

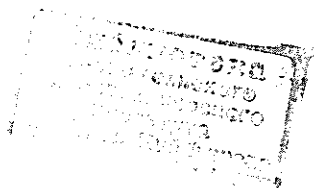
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.
Выходит 6 раз в год

6
1990



АРХАНГЕЛЬСК

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Ответственный секретарь Р. В. Белякова,

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6

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

Сдан в набор 14.09.90. Подписан в печать 04.02.91.
Форм. бум. 70 × 108¹/₈. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 13,075. Усл. кр.-отт. 13,075. Уч.-изд. л. 15,47. Тираж 1500 экз. Заказ 5399. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

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

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

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*181.22

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУР ПОЧВЫ И ВОЗДУХА
В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ
И ЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ***В. К. МЯКУШКО, П. Г. ПЛЮТА*

Украинская сельскохозяйственная академия

Как известно, надземные и подземные органы высших растений различаются своей морфологией, филогенезом и физиологическими функциями, но вместе с тем они тесно взаимосвязаны. Поэтому изменение условий жизнедеятельности одной группы органов незамедлительно сказывается на другой, а следовательно, и на растении в целом. Отсюда вытекает необходимость изучения условий жизнедеятельности растений как в надземной, так и в подземной сферах среды обитания, с учетом их взаимосвязи.

Поскольку проведение комплексных экологических исследований — довольно трудоемкий процесс, во многих случаях, исходя из поставленной задачи, целесообразно ограничиться определением такого показателя, как вертикальный температурный градиент (ВТГ) между почвой и воздухом [10]. Применение ВТГ физически обосновано, так как температуры воздуха и почвы, в отличие от других основных экологических факторов, имеют довольно тесную функциональную зависимость и позволяют дать комплексную оценку биотопа в его подземной и надземной частях.

Значения ВТГ считаются отрицательными при $T_v > T_n$, положительными — при $T_v < T_n$, где T_v — температура воздуха в слое максимального распространения листьев (хвои), T_n — температура почвы в слое, наиболее насыщенном корнями [11].

Опытным путем установлено [1, 5, 10, 11], что для высших растений оптимальен отрицательный ВТГ, что обусловлено способностью надземных органов выдерживать более высокие температуры по сравнению с подземными. Считаются оптимальными значения ВТГ, при которых можно получить наибольший урожай. Для пшеницы, например, они равны $-6,8 \dots -10^\circ$ [14]. Для лесных растений оптимумы не установлены, однако имеющиеся в литературе данные микроклиматических наблюдений в насаждениях, молодых культурах и питомниках позволяют провести предварительный анализ без постановки специальных исследований.

Известно, что степень трансформации факторов внешней среды растительным покровом зависит прежде всего от его видового состава, архитектоники, сезонного режима развития. Архитектоника лесного насаждения имеет первостепенное значение в формировании радиационного и теплового режима под пологом леса. Большое значение имеют также мощность деятельного слоя и поверхность листьев как факторы формирования ветрового режима и турбулентного теплообмена. Подстилка играет роль в процессе теплопередачи в системе почва — атмосфера; кроме того, термический режим почвы тесно связан с режимом ее влажности. Таким образом, чем лучше развит фитокомпонент сообщества (с точки зрения поглощения солнечной радиации), чем оптимальнее слой подстилки и выше влагосодержание корнеобитаемого

слоя (при достаточной аэрации), тем больше абсолютное значение отрицательных ВТГ в период ассимиляции и тем благоприятнее внутренняя среда для функционирования сообщества.

Анализ литературных и собственных исследований подтверждает это положение. Расчеты, сделанные нами по данным работы [8], показывают, что в возрастном ряду еловых и производных от них лиственнично-еловых насаждений ВТГ постепенно изменяются от $-3,7^\circ$ на 7-летней возобновившейся лесосеке до $-5,1^\circ$ в 105-летнем древостое. Аналогичные значения можно получить расчетным путем и для других лесных формаций, рассматриваемых в работах [4, 12] и др.

В низкополнотных, несомкнувшихся или пройденных интенсивными рубками ухода насаждениях абсолютное значение отрицательных ВТГ уменьшается, а иногда ВТГ и положительны. Например, в 38-летнем лиственнично-еловом насаждении при выборке 50 % запаса ВТГ возрастают от $-2,6$ до $-1,8^\circ$ [9]. По нашим данным, ВТГ в сосняке лишайниковом составляли $+0,4^\circ$ при полноте 0,3, уменьшаясь до $-0,5^\circ$ при полноте 0,5 и до $-2,6^\circ$ при полноте 0,6.

Оптимальные ВТГ формируются в древостоях с максимальной продуктивностью. Так, А. Я. Орлов и С. П. Кошельков [6] указывают, что продолжительность периода с благоприятной температурой почвы (особенно в глубоких слоях) наименьшая в сосняке черничном I—II классов бонитета; наибольшая (особенно в верхней части, где сосредоточена основная масса корней) в сосняке кустарничково-сфагновом с разреженным древостоем Va класса бонитета. Благоприятной мы считаем температуру почвы выше 9° , при которой начинается энергичный рост корней сосны.

А. Я. Орлов и С. П. Кошельков [6] полагают свои данные противоречащими распространенному мнению о том, что заболоченные почвы летом холоднее дренированных. Однако нужно принимать во внимание, что низкопродуктивные древостои заболоченных местообитаний имеют более ажурный полог, чем высокопродуктивные на дренированных почвах. Следовательно, под их полог поступает больше солнечной радиации. Летом уровень грунтовых вод опускается, что на органических почвах с низкой теплоемкостью и теплопроводностью способствует усиленному прогреванию верхних слоев. Сказанное подтверждается теми же данными А. Я. Орлова и С. П. Кошелькова [6] о том, что контрасты температуры почвы больше в разновозрастных древостоях одного типа леса, характеризующихся разной ажурностью полога, чем в разновозрастных сосняках различных типов леса, имеющих близкие оптические характеристики полога.

Подтверждением положительного влияния пониженных температур почвы в вегетационный период и отрицательных ВТГ на повышение производительности древостоев служат данные работы [17], в которой описан результат опыта по искусственному задержанию снеготаяния в насаждениях. Установлено, что понижение температуры почвы не вызвало тормозящего влияния на прирост сосны, ели и березы. Более того, прирост был выше на холодных почвах опытных участков.

Исследования показывают, что с увеличением плодородия почвы от боров к дубравам температура воздуха и почвы закономерно понижается [3, 4, 7], продуктивность же насаждений возрастает. Следовательно, можно утверждать, что лесные виды растений в процессе эволюции приспособились как к отрицательным ВТГ в целом, так и к возможно более низким температурам воздуха и почвы по сравнению с окружающей средой (при удовлетворительных показателях микроклимата).

Положительные ВТГ являются причиной преждевременного физиологического старения и вырождения растений [11]. В фитоценозах они

образуются при значительной инсоляции и сухости почвы, например во время засух. Лесоводственная наука дает однозначный ответ на вопрос об изменениях, происходящих в лесных насаждениях в периоды господства неоптимальных ВТГ. М. К. Турский [16] отмечал гибель деревьев, особенно ели, во время засухи 1897 г., причем деревья усыхали тем сильнее, чем разреженнее был древостой. В густых лесных массивах засыхания ели не наблюдалось. А. П. Тольский [15] писал об усыхании отдельных сосен в изреженных насаждениях Бузулукского бора, тогда как в высокополнотных сосняках в тех же эдафических условиях усыхания не было. М. Е. Ткаченко [13] указывал, что в засушливые годы может наступить гибель тенивыносливой породы, если к ней подмешана светолюбивая, пропускающая много света под полог, вследствие чего иссушается верхний слой почвы и повышается его температура. И. Ф. Гриценко [2], анализируя причины усыхания Велико-Анадольского леса, установил, что дуб не погиб только в тех старых насаждениях, где температура и освещенность под пологом были сравнительно низкими.

Таким образом, увеличение доли просветов в пологе вызывает повышение ВТГ со всеми сопутствующими отрицательными последствиями. Оптимальный же ВТГ поддерживается в максимально сомкнутых сообществах. Поэтому для лесных ценозов, эдификаторные растения которых являются долгоживущими особями, наиболее существенное значение в поддержании их устойчивости имеет способность к быстрой перестройке структуры. В лесном хозяйстве такую функцию выполняют нижние ярусы леса (особенно подлесок), которые при внезапных нарушениях плотности полога древостоя могут быстро разрастаться. Тем самым они предохраняют почву от перегревания и восстанавливают благоприятные режимы ВТГ, что, в свою очередь, положительно отражается на жизнедеятельности древесного яруса. В дальнейшем, при смыкании крон древесного яруса, нижние ярусы, выполнив функцию стабилизатора термического режима, выпадают.

Таким образом, оптимальные ВТГ формируются в высокоустойчивых насаждениях с максимальной продуктивностью древостоя. Лесные растения эволюционно приспособлены к отрицательным ВТГ порядка $-5 \dots -12^\circ$. Всякие нарушения в насаждениях, сопровождающиеся нежелательными изменениями ВТГ, ведут к ухудшению их состояния в целом и древостоя в частности. В лесном хозяйстве этот фактор необходимо учитывать. Можно допустить решение и обратной задачи — путем оптимизации ВТГ в насаждениях и молодых культурах добиться повышения их продуктивности. Несомненна роль нижних ярусов во взрослых насаждениях как стабилизатора фитоценоза и фактора повышения его продуктивности путем оптимизации ВТГ. Материал по ВТГ легко получить, обрабатывая имеющиеся результаты микроклиматических наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вишнякова Н. М. Микроклимат и урожай при мульчировании почвы пленкой.—Л.: Гидрометеоздат, 1974.—80 с. [2]. Гриценко И. Ф. О причинах усыхания Велико-Анадольского леса // Природа.—1957.—№ 5.—С. 95—96. [3]. Литвак П. В. Экологическая оценка влияния влажности почвы на сосновые леса Украинского Полесья: Автореф. дис. ... докт. биол. наук.—Минск, 1975.—49 с. [4]. Молчанов А. А. Лес и климат.—М.: АН СССР, 1961.—280 с. [5]. Муссо Ю. О. Мульчирование // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. Сер. А.—1934.—№ 13.—С. 19—33. [6]. Орлов А. Я., Кошельков С. П. Почвенная экология сосны.—М.: Наука, 1971.—324 с. [7]. Плащев А. В. Режим температуры воздуха и почвы в различных типах условий местопроизрастания северной степи УССР // Украинское совещание по лесной типологии.—Харьков, 1961.—С. 178—181. [8]. Протопопов В. В. Микроклимат различных фитоценозов и его регулирование в лесоводственных целях // Вопросы лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока.—

Красноярск, 1959.— С. 112—128. [9]. Протопопов В. В. Изменение микроклиматических условий под влиянием рубок ухода в лиственно-еловом древостое // Тр. / Лаб. лесоведения.— 1961.— № 3.— С. 68—92. [10]. Радченко С. И. Влияние температурного градиента на рост и развитие высших растений // Эксперимент. ботаника.— 1940.— Сер. 4, вып. 4.— С. 127—170. [11]. Радченко С. И. Температурные градиенты среды и растения.— М.; Л.: Наука, 1965.— 392 с. [12]. Таранков В. И. Микроклимат лесов Южного Приморья.— Новосибирск: Наука, 1974.— 224 с. [13]. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство.— М.; Л.: Гослесбуиздат, 1955.— 600 с. [14]. Ткачук Е. С., Шматько И. Г. Водопотребление озимой пшеницы в различных ценологических условиях // Водный режим растений в связи с действием факторов среды.— Киев: Наукова думка, 1983.— С. 87—106. [15]. Тольский А. П. К вопросу о влиянии леса на влажность почвы в Бузулукском бору // Тр. по лесн. опыти. делу в России.— 1911.— № 33.— С. 1—40. [16]. Турский М. К. О последствиях климатических влияний на леса в окрестностях Москвы летом 1897 г. // Отчет Московского лесного общества.— 1897. [17]. Huikari O. Roudasta puiden kasvutekijänä // Terra.— 1961.— N. 4.— P. 166—174.

УДК 630*231.324

АВИАХИМУХОД В ЕЛОВО-ЛИСТВЕННЫХ МОЛОДНЯКАХ

Е. И. УСПЕНСКИЙ

Марийский политехнический институт

Накопление площадей с сохраненным при разработке лесосек под-ростом ставит на повестку дня вопрос об уходе за ним. При выборе способа ухода, помимо экономических условий, следует учитывать специфику смешанных молодняков с елью предварительной генерации. Для ельников характерно контагиозное распределение деревьев по площади [4]. Технологический процесс разработки лесосеки усиливает это явление. По окончании работ на ней остаются участки без подроста — волокни, погрузочные площадки и т. д.

На больших вырубках, особенно в малонаселенных районах с дефицитом рабочей силы, экономически наиболее эффективен авиационный химический уход.

Исследования его лесоводственной эффективности проведены в Омутнинском и Уржумском лесхозах Кировской области. Для выявления горизонтальной структуры молодняков на участках с уходом и без него прокладывали не менее трех ходовых линий поперек вырубки. Молодняк глазомерно разбивали на выделы по сомкнутости, наличию елового подроста, его участию в пологе, выделяли открытые участки. К выделам с достаточным участием ели относили участки с ее наличием не менее 3 тыс. шт. на 1 га [3]. Затем закладывали пробные площади для детального изучения.

Исследования проводили в ельнике черничном, как наиболее обеспеченном под-ростом ели. Первый участок представляет собой 9-летнюю вырубку с химуходом 3-летней давности, хвойного подроста — 4,8 тыс. шт. на 1 га. Второй участок — 17-летняя вырубка с химическим уходом 7-летней давности, хвойного подроста — 5,4 тыс. шт. на 1 га. В обоих случаях для ухода использовали масляный раствор бутилового эфира. Контролем служили соседние участки без ухода.

Авиахимобработка положительно повлияла на горизонтальную структуру молодняка (табл. 1). Вдвое возросла площадь выделов со свободно растущей елью; они занимают не менее 2/3 общей площади. Но и после ухода на вырубках остаются участки с преобладанием лиственных пород, заглушающих главную. Это результат пропусков при обработке, высокой сомкнутости молодняка, когда нижняя часть полога повреждается слабее, чем верхняя. Выжившие лиственные экземпляры разрастаются и со временем снова смыкаются. Поэтому через 7 лет после ухода доля таких участков значительно больше (21 %), чем через 3 года. Участки, на которых лиственные породы были подавлены полностью, повторно зарастают значительно труднее. На них и через 7 лет нет возобновления лиственных пород. В целом на участке не требуется повторного ухода по всей площади.

