», 1973, № 131, с. 94—101.

Поступила 25 апреля 1979 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 661.728.361.003.13

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. П. ПЕТРОВ, К. Д. БАХТАДЗЕ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены технико-экономические показатели производства сульфатной целлюлозы из древесины хвойных и лиственных пород.

Развитие целлюлозно-бумажной промышленности высокими темпами требует значительного увеличения потребления древесины, что делает весьма актуальной проблему вовлечения в переработку древесины лиственных пород. Строительство в Сибири и на Дальнем Востоке предприятий на базе хвойного сырья связано с бо́льшими, чем в европейской части, затратами, что вызвано климатическими условиями, неосвоенностью районов, недостатком рабочей силы, необходимостью развития социальной инфраструктуры. Это заставляет резко изменить современную структуру лесопотребления в народном хозяйстве, методы эксплуатации лесов в целях значительного увеличения их продуктивности, в первую очередь, в европейской части страны.

В настоящее время лиственная древесина используется в основном в производстве сульфатной целлюлозы для изготовления традиционных видов бумаги, картона, искусственного волокна, разных видов полуцеллюлозы для производства гофрированного картона.

Объем потребления лиственной древесины целлюлозно-бумажной промышленностью в 1975 г. не превышал 10,3% общего объема сырья, к 1977 г. он увеличился до 11,6%. Объемы потребления в натуральном выражении составили соответственно 4,1 и 5,0 млн. м^3. Крупнейшими потребителями лиственной древесины являются Котласский ЦБК (1514 тыс. м^3), Сыктывкарский ЛПК (801 тыс. м^3), Архангельский ЦБК (346 тыс. м^3), Красноярский ЦБК (267 тыс. м^3) и Пермский БК (222 тыс. м^3).

Доля переработки лиственной древесины от общего расхода древесного сырья составила в 1977 г.: по Котласскому ЦБК — 36,6%, Сыктывкарскому ЛПК — 43,5%, Пермскому БК — 43,9%, Красноярскому ЦБК — 19,0%, Архангельскому ЦБК — 10,5%.

Значительно увеличилось потребление лиственной древесины на Котласском ЦБК и Жидачевском ЦКЗ, где прирост потребления составил 580 и 67 тыс. м^3.

Увеличение потребления лиственной древесины произошло в результате строительства ряда специализированных потоков по производству лиственных полуфабрикатов на Котласском, Сыктывкарском, Херсонском и Измаильском целлюлозно-бумажных предприятиях. Производство полуцеллюлозы на специализированных лиственных потоках осуществляется на следующих предприятиях: Котласском ЦБК, Архангельском ЦБК, Кзыл-Ординском ЦКК, Пермском БК и Майкопском ЦКЗ.

Лиственная древесина потребляется также в смеси с хвойной. Данные о структуре потребления лиственной древесины в ЦБП за 1977 г. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Производства и предприятия	Объем производства полуфабрикатов, тыс. т	Доля, %	Объем потребления лиственной древесины, тыс. м³	Доля, %
Производство сульфатной целлюлозы всего	3440	100,0	3033	100,0
в том числе:				
на специализированных лиственных потоках:	465	13,5	2273	74,9
Котласский ЦБК	243		1203	39,7
Сыктывкарский ЛПК	163		801	26,4
Херсонский ЦБЗ	33		151	5,0
Измаильский ЦКЗ	26		118	3,9
в смеси с хвойной:	896	26,1	760	25,1
Сегежский ЦБК	524		308	10,2
Астраханский ЦКК	89		186	6,1
Братский ЛПК	220		154	5,1
Жидачевский ЦКЗ	63		112	3,7
Производство полуцеллюлозы всего	549	100,0	1699	100,0
в том числе:				
на специализированных лиственных потоках:	407	74,1	1432	84,3
Котласский ЦБК	111		311	18,3
Архангельский ЦБК	93		346	20,4
Кзыл-Ординский ЦКК	50		174	10,2
Балахнинский ЦКК	34		112	6,6
Пермский БК	78		222	13,1
Майкопский ЦКЗ	41		267	15,7
в смеси с хвойной:				
Красноярский ЦБК	142	25,9	267	15,7

Из данных табл. 1 следует, что 13,5% объема производства сульфатной целлюлозы вырабатывается на специализированных лиственных потоках и доля потребления лиственной древесины составляет 74,9%. Такие предприятия, как Сегежский ЦБК, Астраханский ЦКК, Братский ЛПК и Жидачевский ЦКЗ, производят сульфатную целлюлозу в смеси с хвойной. Доля этих предприятий в общем объеме производства сульфатной целлюлозы составляет 26,1% при доле использования лиственной древесины 25,1%.

На специализированных лиственных потоках производится 74,1% полуцеллюлозы при доле потребления лиственной древесины 84,3%. В смеси с хвойной лиственная древесина в производстве полуцеллюлозы используется на Красноярском ЦБК, где вырабатывается 25,9% полуцеллюлозы, при потреблении лиственной древесины в размере 15,7%.

Преимущество использования лиственной древесины на специализированных потоках заключается в улучшении качества целлюлозы, снижении удельного расхода древесного сырья и других производственных ресурсов (химикаты, пар, вода и др.).

Анализ технико-экономических показателей производства сульфатной целлюлозы произведен сопоставлением показателей хвойных и ли-

ственных потоков на Братском ЛПК и Котласском ЦБК, расположенных в одинаковых климатических условиях и имеющих примерно равный уровень технической вооруженности.

В табл. 2 дано сопоставление технико-экономических показателей варки и отбелки 1 т беленой сульфатной целлюлозы по отчетным данным за 1977 г.

Таблица 2

Показатели	Единицы измерения	Хвойный поток (Братский ЛПК)	Лиственный поток (Котласский ЦБК)
Варка			
Древесное сырье:			
расход	м³	5,41	3,93
затраты	р.-к.	104—43	56—97
Химикаты:			
сода каустическая	кг	14,3	—
сульфат натрия	»	93,3	75,0
затраты	р.-к.	5—92	7—01
Энергия на технологические цели:			
пар	Гкал	1,8	1,9
электроэнергия	кВт·ч	149,0	140,0
вода	м³	68,0	136,0
затраты	р.-к.	11—12	22—47
Отбелка			
Химикаты:			
сода каустическая	кг	79,0	56,7
сернистый ангидрид	»	8,9	—
хлор	»	80,2	44,8
гипохлорит натрия	»	26,7	17,7
затраты	р.-к.	30—82	18—73
Энергия на технологические цели:			
пар	Гкал	1,41	1,37
электроэнергия	кВт·ч	236,0	171,0
вода	м³	197,0	146,0
затраты	р.-к.	11—90	14—93
Полная себестоимость товарной продукции	»	246—91	181—37

Расход древесного сырья на лиственном потоке ниже хвойного на 27,0%. Затраты на древесину на Котласском ЦБК на 45,4% ниже, чем на Братском ЛПК. Расход химикатов на варку на лиственном потоке на 20% ниже, чем на хвойном. Расход пара, электроэнергии и воды на варку лиственной древесины значительно выше, чем на хвойную. При отбелке лиственной целлюлозы расход химикатов ниже, чем при отбелке хвойной.

Так, на Котласском ЦБК расходуется соды каустической на 28%, хлора на 44%, гипохлорита натрия на 34% меньше, чем на Братском ЛПК. Снижение расхода химикатов на отбелку лиственной целлюлозы по сравнению с хвойной привело соответственно к снижению затрат на них на 39%.

Полная себестоимость производства 1 т целлюлозы на лиственном потоке ниже на 26%.

Данные свидетельствуют, что при разнице в уровне цен на древесину хвойных и лиственных пород себестоимость производства лиственной целлюлозы меньше, что создает преимущества для развития этого производства.

Рассмотренные выше показатели недостаточно характеризуют эффективность использования лиственной древесины, так как не отражают всех аспектов использования сырья и химикатов при их переработке в специализированных потоках и в смеси с хвойной.

Мы применили систему показателей, соизмеряющих результаты производственной деятельности с затратами материальных ресурсов*. Такими показателями являются: отношение товарной продукции и прибыли от производства товарной продукции к объему потребляемого сырья в натуральном выражении (E_1; E_3) и к стоимости потребляемого сырья (E_2; E_4). В табл. 3 приведены результаты расчетов этих показателей по отчетным данным за 1976 и 1977 гг., из которых видно, что при производстве сульфатной беленой целлюлозы переработка лиственной древесины более эффективна, чем хвойной.

Таблица 3

Предприятия	1976 г.				1977 г.			
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_1	E_2	E_3	E_4
Лиственный поток								
Котласский ЦБК	62,33	17,24	4,51	1,25	64,73	24,11	4,47	1,66
Херсонский ЦБЗ	57,60	15,40	2,87	0,77	57,84	14,16	2,83	0,69
Хвойный поток								
Братский ЛПК	42,58	2,28	2,12	0,11	43,63	4,92	2,26	0,25

Поступила 5 июня 1979 г.

УДК 330.2.003.13

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОТРУДНИЧЕСТВА СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАН ПО СОВМЕСТНОЙ ЗАГОТОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Г. А. ШМУЛЕВ

Брянский технологический институт

Излагаются методы и даны формулы для определения экономической эффективности сотрудничества по национальным и интернациональным затратам и результатам.

За последние годы одной из форм экономического сотрудничества социалистических стран стала совместная заготовка древесины на территории СССР. Имеется опыт такого сотрудничества с НРБ и КНДР. В связи с этим возникает необходимость в определении его экономической эффективности.

Критерием экономической эффективности международного сотрудничества является взаимная выгода. Сотрудничество социалистических стран по совместной заготовке древесины на территории СССР носит специфический характер, при котором в каждом случае затраты (трудовые, материальные и денежные) несут обе участвующие стороны, а в

* Лобовиков Т. С., Петров А. П. Экономика комплексного использования древесины. М., «Лесная промышленность», 1976, 168 с.

качестве результата выступает доля объема древесины, поставляемой в адрес каждой из сторон. Следовательно, здесь нет четко выраженных только национальных или только интернациональных затрат и результатов. По нашему мнению, при разработке показателей, характеризующих экономическую эффективность такого сотрудничества, возможны следующие методические подходы.

1. По национальным затратам и результатам. В качестве показателя общей (абсолютной) эффективности такого сотрудничества в целом рекомендуется показатель:

$$Э_{общ} = \frac{Ц_{ср}}{C_{ср} + E_н K_{ср}} \geqslant 1, \quad (1)$$

а для i-той страны

$$Э_i = \frac{Ц_i}{C_i + E_н K_i} \geqslant 1. \quad (2)$$

Общий экономический эффект можно определить по формуле

$$A_i = [Ц_i - (C_i + E_н K_i)] Q_i. \quad (3)$$

В этих формулах $C_{ср}$ и C_i — полные текущие затраты в расчете на один обезличенный кубометр древесины, включая заготовку, отгрузку и доставку потребителю: средние на весь объем заготовляемой древесины и индивидуальные для i-той страны;

$Ц_{ср}$ и $Ц_i$ — средняя и индивидуальная цена 1 м³ древесины;

$K_{ср}$ и K_i — то же удельные капитальные вложения;

$E_н$ — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений. Принимается средний по народному хозяйству той страны, в валюте которой производятся расчеты;

Q_i — годовой объем древесины, поставляемой в i-тую страну.

Среднюю цену обезличенного кубометра древесины ($Ц_{ср}$) рассчитывают как среднюю взвешенную исходя из общих объемов заготавливаемой древесины по каждому сортименту и соответствующих цен, а $Ц_i$ (индивидуальную цену) определяют так же, но исходя из объемов, поставляемых в i-тую страну. Методически так же (т. е. исходя из расчета на весь объем или только в i-тую страну) находят соответственно $C_{ср}$ и $K_{ср}$; C_i и K_i.

По формуле (1) можно определить, окупятся ли общие затраты (текущие и единовременные) в результате такого сотрудничества в целом, а по формуле (2) — для i-той страны. Если $Э_i > 1$, по формуле (3) можно вычислить годовой экономический эффект для каждой из участвующих сторон. При наличии нескольких вариантов сотрудничества наиболее экономичный выбирается по минимуму приведенных затрат ($C + E_н K = \min$).

Достоинство такого метода в том, что здесь все входные и выходные величины сопоставимы, ибо все затраты и результаты рассчитыва-

ются в национальной стоимости любой из участвующих сторон (для сравнения целесообразно выполнить оба расчета).

2. Через интернациональную стоимость. Поскольку сотрудничество выходит за рамки одной страны, то при оценке его экономической эффективности необходимо учитывать те специфические черты, которые присущи международному рынку и могут не находить отражения при расчете затрат и результатов в национальных стоимостях.