Таблица 1

Номер участка	Участие ели на выделе	Сомкнутость крон	Доля выделов, % от общей площади					
			с елью свободно растущей		с елью, заглушенной лиственными породами		без ели	
			с уходом	без ухода	с уходом	без ухода	с уходом	без ухода
1	Достаточное	0,8...1,0	23	—	9	17		
		0,5...0,7	20	12	—	13		
		До 0,4	12	—	—	4		
	Недостаточное	0,8...1,0	—	17	—	11		
		0,5...0,7	—	8	—	8		
		До 0,4	17	—	—	6		
Итого		72	37	9	59	19	4	
2	Достаточное	0,8...1,0	32	18	6	29		
		0,5...0,7	14	13	—	—		
		До 0,4	—	—	—	—		
	Недостаточное	0,8...1,0	—	—	3	21		
		0,5...0,7	10	6	5	5		
		До 0,4	11	—	7	—		
Итого		67	37	21	55	12	8	

Однако не везде, где ель освобождена от конкуренции лиственных пород, после ухода формируются хозяйственно ценные молодняки. Там, где исходная густота хвойного подроста была невелика, сомкнутость не превышает 0,4. Эти выделы становятся непродуцирующими и нуждаются в дальнейшем зарастивании. С увеличением давности ухода их доля сокращается. На некоторых участках (до 20 % в первые после ухода годы) древесная растительность вообще отсутствует. Следовательно, при назначении участков под авиационный химход необходимо учитывать густоту хвойного подроста и его размещение по площади.

Детальное изучение возобновления на ряде выделов показало, что через 7 лет после химхода при наличии не менее 5 тыс. экземпляров хвойного подроста на 1 га даже без участия лиственных пород формируются молодняки достаточно высокой сомкнутости (табл. 2). При меньшей численности главной породы сомкнутость чистых ельников невысока (ниже 0,4).

При высокой сомкнутости лиственных пород доля ели в составе молодняка невелика даже при ее численности 5 тыс. шт. на 1 га. Она в основном остается во втором ярусе. Высота лиственных пород вдвое больше.

Следовательно, только при наличии не менее 5 тыс. экземпляров главной породы на 1 га после гибели лиственных возникают хозяйственно ценные молодняки. Они могут сформироваться и при меньшем количестве подроста [3], но при участии лиственных пород. В этом случае необходим другой способ ухода.

Размеры ели, свободной от заглушения лиственными породами, больше, чем у затененной. Поэтому запас хвойных пород на участках с уходом выше, чем на контроле. Доля ели в составе молодняков после ухода составила в среднем пять единиц, в то время как на необработанном участке — две единицы.

Для оценки горизонтальной структуры настоящего и будущего древостоя существенное значение имеет не только доля выделов, но и их

Таблица 2

Выдел	Состав	Сомкну- тость	Число деревьев ели, тыс. шт. на 1 га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м ³ /га	
Ель свободно растущая с участком: достаточным	10Е	0,9	9,3	3,1	2,7	19	
	9Е1Л	0,6	6,0	3,5	2,8	13	
		—		4,2	4,0	1	
	недостаточным	10Е	0,4	4,2	2,8	2,9	8
		10Е	0,3	2,6	1,6	1,8	2
		7Е3Л	0,2	2,3	1,9	1,6	2
0,1			—		—	1	
Ель заглушенная с уча- стком: достаточным	1Е9Л	0,6	5,3	2,5	2,4	8	
		0,9		4,5	5,0	52	
	3Е7Л	0,5	4,6	2,8	2,6	9	
		0,6		4,1	4,7	26	
	1Е9Л	0,4	3,3	1,9	2,1	4	
		0,8		3,8	4,2	40	
	недостаточным	10Л+Е	0,2	2,1	1,8	2,0	1
			0,6		3,6	4,1	33
		10Л+Е	0,3	2,0	2,2	2,1	2
			0,9		4,1	4,5	52
	10Л+Е	0,2	2,4	1,4	1,9	2	
		0,8		4,3	4,8	47	

Примечание. В числителе — данные для хвойных пород; в знаменателе — для лиственных; Л — лиственные породы.

абсолютные размеры. Их протяженность по ходовой линии колеблется от 10 до 100 м и более (табл. 3). Встречаются участки больших размеров без елового подроста. После обработки арборицидами они становятся безлесными и нуждаются в повторном заращивании.

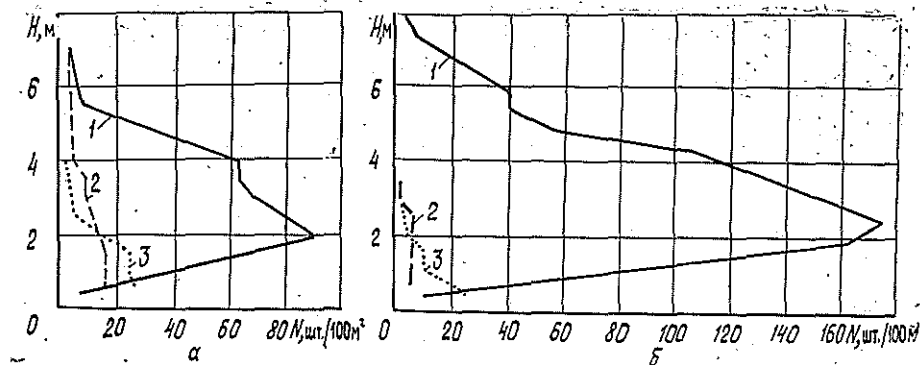
О лесоводственном эффекте ухода можно судить и по динамике вертикальной структуры молодняка. Для ее анализа использованы не-

Таблица 3

Выдел	Доля выделов, %, протяженностью, м				
	до 20	21...40	41...60	61...80	более 80
Ель свободно растущая с участком: достаточным	14	11	29	16	30
	19	39	14	10	18
	18	29	15	38	—
недостаточным	11	48	22	19	—
	9	66	25	—	—
Ель заглушенная с участком: достаточным	—	38	38	24	—
	—	56	17	27	—
недостаточным	—	30	32	—	38
	—	—	—	—	100
Без ели	—	—	—	100	—

Примечание. В числителе — данные для секций с уходом; в знаменателе — без ухода.

которые предложения В. В. Плотникова [2]. Коэффициенты заполнения кронами пород, участвующих в древостое, в переводе на 100 м² молодняка представлены на рисунке. По оси абсцисс отложены частоты живых крон, по оси ординат — уровни сечения крон. Основой анализа является распределение численности живых крон по разрядам высоты.



Вертикальная структура елово-лиственных молодняков после химухода: а — секции с уходом; б — контроль; 1 — лиственные породы; 2 — свободно растущая ель; 3 — ель, заглушенная лиственными породами

На секции с уходом 3-летней давности значительно сокращается доля лиственных пород, хотя они и преобладают над хвойными. Увеличивается коэффициент заполнения свободно растущей елью, особенно при меньшей высоте. Но все-таки часть деревьев ели находится в затенении. На контроле большая часть экземпляров высотой менее 2 м заглушается лиственными породами. На высоте 3 м и более заглушения не происходит. Часть елового подроста в биогруппах заглушается хвойными породами. Данный рисунок характеризует значения по секциям. На некоторых участках лиственные породы при сплошной обработке арборицидами отмирают полностью.

Как видно, авиахимуход на площадях естественного предварительного возобновления не только возможен, но и дает значительный лесоводственный эффект. При этом необходимо учитывать структуру подраста, в первую очередь его численность и размещение по площади.

Уход следует начинать в молодняках возраста 9...11 лет при наличии подраста не менее 5 тыс. шт. на 1 га и отсутствии больших выделов без главной породы. Существующие способы оценки размещения подраста путем вычисления его встречаемости на площадках определенного размера [1] и модификации этого метода [5] не дают полного представления о наличии участков без хвойных пород. Его удобнее получить по ходовым линиям (не менее трех), закладываемым поперек участка. При их промерах следует фиксировать выделы с наличием достаточного, недостаточного количества елового подраста и без него. Если пустых выделов окажется более 15 %, то сплошную обработку назначать не следует.

Под уход нужно отводить в первую очередь те участки, где ель заглушена и текущий прирост высоты начал падать. Но в обработке нуждаются и те площади, где прирост еще высок. Уход, опережающий падение прироста, будет эффективнее.

В смешанных молодняках с елью предварительной генерации достаточно одного приема сплошного ухода. Дальнейшие приемы следует вести другими способами.

Данные рекомендации следует применять и при наземных химических уходах с использованием тракторных опрыскивателей.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кршитопенко Ф. В., Девяткин Л. М., Мазуркевич А. И. Лесоводственно-экономические аспекты применения арборицидов // Лесн. хоз-во.— 1987.— № 10.— С. 29—32. [2]. Плотников В. В. Возможный способ формализации представлений о вертикальной структуре древесного яруса лесных сообществ // Экология.— 1971.— № 6.— С. 13—18. [3]. Успенский Е. И. Зависимость формирования елово-лиственничных молодняков от количества сохраненного подроста // Лесн. хоз-во.— 1970.— № 3.— С. 31—33. [4]. Успенский Е. И. Особенности возобновления ельников Среднего Поволжья // Лесоведение.— 1973.— № 4.— С. 23—32. [5]. Шутов И. В., Мартынов А. Н. Применение арборицидов в лесу.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 208 с.

Поступила 20 марта 1990 г.

УДК 630*232.216

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СОХРАННОСТЬ И РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ НА ОСУШЕННОМ ТОРФЯНИКЕ

Е. С. МАЛЫШЕВ

Белорусский технологический институт

В настоящее время в лесном хозяйстве наиболее распространена частичная обработка почвы. Однако в связи с интенсификацией лесокультурного дела в ряде районов страны возникает необходимость ее усовершенствования. В данной статье рассмотрены наиболее доступные способы обработки почвы для создания и выращивания высокопроизводительных насаждений.

Был заложен опыт культур сосны на вырубке со сплошной корчевкой пней и различными способами предпосадочной обработки почвы в Краснослободском лесничестве Старобинского лесхоза Минской области. Участок площадью 5,3 га до посадки был занят сосново-березовым насаждением II класса бонитета. Среднее число пней — 880 шт. на 1 га. Почва представляет собой осушенный мелкозалежный торфяник переходного типа. Мощность торфа от 30 до 60 см. Раскорчевку вели в феврале—марте 1986 г. корчевателем Д-513А с трактором Т-100 МГП.

На подготовленной таким образом лесокультурной площади в 3-кратной повторности обработана почва в пяти вариантах: вспашка и рыхление на глубину 25 и 50 см плугами ППУ-50 и ПБН-75, вспашка на глубину 25 см в сочетании с безотвальным рыхлением на 50 см этими же плугами, фрезерная обработка почвы на глубину 25 см фрезой ФБН-2,0. Вспаханые пласты разрабатывали бороной БД-4,1. Прикатывание выполнено тяжелыми водоналивными катками КВБ-2,0. На контроле вспашку не производили.

Такие варианты сплошной обработки почвы применены не случайно. Еще в исследованиях М. М. Дрюченко (1960), проведенных в Полесье и северной лесостепи, показано, что глубина обработки почвы должна достигать 40...50 см [4]. Исследования А. Я. Мироненко [4] для условий Белоруссии говорят о том, что глубокая обработка почвы перекрывает положительное влияние даже трехлетнего возделывания люпина однолетнего как зеленого удобрения. И. В. Шутов [2] считает, что в условиях Белоруссии с более мягким климатом сплошная вспашка хорошо дренированных почв также дает положительные результаты. В этих условиях сочетание вспашки с глубоким рыхлением почвы — наиболее перспективный способ ее обработки для лесовосстановления.

Культуры сосны созданы однолетним отсортированным стандартным посадочным материалом, выращенным в местном питомнике. Посадка выполнена весной 1986 г. лесопосадочной машиной СБН-1А в агрегате с трактором ДТ-75Б. Размещение посадочных мест 2,5 × 1,0 м.

Результаты трехлетних исследований (1986—1988 гг.) показывают, как сплошная обработка почвы влияет на сохранность и прирост культур сосны по высоте (табл. 1).

Таблица 1

Способ обработки почвы	Приживаемость, %		Сохранность в 1988 г., %	Средняя высота, см, в возрасте, лет			Достоверность различия по сравнению с контролем <i>t</i>
	в 1986 г.	в 1987 г.		1	2	3	
Рыхление на глубину, см							
25	84,9	82,9	81,8	12,0	31,0	56,7 ± 0,86	6,23
50	96,5	93,3	92,0	10,0	30,2	57,0 ± 0,79	6,74
Вспашка на глубину 50 см	87,4	86,7	85,2	10,7	34,8	60,8 ± 0,58	8,58
Фрезерная обработка на глубину 25 см	86,9	85,9	84,7	10,5	34,8	55,6 ± 0,97	8,61
Вспашка на глубину 25 см + рыхление на глубину 50 см	89,6	84,8	84,2	10,7	32,4	58,4 ± 0,78	7,97
Контроль	71,2	70,0	70,0	9,4	28,5	48,9 ± 0,90	—

Установлено, что приживаемость и сохранность культур сосны по вариантам обработки почвы существенно различаются. Так, на первом году роста в контроле приживаемость равна 71,2 %, в то же время как после сплошной обработки почвы этот показатель заметно увеличивается (от 84,9 % на участке с рыхлением на глубину 25 см до 96,5 % при рыхлении на 50 см). Эта же закономерность просматривается на втором и третьем году роста.

В то же время А. П. Майсеенок [3] и В. А. Морозов [5] для минеральных почв Белоруссии установили, что приживаемость и сохранность культур сосны при аналогичных способах предпосадочной обработки почвы не имеют существенных различий. Наблюдается положительное влияние глубокого рыхления почвы на рост культур в высоту. Максимальная средняя высота 3-летних саженцев сосны отмечена при вспашке на глубину 50 см, минимальная — в контроле. Все изучаемые варианты обработки почвы способствуют значительному, математически достоверному увеличению средней высоты культур сосны ($t = 6,23 \dots 8,58$). Необходимо отметить, что средняя высота исследуемых культур достаточно высока для трехлетнего их возраста — от 48,9 до 60,8 см.

А. П. Майсеенок [3] при изучении опытных плантационных культур сосны такого же возраста на минеральной почве указывает на изменение средней высоты саженцев от 42,1 до 46,9 см. По данным В. А. Морозова [5] о влиянии обработки почвы на первичный рост культур сосны в условиях эдафотопы А₂, 3-летние саженцы имеют максимальную среднюю высоту (37,1 см) в варианте рыхления на глубину 50 см.

Эффективность обработки почвы в конечном счете определяется таким интегральным показателем, как темп роста культур по годам. Анализ годичного прироста по высоте опытных культур (табл. 2) показал, что на первом году роста он варьировал незначительно и составил всего 3...5 см. Это произошло, как известно, из-за затянувшейся послепосадочной депрессии саженцев, возникшей в результате малого количества осадков, выпавших в вегетационный период 1986 г., особенно в мае.

На второй год энергия роста саженцев в высоту резко увеличивается и изменяется по вариантам обработки почвы. Максимальный средний прирост отмечен при вспашке на глубину 50 см и фрезерной обработке на 25 см.

На третий год наибольший прирост в высоту отмечен в вариантах более глубокой сплошной обработки почвы: вспашка на 50 см, рыхление на 50 см, вспашка на 50 см в сочетании с глубоким рыхлением.

Таблица 2

Способ обработки почвы	Прирост					
	см			%		
	1986	1987	1988	1986	1987	1988
Рыхление на глубину, см						
25	5,2	19,2	25,7	200,0	100,5	126,0
50	3,2	20,0	26,8	123,1	106,3	131,4
Вспашка на глубину 50 см	3,9	24,1	26,0	150,0	126,8	127,5
Фрезерная обработка на глубину 25 см	3,7	24,3	20,8	142,3	127,9	102,0
Вспашка на глубину 25 см + рыхление на глубину 50 см	3,9	21,7	26,0	150,0	114,2	127,5
Контроль	2,6	19,0	20,4	100,0	100,0	100,0

Таким образом, положительное влияние изучаемых способов сплошной предпосадочной обработки почвы на увеличение прироста и средней высоты саженцев проявляется уже в 3-летнем их возрасте. Это происходит в результате создания условий, способствующих освоению корнями саженцев возможно большего объема почвы. Известны многие публикации ([1, 4, 5] и др.), в которых на основании экспериментальных данных доказано положительное влияние глубокого рыхления почвы на рост культур.