Так, при определении экономической эффективности сотрудничества социалистических стран по совместной заготовке древесины на территории СССР необходимо соблюдать следующие условия:

величину попенной платы в текущих затратах принимать на среднемировом уровне (на уровне наших основных конкурентов), в то время как существующий уровень ее в нашей стране значительно ниже среднемирового;

денежную оценку основных и вспомогательных материалов, топлива, энергии, используемых в процессе совместных лесозаготовок и деревообработки, производить с учетом среднемировых цен; то же относится и к советской технике, используемой для заготовки, вывозки и обработки древесины;

в себестоимости продукции учитывать затраты СССР на подготовку и обучение кадров другой страны, принимающей участие в таком сотрудничестве, а также затраты на подготовку технической документации по освоению лесосек и т. п.;

принимать во внимание дефицит рабочей силы в нашей стране, что находит отражение в повышении затрат другой стороны на оплату труда их рабочих как по линии материального поощрения, так и по оргнабору;

отражать возможность привлечения кредитов из других социалистических стран, что отражается через величину нормативного коэффициента экономической эффективности капитальных вложений, а также коэффициента приведения разновременных затрат;

учитывать дополнительные транспортные расходы другой страны на доставку лесопродукции до ее границ.

Указанные специфические особенности такого сотрудничества могут быть учтены, если все затраты и результаты будут пересчитаны через интернациональную стоимость. Тогда в качестве показателя общей экономической эффективности всего сотрудничества в целом можно использовать показатель

$$Э'_{общ} = \frac{B_{ср} X_{им.\ экв}}{C'_{ср} + E'_{н} K'_{ср}} \geqslant 1, \qquad (4)$$

а в качестве показателя общего экономического эффекта для i-той страны (в рублях):

$$A'_i = [B_i X_{им.\ экв} - (C'_{ср} + E'_{н} K'_{ср})] Q_i, \qquad (5)$$

где $B_{ср}$ и B_i — среднемировая цена 1 м³ древесины соответственно по всему объему заготовок и для i-той страны, вал. р./м³;

$X_{им.\ экв}$ — импортный эквивалент (показатель сопоставимости валютного и внутреннего рубля), р./вал. р.;

$C'_{ср}$, $E'_{н}$, $K'_{ср}$ — соответственно суммарные текущие затраты в расчете на 1 м³ древесины, коэффициент экономической эффективности капитальных вложений и удельные ка-

питальные вложения, пересчитанные с учетом интернациональной стоимости (р./м^3);

Q_i — годовой объем древесины (обезличенной), поставляемой в i-тую страну, м^3.

Взаимовыгодность в этом случае — формула (5) — может быть достигнута как через изменение качественного состава (ассортимента) поставляемой в данную (i-тую) страну лесопродукции и ее объема (т. е. B_i и Q_i) при соответствующих неизменных (оговоренных в договоре) затратах (единовременных и текущих) каждой из сторон, так и соответствующей корректировкой последних (т. е. C' и K') по тем статьям и элементам, которые будут взаимно дополнительно согласованы, при неизменных ежегодных объемах поставки лесопродукции в каждую из стран и без изменения ее (продукции) качества.

Если $Э_{общ}$, $Э_i$ или $Э'_{общ}$ по расчетам окажутся меньше 1, то вопрос об окончательной целесообразности расширения такого сотрудничества должен решаться с учетом его социальных, политических и других эффектов (например, рост общего объема производства стран-участниц сотрудничества, возрастание общего экономического потенциала социалистических стран, сближение форм организации труда и производства, взаимный обмен опытом работы, социалистического соревнования, повышение квалификации кадров и др.).

Поступила 18 июня 1979 г.

УДК 338.45.002.6

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

А. В. ПЛАСТИНИН

Архангельский лесотехнический институт

Дана сравнительная оценка значений чистой продукции, рассчитанной по методике, предлагаемой в статье, и по традиционной методике НИИТруда.

В настоящее время в соответствии с Методическими указаниями Госплана СССР предлагается планировать и анализировать экономическую эффективность производства на предприятиях на основе системы показателей эффективности [1, 2, 4]. Центральное место в этой системе занимает показатель чистой продукции, призванный отражать вновь созданную на предприятии стоимость.

Однако расчет показателя чистой продукции на уровне предприятия сопряжен с определенными трудностями, поскольку для этого, обычно из комплексных статей затрат, приходится выделять раздельно элементы чистой продукции и материальных затрат. На принципе выделения материальных затрат и исключения их из товарной продукции построена методика расчета чистой продукции НИИТруда [5], которая в настоящее время получила наибольшее распространение. Однако необходимость выполнения многих промежуточных расчетов по этой методике делает расчет показателя чистой продукции весьма трудоемким даже при использовании сметы затрат, особенно если долю материальных затрат (чистой продукции) в затратах, не включаемых в производство валовой (товарной) продукции, брать не по усредненному для

всей промышленности значению*, а рассчитывать для каждой конкретной отрасли на основе первичной информации по фактически сложившемуся соотношению.

Для максимального упрощения расчетов нами была предпринята попытка разработать методику расчета показателя чистой продукции, исключающую использование комплексных статей. В книге А. Л. Цернеса [6] приведена подобная методика расчета показателя чистой продукции со ссылкой на использование работ экономистов Ленинградской лесотехнической академии.

Основные идеи разработки данной методики в ЛТА принадлежали автору данной статьи и были изложены ранее [3]. Опыт использования методики позволил окончательно сформулировать основные ее принципы как в теоретическом, так и практическом плане.

Идея методики понятна из анализа соотношения различных частей в составе товарной продукции (рис. 1).

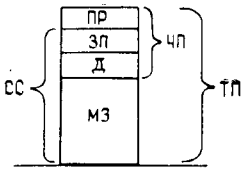


Рис. 1.

ПР — прибыль; *ЗП* — заработная плата; *Д* — дополнительные элементы; *МЗ* — материальные затраты; *СС* — себестоимость; *ЧП* — чистая продукция; *ТП* — товарная продукция.

Из рисунка видно, что объем чистой продукции может быть определен не только вычитанием материальных затрат из товарной продукции, но и суммированием отдельных элементов чистой продукции:

$$ЧП = ПР + ЗП + Д.$$

Выбор конкретных показателей для выражения представленных элементов чистой продукции рассмотрен ниже.

В виде общего замечания отметим, что статистикой учитывается национальный доход (чистая продукция) на уровне народного хозяйства в виде произведенного, распределенного и использованного.

Аналогично можно определять размер чистой продукции и на предприятии.

Возьмем, например, такой элемент чистой продукции, как отчисления на социальное страхование. Если иметь в виду произведенную чистую продукцию, то в ее состав следует включать всю начисленную сумму на социальное страхование; если же иметь в виду распределенную, то средства социального страхования следует учитывать в размере фактических выплат, полученных работниками предприятия; причем эти величины могут не совпадать.

На наш взгляд, если расчет чистой продукции на предприятии выполняется для использования этого показателя в расчетах экономической эффективности производства, то следует его рассчитывать как произведенную чистую продукцию.

В соответствии со сказанным в состав чистой продукции включаем «прибыль от производства товарной продукции», рассчитываемую в виде разности между товарной продукцией в оптовых ценах и ее полной себестоимостью:

$$ПР = ТП - СС.$$

* Как это рекомендуется в методике НИИТруда (см. например, [5]).

Таблица 1

Статьи	Форма и строка годового отчета	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.
Товарная продукция в действующих ценах *ТП*	ф. 8	7037	7369	8423	9166	10273	10648	10985
Полная себестоимость товарной продукции *(СС)*	ф. 6	7530	7474	8263	8893	9631	9275	9686
Прибыль от производства товарной продукции *(ПР)*		—493	—105	+160	+273	+642	+1373	+1299
Фонд заработной платы ППП *(ЗП)*	ф. 9	1459,8	1497,5	1798,5	1886,8	2006,7	2005,9	2112,1
Фонд заработной платы несписочного персонала	ф. 9	3,4	3,7	3,9	5,8	5,6	5,9	5,9
Денежные и натуральные выплаты $Д'_1$: всего	ф. 9, с. 122	134,1	131	153	191	192,8	211	215,1
в том числе:								
пособия на пенсии за счет соцстраха	ф. 9, с. 123	111,0	107,0	125,0	158,0	161,6	180,7	184,1
единовременная помощь из ФМП	ф. 9	0,4	2,2	7,4	5,4	8,7	12,9	9,7
Итого денежных и натуральных выплат в чистой продукции $Д_1$		22,7	21,8	20,5	27,6	22,5	17,4	21,3
Начисления по социальному страхованию $Д_2$	ф. 9, с. 124	142,0	143,6	176,0	188,0	204,7	211,0	224,3
Отчисления на НИР ($Д_3$)	ф. 5	40	40	50	60	60	60	70
Отчисления в фонд освоения новой техники ($Д_3$)	ф. 5	40	40	60	—	40	40	60
Отчисления в фонд премирования за освоение новой техники ($Д_3$)	ф. 5	10	9	16	18	20	20	22
Всего чистой продукции $ЧП = ПР + ЗП + Д_1 + Д_2 + Д_3$		1224,9	1650,6	2284,9	2459,2	3001,5	3733,2	3814,6

Заработная плата (*ЗП*) как элемент чистой продукции должна быть представлена, на наш взгляд, фондом заработной платы промышленно-производственного персонала. Фонд заработной платы непромышленного персонала формирует чистый продукт, созданный в других отраслях народного хозяйства (строительстве, транспорте и т. д.) и здесь не должен учитываться. Фонд заработной платы непроизводственного персонала вообще не является произведенной чистой продукцией, ибо чистая продукция (национальный доход) создается лишь в производственной сфере (сфере материального производства). Если отдельные работы промышленного характера выполняются на предприятии работниками несписочного состава, то фонд заработной платы их следует включить в состав произведенной чистой продукции.

Дополнительные элементы чистой продукции (*Д*). Здесь мы выделяем следующие составляющие:

$$Д = Д_1 + Д_2 + Д_3,$$

где $Д_1$ — различные денежные и натуральные выплаты, увеличивающие доход трудящихся. Этот элемент показан в форме 9 годового отчета по строке 122 ($Д_1'$). Для того чтобы избежать повторного счета, из этой суммы надо вычесть пособия и пенсии, полученные за счет средств социального страхования (d_1 — форма 9, строка 123) и единовременную помощь из фонда материального поощрения (d_2 — форма 9, строка 67), т. е.

$$Д_1 = Д_1' - d_1 - d_2;$$

$Д_2$ — фактически начисленная на социальное страхование сумма (форма 9, строка 124);

$Д_3$ — отчисления на НИР, в фонд освоения новой техники и фонд премирования за освоение новой техники (форма 5, строки 27, 28, 29).

При некоторых обстоятельствах в составе произведенной чистой продукции могут быть учтены премии, не входящие в фонд заработной платы и в фонд материального поощрения; например, премии за экономию сырья, материалов, электроэнергии (они показываются в форме 9 годового отчета). Однако премии за освоение новой техники, приводимые там же, учитывать не следует, чтобы избежать повторного счета, ибо в $Д_3$ показаны все фактически произведенные отчисления в этот фонд.

В табл. 1 на примере Архангельского гидролизного завода приводится методика расчета показателя чистой продукции (тыс. р.), основанная на рассмотренных положениях. Расчеты сделаны применительно к формам годового отчета.

Нетрудно заметить, что почти все основные элементы можно взять и из техпромфинплана; исключение составляет элемент $Д_1$. Заметим, однако, что его величина, во-первых, мала, во-вторых, довольно стабильна (на Архангельском гидролизном заводе в течение 7 лет на уровне 20 тыс. р.), что позволяет включать в план величину $Д_1$ на уровне прошлого года.

Для того чтобы оценить точность метода, сравним значение показателей с аналогичными показателями чистой продукции, рассчитанными по методике НИИТруда (табл. 2).

Анализ данных показывает, что оба показателя весьма идентично отражают динамику производства; значения коэффициентов вариации

Таблица 2

Показатели	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.
Чистая продукция тыс. р.	1178,0 / 1244,9	1588,1 / 1650,6	2232,5 / 2284,9	2413,1 / 2459,2	2969,7 / 3001,5	3664,3 / 3733,2	3894,0 / 3814,6
% к предыдущему году	—	134,8 / 132,6	140,6 / 138,4	108,1 / 107,6	123,1 / 122,1	123,4 / 124,4	106,3 / 102,2
Отклонение тыс. р.	+66,9	+62,5	+52,4	+46,1	+31,8	+68,9	—79,4
%	+5,7	+4,0	+2,3	+1,9	+1,1	+1,9	—2,0

Примечание. В числителе данные, полученные по методике НИИТруда (вариация 36,6%); в знаменателе — по нашей методике (вариация 35%).

рядов показателей очень близки. Абсолютное отклонение составляет примерно 50 тыс. р. Относительные отклонения находятся на уровне 2%.

Аналогичные результаты получены при расчете показателя чистой продукции по данным других гидролизных заводов.

Рассмотренная методика представляется удобным и надежным инструментом расчета показателя чистой продукции на уровне предприятия при анализе и планировании экономической эффективности производства.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Методические указания к разработке Государственных планов развития народного хозяйства СССР. М., «Экономика», 1974. 791 с. [2]. Основные методические положения и порядок разработки техпромфинплана. — «Экономическая газета», 1977, № 50. [3]. Пластинин А. В. Необходимость и возможность применения показателя чистой продукции в расчетах эффективности производства на предприятиях гидролизной промышленности. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973. № 6, с. 146—151. [4]. Типовая методика разработки пятилетнего плана производственного объединения (комбината), предприятия. М., «Экономика», 1975. 374 с. [5]. Филиппова Г. Д. Производительность труда в промышленности. М., «Экономика», 1973. 152 с. [6]. Цернес А. Л. Опыт использования показателя нормативно-чистой продукции. М., ВНИПИЭИлеспром, 1977.

Поступила 13 апреля 1979 г.

УДК 674.093.2.004.18

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЪЕДИНЕНИЯ СЕВЕРОЛЕСОЭКСПОРТ

М. Г. КОНЧЕВСКАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследуется уровень комплексного использования сырья по системе показателей ЛТА и ЦНИИМОДа.

В связи с развитием комплексной переработки сырья натуральные показатели (выход конечной продукции с единицы сырья, расход сырья на единицу продукции и т. д.) не всегда полно характеризуют его использование, так как в комбинированных производствах эти показатели не способны «уловить» различия в эффективности и глубине переработки сырья.

В результате исследований, выполненных проблемной экономической лабораторией ЛТА в 1971—1975 гг. [2], были предложены пока-

затели, определяющие съем товарной продукции, получение расчетной прибыли, съем чистой продукции с 1 м^3 и 1 р. стоимости перерабатываемого сырья.

Эффективность применения этих показателей была доказана экспериментальными расчетами, выполненными в ЛТА по ряду регионов СССР. Данная система показателей дает возможность сравнить эффективность различных форм переработки древесины, выявить уровень комбинирования производств, прогрессивность технологических режимов, качество потребленного сырья и ассортимент выпускаемой продукции.

В 1977 г. ЦНИИМОДом была разработана временная «Инструкция по планированию и учету показателей уровня комплексного использования сырья в лесопильном производстве» [1], имеющая целью более точно учитывать и планировать степень использования древесного сырья и имеющиеся резервы.

Нами рассмотрены следующие показатели эффективности комплексного использования сырья из предложенных в [1] и [2]:

ε_1 — отношение товарной продукции, выработанной из древесного сырья (включая отходы), к объему переработанного сырья;

ε_2 — отношение товарной продукции к стоимости потребленного сырья;

ε_3 — отношение расчетной прибыли к объему потребленного сырья;

ε_4 — отношение расчетной прибыли к стоимости потребленного сырья;

K_1 — процент полезного использования сырья в натуральном выражении;

K_2 — процент полезного использования отходов в натуральном выражении;

γ — доля товарной продукции из отходов в общем объеме товарной продукции.

Рассмотрим приложение данной системы показателей эффективности комплексного использования сырья на примере предприятий объединения Северолесоэкспорт.

В состав объединения входит 15 лесопильно-деревообрабатывающих предприятий, специализированных на выпуск экспортных пиломатериалов, за исключением Котласского ДОКа, который специализируется на домостроении. Доля продукции лесопиления в общем выпуске товарной продукции по объединению превышает 90%, что говорит о высоком уровне специализации и концентрации лесопиления. Почти на всех предприятиях, кроме Мезенского и Печорского лесозаводов, налажен выпуск технологической щепы.

Основное сырье — хвойный пиловочник (еловый и сосновый) с преобладанием средних бревен диаметром 14—24 см. В соответствии с ГОСТом 9463—72 лесоэкспортным предприятиям должно поставляться пиловочное сырье только 1—3-го сортов, фактически это требование нарушается и поставляется значительное количество сырья 4-го сорта.

Объем производства пиломатериалов по объединению за период с 1971 г. по 1977 г. возрос на 150 тыс. м^3, или на 3,6%, в том числе экспортных — на 18,7 тыс. м^3, или на 6,8%.

В связи с ростом объемов распиливаемого сырья по предприятиям объединения растут и объемы отходов. Так, например, в 1971 г. при объеме распиленного сырья 7534,5 тыс. м^3 было получено 2008 тыс. м^3 кусковых отходов, 875 тыс. м^3 опилок и стружки, а к 1977 г. объем кус-

Таблица 1

Предприятия	Объем перерабатываемого сырья, тыс. м³	Расчетная рентабельность, %	Производительность труда, тыс. р.	ε_1	ε_2	ε_3	ε_4	K_1	K_2	γ
				р.				%		
ЛДК № 1	607,9	4,1	10,51	35,6	2,12	1,09	0,065	86,9	73	12,7
ЛДК № 2	363,5	—6,8	8,64	34,2	2,02	—2,64	—0,156	75,1	52	8,6
ЛДК № 3	823,9	—2,4	9,82	34,05	1,92	—0,63	—0,035	78,6	62	10,3
ЛДК № 4	336,3	8,6	13,24	43,6	2,33	1,91	0,102	76,3	67	9,0
ЛДК им. Ленина	676,2	4,7	12,57	41,9	2,46	1,56	0,091	80,6	68	11,0
Соломбальский ЛДК	1912,3	—0,6	10,98	33,95	2,0	—0,19	—0,114	82,7	70	11,1
Цигломенский »	921,4	—8,9	8,01	32,4	1,94	—3,49	—0,209	76,7	66	15,3
Онежский »	735,9	—2,5	8,73	34,9	2,16	—0,59	—0,035	87,0	79	7,5
Мезенский лесозавод	243,6	—8,6	6,82	34,8	1,96	—3,07	—0,173	81,9	—	—
Печорский »	152,4	—28,8	7,88	32,2	1,92	—1,52	—0,49	51,5	—	—
Пермиловский »	280,0		15,04	31,8	1,83			76,5	50	8,4
Плесецкий »	47,0		4,8	27,1	1,42			55,9	—	0,7
Шалакушский »	257,3		15,31	30,4	1,63			73,3	38	6,0
Коношский »	191,5		13,21	33,5	1,69			75,7	41	4,8
Итого по филиалам	776,0	13,6	13,7	31,5	1,64	1,7	0,089	74,0	52	6,2
Итого по объединению (без Котласского ДОКа)	7549,4		10,2	35,5	2,06			78,0	62	9,0

ковых отходов возрос до 2276,7 тыс. м³, опилок и стружки — до 976 тыс. м³ (объем переработанного сырья — 7952,4 тыс. м³).

Если проследить динамику использования отходов лесопиления и деревообработки по объединению Северолесоэкспорт за период с 1971 г. по 1977 г., то видно, что уровень использования отходов довольно высок: от 88% в 1971 г. до 93% в 1977 г., но из них на технологические нужды идет только половина, остальная часть используется в качестве топлива. Основным продуктом переработки кусковых отходов является технологическая щепа для целлюлозно-бумажного производ-

ства. В 1971 г. доля отходов для производства щепы ЦБП составляла 69%, а в 1977 г. — 75% всего объема отходов, использованных на технологические нужды.

На рассмотренных предприятиях кора в настоящее время практически не используется (за исключением незначительного количества с Цигломенского ЛДК для удобрений), в основном вывозится в отвалы.

Для оценки полноты использования сырья по предприятиям объединения Северолесоэкспорт были определены показатели комплексности по предлагаемой методике. Для расчетов использованы данные отчетности за 1977 г. по объединению (табл. 1). Для того чтобы выявить показатель, который мог бы служить критерием при анализе эффективности комплексного использования древесного сырья на предприятиях, была исследована корреляционная связь показателей комплексности с производительностью труда и расчетной рентабельностью. Согласно нашим исследованиям, в качестве такого критерия следует выделить показатель ε_3. Улучшение использования сырья (увеличение ε_3) обеспечивает рост производительности труда и эффективности использования производственных фондов. Показатель соизмеряет конечный результат производственной деятельности предприятий (прибыль) с затратами ресурсов древесного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Инструкция по планированию и учету показателей уровня комплексного использования сырья в лесопильном производстве. Архангельск, 1978. [2]. Лобовиков Т. С., Петров А. П. Экономика комплексного использования древесины. М., «Лесная промышленность», 1976.

Поступила 17 апреля 1979 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*.614

ПЕРИОД ТЕХНИЧЕСКОЙ СПЕЛОСТИ

А. Г. ИЗМОДЕНОВ

Хабаровский политехнический институт

На примере древостоев лиственницы даурской II класса бонитета рассмотрена методика расчета допустимого отклонения возраста рубки от возраста технической спелости и обосновано понятие периода технической спелости. Дан анализ принятого в настоящее время отклонения 10%.

Возраст рубки чаще всего устанавливают по технической спелости. В процессе совершенствования этого способа специалисты нашли возможным допускать отклонение возраста рубки от уровня технической спелости в размере 10% (по среднему приросту). Это предложение носит характер логического вывода как-то объясненного, но не доказанного, особенно в отношении размера отклонения.

В настоящей работе дано обоснование понятия отклонения и периода технической спелости и методика расчета этих признаков на примере древостоев лиственницы даурской II класса бонитета Среднего и Нижнего Приамурья для варианта, когда деловая древесина поделена на пять групп крупности круглых сортиментов: 5—13,0 см; 13,1—19,0 см; 19,1—25,0 см; 25,1—31,0 см; 31,1 см и крупнее.

По материалам специального исследования на графиках рис. 1, 2 изображены кривые динамики суммарного среднего прироста по группам крупности. Максимальные значения приростов соответствуют возрастам технической спелости (*T*). Как видно из приведенных данных, возраст технической спелости наступает для сортиментов: 5—13,0 см — в 53 года; 13,1—19,0 см — в 97 лет; 19,1—25,0 см — в 127 лет; 25,1—31,0 см — в 158 лет; 31,1 см и крупнее — в 180 лет.

Но спелость должна характеризоваться не одним значением возраста, а определенным диапазоном. Техническим критерием, определяющим границы этого диапазона, может служить середина интервала между возрастами спелости соседних групп крупности, так как она указывает на момент перехода от одной группы крупности к другой.

В нашем примере середины этих интервалов по группам крупности сортиментов определяются следующими числами: 75, 112, 143 и 169 лет. Именно в этих возрастах и должно исчисляться среднее отклонение.

Таблица 1

Диаметр круглых сортиментов в верхнем торце, см	Средний прирост, м³			Отклонения среднего прироста для срединного возраста			
	максимальный	для срединного возраста		меньшего		большего	
		меньшего	большего	м³	%	м³	%
5—13,0	3,66	—	3,57	—	—	0,10	3
13,1—19,0	2,95	2,78	2,78	0,17	6	0,17	6
19,1—25,0	2,04	1,94	2,00	0,10	5	0,04	2
25,1—31,0	1,44	1,36	1,41	0,08	6	0,03	2
31,1 и более	0,67	0,65	—	0,02	3	—	—

Согласно табл. 1, у сортиментов разных групп крупности, а также внутри одной группы темпы приростов неравномерны и неодинаковы, поэтому относительные отклонения колеблются от 2 до 6%. Полученные значения свидетельствуют о том, что для данного конкретного случая отклонение 10% не приемлемо.

Если требуется детальная характеристика диапазона спелости, то можно воспользоваться всеми высчитанными отклонениями, помещенными в таблице, и произвести расчет по группам крупности, а внутри них в сторону меньшего и большего срединного возрастов отдельно. Таким образом, для каждой группы крупности при расчете

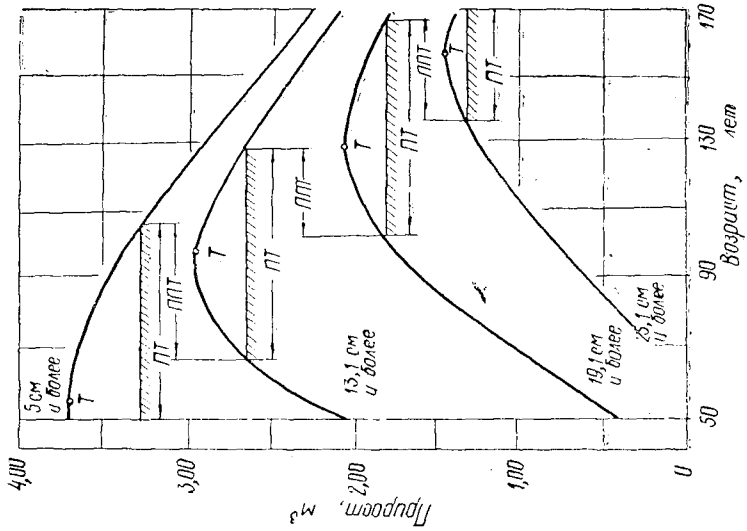


Рис. 1. Периоды технической спелости древостоев лиственницы даурской II класса бонитета при отклонении 4,1%.