Периодом большого роста для культур сосны принято считать возраст, в котором ежегодный прирост по высоте составляет около 30 см. Для сосны он наступает после 5 лет. В наших исследованиях 3-летние культуры сосны, созданные с применением способов более глубокой сплошной предпосадочной обработки почвы, по энергии роста в высоту (прирост по высоте более 26 см) на 2 года раньше вступили в период большого роста.

Исследования изменений водно-физических свойств почвы показали, что сплошная предпосадочная обработка способствовала снижению ее объемной массы по сравнению с контролем, увеличению капиллярной влагоемкости и аэрации. Это создало благоприятные условия для более глубокого проникновения корней в почву и освоения больших ее объемов, более полного использования элементов минерального и водного питания растений.

Итак, при создании культур сосны в целях увеличения сохранности и годичного прироста по высоте необходимо отдавать предпочтение отвальной вспашке и рыхлению на глубину 50 см или сочетанию вспашки на 25 см с безотвальным рыхлением на 50 см.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Головчанский И. Н., Говорова Т. Т. О продолжительности действия глубокой обработки песков при создании лесокультур // Лесоводство и агролесомелиорация.— 1977.— Вып. 49.— С. 77—88. [2]. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / И. В. Шутов, Е. Л. Маслаков, И. А. Маркова и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 248 с. [3]. Майсеенок А. П. Рост плантационных культур сосны в зависимости от агротехники их создания // Лесохозяйственные пути повышения продуктивности лесов БССР.— Мн.: БелНИИЛХ, 1985.— С. 100—105. [4]. Мироненко А. Я. О влиянии глубины обработки почвы на успешность роста сосны обыкновенной в условиях сосняка-брусничника // Вопросы лесоведения и лесоводства.— Мн., 1965.— С. 183—188. [5]. Морозов В. А. Некоторые вопросы агротехники выращивания культур сосны на нелесных площадях // Вопросы интенсификации лесного хозяйства: Тр. БелНИИЛХ.— 1967.— Вып. 18.— С. 76—81.

Поступила 27 июня 1989 г.

УДК 630*181.36

О КОРНЕНАСЕЛЕННОСТИ ПОЧВЫ В СМЕШАННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО И ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Ю. М. ДЕБРИНЮК

Львовский лесотехнический институт

Одной из наиболее ценных лесообразующих пород в западных областях Украины является дуб черешчатый. Почвенно-климатические условия региона позволяют повысить продуктивность дубовых лесов, вводя в их состав определенное количество ели обыкновенной. В связи с этим необходимо всесторонне изучить взаимодействие названных пород не только в надземной, но и в подземной части, так как именно характер их биологического взаимодействия в области корневых систем во многом отражает уровень продуктивности насаждений [3—5]. Взаимодействие древесных пород в корнеобитаемой толще почвы, определяется корненонаселенностью ее слоев [3, 6].

Исследования проводили на территории гослесфонда Винниковского лесничества Львовского лесхозага в средневозрастном елово-дубовом насаждении, произрастающем на темно-серой лесной легкосуглинистой почве в условиях влажной буковой дубравы. Состав древостоя 7ДЗЕ, возраст — 68 лет, полнота — 0,92, запас стволовой древесины — 372 м³/га. Подлесок отсутствует. Подрост редкий, преимущественно из бука лесного. В травянистом покрове доминируют зеленчук желтый, сныть обыкновенная, щитовник мужской, кислица обыкновенная, медуница неясная.

В основу исследований корненонаселенности почвы положен метод монолитов [4]. Участок насаждения разделяли на квадраты размером 10 × 10 м, что позволило их картировать и выделить биогеоценологические парцеллы в соответствии с критериями, описанными в работе Н. В. Дылыса [2]. Таксационная характеристика парцелл приведена в табл. 1. В пределах выбранных для исследований парцелл подбирали средние по диаметру деревья дуба и ели и определяли среднее расстояние между ними. Посередине этого расстояния закладывали площадку размером 0,5 × 0,5 м. Возле нее выкапывали шурф с таким расчетом, чтобы одна из его стенок была строго вертикальной и совпадала с одной из сторон площадки, после чего вынимали монолит вместе с корнями по нанесенной разметке. Глубина монолита определялась глубиной проникновения корней и составляла от 80...100 до 180...200 см. В каждой из выделенных парцелл (табл. 1) закладывали по одному монолиту (всего шесть монолитов). Выбранные корни обрабатывали по методике [6].

Таблица 1

Номер и название парцеллы	Площадь, га	Состав	Полнота	Запас, м ³ /га		
				общий	ели	дуба
1 — елово-дубово-щитовниково-снытевая	0,08	6Д4Е	0,86	380	152	228
2 — дубово-елово-снытево-кисличная	0,06	7ЕЗД	0,92	387	264	123
3 — елово-щитовниковая	0,06	10Е	0,94	368	368	—
4 — елово-зеленчуково-кисличная	0,07	10Е	0,90	364	364	—
5 — дубово-снытевая	0,10	10Д	0,91	352	—	352
6 — дубово-зеленчуково-медуничная	0,10	10Д	0,87	346	—	346

Исследования показали, что состав парцелл существенно влияет на характер распределения корней дуба и ели по слоям почвы (табл. 2). Так, в парцеллах со смешанным составом древостоя (№ 1 и 2) основная масса и наибольшая протяженность корней ели отмечена в верхнем 10-сантиметровом слое почвы. В еловых парцеллах без примеси

Таблица 2

Показатели	Горизонт, см	Распределение протяженности и массы корней в парцеллах						
		1	2	3	4	5	6	
Протяжен- ность корней, %	0...10	<u>24,2</u> <u>88,4</u>	<u>21,2</u> <u>92,7</u>	<u>22,5</u> <u>72,2</u>	<u>26,3</u> <u>72,1</u>	<u>52,7</u> —	<u>58,1</u> —	
	10...20	<u>37,2</u> <u>8,5</u>	<u>46,0</u> <u>4,9</u>	<u>41,3</u> <u>19,2</u>	<u>33,5</u> <u>18,6</u>	<u>17,1</u> —	<u>20,5</u> —	
	20...30	<u>18,4</u> <u>1,9</u>	<u>12,2</u> <u>1,7</u>	<u>18,3</u> <u>5,1</u>	<u>19,5</u> <u>5,7</u>	<u>9,2</u> —	<u>8,8</u> —	
	30...40	<u>7,0</u> <u>0,7</u>	<u>4,9</u> <u>0,5</u>	<u>9,4</u> <u>2,3</u>	<u>9,8</u> <u>2,4</u>	<u>6,1</u> —	<u>5,4</u> —	
	40...60	<u>5,5</u> <u>0,3</u>	<u>5,4</u> <u>0,1</u>	<u>4,5</u> <u>0,9</u>	<u>7,0</u> <u>0,9</u>	<u>5,1</u> —	<u>2,3</u> —	
	60...80	<u>2,8</u> <u>0,2</u>	<u>5,6</u> —	<u>2,6</u> <u>0,2</u>	<u>2,6</u> <u>0,2</u>	<u>3,2</u> —	<u>1,4</u> —	
	80...100	<u>2,1</u> —	<u>2,4</u> —	<u>1,0</u> —	<u>1,3</u> —	<u>2,3</u> —	<u>1,6</u> —	
	100...120	<u>1,4</u> —	<u>1,7</u> —	<u>0,4</u> —	—	<u>2,2</u> —	<u>1,2</u> —	
	120...140	<u>0,8</u> —	<u>0,6</u> —	—	—	<u>1,1</u> —	<u>0,5</u> —	
	140...160	<u>0,4</u> —	—	—	—	<u>0,6</u> —	<u>0,3</u> —	
	160...180	<u>0,2</u> —	—	—	—	<u>0,2</u> —	<u>0,1</u> —	
	180...200	—	—	—	—	<u>0,2</u> —	—	
	То же, см/м ²	—	<u>88 977</u> <u>111 713</u>	<u>49 319</u> <u>195 731</u>	<u>17 830</u> <u>72 876</u>	<u>17 126</u> <u>99 784</u>	<u>180 853</u> —	<u>157 509</u> —
	Масса корней, %	0...10	<u>11,4</u> <u>73,2</u>	<u>33,8</u> <u>89,9</u>	<u>27,5</u> <u>61,2</u>	<u>29,4</u> <u>70,0</u>	<u>22,6</u> —	<u>26,0</u> —
10...20		<u>33,5</u> <u>23,4</u>	<u>46,2</u> <u>7,4</u>	<u>29,5</u> <u>30,6</u>	<u>50,7</u> <u>18,9</u>	<u>25,6</u> —	<u>31,3</u> —	
20...30		<u>30,7</u> <u>2,5</u>	<u>6,0</u> <u>1,9</u>	<u>30,2</u> <u>5,4</u>	<u>15,0</u> <u>7,8</u>	<u>16,8</u> —	<u>18,8</u> —	
30...40		<u>15,4</u> <u>0,6</u>	<u>3,7</u> <u>0,6</u>	<u>8,7</u> <u>2,1</u>	<u>3,1</u> <u>2,6</u>	<u>9,3</u> —	<u>11,0</u> —	
40...60		<u>5,1</u> <u>0,3</u>	<u>5,8</u> <u>0,1</u>	<u>2,0</u> <u>0,5</u>	<u>1,2</u> <u>0,6</u>	<u>9,4</u> —	<u>6,5</u> —	
60...80		<u>2,2</u> —	<u>3,0</u> —	<u>1,3</u> <u>0,1</u>	<u>0,3</u> <u>0,1</u>	<u>6,9</u> —	<u>2,0</u> —	
80...100		<u>1,0</u> —	<u>0,7</u> —	<u>0,7</u> —	<u>0,1</u> —	<u>3,9</u> —	<u>2,0</u> —	
100...120		<u>0,5</u> —	<u>0,5</u> —	<u>0,1</u> —	—	<u>4,8</u> —	<u>1,9</u> —	
120...140	<u>0,2</u> —	<u>0,1</u> —	—	—	<u>0,5</u> —	<u>0,4</u> —		
140...160	—	—	—	—	<u>0,2</u> —	<u>0,1</u> —		

Продолжение табл. 2

Показатели	Горизонт, см	Распределение протяженности и массы корней в парцеллах					
		1	2	3	4	5	6
Масса корней, %	160...180	—	—	—	—	$\frac{0,1}{—}$	—
То же, г/м ²	—	$\frac{624,8}{355,2}$	$\frac{562,6}{471,6}$	$\frac{149,1}{186,2}$	$\frac{159,7}{344,2}$	$\frac{1068,1}{—}$	$\frac{943,1}{—}$

Примечание. В числителе — показатели для дуба; в знаменателе — для ели. дуба (№ 3 и 4) корни распределяются по почвенному профилю более равномерно.

В чистых еловых парцеллах распределение относительной протяженности корней ели по слоям почвы почти идентично ($\pm 0,1 \dots 0,6 \%$). Отмечено несколько большее различие в распределении относительной массы корней ($\pm 0,1 \dots 11,7 \%$), что объясняется особенностями применяемого метода монолитов [1]. В смешанных парцеллах более резко выражена концентрация корней ели в слое почвы 0...10 см. Разница в распределении их относительной длины ($\pm 0,2 \dots 4,3 \%$) и относительной массы ($\pm 0,2 \dots 16,7 \%$) здесь более заметна, чем в чистых еловых парцеллах, что вполне закономерно из-за различия в составе древесного яруса парцелл.

Характер распределения корней дуба в почве иной. Во всех парцеллах максимум его корней по массе наблюдается в почвенном слое 10...20 см. Протяженность же корней дуба в чистых дубовых парцеллах (№ 5 и 6) наивысшая в слое 0...10 см. Следовательно, в этом слое размещено основное количество мелких, физиологически активных корней. В парцеллах с участием ели мелкие корни дуба вытесняются в более низкие почвенные слои.

Интересен тот факт, что в чистых еловых парцеллах обнаружены корни дуба из соседних парцелл. Здесь, как и в смешанных древостоях, наибольшая относительная масса и протяженность дубовых корней отмечена в слое почвы 10...20 см. Вместе с тем, в чистых дубовых парцеллах корни ели не обнаружены.

Поскольку корни дуба найдены в соседних еловых парцеллах, а корней ели в парцеллах дуба нет, можно говорить о более контактном строении корневых систем ели по сравнению с дубом, который образует мощные горизонтальные корни, что соответствует имеющимся литературным данным [3].

Наибольшая глубина проникновения корней дуба отмечена в чистых дубовых парцеллах (180...200 см), наименьшая — в чистых еловых (100...120 см). Корни ели проникают всего на 60...80 см.

В распределении длин и масс корней по слоям почвы в парцеллах с одинаковым составом древостоя нет существенных различий. В дубово-снытевой и дубово-зеленчуково-медуничной парцеллах различие в распределении корней по массе составляет 0,1...5,7%, по протяженности — 0,1...5,4%; в елово-щитовниковой и елово-зеленчуково-кисличной — соответственно 0,6...15,2 и 0,3...7,8%. Различия в распределении массы и длины корней дуба по слоям почвы в елово-дубово-щитовниково-снытевой и дубово-елово-снытево-кисличной парцеллах также незначительны по длине (0,2...8,8%), но более заметны по массе (0,1...24,7%). Существенны они в распределении длин и масс корней между группами названных парцелл.

Населенность почвы корнями в смешанных парцеллах дуба и ели выше, чем в чистых, что существенно увеличивает интенсивность исполь-

зования корнеобитаемых горизонтов почвы. Это подтверждается 5,0—10,6 %-м увеличением запаса ствольной древесины в смешанных парцеллах по сравнению с чистыми, где показатели корненаселенности ниже.

Между корневыми системами дуба и ели отсутствуют элементы антагонизма, что подтверждается интенсивным проникновением корней дуба в парцеллы ели. Это способствует более эффективному использованию потенциального почвенного плодородия смешанными древостоями, а также повышению их общей продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гузь Н. М. К вопросу о точности исследования корневых систем методом монолитов / ЛЛТИ.— Львов, 1983.— 3 с.— Деп. в ЦБНТИлесхоз 12.12.83, № 273 ЛХ-Т—83. [2]. Дылис Н. В. Структура лесного биогеоценоза.— М.: Наука, 1969.— 55 с. [3]. Калинин М. И. Формирование корневой системы деревьев.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 152 с. [4]. Колесников В. А. Методы изучения корневой системы древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 152 с. [5]. Лосицкий К. Б. Продуктивность, воспроизводство и жизнестойкость дубовых лесов по зонам СССР // Дубравы и повышение их продуктивности / ВАСХНИЛ.— М., 1981.— С. 13. [6]. Рахтеенко И. Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений.— Минск: АН БССР, 1963.— 254 с.

Поступила 8 сентября 1989 г.