Т — техническая спелость; ПТ — период технической спелости; ППТ — перекрытие периодов технической спелости; РПТ — разрыв периодов технической спелости.

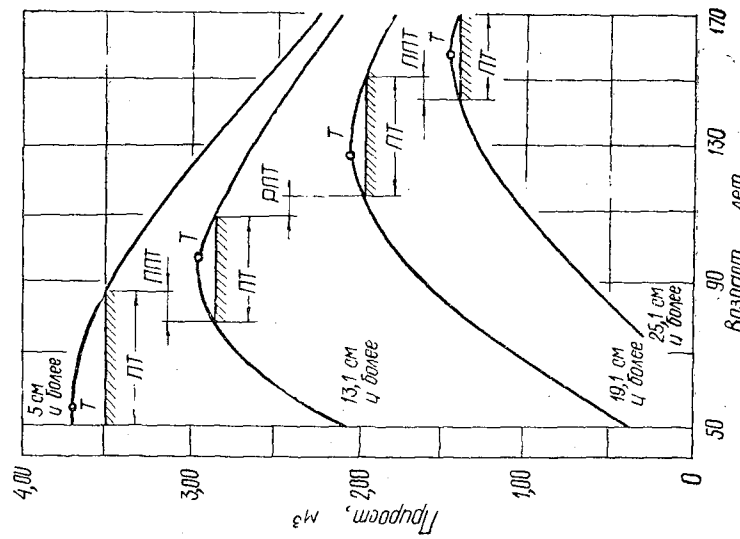


Рис. 2. Периоды технической спелости древостоев лиственницы даурской II класса бонитета при отклонении 10%. Обозначения те же.

следует исходить из двух отклонений или из 10 отклонений для всех древостоев II класса бонитета лиственницы даурской.

Но практически нет нужды в такой дробной характеристике, усложняющей все последующие технические расчеты размера главного пользования. К тому же достаточно высокую точность обеспечивает использование лишь одного среднего отклонения.

Для рассматриваемых древостоев среднее арифметическое отклонение равно 4,1%. Эту величину отнимают от максимальных приростов и для полученной разности находят положение в соответствующих рядах динамики среднего прироста. В результате для каждой группы крупности получают диапазон действия данного отклонения по возрасту.

Возрастной диапазон, на который указывает отклонение, следует именовать периодом технической спелости (ПТ). Для приведенного примера период технической спелости при отклонении 4,1% для группы крупности 5—13,0 см находится в пределах от 30 до 83 лет и равен 53 годам, для последующих групп крупности:

13,1—19,0 см — от 78 до 109 лет, т. е. 31 году; 19,1—25,0 см — от 116 до 153 лет, т. е. 37 годам; 25,1—31,0 см — от 145 до 175 лет, т. е. 30 годам (рис. 1).

Период технической спелости показывает, в каких пределах допустимо смещать возраст рубки по сравнению с возрастом технической спелости. Возраст рубки устанавливают в пределах периодов технической спелости в зависимости от сортиментного плана, а также от распределения лесного фонда по возрастным группам в хозяйстве.

Ввиду того, что среднее отклонение не совпадает с конкретными значениями отклонений, то естественно образуются перекрытия периодов технической спелости (ППТ) соседних групп крупности или разрывы периодов технической спелости (РПТ) (отрицательное перекрытие) — рис. 1. При расчетах важно выбрать такое среднее отклонение, чтобы перекрытия и разрывы были минимальны или равнялись нулю. Больших разрывов допускать не следует, иначе будут явно занижены периоды технической спелости. Поэтому если рассчитанное среднее арифметическое отклонение будет давать большие разрывы, его надо несколько увеличить, но в пределах фактических отклонений.

При отклонении 4,1% перекрытия равны 5 годам между группами крупности 5 и 13,1 см, — 7 годам между группами 13,1 и 19,1 см и 8 годам между группами 19,1 и 25,1 см (рис. 1). Это несущественные, вполне приемлемые погрешности. Брать отклонения меньше 4,1% нет резона, так как уже при этом значении появился довольно большой разрыв, в частности, между группами крупности 13,1 и 19,1 см (отрицательное перекрытие, равное — 7 годам).

Для описываемого случая есть смысл принять отклонение 5%, при этом разрыв уменьшится с 7 до 2 лет. В таком случае необходимо произвести расчеты, аналогичные сделанным здесь для среднего арифметического отклонения.

Из рис. 2 видно, что при отклонении 10% границы периодов технической спелости близки к возрастам технической спелости соседних групп крупности или даже перекрывают их. При таком отклонении сходит на нет исходная роль групп крупности, что совершенно недопустимо.

Период технической спелости даже для одной породы одинаковой производительности зависит от дробности деления на группы крупности. Общая закономерность такова, что чем меньше групп крупности взято в расчет, тем больше процент отклонения и, наоборот, отклонение меньше при большем числе принятых групп крупности.

Таким образом, период технической спелости предлагается рассчитывать по следующей схеме: 1) расчет динамики суммарного среднего прироста по группам крупности, 2) определение максимального среднего прироста, 3) определение среднего прироста для срединных возрастов, 4) расчет фактических отклонений среднего прироста древостоев срединных возрастов от максимального значения, 5) выбор среднего отклонения и проверка перекрытий и разрывов, 6) установление границ технической спелости по возрасту, 7) определение продолжительности периода технической спелости. Расчет производится для древостоев конкретной породы, класса бонитета с определенным делением на группы крупности.

УДК 630*.114.26 : 578.087.1

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ БИОМЕТРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Б. Д. ЗАЙЦЕВ

ВНИИЛМ

На основе значений процентированных ошибок дается представление о пестроте ряда агрохимических, химических и морфологических показателей свойств верхних генетических горизонтов профиля лесных подзолистых почв в пределах элементарного выдела. Повторность 25-кратная.

Лесные подзолистые почвы, в пределах элементарного выдела, могут обладать большой пестротой свойств. Это положение необходимо учитывать при проведении лесоводственных и лесокультурных мероприятий. Изложенное заставило нас изучить этот вопрос на двух объектах, однородных по климату и характеру почвообразующих наносов, в условиях зонального подзолистого процесса. В предыдущих наших сообщениях [1—4] были затронуты вопросы пестроты агрохимических, химических и морфологических свойств верхних генетических горизонтов почвенного покрова на этих объектах, при 25-кратной повторности и применении методов статистической обработки полученных цифровых материалов.

Кратко напомним о характере этих объектов. Объект 1: Московская область, Хомяковское лесничество, вырубка, площадь 1,25 га. Элементарный почвенный выдел — мелкодерновая среднеподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке. Объект 2: Московская область, Красноармейское лесничество, вырубка, площадь 0,65 га. Элементарный почвенный выдел — мелкодерновая слабоподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке.

Разрозненные опубликованные материалы требовали их сопоставления, критичного рассмотрения и некоторых дополнений. Поскольку полный анализ полученного материала выходит за пределы журнальных статей, остановимся на центральной задаче исследований — точности эксперимента, находящем отражение в величине процентированной ошибки P. Эта величина дает возможность легко установить другой интересный показатель — вариационный коэффициент v по формуле $v = P\sqrt{n}$. При повторности $n = 25$ $v = 5P$ [5].

Таблица 1

Показатели свойств верхних генетических горизонтов	Мелкодерновая среднеподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке				Мелкодерновая слабоподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке		
	A_0	A_1	A_2	A_2—B	A_1	A_1—A_2	A_2—B
Агрохимические:							
Гидролитическая кислотность	7	6	5	6	5	5	4
Обменная кислотность	9	8	7	10	12	8	9
Сумма обменных оснований	8	19	12	9	5	6	6
Степень насыщенности по гидролитической кислотности	7	18	6	7	7	6	6
Степень насыщенности по обменной кислотности	10	2	3	5	5	4	6
Калий по Пейве	9	14	12	12	7	5	6
Фосфор по Кирсанову	22	20	19	17	14	25	22
Химические:							
Обменный водород	8	8	7	10	11	7	13
Обменный кальций	7	12	12	10	6	8	9
Обменный магний	8	20	16	10	6	6	8
Сумма обменных оснований	7	18	12	7	6	7	8
Емкость поглощения	5	7	6	6	4	4	8
Степень насыщенности основаниями	3	2	3	2	2	5	4
Органическое вещество	7	13	10	3	5	4	6
Морфологические:							
Мощность генетических горизонтов	8	8	8	7	5	5	6

Рассмотрим значения процентированных ошибок, приведенных в табл. 1. При этом исходим из положения, что допустимый предел точности $P = 10$. С учетом точности эксперимента процентированные ошибки даны в целых числах. Табл. 1 содержит 105 цифр процентированных ошибок. В 81 случае этот показатель не больше 10, в 24 — больше.

Удовлетворяющую нас точность на обоих объектах показывают: гидролитическая кислотность (4—7), степень насыщенности основаниями по обменной кислотности (2—10), емкость поглощения (4—8), степень насыщенности основаниями (2—5) и мощность генетических горизонтов (5—8).

Превышение процентированной ошибки цифры 10 на первом объекте наблюдается для восьми свойств почвы и на втором — для трех. Здесь мы отмечаем связь пестроты почвенного покрова с особенностями подзолистого процесса.

Из изученных свойств почв наиболее плохие показатели точности дают цифры содержания фосфора, определяемого по методу Кирсанова. В связи с наличием в ряде случаев больших величин процентированных ошибок возникает вопрос о числе повторностей, обеспечивающих требуемую точность опыта. Математическая статистика [5] решает этот вопрос применением уравнения

$$n = \frac{v^2 t^2}{P^2},$$

где n — требуемое число повторностей;
v — вариационный коэффициент;

t — показатель достоверности, обычно принимаемый равным 2;
P — требуемая точность опыта.

В вопросе применения этого метода возникают два принципиальных момента.

1. Устанавливаемое число повторностей может быть очень большим, что вызывает практические трудности.

2. Лимиты (пределы колебаний) могут укладываться в рамки, определяющие возможность делать требуемое заключение и при малой точности опыта. Проиллюстрируем это положение на основе наших исследований, когда значение процентированной ошибки достигает 25 (объект 2, горизонт A_1—A_2, фосфор). Если мы обратимся к цифрам лимита, то увидим, что границы колебаний содержания фосфора укладываются в пределах от 0,1 до 1,0 мг на 100 г почвы [1]. Такие цифры дают право говорить о большой бедности этого горизонта усвояемым фосфором.

В данном сообщении не затронут вопрос о прямых показателях азотного режима изучаемых почв — присутствии аммиака и нитратов. Полученные данные носят предварительный характер и указывают на большую динамичность присутствия аммиака, в частности, на возможность большого влияния доведения влажных образцов почвы до воздушносухого состояния. Нитраты в изученных почвах присутствовали в столь малых количествах, что затруднительно определить их числовое выражение.

Естественно, что такого рода исследованиями следует охватить широкий диапазон лесорастительных условий. Они должны помочь выработать наиболее эффективную методику характеристики свойств лесных почв и нормативы их оценки с лесоводственной точки зрения.

В отношении агрохимических показателей стоит также вопрос о сроках взятия образцов почвы и условиях их хранения. Наличие в профиле лесной подзолистой почвы нескольких резко отличных генетических горизонтов создает сложную обстановку и возможность значительных отличий свойств почвы в близких условиях почвообразования.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Зайцев Б. Д. Опыт применения агрохимических методов анализа при изучении свойств лесных подзолистых почв. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 3. [2]. Зайцев Б. Д. Материалы к характеристике пестроты морфологических свойств верхних горизонтов лесных подзолистых почв. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 2. [3]. Зайцев Б. Д. О пестроте содержания органического вещества в верхних горизонтах лесных подзолистых почв. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 4. [4]. Зайцев Б. Д. О пестроте содержания обменных катионов в верхних генетических горизонтах лесных подзолистых почв. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 3. [5]. Тюрин А. В. Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. М., Гослесбумиздат, 1961.

УДК 634.0.323

К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ПИЛЕНИЯ КОНЦЕВЫХ ОТРЕЗКОВ ХЛЫСТА НА СЛЕШЕРЕ

Г. С. МИРОНОВ, В. И. КОНДРАТЬЕВ

Сибирский технологический институт

Изложена методика расчета мощности свободно висящих отрезков хлыста при раскряжевке на слешерных агрегатах и приводятся результаты экспериментов.

При отпиливании свободно висящих отрезков хлыста (комлевой или вершинной части) пилой слешера в определенный момент, близкий к завершению реза, прочности недопиленной части ствола (недопила) недостает для удержания всей массы отпиливаемого конца. Это ведет к сужению пропила и резкому возрастанию сил трения о поверхность пильного диска. Для определения действующих силовых факторов этого процесса со стороны отпиливаемого отрезка нами составлена расчетная схема (рис. 1); при этом допускалось, что недопиленная часть сечения ствола является шарниром.

Из уравнения моментов определим силу трения T, действующую на пильный диск

$$T = Q \frac{l\mu}{R \cos \varphi - a}, \qquad (1)$$

где Q — масса отрезка:
l — расстояние от центра тяжести отрезка до плоскости пильного диска;

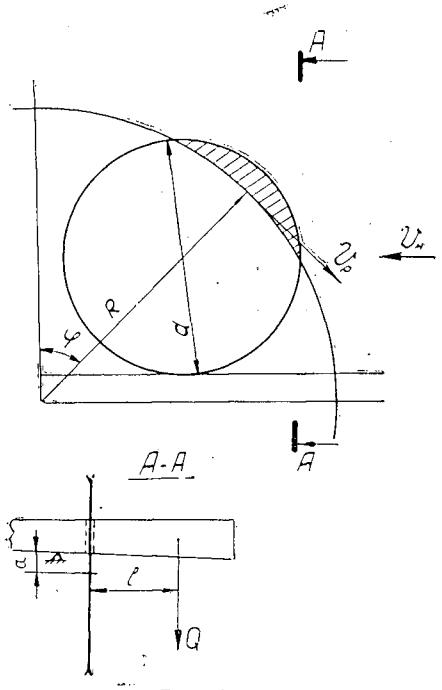


Рис. 1.

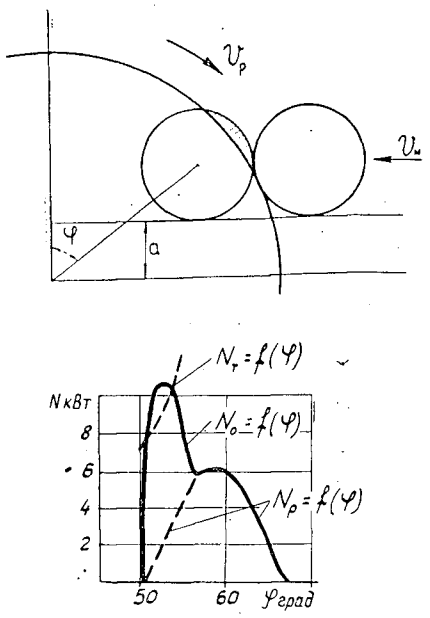


Рис. 2.

μ — коэффициент трения древесины по стали;
R — радиус пильного диска;
φ — угол между векторами скоростей резания $V_р$ и надвигания $V_н$.

Для преодоления возникающих сил сопротивления необходима дополнительная мощность

$$N_т = \frac{Ql\,V_р\mu\sqrt{\left(\frac{d}{2}+a\right)^2 \operatorname{tg}^2\varphi - a^2}}{R\,(R\cos\varphi - a)}, \qquad (2)$$

здесь d — диаметр распиливаемого ствола.

В формуле (2) мощность трения дана как функция от угла φ, уменьшающегося по мере надвигания хлыста на вращающийся пильный диск. Если мощность чистого пиления (без трения пильного диска о стенки пропила) с прямолинейным надвиганием древесного ствола [1] выразить в функции от этого же угла, то получим

$$N_р = kbV_н\left[2\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(R - \frac{\frac{d}{2}+a}{\cos\varphi}\right)^2}\right]\sin\varphi, \qquad (3)$$

Показатели	Единицы измерения	Численные значения показателей					
		20			30		
		и длин консолей					
		—	1,0	2,0	—	1,0	2,0
$N_о$	кВт	3,68	5,97	16,81	6,48	8,78	19,75
$N_р$	„	3,68	3,68	3,68	6,48	6,48	6,48
$k_к = \frac{N_о}{N_р}$	—	1,0	1,62	4,57	1,0	1,35	3,05

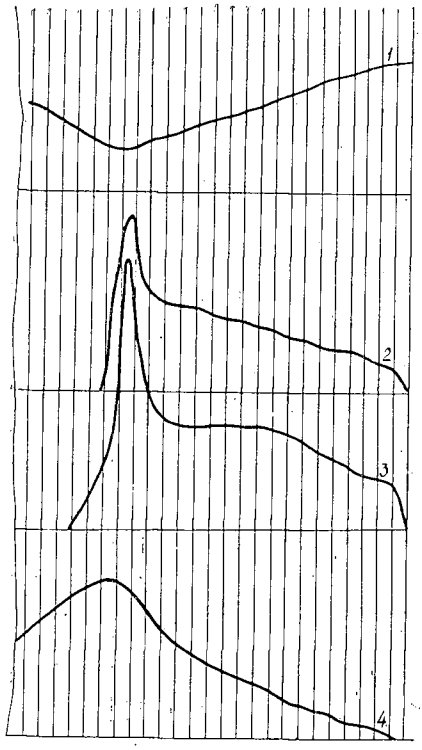


Рис. 3.

1 — изменение числа оборотов пильного диска; *2* — вертикальная составляющая суммы сил резания и трения; *3* — горизонтальная составляющая суммы сил резания и трения; *4* — изменение крутящего момента на валу пильного диска.

где k — удельное сопротивление резанию древесины;

b — ширина пропила.

При появлении деформации недопила резко увеличиваются затраты мощности на пиление концевых отрезков хлыста, что вызвано действием сил трения при вращении пилы в условиях суженного пропила. Полная мощность

$$N_0 = N_т + N_р. \qquad (4)$$

На рис. 2 изображены схема надвигания древесного ствола на пильный диск и график суммарной мощности на пиление и преодоление трения, полученный расчетным путем по формулам (2)—(4) при $l = 1$ м и $d = 30$ см. Из графика видно, что перед завершением распиливания мощность значительно увеличивается.

Анализ полученных уравнений дает основание полагать, что на характер изменения мощности в большей степени влияют длина консоли и масса отрезка. Диаметр отпиливаемого отрезка влияет в меньшей степени, так как начало контакта (конец распиливания) происходит при малых углах φ и, следовательно, при малой линейной скорости пильного диска относительно отпиливаемого отрезка в точке контакта. На правильность расчета большое влияние оказывает верно выбранный коэффициент трения μ, зависящий от удельного давления торца отрезка на пильный диск, линейной скорости последнего и некоторых других факторов [2].

Для проверки полученных уравнений были проведены опыты на экспериментальном стенде кафедры механизации лесоразработок СТИ. Определяемые параметры записывали с помощью осциллографа Н-700 от тензодатчиков через усилитель УТ-4-1. Эксперименты проводили при скорости резания $V_р = 60$ м/с. Диаметры распиливаемого ствола в месте пропила составляли 10, 20, 30 и 40 см, длины консолей — 0,25; 0,5; 0,75 и 1,0 м. Перед каждым опытом делали контрольный рез при длине отпиливаемого отрезка 5 см для определения мощности чистого пиления без трения пильного диска.

На рис. 3 приведен фрагмент осциллограммы процесса отпиливания свободно висящего отрезка древесного ствола. На осциллограмме четко зафиксирован большой скачок силовых параметров, построенный расчетным путем график (рис. 2) правильно отображает ход изменения мощности.

Таблица 1

для разных диаметров d, см								
40			50			60		
l, м								
—	1,0	2,0	—	1,0	2,0	—	1,0	2,0
9,03	11,33	22,49	12,2	14,32	25,04	14,34	16.64	27,4
9,03	9,03	9,03	12,2	12,2	12,2	14,34	14,34	14,34
1,0	1,25	2,49	1,0	1,17	2,05	1,0	1,16	1,91

После обработки результатов эксперимента на ЭВМ «Наири-К» получено уравнение связи между суммарной мощностью, диаметром и длиной отпиливаемого отрезка

$$N_0 = 0{,}34d - 2{,}70 - 0{,}001d^2 - 1{,}92l + 4{,}22l^2. \quad (5)$$

В табл. 1 приведены некоторые значения суммарной мощности пиления для разных диаметров и длин отпиливаемых отрезков, рассчитанные по уравнению (5). Хорошо прослеживается тенденция к снижению коэффициента кратности $k_к$ отношения суммарной мощности к мощности чистого пиления.

Таким образом, отпиливание консольно висящих отрезков хлыста на слешере характеризуется увеличением мощности. Заметный скачок мощности появляется при $d \geqslant 20$ см и $l \geqslant 0{,}5$ м, причем длина консоли в большей степени влияет на рост суммарной мощности, чем высота пропила.

При определении мощности электродвигателей консольно вынесенных пил слешера необходимо проверять значение мощности на преодоление сил повышенного трения по приведенным выше уравнениям.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Залегаллер Б. Г. Расчет пильных механизмов раскряжевочных установок. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. [2]. Кондратьев В. И., Загоруйко Л. Д. Исследование коэффициента торца ели по пильному диску. — В кн.: Лесозаготовки и лесотранспорт. (Сборник научно-исследовательских работ). СТИ, Красноярск, 1972.

УДК 691

ГИПСОВЫЙ АРБОЛИТ

В. А. КОРНЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изложены результаты исследования по замене портландцемента строительным гипсом в производстве арболита. Теоретически и технико-экономически обоснована технология производства арболита и деревобетона. Получен экономичный местный гипсовый (бесцементный) арболит и деревобетон, удовлетворяющие требованиям ГОСТа 19222—73 на цементный арболит.

При производстве ряда строительных изделий одним из путей уменьшения потребности в дефицитном и дорогостоящем материале — цементе — является рациональное использование местных вяжущих, к числу которых можно отнести гипсовые.

Нами проведены исследования по разработке технологии производства гипсового арболита взамен выпускаемого в настоящее время цементного.

Быстрый процесс твердения гипсового арболита и деревобетона позволяет применять их при строительстве монолитных зданий различного назначения, возводимых с помощью передвижной или скользящей опалубки.

Для получения морозостойкого гипсового арболита и деревобетона с образованием в конечном продукте необходимых водонерастворимых минералов в гипсовую смесь вводили различные активные гидравлические добавки в виде или тонкомолотого (до тонкости помола портландцемента) котельного шлака, или кирпичного боя (цемянки), или золы ТЭЦ, а также известь.

Химический процесс твердения гипсового арболита:

$$2\,[Ca(OH)_2] + SiO_2 \cdot nH_2O = 2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O + 2H_2O.$$

Главный водонерастворимый минерал $2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ и придает необходимую морозостойкость гипсовому арболиту. В гипсовую смесь вводили в незначительных количествах жидкое натриевое стекло $Na_2O \cdot nSiO_2$, которое на воздухе разлагается с выделением молекулярного кремнезема (в виде коллоидного раствора), обладающего быстрой способностью к склеиванию и ускоренному твердению при комнатной температуре.

Химическая реакция жидкого стекла:

$$Na_2O \cdot nSiO_2 + CO_2 = Na_2CO_3 \cdot nSiO_2.$$

Активный кремнезем, выделяющийся из стекла, является и гидравлической добавкой при твердении аморфного кремнезема. Жидкое стекло — одновременно хорошая минерализующая добавка.

Как показали исследования, введение в гипсовую смесь незначительного количества гидрофобной добавки в виде этилсиликоната натрия ГКЖ-10 и сульфитно-спиртовой барды ССБ значительно улучшает структуру гипсового арболита и деревобетона; за счет этого также повышаются морозо-, био- и химическая стойкость гипсового арболита и деревобетона.

Приводим состав исходных компонентов гипсового арболита и деревобетона в процентах в пересчете на абс. сухие материалы:

1) строительный гипс, удовлетворяющий требованиям ГОСТа 125—70, теплоизоляционный (1-, 2-, 3-й сорта) — 42,5 теплоизоляционно-конструктивный — 56,0;

2) дробленка из отходов лесопиления для арболита теплоизоляционного — 42,5, теплоизоляционно-конструктивного — 26,5; дробленка из лесосечных отходов для деревобетона — соответственно в тех же количествах. В обоих случаях дробленка удовлетворяла требованиям ГОСТа 19222—73 по гранулометрическому составу;

3) тонкомолотые активные (местные) гидравлические добавки (с остатком на сите № 008 не более 15%) в виде или котельного шлака, или отходов глиняного кирпича (боя) вместе с очажными остатками, или золы ТЭЦ для теплоизоляционных гипсового арболита и деревобетона — 7 и для теплоизоляционно-конструктивного — 8;

4) известь-пушонка 1-, 2-го сортов или тонкомолотая известь (с полным проходом через сито № 008) 1-, 2-, 3-го сортов, удовлетворяющая требованиям ГОСТа 9179—70, для теплоизоляционного арболита и деревобетона — 7, для теплоизоляционно-конструктивного — 8;

5) химические добавки в виде этилсиликоната натрия ГКЖ-10, сульфитноспиртовой барды ССБ, жидкого натриевого стекла с модулем 2,6—0,5.

Химические добавки растворяли в воде; и дробленка находилась в этом растворе до предельного насыщения в течение 16—24 ч, что приводило к удалению экстрактивных веществ из древесного заполнителя и упрощению технологии при хорошей формующейся способности гипсовой смеси. Арболит теплоизоляционный и деревобетон формовали при влажности смеси — 50%, а теплоизоляционно-конструктивный, имеющий повышенное количество вяжущих, — при 60%.