УДК 630*232.41

РОСТ И ДИНАМИКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САЖЕНЦЕВ ЕЛИ В ПИТОМНИКЕ

С. А. РОДИН

ВНИИЛМ

Приживаемость и рост лесных культур во многом зависят от качества посадочного материала, физиологические показатели и фенофазы развития которого тесно связаны с погодными условиями в период вегетации и в первую очередь с суммой активных температур воздуха [3, 4].

Нами проведены наблюдения в питомнике Загорского лесхоза Московской области в 1981—1985 гг. Объектом исследований были стандартные саженцы ели 4 (2 + 2) лет, растущие в уплотненной школе в естественных условиях и предварительно законсервированные. Консервация заключалась в замедлении снеготаяния, для этого в марте поверхность снега засыпали слоем опилок толщиной 5...10 см [1].

Наблюдения за фенологией саженцев ели проводили по методике Н. Е. Булыгина. Каждые 10 дн. с мая по сентябрь отбирали образцы одно- и двухлетней хвои и физиологически активных корней не менее чем у 50 растений. Определяли содержание в них азота по В. Т. Курнаеву, фосфора — по А. Ю. Левицкому, калия — колориметрически, водорастворимых углеводов — по Бертрану и крахмала — по Н. И. Проскурякову [2]. Параллельно каждые 10 дн. с мая по сентябрь 350...500 саженцев ели высаживали на лесокультурную площадь.

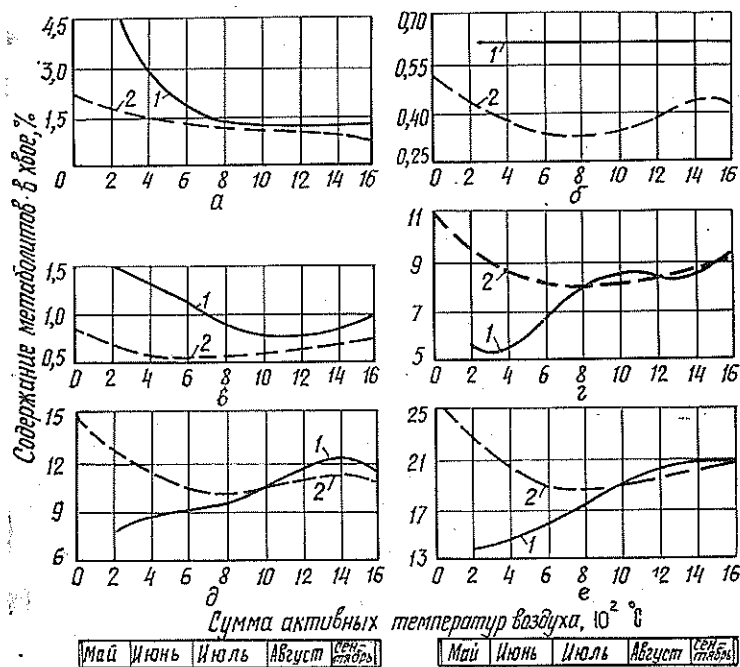
Изучение сезонной динамики формирования прироста саженцев ели в питомнике в естественных условиях показало, что набухание верхушечных почек начинается в III декаде апреля — I декаде мая, когда сумма активных температур воздуха (ΣT) достигает 50...60 °С. Так, в условиях, близких к средним многолетним (1981 и 1982 гг.) к 5 мая от 2 до 7 % растений имели набухшие верхушечные почки. В 1983 г. снеготаяние закончилось на 10 дн. раньше, в результате почки начали набухать также на 10 дн. раньше, чем в 1981 и 1982 гг. В течение следующих 20...30 дн. у 11...38 % растений верхушечные почки раскрылись, у 54...68 % набухли. К этому моменту ΣT достигла 175...215 °С. В последующие 6...8 дн. разверзание почек было более интенсивным и к концу мая — началу июня все растения перешли к формированию прироста в высоту.

В 1981, 1982 и 1983 гг. рост саженцев ели в высоту начался соответственно 5, 9 июня и 25 мая, что соответствует $\Sigma T = 290 \dots 300 \text{ }^\circ\text{C}$. Наиболее интенсивный рост растений в высоту в условиях открытого грунта наблюдался в первой половине июня. В этот период сформировалось до 70...80 % прироста. Затем до середины июля интенсивность роста снижалась, после чего началось постепенное одревеснение саженцев ели. Во II и III декадах августа отмечен осенний максимум роста корней, а при благоприятных погодных условиях — образование вторичного прироста в высоту у 5...10 % саженцев.

Слой опилок, покрывающий снег на лентах для консервации посадочного материала, замедлил снеготаяние на 15...45 дн. и до конца июля опилки сохранили влажность корнеобитаемого слоя почвы. Она была на 5...15 % больше, а температура на 5...10 $^\circ\text{C}$ ниже, чем в условиях открытого грунта. Это позволило затормозить начало формирования растениями прироста в высоту на 15...45 дн. без снижения их качества. В дальнейшем прирост саженцев в высоту формировался, как в открытом грунте и завершился к концу июля ($\Sigma T = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$).

Физиологические показатели растений при различных способах и сроках хранения характеризуются содержанием в хвое углеводов, неорганических элементов и связаны с суммой активных температур воздуха. Сезонная динамика содержания азота, фосфора, калия, крахмала и суммы сахаров в одно- и двухлетней хвое саженцев ели в питомнике в условиях открытого грунта представлена графиками на рисунке. Они достоверно отражают изменение физиологических показателей растений в течение вегетационных периодов 1981—1985 гг. ($F_\phi = 2,8 \dots 34,6 > F_\tau = 2,7 \dots 4,4$).

В двухлетней хвое наибольшее количество азота (1,7...2,4 %), фосфора (0,45...0,56 %), калия (0,68...0,73 %) и углеводов (21,8...



Динамика содержания азота (а), фосфора (б), калия (в), крахмала (г), суммы сахаров (д) и суммы углеводов (е) в хвое: 1 — однолетней; 2 — двухлетней

27,6 %) приходится на период выхода саженцев из состояния покоя и начала роста. К концу II—III декад мая содержание основных элементов в прошлогодней хвое снижается на 5...20 % за счет расходования их на рост. В этот момент в только что появившейся молодой хвое отмечается максимум азота (2,1...4,6 %), фосфора (0,82...1,50 %) и калия (1,3...1,59 %). До окончания формирования прироста в высоту (II декада июля) количество основных метаболитов постепенно снижается на 40...60 % как в однолетней, так и в двухлетней хвое. Затем в связи с одревеснением растений и до окончания вегетации в хвое накапливаются углеводы и неорганические элементы до 70...100 % от первоначального их содержания.

Максимальное количество углеводов в двухлетней хвое приходится на начало вегетации. В этот период сахара составляют 55...60 %, крахмал — 40...55 % от общего количества углеводов. С появлением новой хвои заметно снижается содержание углеводов в прошлогодней хвое, главным образом за счет сахаров. По окончании роста растений количество сахаров и крахмала в прошлогодней хвое несколько повышается, но в целом их содержание ниже первоначального на 20...30 %.

В однолетней хвое происходит обратный процесс — увеличение общего содержания углеводов на 20...30 % по сравнению с началом вегетации, в значительной степени благодаря накоплению сахаров.

Количество азота, фосфора и калия в корнях практически не изменяется в период с мая по сентябрь, углеводов — снижается за счет крахмала, расходуемого на построение новых тканей растений.

При консервации посадочного материала под слоем снега и опилок расход основных метаболитов в хвое и корнях саженцев ели задерживается вследствие замедления процессов жизнедеятельности растений. Однако в целом не происходит нарушений сезонной динамики содержания и расходования азота, фосфора, калия и углеводов.

Изменение в содержании основных метаболитов у саженцев ели в питомнике в течение вегетационного периода оказывает влияние на их приживаемость в культурах при удлинённых сроках посадки. Культуры 5—6-летнего возраста, созданные саженцами из открытого грунта, в мае — июне при $\Sigma T < 600$ °C приживаются на 85...91 %, в июле ($\Sigma T = 600 \dots 1000$ °C) на 44...62 %, в августе — сентябре ($\Sigma T > 1000$ °C) на 92...99 %. Применение посадочного материала, прошедшего консервацию предложенным способом, позволяет повысить приживаемость культур, созданных в мае — первой половине июля, до 95...99 %.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы и дать рекомендации производству для центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов.

1. Наиболее высокий уровень содержания основных метаболитов в хвое и физиологически активных корнях саженцев ели в питомнике отмечен в III декаде апреля. При $\Sigma T = 50 \dots 300$ °C (май) у саженцев ели набухают верхушечные почки и снижается количество основных метаболитов в хвое и корнях на 15...20 %. Развертывание почек и умеренный рост в высоту у саженцев ели наблюдаются в период, когда ΣT возрастает от 300 до 600 °C (июнь). При этом в тканях растений уменьшается содержание азота, фосфора, калия и углеводов еще на 15...20 %. Основной рост в высоту происходит при $\Sigma T = 600 \dots 1000$ °C (июль) и приводит к максимальному падению содержания основных метаболитов в хвое и корнях. Одревеснение растений в августе — сентябре, когда ΣT достигает 1000 °C и более, сопровождается повышенным количеством азота, фосфора, калия и углеводов в их тканях.

2. При удлинённых сроках посадки целесообразно использовать саженцы ели с наибольшим запасом основных метаболитов в двухлетней

хвое и физиологически активных корнях. Снижение содержания в посадочном материале азота, фосфора, калия и углеводов более чем на 30...40 % (июль) по сравнению с их количеством в начале вегетационного периода значительно ослабляет растения и ставит под сомнение целесообразность проведения лесопосадочных работ в этот период.

3. Исходя из фенофаз растений, оптимальным периодом для посадки саженцев ели без предварительной консервации следует считать май (ΣT до 300 °С). В июне, при $\Sigma T = 300 \dots 600$ °С, возможна посадка леса, но при соблюдении мер, предохраняющих повреждение молодых побегов. В июле ($\Sigma T = 600 \dots 1000$ °С) проведение лесопосадочных работ нецелесообразно. Во второй половине вегетационного периода, начиная с августа ($\Sigma T > 1000$ °С), возможна посадка до окончания безморозного периода, т. е. практически до конца сентября — начала октября.

4. Консервация посадочного материала под снегом до выкопки затормаживает разverzание почек у растений на 15...45 дн. и соответственно замедляет расходование на рост основных метаболитов в двухлетней хвое. При этом характер динамики их содержания такой же, как у саженцев, растущих в условиях открытого грунта.

5. Сроки лесопосадочных работ необходимо устанавливать ежегодно, учитывая метеорологические показатели, взятые на ближайшей метеостанции, и приведенные выше рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1395211 СССР, МКИ⁴ А 01 G 23/00. Способ создания лесных культур хвойных пород / В. И. Суворов, С. А. Родин (СССР).— № 3745383/30-15; Заявлено 21.05.84 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 18.— С. 17. [2]. Белозерский А. Н., Проскуряков Н. И. Практическое руководство по биохимии растений.— М.: Сов. наука, 1951.— 388 с. [3]. Carlson M. C. Effect of natural chilling and storage on budbreak and root growth of Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) // Canad. J. Forest Research.— 1985.— V. 15, N 4.— P. 651—656. [4]. Ritchie G., Dunlap J. Root growth potential; its development and expression in forest seedlings // N. Z. J. forestry Sc.— 1980.— Vol. 1, N 10.— P. 218—248.

Поступила 12 июня 1990 г.

УДК 630*24 : 630*812

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ И КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ В НИХ ПРИ УСКОРЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ НА ПИЛОВОЧНИК И БАЛАНСЫ

А. П. РЯБОКОНЬ

УкрНИИЛХА

При изучении продуктивности насаждений необходимо принимать во внимание не только количественные показатели роста деревьев, но и качественную характеристику прироста [1, 2], получаемого в результате проведения лесохозяйственных мероприятий, что дает возможность выращивать древостои с заданными свойствами древесины.

Как показали исследования, проведенные в культурах сосны Б. И. Гаврилова в Балаклейском лесхоззаге Харьковской области [4—6], целенаправленное регулирование густоты древостоев на разных возрастных этапах в сочетании с обрезкой сучьев позволяет получать пиловочник и балансы определенного качества в возрасте технической спелости 50 лет.

В 1946 г. в этом же лесхозаге в 8-летнем чистом, абсолютно одновозрастном молодняке сосны Б. И. Гавриловым заложена плантация по методу «быстрого прироста». На площади 1,9 га в культурах с размещением посадочных мест $1,5 \times 0,6$ м (10 тыс. шт./га) был вырублен каждый второй и разрежены оставшиеся ряды, а впоследствии обрезаны сучья на деревьях до высоты 4 м. Контролем служило насаждение с производственным режимом выращивания (с естественным очищением стволов от сучьев), созданное по аналогичной схеме посадки в идентичных условиях местопроизрастания — свежей субори (В₂). Динамика густоты древостоев следующая (в числителе — быстрый прирост, в знаменателе — контроль): 1946 г. — 1284/9956 шт./га; 1957 г. — 904/4184; 1967 г. — 476/2316; 1975 г. — 441/2176; 1987 г. — 441/1950 шт./га.

Общий вид насаждений (рис. 1) свидетельствует о хорошем их состоянии и достаточной устойчивости против неблагоприятных факторов. В разреженном древостое древесные всходы очень редкие, а на контроле их нет. Самосев, подрост отсутствуют. В подлеске ракитник русский (*Cytisus ruthenicus* D. C. Fisch.). Живой напочвенный покров неравномерный, редкий и представлен осокой волосистой (*Carex pilosa* Scop.), цмином песчаным (*Helichrysum arenarium* L.), вкотником серым (*Berteroa incana* (L.) D. C.), чистотелом большим (*Chelidonium majus* L.), земляничкой лесной (*Fragaria vesca* L.) и др.



Рис. 1. 37-летние сосновые культуры различной густоты выращивания в Балаклейском лесхозаге: а — вариант быстрого прироста; б — контроль

Густота в период исследования (37...49 лет) в варианте быстрого прироста в 4—5 раз меньше контроля (табл. 1).

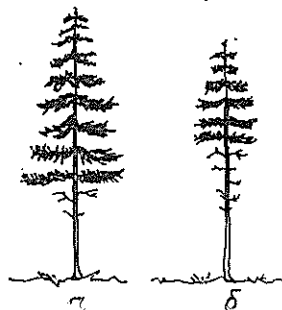
Запас древостоя на контроле выше на 34...37 %. Лучшее развитие ассимиляционного аппарата в варианте быстрого прироста (рис. 2) способствует более интенсивному накоплению древесины. Средний объем ствола в опытном варианте больше на 230 %. Приведенные таксационные показатели являются суммой фактического прироста, полученного в результате изменения экологических условий, и механического увеличения за счет вырубки деревьев с более низкими таксационными показателями.