Гипсовый арболит и деревобетон изготовляли, в основном, из местных материалов. Привозными были только некоторые химические добавки в очень незначительных количествах.

Основные физические и химические свойства гипсового арболита и деревобетона приведены в табл. 1. Здесь же для сравнения даны показатели для цементного арболита.

Таблица 1

Материал	Предел прочности при сжатии, кгс/см²	Объемная масса в абс. сухом состоянии, кг/м³	Коэффициент теплопроводности, ккал/(м · ч × °С)	Морозостойкость, цикл	Химическая стойкость
Гипсовый арболит и деревобетон: теплоизоляционный	10	590	0,11	25	После 3-месячного хранения образцов в 35%-ной аммиачноуглекислой среде потери прочности и массы не обнаружено
теплоизоляционно-конструктивный	20	750	0,13	25	
Цементный арболит	5—35	400—750	0,07—0,13	25	
Требования ГОСТа 19222—73 на цементный арболит	5—35	400—750	0,07—0,13	25—50	Не предусмотрена требованиями ГОСТа 19222—73

Данные табл. 1 показывают, что гипсовый арболит и деревобетон удовлетворяют всем требованиям ГОСТа 19222—73 на цементный арболит. Все испытания произведены в строгом соответствии с действующими стандартами, а химическую стойкость определяли по специально разработанной методике в эксикаторах, где была создана среда, напоминающая среду животноводческих помещений.

Гипсовый арболит и деревобетон были испытаны нами и на огнестойкость. При удалении источника огня тление сразу же прекращалось, поэтому этот материал отнесен к трудносгораемым.

На специальной разрывной машине проведены испытания по сцеплению гипсового арболита и деревобетона с гладкой арматурой и сталью периодического профиля.

Предел прочности при сцеплении с гладкой арматурой диаметром 6 мм составил 3,6 кгс/см², со сталью периодического профиля диаметром 10 мм — 5,6 кгс/см², что превышает сцепление по сравнению с цементным арболитом и деревобетоном на 6% (с гладкой арматурой) и на 15% (со сталью периодического профиля).

Для защиты наружных поверхностей стен зданий нами предложен следующий состав (в процентах):

портландцемент белый марки 300 — 20;
песок кварцевый молотый (с удельной поверхностью 1500 см²/г) — 20;
лак перхлорвиниловый — 20;
растворитель Р-5 или Р-4 — 20 (при покрытии поверхности краскопультом количество растворителя следует увеличить);
водный 10%-ный эмульгатор на основе хозяйственного мыла — 14;
тонкоразмолотая белая глина или каолин — 2,5;
красители разные — до 3,5.

Указанная защита почти не увеличивает массу стен зданий и обязательна при различной относительной влажности воздуха внутри помещения. Строители часто осуществляют защиту наружных поверхностей стен зданий путем нанесения штукатурного слоя цементно-песчаного раствора (в соотношении 1 : 3) с применением белого цемента и различных красителей, но в этом случае масса стен зданий увеличивается до 20%, что крайне нежелательно.

При относительной влажности воздуха внутри здания более 75%, как например в животноводческих помещениях, на внутренние поверхности стен следует наносить пароизоляционный слой.

Для получения однородной гипсовой смеси рекомендуется применять обычную растворомешалку, в которую необходимо загружать насыщенную до полного предела (в растворе указанного состава) древесную дробленку, строительный гипс, молотую известь и тонкомолотые активные гидравлические добавки. После 2—3 мин перемешивания исходных компонентов в растворомешалке полученную хорошо формующуюся гипсовую смесь загружают в передвижную скользящую опалубку (в случае необходимости получения монолитных стен здания) и уплотняют обычными трамбовками или пневмотрамбовками.

При получении различных конструкций в виде панелей (размером 6×1, 2×0,2 м или 3×1,2×0,2 м) гипсовую смесь, приготовленную в растворомешалке, загружают в металлические формы, в которые уложена стальная арматура, и производят вибрацию на стандартных вибростолах с пригрузом из расчета 50 г/см² или прессование при давлении 5 кгс/см². Через 1,5—2 ч, в зависимости от количества строительного гипса, производят распалубку форм.

После сушки в камерах при 50—60°С или твердения в нормальных условиях до влажности не более 25% при прочности не менее 70—80% от 28-суточной марочной прочности изделия из гипсового арболита и деревобетона можно отправлять на строительную площадку для монтажа.

Указанный способ значительно упрощает технологию производства гипсового арболита и технический контроль. Но получать эти материалы можно и по действующим в настоящее время схемам при незначительных изменениях технологии. В этом случае необходимо только учесть начало схватывания массы, которое должно быть равным примерно 20—25 мин. Это время можно обеспечить введением замедлителей схватывания.

Таким образом, эффективность строительства можно повысить за счет использования местных дешевых теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструктивных деталей и конструкций из гипсового арболита и деревобетона взамен цементного арболита.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

УДК 634.0.812

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С ПОРОКАМИ

Л. А. ГУБЕНКО

Ленинградский инженерно-строительный институт

Сучковатую древесину по твердости разделяют на три зоны: сучковую, околосучковую и периферийную. Замечено, что твердость по мере удаления от сучка понижается, достигая минимальной величины в периферийной зоне. Эти данные могут иметь применение при изучении пороков древесины.

В основу разработанного нами способа определения твердости древесины положен принцип сопротивляемости ее внедрению тела определенной формы (индентора).

Испытания производили на твердомере ТК-2, который представляет собой прибор Роквелла, широко применяемый для испытания твердости металлов. Вместо алмазного конуса в качестве индентора использован стальной шарик диаметром 5 мм, применяемый обычно для определения твердости металлов на прессе Бриннеля.

При испытании образец устанавливали на подставку прибора ТК-2 так, чтобы стальной шарик располагался над точкой, в которой необходимо определить твердость. В течение 1,5±0,5 мин прикладывали статическую стандартную нагрузку 100 кгс. Затем по шкале индикатора прибора снимали отсчет в условных единицах. Число твердости по прибору Роквелла — число безразмерное и обозначается HR.

Замерив площадь отпечатка, оставляемого индентором, и зная нагрузку, можно перевести твердость в единицы, рекомендуемые ГОСТом 16483.17—72,

$$\mathrm{HR} = \frac{P}{F} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — нагрузка при испытании, равная 100 кг;

F — площадь отпечатка, см^2.

Выяснено, что единица шкалы прибора ТК-2 соответствует 10 кг/см^2. Образец для испытания может иметь любую форму.

Описанный нами метод определения твердости имеет несомненные преимущества перед стандартными методами. При испытании этим методом специальных образцов можно не изготовлять. Можно брать крупные и тонкие пиломатериалы и даже отдельные детали конструкций, поскольку после испытания остаются ничтожные отпечатки диаметром 2—3 мм и глубиной 1,5—2 мм; древесина при этом не подвергается серьезным повреждениям. Используемые при испытаниях твердомеры широко выпускаются промышленностью. Метод не требует больших затрат времени, прост и высокопроизводителен, позволяет определять твердость непосредственно в дефектной зоне древесины, что имеет большое значение при изучении ее пороков и в производственных условиях.

Для проверки нашей методики были исследованы образцы из нескольких пород древесины. Результаты приведены в табл. 1. Для сравнения даны значения статической тангенциальной твердости, полученные по стандартной методике [1].

Таблица 1

Порода	Статическая тангенциальная твердость древесины			K
	по ГОСТу 16483.17—72 [1], H_w^c кгс/см^2	По Роквеллу		
		HR	кгс/см^2	
Бук	445	47	470	0,950
Клен	590	62	620	0,950
Вяз	425	43	430	0,985
Ясень	670	65	650	1,02
Граб	785	69	690	1,140
Сосна	250	25	250	1,00

Путем сопоставления результатов выявлен переводной коэффициент

$$K = \frac{H_w^c}{HR}.$$

Для сосны, бука, клена, вяза этот коэффициент практически равен 1,00, т. е. наш метод почти не дает расхождения с ГОСТом.

С помощью новой методики исследована статическая твердость сучков и древесины. Твердость определяли на тангенциальной поверхности сосновых образцов со здоровыми сросшимися сучками при влажности 12%. Изучали образцы размером 100×50×12 мм с сучками

$$d_c = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) b,$$

где d_c — диаметр сучка по ширине образца;
b — ширина образца.

Исследования показали, что при наличии сучка весь образец можно разделить по твердости на три зоны: I — сучковую; II — околосучковую; III — периферийную (рис. 1).

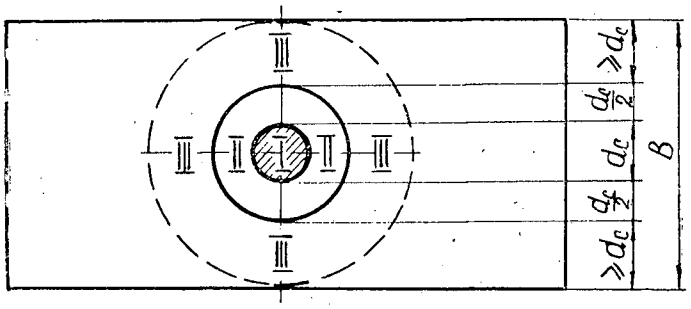


Рис. 1. Разбивка сучковатой древесины на зоны твердости.

Таблица 2

Показатели	$M \pm m$
Статическая твердость HR, ед., для зоны I	73,0±1,54
II	53,0±1,40
III	32,0±0,95
Коэффициент твердости $K_т$	2,31±0,95

Примечание. M — среднее арифметическое значение; $\pm m$ — средняя ошибка.

В табл. 2 приведены средние значения статической твердости, вычисленные по результатам исследования 20 образцов в трех зонах. Коэффициент твердости

$$K_т = \frac{HR_I}{HR_{III}},$$

где HR_I — твердость сучка;
HR_{III} — " древесины в III зоне.

Наибольшей твердостью обладает I зона, т. е. сам сучок. По мере удаления от границ сучка твердость понижается. В околосучковой зоне II твердость на 20 единиц ниже, чем в I зоне. Минимального значения твердость достигает в III, периферийной зоне, на расстоянии от границ сучка, равном его диаметру. За пределами этой зоны твердость почти не меняется, т. е. практически зона III может иметь неограниченные размеры.

Таким образом, предлагаемый нами метод определения твердости можно применять для исследования древесины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. ГОСТ 16483.17—72. Древесина. Методы определения твердости.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 06.091.5

ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ ВАСХНИЛ

25 июня 1929 г. Совет Народных Комиссаров СССР принял постановление об организации Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук, которой было присвоено имя В. И. Ленина. Первым президентом ВАСХНИЛ был выдающийся ученый акад. Н. И. Вавилов.

С начала своей деятельности академия становится творческим и организационным центром сельскохозяйственной науки. Крупный вклад в развитие сельского хозяйства внесли академики И. В. Мичурин, В. Р. Вильямс, Д. Н. Прянишников, Н. М. Тулайков, П. П. Лукьяненко, В. С. Пустовойт, В. П. Горячкин, П. Н. Константинов, П. М. Жуковский, М. Ф. Иванов, К. И. Скрябин, И. И. Артоболевский, И. С. Попов, В. С. Немчинов и др.

За выдающиеся заслуги в области развития биологии и сельскохозяйственной науки, внедрение ее достижений в производство и в связи с 20-летием академия награждена орденом Ленина. В составе академии в настоящее время 114 действительных членов (академиков) и 117 членов-корреспондентов. 48 видных ученых из 24 стран мира являются иностранными членами академии. Многие члены ВАСХНИЛ являются почетными членами зарубежных академий, научных обществ, институтов, университетов. Среди них академики П. П. Вавилов, И. С. Шатилов, А. А. Созинов, И. С. Мелехов и др.

В настоящее время ВАСХНИЛ — это крупнейшее в мире научное учреждение, в области сельскохозяйственных наук, объединяющее 8 региональных отделений, в состав которых входят 127 научных учреждений, охватывающих исследованиями все зоны страны.

ВАСХНИЛ осуществляет научно-методическое руководство деятельностью всех сельскохозяйственных институтов и опытных станций, издает научные труды и методическую литературу в объеме 400 печ. л. в год. Региональные отделения ВАСХНИЛ и их научные учреждения издают сборники научных трудов общим объемом около 1000 печ. л. в год.

Значительное место в развитии сельскохозяйственной науки занимают исследования по лесоводству и агролесомелиорации.

С 1935 г. в ВАСХНИЛ в области лесоводства и агролесомелиорации активно работал видный лесовод и агролесомелиоратор, климатолог, почвовед, геоботаник, гидролог и физико-географ акад. Г. Н. Высоцкий.

В 1956 г. в ВАСХНИЛ было организовано отделение лесоводства и агролесомелиорации. Членами отделения в 1956 г. были избраны академики И. С. Мелехов, А. И. Яблоков, почетный академик Н. И. Сус, члены-корреспонденты А. В. Альбенский, Н. П. Анучин, А. Д. Букштынов, С. С. Пятницкий, несколько позже членами-корреспондентами были избраны В. Г. Нестеров (1958 г.), затем В. Н. Виноградов (1970 г.), Г. П. Озолин (1972 г.), Н. И. Казимиров (1975 г.), М. И. Долгилевич и Е. С. Павловский (1978 г.), академиками — Н. П. Анучин (1966 г.) и В. Н. Виноградов (1973 г.).

Отделением руководили академики-секретари: акад. А. С. Яблоков (1956—1961 гг.), чл.-кор. Н. П. Анучин (1961—1966 гг.), акад. И. С. Мелехов (1966—1971 гг.), исполнял обязанности академика-секретаря чл. кор. А. Д. Букштынов (1971—1973 гг.). С 1973 г. Отделением руководит акад. В. Н. Виноградов.

С момента организации отделение лесоводства и агролесомелиорации совместно с институтами ВНИИЛМ (входившим в то время в систему академии), ВНИАЛМИ и с другими научными учреждениями осуществляет координацию исследований в области лесоводства и агролесомелиорации. Под его руководством и при непосредственном участии выполнены исследования по лесоводству и защитному лесоразведению в различных регионах страны, селекции древесных и кустарниковых пород, разработке лесохозяйственных мероприятий в защитных лесонасаждениях с применением средств механизации, повышению продуктивности лесов и рациональному использованию лесных ресурсов, а также проведена работа по ряду научно-методических вопросов.

Членами отделения (академиками и членами-корреспондентами ВАСХНИЛ) разработаны теоретические основы ряда важнейших проблем лесоводства и агролесомелиорации, в результате чего внедрены в производство мероприятия, направленные на повышение продуктивности лесов, научно обоснованные рубки главного пользования, оптимальные возрасты рубок, лесовосстановление по типам вырубок, способы борьбы с лесными пожарами на основе современных методов лесной пирологии, система ве-

дения лесного хозяйства на основе непрерывности и неистощительности лесопользования, основы промышленной таксации леса, интегральный метод определения рубки леса, методы и способы лесных культур, комплексное освоение песков, повышение эффективности и долговечности защитных лесных насаждений, методы селекции древесных пород и получение на основе их гибридных форм главных лесообразующих пород, устройство защитных лесных насаждений, меры ухода за ними и реконструкция.

Членами отделения лесоводства и агролесомелиорации опубликовано свыше 1400 печатных работ, в том числе около 60 крупных монографий. Часть работ переведена на иностранные языки. Академиками и членами-корреспондентами отделения подготовлены и переданы для широкого практического использования в лесном хозяйстве и защитном лесоразведении около 130 различного рода рекомендаций, послуживших основой ведения лесного хозяйства в ряде регионов страны.

Отделение лесоводства и агролесомелиорации осуществляет тесную связь с научными учреждениями АН СССР, Гослесхоза СССР и др.

Отделение работает в тесном контакте с Гослесхозом СССР, МСХ СССР, МЛХ РСФСР и другими министерствами и ведомствами. Вместе с ними проводятся всесоюзные совещания и конференции по важнейшим вопросам лесоводства и агролесомелиорации. Ведущие работники этих министерств являются членами бюро отделения, принимают активное участие в работе секций и комиссий.

При отделении лесоводства и агролесомелиорации под руководством академиков, членов-корреспондентов ВАСХНИЛ и других ученых работают три секции и девять творческих комиссий.

Секцией защитного лесоразведения руководит акад. ВАСХНИЛ В. Н. Виноградов. В ее составе работают комиссии по полезащитному лесоразведению (председатель докт. с.-х. наук П. Д. Никитин), агролесомелиоративному устройству и ведению хозяйства в защитных лесонасаждениях (председатель чл.-кор. ВАСХНИЛ Е. С. Павловский), селекции, интродукции и семеноводству (председатель чл.-кор. Г. П. Озолин), облесению и освоению песков (председатель докт. биол. наук Н. Ф. Кулик).

Секцией лесоведения и лесоводства руководит акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов. В составе секции комиссии по лесоводству (председатель И. С. Мелехов), использованию леса как фактора окружающей среды (председатель докт. с.-х. наук В. Т. Николаенко).

Секцией экономики и организации лесного хозяйства и защитного лесоразведения колхозных и совхозных лесов руководит акад. ВАСХНИЛ Н. П. Анучин. В ее составе комиссия по организации лесного хозяйства и устройству насаждений (председатель канд. с.-х. наук С. Г. Синицын), по вопросам экономики и управления лесным хозяйством (председатель докт. с.-х. наук Н. А. Моисеев) и по рациональному использованию пищевых и лекарственных ресурсов леса (председатель чл.-кор. ВАСХНИЛ А. Д. Букштынов).

На заседаниях секций и комиссий рассматривают актуальные вопросы лесного хозяйства и защитного лесоразведения, проекты методических указаний и рекомендаций и др.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 22 июня 1979 г. за заслуги в развитии сельскохозяйственной науки и в связи с 50-летием Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина награждена орденом Трудового Красного Знамени. Этой юбилейной дате посвящена большая выставка «Сельскохозяйственная наука — производству» на ВДНХ СССР, где отражены наиболее крупные достижения ВАСХНИЛ за полувековой период, показаны достижения агролесомелиоративной и лесоводственной науки. Наряду с отделением лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ, в выставке участвуют научно-исследовательские институты лесного хозяйства и защитного лесоразведения, МЛХ РСФСР, Союзгипролесхоз и другие организации.

В ноябре 1979 г. состоится юбилейная научная сессия ВАСХНИЛ, посвященная 50-летию со дня ее основания, на которой будут подведены итоги 50-летнего периода развития академии.

А. Г. Юдинцева
ВАСХНИЛ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.75

ОДИННАДЦАТЫЕ ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

На родине Михаила Васильевича Ломоносова стало хорошей традицией регулярно, вот уже ряд лет, проводить чтения, посвященные памяти великого земляка. В 1979 году состоялись одиннадцатые чтения на весьма актуальную для Севера тему — лесные богатства края и рациональное их использование. Эти чтения, как и ранее проходившие, собрали большую аудиторию. Для участия в них прибыли ученые, видные работники производства и культуры из многих городов страны. В Северодвинске и Новодвинске с докладами выступили Н. И. Пьявченко, М. Я. Лемешев, О. М. Соколов, В. А. Тальрозе, П. Н. Львов, Э. П. Карпеев и др.

Главные доклады были заслушаны в областном центре, в драматическом театре им. М. В. Ломоносова.

Академик ВАСХНИЛ, профессор, доктор с.-х. наук И. С. Мелехов широко раскрыл тему «М. В. Ломоносов и проблемы леса», показав, что гениальный ученый предвосхитил ряд идей, лишь позднее раскрытых лесной наукой: о воздушном питании растений, о влиянии леса на почву, о лесных пожарах и т. д. Ломоносов призывал к рациональному использованию древесины и других продуктов леса, в том числе лесных лекарственных растений, способствовал экспедиционным исследованиям природных ресурсов, в том числе и растительных, знал о свойствах продуктов лесохимии и методах лесопиления того времени. Многие из прогнозов Ломоносова лишь в наше время получают полное развитие.

Заместитель министра лесного хозяйства РСФСР Р. В. Бобров сделал весьма интересный доклад «Лесные ресурсы Севера и перспективы повышения эффективности их использования». Он справедливо отметил, что наряду с положительными сторонами развития лесоэксплуатации еще не изжиты большие потери древесины из-за недорубов, условно-сплошных рубок, оставления срубленных деревьев на лесосеках и путях транспорта. Наша задача — изжить эти недостатки, развивать все производства, связанные с лесом, умело проводить осушительную мелиорацию лесных площадей, расширять сеть семеноводческих хозяйств, всемерно заботиться о лесных кадрах, доблестно трудящихся на своем нелегком посту.

С докладом «Научно-технический прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности» выступил заместитель министра лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР В. С. Королев. Он говорил о путях удовлетворения возрастающей потребности народного хозяйства в древесине без существенного увеличения объемов лесозаготовок, прежде всего, путем выпуска заменителей древесины методами химической и химико-механической переработки малоценной древесины и отходов производства (реек, горбылей, щепы, опилок и т. п.). Все это должно происходить при повышении технического уровня производственных процессов на основе внедрения систем машин, прежде всего, на наиболее трудоемких работах.

Первый заместитель председателя правления общества «Знание» РСФСР В. П. Кудыкин отметил, что ломоносовские чтения вносят весомый вклад в развитие советской науки, воспитывают патриотизм, глубокое уважение к науке, привлекают слушателей, особенно молодых, к творчеству.

Мы твердо верим, что вклад советских людей, в частности северян, в науку, в народное хозяйство и культуру будет все возрастать, как предвещал великий Ломоносов.

П. И. Войчаль

Архангельский лесотехнический институт

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1979

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*.232/.237(049.3)

ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ И ЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ *

Рецензируемая работа, в отличие от ранее изданного учебного пособия автора**, представляет учебник для средних специальных учебных заведений по специальности 1512 «Лесное хозяйство», подготовленный в полном соответствии с действующей программой курса «Лесные культуры и лесомелиорация». Учебник состоит из предисловия и пяти разделов, включающих 30 глав. Автору удалось преодолеть известные трудности, неизбежные при обобщении большого и сложного специального материала, и представить его в форме и стиле, соответствующих уровню общеобразовательной и специальной подготовки читателя.

В I разделе «Лесосеменное дело» рассматривается современное состояние семеноводства, его методов и практических приемов, вооружающих читателя комплексом знаний, конкретными специфическими понятиями и представлениями об этапах сложного и длительного производственного процесса получения семян древесных пород. Вместе с тем, без излишней загроможденности теоретическими положениями, материал органически поясняет сущность, значение, диалектическую взаимосвязь и причинность приемов, сложившихся в практике лесосеменного дела.

Во II разделе «Лесные питомники» обобщен передовой опыт лесничеств и лесхоззагов, практика современных укрупненных питомников. Оригинальное изложение позволяет представить программный материал как научно обоснованную, достаточно аргументированную систему хозяйственных мероприятий.

В III разделе «Производство лесных культур» последовательно и полно представлены основные этапы производства лесных культур. Совершенно справедливо и обоснованно обойдены здесь известные вопросы дискуссионного характера и, вместе с тем, сохранен существующий уровень представлений о рассматриваемых критериях лесокультурного дела.

С присущей всему учебнику лаконичностью и точностью формулировок освещается IV раздел «Лесная мелиорация». Важное место отводится здесь вопросам полезащитного лесоразведения и борьбе с эрозией почв, что полностью соответствует задачам, поставленным XXV съездом КПСС, положениям «Основ лесного законодательства Союза ССР и союзных республик» и другим директивным материалам.

В V разделе «Основы плодоводства» в доступной и интересной форме излагаются принципы основных технологических процессов создания и выращивания плодовых садов.

Одна из положительных особенностей рецензируемого учебника — наличие соответствующего анализа основных научных направлений, работ ведущих ученых и истории развития по наиболее важным проблемам лесосеменного, лесокультурного и лесомелиоративного производства.

Уделено достаточное внимание вопросам механизации, техники безопасности и экономики производственных процессов по каждому рассматриваемому разделу.

Следует отметить и некоторые недостатки. Так, необоснованно вопросы селекции древесных и кустарниковых пород и организации лесосеменных баз рассматриваются в

---

* Родин А. Р. Лесные культуры и лесомелиорация. М., «Лесная промышленность», 1979. 328 с.

** Родин А. Р. Лесные культуры и лесомелиорация. М., «Лесная промышленность», 1975, 207 с.

двух разных главах (II и III). Задача, стоящая перед учебником данного типа, была бы решена более эффективно, если бы их содержание было представлено в одной главе — «Селекция и семеноводство». Такое расположение материала позволило бы устранить некоторую рыхлость изложения и повторения, неизбежные при принятой автором композиции материала. Шкалы для определения урожайности семян (таблицы на с. 15, 16) недостаточно увязаны с текстом. Здесь более целесообразно четкое и конкретное описание методов прогнозирования урожайности семян и приемов их практического использования.

К сожалению, по объективным причинам в учебник не вошли материалы по районированию заготовок и перевозок лесных семян, рассмотренные и принятые в конце 1978 г. — начале 1979 г. в Гослесхозе СССР. Целесообразно также при рассмотрении вопроса районирования лесосеменного дела дать иллюстрации в виде карт переброски семян основных лесообразующих пород.

Некоторая нечеткость и недостаточность учебно-познавательной информации наблюдается в отдельных иллюстрациях учебника. Например, совместное расположение рис. 10 и 11 затрудняет их осмысливание. Содержание рис. 17 будет значительно понятней, если его представить в виде схемы.