Таблица 1

Таксационная характеристика культур сосны различной густоты

Вариант густоты	Число сохранившихся деревьев, шт./га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Класс бонитета	Абсолютная полнота, м ² /га	Относительная полнота	Запас древесины, м ³ /га
Возраст 37 лет							
Быстрый прирост	441	22,0	17,7	I	16,7	0,47	147,3
Контроль	2176	13,4	15,6	I	30,7	0,86	234,9
Возраст 49 лет							
Быстрый прирост	441	26,7	20,4	I	24,7	0,62	243,4
Контроль	1950	16,5	18,1	I	41,6	1,05	371,6

Рис. 2. Средние по морфометрическим показателям деревья в Балаклейском лесхоззаге: а — дерево быстрого прироста; б — контроль. Высота деревьев — соответственно 17,5 и 15,7 м; диаметр на высоте груди — 22,1 и 13,4 см; объем ствола — 0,327 и 0,142 м³; густота в 37 лет — 441 и 2176 шт./га; площадь поверхности кроны — 71 и 42 м²; зона с мертвыми сучьями — 2,0 и 4,3 м; бессучковая зона ствола — 4,1 и 5,0 м



На опытном участке (табл. 2) 64 % запаса 37-летних культур составила средняя, на контроле 66 % — мелкая древесина. В 49-летних культурах в варианте быстрого прироста появилась крупная (9 %), а преобладает средняя древесина (65 %). На контроле в 49 лет в равном соотношении (по 39 %) находятся средняя и мелкая, отсутствует крупная древесина.

В мелкосортиментном хозяйстве возраст технической спелости составил менее 49 лет. В среднесортиментном хозяйстве в этом возрасте техническая спелость еще не наступила. Это может быть вызвано интенсивной выборкой каждого второго ряда (при исходных 1,5-метровых междурядьях), когда вырубается значительное число носителей прироста I—III классов роста.

Таблица 2

Сортиментная структура сосновых древостоев различной густоты (м³/га)

Густота в момент исследования, шт./га	Деловая древесина				Дрова	Отходы	Итого	Ликвид из кроны	Всего древесины
	крупная (25 см и более)	средняя (13...24 см)	мелкая (3...12 см)	Итого					
Возраст 37 лет									
441	—	94,1	28,3	122,4	4,2	17,1	143,7	3,6	147,3
2176	—	33,0	155,6	188,6	17,1	29,2	234,9	—	234,9
Возраст 49 лет									
441	21,8	158,4	23,4	203,6	5,2	27,6	236,4	7,0	243,4
1950	—	145,1	145,1	290,2	36,9	44,4	371,5	0,1	371,6

Таблица 3
Характеристика 37-летних моделей

Но- мер мо- дели	Диаметр, см	Высо- та, м	Класс роста по Крафту
I	22,5	16,7	I
	16,5	16,8	II
II	21,8	17,9	I
	17,1	17,4	I
III	22,1	18,6	I
	16,3	18,6	I

Примечание. В числителе — вариант быстрого прироста (густота 441 шт./га); в знаменателе — контроль (2176 шт./га).

При изучении качества древесины из модельных деревьев (табл. 3) выпиливали по два кряжа: на расстоянии 1,3 м от корневой шейки и 1/3 длины ствола от кроны. Число образцов из каждого кряжа устанавливали пропорциональным их объемам в зависимости от точности опыта (5 %) и коэффициента вариации показателя изучаемого свойства. Более широколистная древесина сформировалась в разреженном насаждении (табл. 4). Существенные различия ($t = 4,47 > t_{теор} = 1,98$) достигли 22 %. В этом же древостое древесина более рыхлая: плотность ее на 3 % ниже контроля. Различий в проценте поздней древесины не установлено. Снижение густоты древостоев с 2176 до 441 шт./га в 37-летнем возрасте привело к уменьшению предела прочности при сжатии вдоль волокон на 13 %, при статическом изгибе в тангенциальном направлении — на 10 %, в радиальном существенных различий не выявлено ($t < 1,98$). Различная густота выращивания древостоев на величине усушки существенно не отразилась ($t = 0,18 \dots 0,55 < 1,98$).

Корреляционный анализ физико-механических свойств показал, что связь числа годовичных слоев и плотности древесины с пределом прочности при сжатии вдоль волокон изменяется от высокой тесной ($r = 0,819 \dots 0,904$) в густом древостое до значительной ($r = 0,556 \dots 0,680$) в разреженном варианте опыта. Процент поздней древесины значительно коррелирует ($r = 0,582 \dots 0,694$) с пределом прочности при сжатии вдоль волокон в обоих древостоях. В целом наблюдается тенденция к разрушению связи физико-механических свойств при формировании ее в более редких насаждениях. В варианте быстрого прироста зависимость предела прочности при сжатии вдоль волокон выражается следующими уравнениями:

от числа годовичных слоев

$$y = 24,960 + 4,678x \quad (R = 0,556),$$

от процента поздней древесины

$$y = 25,247 + 0,472x \quad (R = 0,582).$$

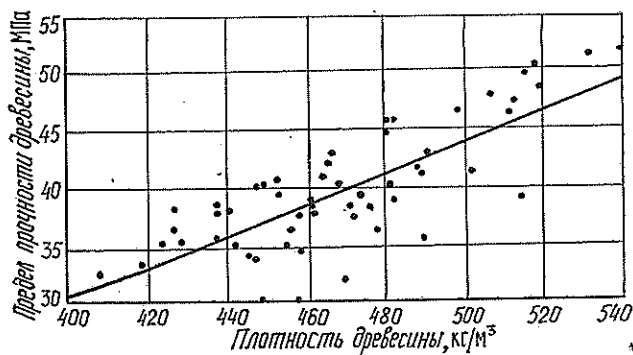


Рис. 3. Связь плотности древесины и ее прочности при сжатии вдоль волокон в 37-летних культурах быстрого прироста

Таблица 4
Физико-механические свойства древесины в 37-летних культурах сосны

Показатели	Быстрый прирост				Контроль				
	n, шт.	M ± m	±V, %	±P, %	t	n, шт.	M ± m	±V, %	±P, %
Число годичных слоев в 1 см	176	3,5 ± 0,2	79,6	6,0	4,47	173	4,5 ± 0,1	27,2	2,1
Процент поздней древесины, %	176	31,9 ± 0,6	23,1	1,7	0,32	173	31,6 ± 0,7	27,7	2,1
Плотность при влажности 12 %, кг/м ³	176	468,6 ± 2,5	7,1	0,5	3,04	173	481,7 ± 3,5	9,6	0,7
Предел прочности при влажности 12 %, МПа:	211	38,5 ± 0,4	15,5	1,1	7,42	143	44,3 ± 0,7	18,4	1,5
а) при сжатии вдоль волокон	91	64,5 ± 1,6	23,0	2,4	2,70	54	71,8 ± 2,2	22,8	3,1
б) при статическом изгибе в направлении: тангенциальном	98	61,5 ± 1,3	21,6	2,2	0,08	54	61,3 ± 2,3	27,3	3,7
радиальном	36	7,9 ± 0,3	21,2	3,5	0,55	36	7,7 ± 0,2	16,5	2,7
тангенциальная	36	4,2 ± 0,2	32,4	5,4	1,11	36	4,6 ± 0,3	38,2	6,4
радиальная	36	12,0 ± 0,4	18,9	3,2	0,18	36	11,9 ± 0,4	20,4	3,4
объемная									

Уравнение

$$y = -19,236 + 0,127x \quad (R = 0,680)$$

позволяет без специальных испытаний определять прочность древесины при сжатии вдоль волокон в зависимости от ее весовых показателей при влажности 12 % (рис. 3).

По мнению зарубежных исследователей [7], качество стволов не может быть определено прямо на корню и пока нет надежд свести решение проблемы к какой-либо математической модели. Разработанный О. И. Полубояриновым [3] комплексный показатель дает возможность на основе относительных показателей качества опытных древостоев и параметров их весомости всесторонне оценивать качество стволов по формуле

Таблица 5
Комплексный показатель качества древесного сырья в 37-летних сосновых древостоях

Густота в момент исследований, шт./га	Средний диаметр, см	Протяженность беспучковой зоны, м	Выход здоровой (без гнилей) древесины, %	Число прямостоящих деревьев	Плотность древесины, кг/м ³	Комплексный показатель качества (K _q)	
						по методу	по Баллансам
441	$\frac{22,1}{1,65}$	$\frac{4,1}{0,82}$	$\frac{100}{1,00}$	$\frac{100}{1,08}$	$\frac{468,6}{0,97}$	1,074	1,045
2176	$\frac{13,4}{1,00}$	$\frac{5,0}{1,00}$	$\frac{100}{1,00}$	$\frac{93,0}{1,00}$	$\frac{481,7}{1,00}$	1,000	1,000

$$K_q = \prod_{i=1}^n k_i^{m_i},$$

где K_q — комплексный показатель качества;
 k_i — оценка i -го показателя;
 n — число показателей качества;
 m_i — коэффициент весомости i -го показателя.

Весомость показателей (в числителе по пиловочнику, в знаменателе по балансовой древесине) следующая: средний диаметр стволов — 0,21/0,15; протяженность бессучковой зоны — 0,23/0,18; процент выхода здоровой (без гнили) древесины — 0,25/0,33; процент прямоствольных деревьев — 0,20/0,14; плотность древесины — 0,11/0,20. Комплексный показатель как по пиловочнику, так и по балансам несколько больше в разреженном древостое (табл. 5).

Если за показатель, характеризующий размеры стволов, принять не диаметр, а средний объем, синтезирующий в себе линейные размеры, то в древостое быстрого прироста комплексный показатель составит: по пиловочнику $K_q = 1,152$; по балансам $K_q = 1,098$, что подтверждает преимущества редких насаждений.

Разреживание насаждений на различных возрастных этапах в сочетании с обрезкой сучьев способствует улучшению товарной структуры древостоя. Поскольку при плантационном лесовыращивании физико-механические свойства древесины ухудшаются, ее применение следует ограничить изготовлением легких, не несущих нагрузки конструкций. Для более полного использования экологического потенциала лесорастительного участка в культурах с 1,5-метровыми междурядьями необходимо вырубать деревья не через ряд, а каждый третий ряд, но интенсивно разреживать оставляемые ряды в возрасте осветлений (до 10 лет).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Мелехов И. С. Значение структуры годичных слоев и ее динамики в лесоводстве и дендроклиматологии // Лесн. журн.—1979.—№ 4.—С. 6—14.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Мелехов И. С. Повышение продуктивности лесов — межотраслевая задача // Лесн. журн.—1987.—№ 6.—С. 3—14.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Полубояринов О. И. Оценка качества древесины на основе комплексного показателя // Лесн. хоз-во, лесн., деревообаб. и целлюлозно-бум. пром-сть.—Л.: ЛТА, 1976.—Вып. 4.—С. 39—41. [4]. Рябоконт А. П. Режимы густоты сосновых древостоев при ускоренном выращивании пиловочной и балансовой древесины // Новое в науке и технике лесн. хоз-ва.—1980.—№ 14.—С. 7—8. [5]. Рябоконт А. П. Комплексная оценка качества древостоев при оптимизации густоты сосновых насаждений различного целевого назначения // Ход роста и строение древостоев: Сб. науч. тр. / ЛитСХА.—Каунас: Академия, 1983.—С. 47—49. [6]. Технология ускоренного выращивания древесины сосны в культурах плантационного типа на Украине / Минлесхоз УССР.—Харьков, 1981.—46 с. [7]. Ware K. D. Measuring tree quality // Measuring the Southern Forest: 15 th Annual Forestry Symposium.—Louisiana State Univ., Press. Baton Rouge, L. A.—1966.—P. 43—63.

Поступила 15 мая 1990 г.

УДК 630*443

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕРОГО ШЮТТЕ В БАРНАУЛЬСКОМ ЛЕНТОЧНОМ БОРУ

Б. П. ЧУРАКОВ

Алтайский государственный университет

Серое шютте, вызываемое сумчатым грибом *Hypodermella sulcigena* (Korst.) Tub., периодически приводит к массовому заболеванию сосно-

вых насаждений Барнаульского ленточного бора. Грибом поражаются в основном 10—30-летние молодняки сосны обыкновенной. В период с 1987 г. по 1989 г. массовое развитие болезни наблюдалось в Ключевском, Волчихинском и Барнаульском лесхозах. Поражается хвоя и у более старых деревьев, особенно растущих по опушкам, у дорог и просек и имеющих низко опущенную крону. Характерный признак болезни — пожелтение хвои прошлого года. Часто желтеет только верхняя часть хвои, нижняя же остается зеленой, в результате крона приобретает пеструю окраску. Пожелтевшая хвоя сохраняется на ветвях в течение всей зимы. Летом на ней образуются пикниды в виде черных точек, представляющие собой спороношения конидиальной стадии *Hendersonia acicola* Muench. et Tub. Весной следующего года на посеревшей хвое формируются черные удлиненные апотеции. Весной же хвоя заражается аскоспорами гриба. В ленточных борах от серого шютте чаще страдают сосновые молодняки по опушкам, у дорог и просек, что согласуется с известными литературными данными для других регионов страны [1, 2, 9, 12].

Мы изучали распространение серого шютте в сосновых насаждениях Барнаульского ленточного бора в зависимости от лесорастительных условий, полноты древостоев и степени рекреационного воздействия. Исследования проводили в естественных чистых (10С) сосновых насаждениях IV класса возраста, III класса бонитета, средний диаметр деревьев 20 см, средняя высота 19 м. Сосновый подрост 10...15 лет имеет средний диаметр 3,2 см, среднюю высоту 3,0 м. Полнота материнского древостоя 0,7, сомкнутость крон подроста во всех вариантах исследований 0,6...0,7. Обследовали подрост в сосняках лишайниковом, брусничном, черничном и травяном. Для определения его зараженности грибом закладывали пробные площади по 100 деревьев в каждой в шестикратной повторности. На каждой пробной площади проводили сплошной пересчет деревьев, подразделяя их на здоровые и пораженные. Результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа [7]. Вычисляли среднее арифметическое (\bar{X}), среднее квадратичное отклонение (S), среднюю ошибку среднего арифметического ($S_{\bar{X}}$), достоверность (T) при 5 %-м уровне значимости гипотезы.

В результате проведенных исследований выявлена зараженность молодняка сосны серым шютте по основным типам леса (табл. 1).

Таблица 1

Тип леса	Процент зараженных деревьев подроста			
	\bar{X}	S	$S_{\bar{X}}$	T
Сосняк лишайниковый	13,8	3,17	1,42	—
» брусничный	18,0	2,82	1,25	2,24
» черничный	22,3	2,45	1,09	2,57
» травяной	26,7	2,87	1,29	2,60

Из таблицы видно, что по мере улучшения лесорастительных условий от сосняка лишайникового к сосняку травяному зараженность соснового подроста достоверно увеличивается (при $P = 0,95$ значение T равно 2,23 при 10 степенях свободы).

Для определения степени зараженности хвои отдельных деревьев соснового подроста с каждого из шести модельных деревьев брали по 100 пар хвоинок прошлого года. Их подразделяли на здоровые и пораженные грибом. Результаты, представленные в табл. 2, показывают высокую степень пораженности хвои во всех исследованных типах леса.

По данным табл. 1 и 2 можно констатировать, что зараженность серым шютте соснового подроста и хвои отдельных деревьев тем выше, чем лучше лесорастительные условия. На наш взгляд, это связано с биоэкологическими особенностями гриба. По данным Э. С. Соколовой и И. Г. Семенковой [10], Ю. В. Синадского [9], возбудитель серого шютте лучше развивается в условиях повышенной влажности. Известно [8, 11],

Таблица 2

Тип леса	Процент зараженной хвои			
	\bar{x}	s	$s\bar{x}$	t
Сосняк лишайниковый	60,8	4,41	1,97	—
» брусничный	65,8	2,58	1,15	2,24
» черничный	77,3	3,71	1,66	5,80
» травяной	98,0	1,74	0,78	11,30

что улучшение лесорастительных условий предполагает, наряду с другими факторами, увеличение влажности местообитания. Поэтому в каждом конкретном лесонасаждении влажность почвы, а соответственно и воздуха, в сосняке травяном выше, чем в лишайниковом, что и предопределяет большую зараженность подроста в первом типе леса.

Влияние полноты материнского древостоя на степень зараженности соснового подроста серым шютте показано в табл. 3. Чем ниже полнота материнского древостоя, тем выше степень зараженности соснового подроста серым шютте.

Таблица 3

Полнота древостоя	Процент зараженных деревьев подроста			
	\bar{x}	s	$s\bar{x}$	t
0,8	22,0	3,39	1,39	—
0,6	28,2	2,32	0,95	3,69
0,4	41,7	2,26	0,88	10,47
0,1	77,7	3,01	1,23	23,84

Нами изучено влияние рекреационных нагрузок на зараженность соснового подроста серым шютте. Известно [3, 6], что сильные рекреационные нагрузки вызывают дигрессию насаждений, подобную пастбищной. Рекреационная дигрессия лесного фитоценоза проходит пять стадий: от ненарушенного (I стадия) до полностью деградированного леса (V стадия) [3—5]. В связи с

сильным хозяйственным освоением насаждений Барнаульского ленточного бора в них практически отсутствуют ненарушенные участки (I стадия дигрессии). Высокий уровень лесного хозяйства в ленточных борах исключает наличие полностью деградированных насаждений (V стадия). По методике Н. С. Казанской и В. В. Ланиной [6] нами были выделены три стадии дигрессии в ленточном бору: II — малонарушенные сосняки с полнотой 0,7, подрост в хорошем состоянии, травянистый покров почти не нарушен; III — нарушенные сосняки с полнотой 0,6, подрост в удовлетворительном состоянии, травяной покров нарушен, в насаждениях формируются тропы; IV — сильно нарушенные сосняки с полнотой 0,5, подрост очень редкий в неудовлетворительном состоянии, травяной покров почти полностью вытопан, в насаждениях множество троп. В табл. 4 показана степень зараженности соснового подроста серым шютте в различных лесорастительных условиях в зависимости от рекреационной дигрессии насаждений.

Анализ полученных данных позволяет проследить тенденцию к закономерному увеличению степени зараженности соснового подроста грибом с улучшением лесорастительных условий по всем стадиям рекреационной дигрессии. Во всех типах леса постепенно увеличивается процент зараженного подроста по мере усиления дигрессии насаждений, хотя не во всех типах леса различия между смежными стадиями дигрессии достоверны (например, они недостоверны между II и III, III и IV стадиями в сосняке лишайниковом, между II и III — в сосняке брусничном). Это можно объяснить тем, что в низкопроизводительных типах леса различия между выделенными стадиями дигрессии сглаживаются одинаковыми неблагоприятными лесорастительными условиями.

Таблица 4

Тип леса	Стадия дигрессии	Процент зараженных деревьев подроста			
		\bar{x}	s	$s\bar{x}$	t
Сосняк лишайниковый	II	11,2	2,64	1,08	—
	III	14,0	4,41	1,80	1,33
	IV	15,7	3,75	1,53	0,72
» брусничный	II	15,2	3,70	1,51	—
	III	17,2	3,62	1,48	0,95
	IV	25,5	2,88	1,17	4,41
» черничный	II	23,8	2,48	1,00	—
	III	27,3	3,07	1,24	2,24
	IV	30,7	2,16	0,88	2,24
» травяной	II	26,8	3,19	1,30	—
	III	31,5	2,26	0,92	2,96
	IV	35,5	3,71	1,51	2,27

Анализ данных табл. 3 и 4 показывает, что снижение полноты насаждений в результате их самоизреживания и рекреационной дигрессии приводит к заметному повышению зараженности соснового подроста серым шютте. Мы считаем, что это связано с теплолюбивостью возбудителя болезни [10]. При снижении полноты насаждений улучшаются условия обогрева оставшихся деревьев, что вызывает заражение их возбудителем серого шютте.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ванн С. И. Лесная фитопатология.— М.; Л., 1955.— 416 с. [2]. Журавлев И. И., Соколов Д. В. Лесная фитопатология.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— 368 с. [3]. Казанская Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР. Сер. геогр.— 1972.— № 1.— С. 3—5. [4]. Казанская Н. С., Каламкарлова О. А. Опыт изучения лесов под влиянием рекреационного использования (на примере ельников Учнинского лесопарка) // Географические проблемы организации отдыха и туризма.— М.: МГУ, 1969.— С. 7—16. [5]. Казанская Н. С., Каламкарлова О. А. Изменение некоторых типов лесов лесопаркового пояса г. Москвы под влиянием рекреационного использования // Вопросы озеленения городов.— М.: МГУ, 1971.— С. 11. [6]. Казанская Н. С., Лавина В. В. Методика изучения влияния рекреационных нагрузок на древесные насаждения лесопаркового пояса г. Москвы в связи с вопросами организации территорий массового отдыха и туризма.— М.: МГУ, 1975.— 64 с. [7]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 247 с. [8]. Погребняк П. С. Общее лесоводство.— М.: Лесн. пром-сть, 1968.— 398 с. [9]. Синадский Ю. В. Сосна. Ее вредители и болезни.— М.: Наука, 1983.— 344 с. [10]. Соколова Э. С., Семенкова И. Г. Лесная фитопатология.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 312 с. [11]. Сукачев В. Н., Дылис Н. В. Основы лесной биогеоценологии.— М.: Наука, 1964.— 340 с. [12]. Шевченко С. В. Лесная фитопатология.— Львов: Вища школа, 1978.— 320 с.

Поступила 11 марта 1990 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.143.482

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В КРИВЫХ ПУТИ ПЕРЕВОЗКЕ ДЛИННЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

При движении подвижного состава, нагруженного пакетом длинных сварных рельсов, в кривых участках пути на него действуют дополнительные поперечные силы, вызванные изгибом плетей. Они могут привести к опрокидыванию платформ или сходу колес с рельсов. Исследуем влияние этих факторов на безопасность движения подвижного состава.

Расчетная схема сил, действующих на платформу в кривых участках пути, приведена на рис. 1. К ним относятся силы тяжести платформы и приходящейся на нее части пакета рельсов Q , силы инерции $F_{ин}$, поперечная сила H , направляющая сила Y , а также реакции опор.

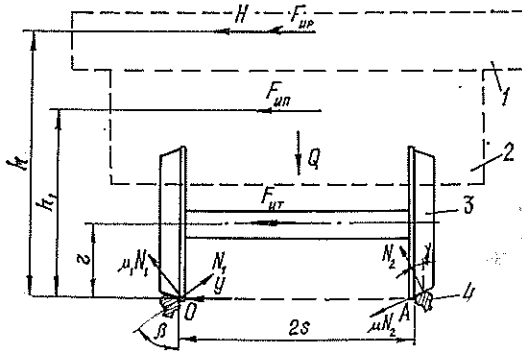


Рис. 1. Расчетная схема сил, действующих на платформу: 1 — пакет рельсов; 2 — рама; 3 — тележка; 4 — рельсы

На схеме не показаны и в расчете не учтены силы инерции, возникающие из-за неровностей рельсов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При небольших скоростях движения (5...10 км/ч) они невелики и их влияние на устойчивость движения незначительно.

Рассмотрим методику определения сил.

Сила тяжести Q . Полагаем, что результирующая сила Q , H , приложена в центре тяжести платформы с грузом, т. е.:

$$Q = (m_{тары} + m_0Ln)g, \tag{1}$$

- где $m_{тары}$ — масса тары платформы, кг;
 m_0 — масса 1 пог. м рельса, кг/м;
 L — база платформы по буферам, м;
 n — число плетей в пакете;
 g — ускорение силы тяжести.

Значения масс платформ различных типов приведены в [6].

Силы инерции, H , действуют при движении состава в кривых на тележки $F_{ит}$, раму платформы $F_{уп}$ и пакет рельсов $F_{пр}$:

$$F_{\text{т}} = \frac{2m_{\text{т}}v^2}{\rho}; \quad (2)$$

$$F_{\text{уп}} = \frac{(m_{\text{тарн}} - 2m_{\text{т}})v^2}{\rho}; \quad (3)$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{р}}v^2}{\rho}, \quad (4)$$

где $m_{\text{т}}$ — масса тележки, кг;
 $m_{\text{р}} = m_0 Ln$ — масса пакета рельсов, кг;
 v — скорость движения поезда, м/с;
 ρ — радиус кривой, м.

Поперечная сила. Методика определения поперечных сил H_i приведена в работах [4, 5]. Эти силы достигают наибольшего значения в первых двух точках закрепления с концов плети. Далее, к середине плети, они существенно уменьшаются.

При закреплении плети в одной точке на платформе поперечная сила, действующая на первую (с начала или конца состава) платформу, направлена наружу кривой, а на вторую — внутрь (рис. 2, а). Если же на платформе две точки закрепления, то наибольшие поперечные силы действуют на первую с края состава платформу, вызывая ее разворот (рис. 2, б).

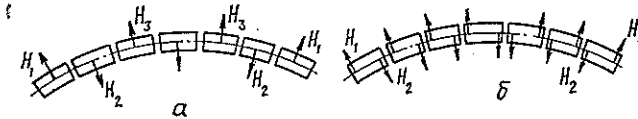


Рис. 2. Направление поперечных сил: а — при одной точке закрепления пакета плетей на платформе; б — при двух точках закрепления

Следовательно, расчет на устойчивость против опрокидывания или схода колес с рельсов надо проводить только для первых двух платформ (при одной точке закрепления на платформе) или только для первой платформы (при двух точках закрепления). Если же устойчивость этих платформ обеспечена, то остальные будут нормально вписываться в кривую.

Значения поперечных сил, H , в общем случае определяют по формуле

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

где EI — жесткость рельса при изгибе его в горизонтальной плоскости, $\text{Н} \cdot \text{см}^2$;
 x_0 — половина длины плети, м;
 ρ — радиус кривой, м;
 K_i — коэффициент, зависящий от номера точки закрепления и числа таких точек по длине плети.

Для первой и второй точки закрепления имеем

$$K_1 = -0,5871 + 0,6314N; \quad (6)$$

$$K_2 = 0,5128 - 0,7886N, \quad (7)$$

где N — число точек закрепления по длине плети.

Значения поперечных сил для $x_0 = 48$ м (длина плети 96 м) и $\rho = 100$ м приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что при установке двух коников на одной платформе поперечная сила увеличивается, по сравнению с установкой одного коника, более чем в 2 раза. Поскольку это приведет к

Таблица 1

Тип подвижного состава	Число точек закрепления		Значения H_1, H_2 для рельсов			
	на одной платформе	на плетях	Р24		Р33	
			для первой точки	для второй точки	для первой точки	для второй точки
Платформа ЛТ-14	1	11	$\frac{215}{1940}$	$\frac{-427}{-2448}$	$\frac{563}{5070}$	$\frac{-711}{-6397}$
	2	22	$\frac{451}{4057}$	$\frac{-561}{-5051}$	$\frac{1178}{10600}$	$\frac{-1466}{-13196}$
Платформа 223	1	9	$\frac{173}{1556}$	$\frac{-219}{-1975}$	$\frac{452}{4064}$	$\frac{-573}{-5160}$
	2	18	$\frac{365}{3287}$	$\frac{-456}{-4104}$	$\frac{954}{8588}$	$\frac{-1191}{-10723}$
Полусцеп ЦНИИМЭ—ДВЗ	1	8	$\frac{151}{1363}$	$\frac{-193}{-1739}$	$\frac{396}{3561}$	$\frac{-505}{-4543}$

Примечания. 1. В числителе — данные для одной плети, в знаменателе — для пакета из 9 плетей. 2. Знак минус показывает, что сила H направлена внутрь кривой. 3. Для полусцепа ЦНИИМЭ—ДВЗ установка двух коников невозможна.

уменьшению устойчивости платформ, то такой случай закрепления плетей нежелателен.

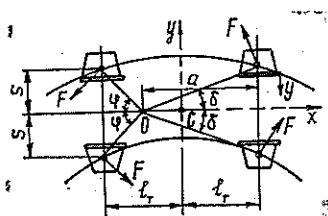


Рис. 3. Схема для определения направляющей силы

Направляющая сила. Она возникает в точке давления колеса на рельс и обусловлена отклонением траектории движения тележки от прямой линии.

Методика определения направляющей силы изложена, например, в работах [1—3]. Нами эта методика частично преобразована с целью ее практического применения.

Расчетная схема приведена на рис. 3. Определяя составляющую, обусловленную только вписыванием тележки в кривую (без учета сил инерции), получим систему уравнений:

$$2l_t \cos \varphi + s (\sin \varphi + \sin \delta) = 0; \quad (8)$$

$$Y = 2F (\cos \delta - \cos \varphi) = F\eta, \quad (9)$$

где

Y — направляющая сила;
 l_t — половина длины тележки;
 s — половина ширины колес;
 φ и δ — вспомогательные углы (см. рис. 3), определяемые по формулам:

$$\cos \varphi = \frac{l_t - a}{\sqrt{s^2 + (l_t - a)^2}};$$

$$\cos \delta = \frac{l_t + a}{\sqrt{s^2 + (l_t + a)^2}};$$

$F = \mu_1 Q_k$ — сила трения в точке давления гребня колеса на рельс;

μ_1 — коэффициент трения между гребнем и рельсом;

- Q_k — давление одного колеса на рельс (в динамике);
 a — расстояние от передней оси до центра поворота тележки;
 — геометрический множитель.

В системе уравнений (8) и (9) неизвестны величины a и Y . Значение a находят из уравнения (8). Оно не зависит от силовых факторов. Значения Y определяют затем по уравнению (9).

Для облегчения расчетов результаты вычислений по формулам (8) и (9) аппроксимированы уравнениями

$$a = 0,0108 + 1,0726l_T; \quad (10)$$

$$\eta = 2,1321 + 0,5367 (l_T - 0,5)^{0,881}. \quad (11)$$

Таким образом, расчетное уравнение для определения направляющей силы Y принимает вид

$$Y = [2,1321 + 0,5367 (l_T - 0,5)^{0,881}] \mu_1 Q_k. \quad (12)$$

Значение коэффициента трения μ_1 , как показано в работе [1], зависит от угла набегания α колеса на рельс. В диапазоне изменения α от нуля до 1° зависимость $\mu_1(\alpha)$ хорошо аппроксимируется уравнением третьей степени

$$\mu_1 = 0,0267\alpha - 0,000465\alpha^2 + 0,00000275\alpha^3, \quad (13)$$

где угол α в минутах можно найти по формуле

$$\alpha = 3437,7468a/\rho. \quad (14)$$

Вычисленные значения направляющей силы для платформы ЛТ-14 ($l_T = 0,575$ м) при перевозке пакета из 9 плетей рельсов Р24 и Р33 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Радиус кривой, м	Сила Q_k , кН, для рельсов		a , м	α , мин	μ_1	Y , кН, для рельсов	
	Р24	Р33				Р24	Р33
100	7,279	8,143	0,6275	21,57	0,387	6,164	6,888
150	7,279	8,143	0,6275	14,38	0,296	4,712	5,266
200	7,279	8,143	0,6275	10,79	0,237	3,779	4,223

Таким образом, выполненный анализ позволяет определить значения всех сил, действующих на платформу при перевозке плетей в кривых участках пути. Это дает возможность произвести расчет на опрокидывание платформы и на сход колес с рельсов.