Желательно, чтобы автор устранил отмеченные недостатки при переиздании учебника.

В целом же рассматриваемый учебник является новым этапом в совершенствовании уровня учебно-методической литературы по лесохозяйственной специальности. Без сомнения, педагогическая общественность и студенты средних специальных учебных заведений получили хороший учебник, полностью отвечающий современным требованиям и задачам подготовки специалистов лесного хозяйства.

Н. Х. Осмола, М. И. Калинин
Львовский лесотехнический институт

ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ профессора И. В. ВОРОНИНА

Иван Васильевич Воронин родился 29 августа 1904 г. в семье рабочего. С пятнадцатилетнего возраста — учеником на Маршанской фабрике — начал он свой трудовой путь. Затем учеба в вечерней школе и на факультете лесного хозяйства Воронежского сельскохозяйственного института. Окончив институт, Иван Васильевич работает помощником лесничего, лесничим, старшим специалистом хозяйства, начальником лесохозяйственного отдела и главным лесничим Воронежского управления лесного хозяйства.

Научно-педагогическую деятельность И. В. Воронин начал научным сотрудником лесной опытной станции; затем работал старшим преподавателем кафедры экономики лесного хозяйства ВЛТИ. С 1946 г. он бессменно возглавляет кафедру экономики и организации лесного хозяйства Воронежского лесотехнического института.

Активная и плодотворная производственная, научная и педагогическая деятельность выдвинула И. В. Воронина в ряды ведущих ученых — экономистов лесного хозяйства. Большое место в исследованиях И. В. Воронина занимают проблемы использования стоимостных показателей оценки комплексной продукции лесного хозяйства как основного критерия продуктивности лесов. Глубокие исследования проведены и по определению эффективности различных лесохозяйственных мероприятий: лесовосстановления, рубок ухода, борьбы с вредителями леса, создания защитных насаждений вдоль линий железных дорог и др.

Под руководством И. В. Воронина подготовлено 14 кандидатов и 2 доктора наук. Его трудами создана школа воронежских лесных экономистов. На протяжении 7 лет (1961—1968 гг.) он был проректором по научной работе; при его активном участии в институте организован инженерно-экономический факультет.

И. В. Ворониным опубликовано 174 работы. Бо́льшая часть учебников по экономике и организации лесохозяйственного производства для студентов вузов и техникумов подготовлена по его инициативе и с его участием как основного автора. Пять из этих учебников и учебных пособий переведены на языки союзных республик и братских социалистических стран.

Иван Васильевич успешно совмещает научно-педагогическую работу с общественной: он член Гослесокомитета СССР, НТС Минлесхоза РСФСР, НТС Минвуза СССР, регионального совета ЦЧЭР, межвузовской лаборатории экономики лесного хозяйства, редколлегии «Лесного журнала».

Заслуги проф. И. В. Воронина высоко отмечены Правительством. В 1964 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный лесовод РСФСР», он награжден орденом Трудового Красного Знамени и двумя медалями.

Сердечно поздравляем Ивана Васильевича Воронина со славным юбилеем и желаем крепкого здоровья, многих лет жизни и дальнейших творческих успехов.

М. А. Куликов, С. А. Бредихин, В. И. Золотых, В. М. Шепилов, В. А. Пономаренко, И. Ф. Животягин

Воронежский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

Е. М. Боровиков. Новые рубежи высшей школы 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. Г. Савченко. Радиальный прирост и содержание поздней древесины у деревьев сосны крымской в послепожарный период 5

Н. П. Гордина. Взаимосвязь текущего объемного прироста деревьев сосны с массой крон 9

П. И. Войчаль, А. И. Барабин. К вопросу об оценке семеношения ели баллами Каппера 11

С. В. Бердникова, Н. Е. Булыгин. Оценка воздействия факторов погоды на ритм сезонного развития древесных растений методами множественного регрессионного анализа 15

В. Н. Трофимов. Температурный режим деревьев здорового и заселенного стволовыми вредителями 18

В. А. Алексеев. Использование хлорхолинхлорида для замедления прироста мелколиственных пород 22

А. И. Землянухин, А. И. Баранов, М. А. Малофеева. Определение времени обработки семян в машине с вертикальным рабочим органом 25

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Я. В. Слодкевич, Н. А. Белоусов. Теоретические предпосылки определения глубины колеи гусеничной машины 29

В. И. Мельников. Оптимальное размещение дорог общего пользования с учетом лесотранспортных сетей 32

С. И. Морозов, М. В. Попов. О влиянии неровностей сварных рельсов на их допустимую длину 38

С. В. Гулидов. Анализ уравнения угловых колебаний плота 43

Г. Я. Суров. Метод расчета устройства для остановки плывущих пучков бревен 47

Н. Е. Высотин. Нагрузка электродвигателей хода козлового крана на лесном складе 52

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Б. А. Таубер, Л. М. Мартовицкий. Аналитическое определение плотности штабеля короткомерных круглых лесоматериалов 55

Н. Н. Бессонова, Б. П. Ерыхов, А. Н. Наумов, В. И. Скрипова. О возможности однопараметрового неразрушающего контроля качества древесностружечных плит 60

Н. В. Соколов. К проектированию круглых пил со вставными зубьями . . . 64

В. А. Шамаев, А. В. Гребенщиков. Гидротермическая обработка древесины расплавом мочевины 67

И. И. Сидоров. Распиловка кряжей параллельно верхней пласти выпиливаемых шпал 69

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. В. Фефилов, В. К. Макаренко, Т. И. Романова. Об отверждении карбамидных смол кислотно-перекисными отвердителями 73

Ю. Г. Хабаров, И. М. Боховкин, Г. Ф. Прокшин. Комплексообразование при взаимодействии феррицианида калия с сульфатными лигнинами . . . 76

Л. Г. Екимова, Д. А. Пономарев, М. Я. Зарубин. Изучение состава фенольных продуктов окисления модельных соединений лигнина в водном растворе аммиака 80

Ю. А. Малков, Ю. Н. Непенин, В. В. Домницкий, М. Ю. Гугнин. Окислительно-восстановительные превращения серосодержащих компонентов варочных растворов при щелочных варках древесины 85
Н. В. Терегеря, В. В. Терегеря, В. А. Выродов, Ф. А. Медников. О кинетике окисления таллового масла надкислотами в слабокислых растворах . . 90
Т. К. Лысяк, Ю. Н. Непенин, В. А. Жалина. Химический состав древесины лиственных пород от рубок ухода 94

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

О. П. Афанасьев, А. И. Матвеев. К выбору скоростей перемещения дерева валочно-пакетирующими машинами 97
В. К. Хегай, В. Ф. Кушляев. Об ударно-динамических нагрузках на манипулятор валочно-пакетирующей машины (ВПМ) при валке деревьев . . . 101
А. Т. Гурьев, В. С. Испанюк. Определение вероятностей состояний комплексов лесозаготовительных машин 105

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

А. П. Петров, К. Д. Бахтадзе. Экономические показатели использования лиственной древесины в целлюлозно-бумажной промышленности 109
Г. А. Шмулев. Методические вопросы определения экономической эффективности сотрудничества социалистических стран по совместной заготовке древесины 112
А. В. Пластинин. Методика расчета показателя чистой продукции на предприятии 115
М. Г. Кончевская. Экономические показатели комплексного использования сырья на предприятиях объединения Северолесоэкспорт 119

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. Г. Измоденов. Период технической спелости 123
Б. Д. Зайцев. К вопросу об использовании методов биометрии при изучении лесных подзолистых почв 125
Г. С. Миронов, В. И. Кондратьев. К расчету мощности пиления концевых отрезков хлыста на слешере 127
В. А. Корнеев. Гипсовый арболит 130
Л. А. Губенко. Исследование твердости древесины с пороками 133

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

А. Г. Юдинцева. Пятьдесят лет ВАСХНИЛ 135

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

П. И. Войчаль. Одиннадцатые ломоносовские чтения 137

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Н. Х. Осмола, М. И. Калинин. Лесные культуры и лесомелиорация 138

ЮБИЛЕИ

М. А. Куликов, С. А. Бредихин, В. И. Золотых, В. М. Шепилов, В. А. Пономаренко, И. Ф. Животягин. Юбилей профессора И. В. Воронина . . . 140

CONTENTS

E. M. Borovikov. New gains of higher school 3

FORESTRY

A. G. Savchenko. Radial increment and late wood content in trees of *Pinus pallasiana* during post-fire period 5

N. P. Gordina. Interrelation of the current volume increment of a pine trees with large crowns 9

P. I. Voichal, A. I. Barabin. On the question of valuation of fir seed production with Kapper marks 11

S. V. Berdnikova, N. E. Bulygin. The estimation of the influence of weather factors upon the rhythm of seasonal development of trees by multiply regressive analysis methods 15

V. N. Troftmov. Temperature regime of growing trees and that of trees inhabited by trunk insects 18

V. A. Alexeev. The use of chlorcholinchlored for slowing down the growth of species with small leaves 22

A. I. Zemlyanukhin, A. I. Baranov, M. A. Malofeeva. Determination of time of seed processing in a machine with the vertical working organ 25

FOREST EXPLOITATION

Ya. V. Slodkevitch, N. A. Belousov. Theoretical premises of the depth valuation of tracked machinery rut 29

V. I. Melnikov. Optimum placing of common use roads taking into account forest transport systems 32

S. I. Morozov, M. V. Popov. On the influence of roughness of velded rails on their assumed length 38

S. V. Gulidov. The analysis of the equation of raft angular fluctuations . . . 43

G. Ya. Surov. The method of calculation of a device for stopping floating log bunches 47

N. E. Vysotin. Loading the moving mechanism electromotors of the gantry crane in wood landing operations 52

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

B. A. Tauber, L. M. Martovitsky. Analytic determination of the compactness of short round timber piles 55

N. N. Bessonova, B. P. Erykhov, A. N. Naumov, V. I. Skripova. On the prossibility of a single-parameter non-destructive method of testing the quality of particleboards 60

N. V. Sokolov. On designing circular saws wiih false teeth 64

V. A. Shamaev, A. V. Grebenshchikov. Hydrothermal treatment of wood with urea melting 67

I. I. Sidorov. Sawing blocks parallel to the upper side of sleepers sawed . . . 69

CHEMICAL WOODWORKING

V. V. Fefilov, V. K. Makarenko. T. I. Romanova. The research in carbamide resins curing with acid-peroxide hardeners 73

Yu. G. Khabarov, I. M. Bokhovkin, G. F. Prokshin. Complexing at interaction of ferricyanide potassium with kraft lignins 76

T. G. Ekimova, D. A. Ponomarev, M. Ya. Zarubin. Oxidation of the lignin model compounds in aqueous ammonia. Phenolic products investigation . 80

Yu. A. Malkov, Yu. N. Nepenin, V. V. Domnitsky, M. Yu. Gugnin. Ox-red conversiones of sulphurcontaining compounds from cooking liquor during alkaline pulping 85

N. V. Teregerya, V. V. Teregerya, V. A. Vyrodov, F. A. Mednikov. On kinetics of tall oil oxidation in subacid solutions 90
T. K. Lysyak, Yu. N. Nepenin, V. A. Zhalina. Chemical composition of wood of deciduous species depending on cleaning cuttings 94

COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

O. P. Aphanasiev. A. I. Matveev. On solving the problem of determination of felling-bunching machinery operating velocity 97
V. K. Hegay, V. F. Kyshlyaev. On the problem of determination of shock-dynamic loadings experienced by the manipulator of felling-bunching machine when felling trees 101
A. T. Guriev, V. S. Ispanyuk. How to determine the state probabilities of logging machines' complexes 105

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

A. P. Petrov, K. D. Bakhtadze. Economic indicators of hardwoods utilization in pulp and paper industry 109
G. A. Shmulev. Methodical questions of the estimation of economic efficiency of the socialist countries joint logging cooperation 112
A. V. Plastinin. The method of calculating indices of net production at an enterprise 115
M. G. Konchevskaya. Economic indices of a material complex utilization of the enterprises of Severolesoexport 119

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

A. G. Izmodenov. The period of commercial maturity 123
B. D. Zaitsev. On the application of biometrical methods in investigation of forest podzol 125
G. S. Mironov, V. I. Kondratiev. Calculating power of cutting the ends of tree-lengths on slasher 127
V. A. Korneev. Gypseous arbolit 130
L. A. Gubenko. The research of defected wood hardness 133

FROM THE VUSES' LIFE

A. G. Yudintseva. Fiftieth anniversary of VASHNIL 135

SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS

P. I. Voichal. Eleventh Lomonosov readings 137

GRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

N. H. Osmola, M. I. Kalinin. Forest cultures and melioration 138

JUBILEES

M. A. Kulikov, S. A. Bredikhin, V. I. Zolotykh, V. M. Shepilov, V. A. Ponomarenko, I. F. Jivotyagin. Jubilee prof. I. V. Voronina 140