Расчет на опрокидывание

Расчет на опрокидывание произведем для первой с края состава платформы, так как в этом случае сила H суммируется с силами инерции. Влияние возвышения наружного рельса не учитываем. Рассмотрим платформу как изолированную (рис. 1), т. е. сопротивление плетей в результате их изгиба при опрокидывании не рассматриваем, поскольку оно пойдет в запас устойчивости.

Так как в момент опрокидывания внутренние колеса отрываются от поверхности рельса, то имеем следующие расчетные уравнения:

$$M_{\text{опр}} = (H + F_{\text{ин}})h + F_{\text{ин}}h_1 + F_{\text{ит}}r; \quad (15)$$

$$M_{\text{уд}} = Qs; \quad (16)$$

$$K_{\text{опр}} = \frac{M_{\text{уд}}}{M_{\text{опр}}}, \quad (17)$$

где $M_{\text{опр}}$ — опрокидывающий момент;
 $M_{\text{уд}}$ — удерживающий момент;
 $K_{\text{опр}}$ — коэффициент запаса устойчивости на опрокидывание;
 h, h_1, r — расстояния от центров тяжести пакета рельсов, рамы платформы и тележки до поверхности рельсов.

Результаты расчетов при $v = 18$ км/ч приведены в табл. 3.

Таблица 3

Тип подвижного состава	Значения коэффициента запаса устойчивости для пакета рельсов	
	Р24	Р33
Платформа ЛТ-14	6,3	3,0
Платформа 223	7,1	3,5
Полусцеп ЦНИИМЭ—ДВЗ	6,0	2,9

Таким образом, во всех случаях коэффициент $K_{\text{опр}} > 1$, т. е. устойчивость против опрокидывания гарантирована.

Расчет на сход колес с рельсов

Рассмотрим случай статического равновесия гребня колеса на головке рельса. Определим сначала давление от набегающего колеса на головку рельса в вертикальной F_d и горизонтальной S плоскостях (рис. 4, а), а затем рассмотрим равновесие рельса на наклонной плоскости гребня колеса (рис. 4, б).

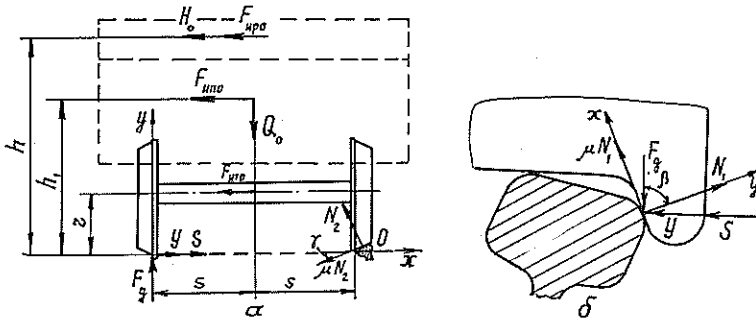


Рис. 4. Расчетная схема для определения условий схода колеса с рельса: а — определение давлений F_d и S ; б — равновесие рельса на наклонной плоскости

Для схемы на рис. 4, а составим уравнение моментов относительно точек O и сумму проекций сил на оси координат, из которых найдем:

$$F_d(2s + 0,5b) = Q_0(s + 0,5b) + F_{\text{ито}}r + F_{\text{ипо}}h_1 + (F_{\text{про}} \pm H_0)h; \quad (18)$$

$$S_0 = F_{\text{ито}} + F_{\text{ипо}} + F_{\text{про}} \pm H_0 + N_2(\sin \gamma + \mu \cos \gamma); \quad (19)$$

$$N_2 = \frac{Q_0s - F_{\text{ито}}r - F_{\text{ипо}}h_1 - (F_{\text{про}} \pm H_0)h}{(2s + 0,5b)(\cos \gamma - \mu \sin \gamma)}, \quad (20)$$

где $Q_0, H_0, F_{\text{што}}, F_{\text{што}}, F_{\text{про}}$ — силы, действующие на одну ось тележки;
 b — ширина головки рельсов;
 γ — угол подуклонки рельсов ($\gamma = 2,868^\circ$);
 μ — коэффициент трения бандажа колеса о рельс ($\mu = 0,25$).

Для схемы на рис. 4, б имеем условие равновесия

$$F_d \sin \beta \geq \mu_1 N_1 + (S + Y) \cos \beta, \quad (21)$$

где β — угол наклона рабочей грани гребня колеса ($\beta = 65,718^\circ$);
 N_1 — реакция на правом (внутреннем) рельсе.

$$N_1 = F_d \cos \beta + (S + Y) \sin \beta. \quad (22)$$

Подставляя выражение для N_1 в условие (21), получаем

$$F_d (\sin \beta - \mu_1 \cos \beta) \geq (S + Y) (\cos \beta + \mu_1 \sin \beta). \quad (23)$$

Отношение левой части условия (23) к правой представляет собой коэффициент запаса устойчивости против схода колес с рельсов

$$K_{\text{сх}} = \frac{F_d (\sin \beta - \mu_1 \cos \beta)}{(S + Y) (\cos \beta + \mu_1 \sin \beta)}, \quad (24)$$

который при устойчивом движении должен быть больше единицы.

Используя приведенные зависимости, исследуем влияние силы H на коэффициент запаса устойчивости против схода колес с рельсов.

Результаты расчета для платформы ЛТ-14, пакета рельсов Р24, скорости 18 км/ч и кривой радиусом 100 м приведены в табл. 4.

Таблица 4

Вычисленные величины	Значения величин при H_0 , кН					
	1,5	1,0	0	-1,0	-1,5	-3,0
F_d , кН	9,84	9,17	7,81	6,46	5,78	3,75
S , кН	3,30	3,00	2,42	1,83	1,53	0,65
$K_{\text{сх}}$	1,302	1,264	1,176	1,071	1,010	0,870

Данные таблицы показывают, что при положительном значении H_0 (сила направлена наружу кривой) коэффициент $K_{\text{сх}} > 1$ и с ростом H_0 увеличивается. При отрицательном значении H_0 (сила направлена внутрь колес) с его ростом коэффициент $K_{\text{сх}}$ уменьшается и при достаточно большом H_0 значение $K_{\text{сх}} < 1$.

Это обстоятельство означает, что при закреплении пакета рельсовых плетей в одной точке на платформе сход колес с рельсов возможен только на второй платформе, а при закреплении плетей в двух точках сход возможен только для колес второй тележки первой платформы. Это объясняется тем, что на первой платформе сила F_d , препятствующая заходу гребня колеса на рельс, больше, чем на второй платформе. Хотя сила S изменяется аналогично силе F_d , однако ее влияние на устойчивость меньше, так как $\sin \beta > \cos \beta$, т. е. удерживающая способность силы F_d больше, чем сдвигающая силы S .

Расчеты по приведенной методике для конкретных условий показывают, что при перевозке плетей в кривых радиусом 100 м и более сход колес с рельсов невозможен.

Для повышения устойчивости платформ против схода колес с рельсов в кривых малых радиусов возможно осуществить следующие мероприятия: уменьшить число рельсовых плетей в пакете, что снизит

значение силы H ; выполнить лубрикацию, т. е. смазку рабочей грани головки рельсов, что позволит уменьшить значение коэффициента μ_1 .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава.— М.: Транспорт, 1986.— 559 с. [2]. Вершинский С. В., Данилов В. Н., Челноков И. И. Динамика вагонов.— М.: Транспорт, 1972.— 304 с. [3]. Взаимодействие пути и подвижного состава / Е. М. Бромберг, М. Ф. Вериго, В. Н. Данилов, М. А. Фришман.— М.: Трансжелдориздат, 1956.— 280 с. [4]. Морозов С. И. Методика определения сил, действующих на рельсовую плеть при транспортировке ее в кривых // Лесн. журн.— 1990.— № 2.— С. 33—38.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Морозов С. И. Определение сил, действующих на рельсовые плети в кривых участках пути // Лесн. журн.— 1990.— № 4.— С. 29—34.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Шевченко Ю. Л., Ильющкин С. Н., Гмызин А. А. Узкоколейный подвижной состав леспромхозов.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 152 с.

Поступила 4 декабря 1989 г.

УДК 630*377

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ЧЕЛЮСТЕЙ ГРЕЙФЕРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ЗАЧЕРПЫВАНИИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Д. Г. ШИМКОВИЧ

Московский лесотехнический институт

Как известно [3], при взаимодействии с массивом круглых лесоматериалов нагрузки на рабочие органы многих лесных машин и механизмов (грейферы, челюстные и пачковые захваты, рабочие органы сплочных машин и т. д.) имеют пульсирующий характер, что связано с образованием и разрушением контактных линий взаимодействия между соприкасающимися лесоматериалами. В ряде случаев, определяемых формой рабочих органов, могут возникать весьма устойчивые системы бревен — «балки» [3], препятствующие смыканию челюстей. Такой характер нагрузок вызывает перегрузку и преждевременные разрушения элементов конструкций и механизмов машин.

При проектировании грейферных механизмов возникают задачи: 1) определить характер нагрузок и границы их пульсаций в процессе зачерпывания; 2) выбрать форму захватных органов, сводящих к минимуму как величину пульсации, так и средние нагрузки.

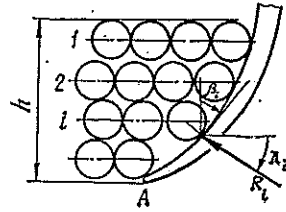
Силы, возникающие при зачерпывании пачки, определяются множеством факторов вероятностного характера: соотношением диаметров лесоматериалов, их взаимным расположением, физико-механическими свойствами древесины, наличием и величиной сучков, кривизной, сбегом, податливостью стволов и т. д. Поэтому можно установить лишь нижнюю и верхнюю границы нагрузок и в лучшем случае найти плотность вероятности распределения нагрузок между ними, а также определить некоторую среднюю частоту пульсаций.

Нижнюю границу нагрузок, характеризуемую относительным сдвигом лесоматериалов и отсутствием контактных структур тел, препятствующих ему, можно определить на основе модели сыпучей среды [6].

Верхнюю границу нагрузок, связанную с контактным взаимодействием тел, будем рассматривать как наихудший возможный случай при зачерпывании. В каждом горизонтальном слое лесоматериалов образуется наиболее устойчивая цепочка бревен — балка (рис. 1), точки контакта которой находятся на горизонтальной прямой, лесоматериалы имеют одинаковый диаметр и расположены параллельно друг другу

(различие в диаметрах и неодинаковая ориентация приводят к неоднородности системы и снижению предельных сжимающих сил).

Рис. 1. Расчетная схема для определения верхней границы нагрузок при зачерпывании 1, 2, l — номера слоев бревен



Для описания такой системы может быть использовано решение задачи об определении критических нагрузок для разрушения балок [4]. Используя выражения для силы R_i и угла λ_i , необходимых для разрушения балки i -го слоя лесоматериалов, получаем суммарные нагрузки, действующие на челюсть грейфера в критическом состоянии, соответствующем моменту разрушения балок:

$$R_x = \gamma L h^2 c_x; \quad R_y = \gamma L h^2 c_y; \quad M = \gamma L h^3 c_m, \quad (1)$$

где γ — вес бревен, отнесенный к занимаемому ими геометрическому объему;
 L — средняя длина лесоматериалов;
 h — расстояние от конца челюсти до поверхности лесоматериалов;
 c_x, c_y, c_m — коэффициенты нагрузок.

Коэффициенты нагрузок находят по выражениям

$$c_x = \alpha_0 \sum_{i=1}^n \bar{R}_i \cos(\beta_i - \lambda_i);$$

$$c_y = -\alpha_0 \sum_{i=1}^n \bar{R}_i \sin(\beta_i - \lambda_i);$$

$$c_m = -\alpha_0 \sum_{i=1}^n \bar{R}_i [\bar{y}'_i \cos(\beta_i - \lambda_i) + \bar{x}'_i \sin(\beta_i - \lambda_i)],$$

где n — число горизонтальных слоев бревен;
 $\alpha_0 = \pi (d/h)^2 / 4k$;
 d — средний диаметр бревен;
 k — коэффициент уплотнения обжатой пачки лесоматериалов, $k = 0,63 \dots 0,68$ [3];
 $\bar{R}_i = R_i / Q_0$;
 Q_0 — вес одного бревна, $Q_0 = \gamma L \pi d^2 / (4k)$;
 β_i — угол между касательной к челюсти и вертикалью в точке k_i контакта крайнего бревна балки i -го слоя с челюстью;
 $\bar{x}'_i = x_i / h$; $\bar{y}'_i = y_i / h$;
 x'_i, y'_i — координаты точки контакта k_i ; для криволинейной челюсти определяются методом последовательных приближений.

В соответствии с [4] R_i является минимальной из сил, необходимых для разрушения балки i -го слоя, допускаемых условиями предельного равновесия.

Выражения (1) и данные работы [6] позволяют вычислить границы нагрузок при зачерпывании лесоматериалов. На рис. 2 приведены графики для определения верхней и нижней границ c_x плоской челюсти ($\beta = \text{const}$) в зависимости от угла β и коэффициента трения между лесоматериалами f (f_0 — коэффициент трения между лесоматериалами и челюстью, k_s — коэффициент трения качения).

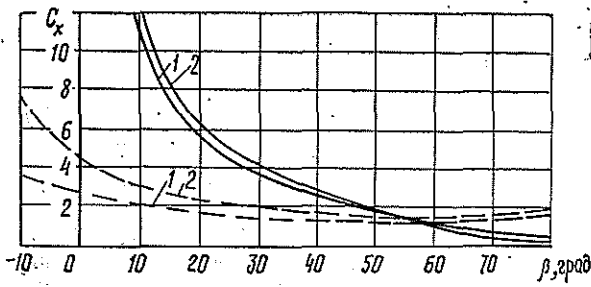


Рис. 2. Зависимость c_x (β , f) при $f_0 = 0,4$; $k_s = 0$; $d/h = 0,1$: 1 — $f = 0,5$; 2 — $f = 0,7$; сплошная линия — для балки; штриховая — для слоя

Как видно, при $\beta = 52 \dots 57^\circ$ (в зависимости от f и d/h) верхняя и нижняя границы совпадают. Этот угол в определенном смысле является оптимальным, так как при его уменьшении возрастают пульсации нагрузок, а при увеличении растет сопротивление сдвигу лесоматериалов, доминирующему при $\beta > \beta_{opt} = 52 \dots 57^\circ$. Аналогичные зависимости с тем же углом β_{opt} имеют место для c_y и c_m .

С увеличением кривизны челюсти существенно возрастает верхняя граница нагрузок [4] и в меньшей степени нижняя [6].

Таким образом, установлены два основных фактора, связанных с геометрией челюсти и определяющих характер нагрузок при зачерпывании круглых лесоматериалов: для снижения среднего уровня нагрузок челюсть должна быть как можно ближе к прямолинейной, а для снижения пульсаций нагрузок — иметь угол наклона к вертикали, по возможности приближающийся к β_{opt} . Эти факторы определяют критерий оптимальности формы челюсти [5]: для обеспечения минимальности нагрузок на челюсть грейфера форма ее части, взаимодействующей с лесоматериалами, должна быть как можно ближе к прямолинейной, наклоненной к вертикали под углом β_{opt} . Этот критерий позволяет оптимизировать форму челюсти на начальных стадиях проектирования грейфера без непосредственного расчета нагрузок на нее.

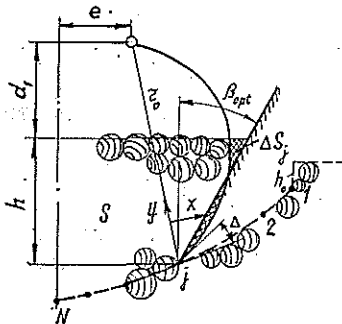


Рис. 3. Расчетная схема для оптимизации формы челюсти: d_1 — расстояние от поверхности лесоматериалов; r_0 — расстояние от шарнира до конца челюсти; x , y — координаты точек контура челюсти; h_0 — начальная глубина погружения конца челюсти; Δ — угол между касательными к контуру челюсти и кривой зачерпывания на конце челюсти; 1, 2, ..., j , ..., N — точки, характеризующие положение конца челюсти на кривой зачерпывания в последовательные моменты времени; пунктирная линия — кривая зачерпывания

Используя заштрихованную площадь ΔS_j (рис. 3) в качестве меры отклонения формы челюсти от прямолинейной в j -м положении при зачерпывании, получим математическую запись сформулированного критерия:

$$\Phi_1 = \sum_{j=1}^N |\Delta S_j|.$$

Форма челюсти определится из условия $\min \Phi_1$.

При расчетах форму челюсти задавали в системе координат, связанных с челюстью, в виде полинома, коэффициенты которого a_1 , a_2 , ..., a_n подлежали определению. Незвестную заранее траекторию движений конца челюсти (кривая зачерпывания) также задавали в ви-

де полинома, коэффициенты которого c_1, c_2, \dots, c_n находили в процессе оптимизации, что дает кривую зачерпывания «наименьшего сопротивления». Высоту h вычисляли при решении уравнения $S(h) = S_0$, где S_0 — площадь зева грейфера при сомкнутых челюстях; $S(h)$ — площадь, ограниченная свободной поверхностью лесоматериалов, челюстями грейфера и кривой зачерпывания.

В целях обеспечения большей производительности при оптимизации, помимо критерия Φ_1 , целесообразно использовать также критерий максимума площади зева грейфера $\max S_0$.

Задача оптимизации может быть сформулирована следующим образом.

Параметры проектирования: $e; a_1, a_2, \dots, a_n; c_1, c_2, \dots, c_n$, где e — расстояние между шарнирами крепления челюстей, $\psi_0 = \arctg a_1 > 0$ — начальный угол раскрытия челюстей.

Ограничения (рис. 3): 1) выпуклость челюсти — $\min x \geq 0$; 2) габаритные ограничения; 3) отсутствие касания шарнира о поверхность лесоматериалов при зачерпывании ($d_1 \geq 0$); 4) «положительность» кривой зачерпывания $S^* = S_0 - h_0 \lambda_0 \geq 0$, где h_0 — начальное заглубление концов челюстей, λ_0 — расстояние между концами челюстей в раскрытом состоянии; 5) отсутствие пересечения челюсти с кривой зачерпывания — $\min \Delta \geq \Delta_0$, где Δ_0 — угол, определяемый толщиной челюсти вблизи ее концов, $\Delta_0 = 5 \dots 15^\circ$; 6) отсутствие «жестких» балок при зачерпывании — $\min \beta_i > 0$. На начальном и конечном участках зачерпывания это ограничение следует ослабить.

Критерии качества: 1) минимальные нагрузки и их пульсации — $\min \Phi_1$; 2) максимальная площадь зева — $\max S_0$.

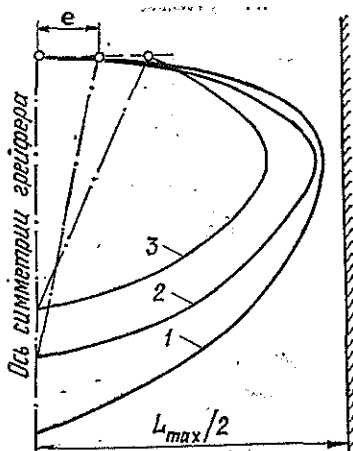
Задача оптимизации многокритериальная, поэтому для отбора решений использовали принцип Парето [2]. Для приближенного построения паретовского множества применяли метод Соболя — Статникова [2]. Оптимальное решение можно выбрать, используя, например, максимальный критерий [1], удобный при нисходящем проектировании (с верхних иерархических уровней), когда определены требования к выходным параметрам челюсти (площадь зева, габариты и т. д.).

Поскольку оптимизация формы челюсти относится к низшему иерархическому уровню проектирования грейфера, то при восходящем проектировании практически целесообразно использовать 2-3 точки из паретовского множества (2-3 оптимальные по Парето формы челюсти) для дальнейшей оценки по критериям высшего иерархического уровня — минимальным приведенным затратам, максимальной производительности грейфера с краном, минимальным металло-, энергоемкости и др.

Рис. 4. Примеры оптимизации формы челюстей:
1 — $e/r_0 = 0$; 2 — $e/r_0 = 0,2$; 3 — $e/r_0 = 0,4$

Описанный алгоритм оптимизации формы челюсти реализован на ЭВМ «Искра-1256». На рис. 4 представлены профили форм челюстей для трех значений расстояния e между шарнирами.

Оптимизация позволяет в 1,5—3 раза снизить уровень пульсаций нагрузок при зачерпывании по сравнению с существующими в лесной промышленности грейферами.



ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Норенков И. П. Системы автоматизированного проектирования. Т. 1. Принципы построения и структура.— Минск: Высшейш. школа, 1987.— 128 с. [2]. Соболев И. М., Статников Р. Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями.— М.: Наука, 1981.— 112 с. [3]. Таубер Б. А. Грейферные механизмы.— М.: Машиностроение, 1985.— 272 с. [4]. Шимкович Д. Г. К определению усилий для разрушения «балок», образующихся при зачерпывании грейфером круглых лесоматериалов // Науч. тр. / МЛТИ.— 1987.— Вып. 197.— С. 22—36. [5]. Шимкович Д. Г. Сравнительный анализ методов расчета нагрузок на челюсти грейфера при зачерпывании круглых лесоматериалов и оптимизация формы челюсти // Механизация и автоматизация переместительных работ на предприятиях лесного комплекса: Тез. докл. V Всесоюз. науч.-технич. конф.— М.: МЛТИ, 1989.— С. 97—99. [6]. Шимкович Д. Г. Сравнительная оценка методов расчета нагрузок при зачерпывании круглых лесоматериалов // Лесн. журн.— 1990.— № 5.— С. 51—55.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 5 февраля 1990 г.

УДК 539.384 : 625.576.4

ОБ УСИЛИЯХ В НЕСУЩИХ КАНАТАХ ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ

И. И. СЛЕПКО

Хмельницкий технологический институт

При эксплуатации временных подвесных лесотранспортных установок возможно случайное падение дерева на несущий канат [1]. Возникающие при этом динамические усилия изучены недостаточно. Исследования [2, 3, 6—8] не позволяют определить коэффициент динамичности k_d натяжений каната при внезапном действии силы и не учитывают податливости концевых опор (растущие деревья или пни). Нами приведены результаты исследований усилий в несущем канате при падении на него груза (дерева). Предполагаем, что удар неупругий и провесы от силы P при ударе подобны провесам при статическом действии этого же груза. Поскольку для инженерных расчетов канатов необходимо знать только максимальные динамические усилия, то силами сопротивления и внутреннего трения можно пренебречь.

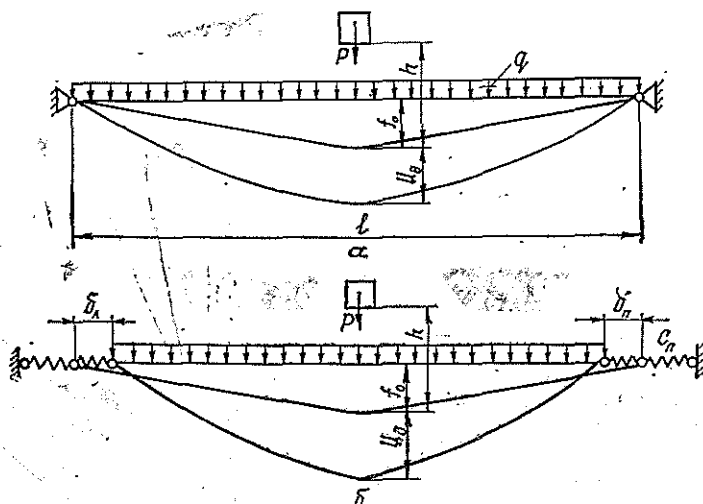


Рис. 1. Схема деформаций несущего каната: а — с жесткими опорами; б — упругоподатливыми опорами

Рассмотрим несущий канат однопролетной установки с жесткими опорами на одном уровне (рис. 1, а). Пусть в начальный момент монтажное натяжение каната T_0 , стрела провеса f_0 и на него падает груз весом P с высоты h . Определим динамическое усилие в несущем канате исходя из закона сохранения энергии. Груз P при падении с высоты h выполняет работу

$$A = P(h + u) + Q_n u, \quad (1)$$

где u — смещение груза с канатом в процессе удара;
 Q_n — приведенный вес каната и монтажного груза к точке удара.

Максимальному натяжению каната соответствует удар груза посередине пролета, т. е.

$$Q_n = ql/2 + Q_1, \quad (1a)$$

где q — вес 1 м каната;
 l — длина пролета установки;
 Q_1 — вес монтажного груза.

Работа A груза P расходуется на упругую деформацию каната. Рассматривая канат как абсолютно гибкую идеально упругую нить, получаем, что потенциальная энергия деформации каната

$$П = T_0 \Delta S + c \Delta S^2 / 2, \quad (2)$$

где c — относительная продольная жесткость каната как агрегата на единицу длины,

$$c = EF/l, \quad (2a)$$

E — условный модуль упругости каната как агрегата;
 F — суммарная площадь сечения проволок каната;
 ΔS — упругое удлинение каната,

$$\Delta S = (T_1 - T_0)/c = \Delta T/c, \quad (2b)$$

T_1 — конечное натяжение каната;
 ΔT — приращение натяжения каната.

Из выражения (2b)

$$T_1 = T_0 + c \Delta S. \quad (3)$$

Упругое удлинение каната с достаточной точностью выражается зависимостью [7, 8]

$$\Delta S = 2u(2f_0 + u)/l. \quad (4)$$

Согласно [5],

$$f_0 = ql^2/(8T_0) + Q_1 l/(4T_0) = Q_n l/(4T_0). \quad (4a)$$

На основании закона сохранения энергии имеем

$$T_0 \Delta S + c \Delta S^2 / 2 = P(h + u) + Q_n u. \quad (5)$$

С учетом выражений (4) и (4a) равенство (6) примет вид

$$u^4 + Q_n l u^3 / T_0 + [4T_0 l / c + (Q_n l / T_0)^2] (u^2 / 4) - Pl^2 (h + u) / (2c) = 0. \quad (6)$$

При $h = 0$, т. е. при динамическом приложении силы P , получим

$$u^3 + Q_n l u^2 / T_0 + [4T_0 l / c + (Q_n l / T_0)^2] (u^2 / 4) - Pl^2 / (2c) = 0. \quad (7)$$

Учитывая нелинейность несущего каната с жестко закрепленными концами, работу силы P на перемещение u_c при статическом ее приложении определяем по формуле

$$A = \int_0^P P du_c. \quad (8)$$

Исходя из теории расчета гибких нитей [5],

$$u_c = Pl/4T + ql^2 (1/T - 1/T_0)/8. \quad (9)$$

На основании [9]

$$T_i = T_0 + P_i(T - T_0)/P, \quad (10)$$

где T_i — натяжение каната, соответствующее весу сосредоточенного груза P_i .

Обозначения $(T - T_0)/P = k$, получаем

$$T_i = T_0 + kP_i. \quad (10a)$$

Исходя из (9) и (10a), находим

$$u_c = Pl/[4(T_0 + kP)] + ql^2 [1/(T_0 + kP) - 1/T_0]/8. \quad (11)$$

Пренебрегая изменением провеса несущего каната за счет собственного веса, на основании формулы (11) выражаем элементарный провес каната за счет приращения поперечной силы P на величину dP :

$$du_c = l dP/[4(T_0 + kP)]. \quad (12)$$

Исходя из уравнений (8) и (12), получаем

$$A = \int_0^P l P dP/[4(T_0 + kP)] = l \{kP - T_0 [\ln(T_0 + kP) - \ln T_0]\}/(4k^2). \quad (13)$$

Раскладывая $\ln(T_0 + kP)$ в ряд и ограничиваясь двумя членами ряда, находим

$$kP - T_0 [\ln(T_0 + kP) - \ln T_0] \approx k^2 P^2 / (2T_0 + kP);$$

$$A = P^2 l / [4T_0'(1 + T_1/T_0)], \quad (14)$$

где T_1 — натяжение каната при статическом действии силы P ; определяется из уравнения общего состояния несущего каната [4].

Исходя из выражений (2), (4) и (14), получаем формулу для определения смещения (провеса) каната от статической силы P в точке ее приложения

$$u_c^4 + Q_n l u_c^3 / T_0 + [T_0 / (cl) + (Q_n / T_0)^2 / 4] l^2 u_c^2 - P^2 l^3 / [4T_0 c (1 + T_1 / T_0)] = 0. \quad (15)$$

На основании выражений (3) и (4) получим

$$T = T_0 + 2cu(2f_0 + u)/l. \quad (15a)$$

Коэффициент динамичности осевых усилий при ударе груза по несущему канату

$$k_d = T/T_c = [1 + 2cu(2f_0 + u)/(T_0 l)] / [1 + 2cu_c(2f_0 + u_c)/(T_0 l)], \quad (16)$$

где T_c — статическое натяжение несущего каната под действием силы, которое определяется по прогибам каната.

Перемещения u и u_c , входящие в выражение (16), определяем из уравнений (6), (7) и (15).

Рассмотрим удар груза P по несущему канату с упругоподатливыми опорами (рис. 1, б). Смещение u груза P вызывается упругим удлинением каната ΔS и смещением опор δ .

Потенциальная энергия деформации системы канат — опоры

$$\Pi = T_0 \Delta S + c \Delta S^2 / 2 + c_a \delta_a^2 / 2 + c_n \delta_n^2 / 2 + T_0 (\delta_a + \delta_n), \quad (17)$$

где δ_a, δ_n — смещение левой и правой опор;
 c_a, c_n — жесткость опор.

На основании выражений (1) и (17) получим

$$T_0 (\Delta S + \delta_a + \delta_n) + c \Delta S^2 / 2 + c_a \delta_a^2 / 2 + c_n \delta_n^2 / 2 - Ph - (P + Q_n) u = 0. \quad (18)$$

Для несущего каната упругое удлинение каната

$$\Delta S = \Delta S' - \delta_a - \delta_n, \quad (19)$$

где $\Delta S'$ — общее условное приведенное изменение длины каната с жесткими опорами.

Исходя из предположения, что опоры упругоподатливые, т. е. $\delta_a = \Delta T / c_a$ и $\delta_n = \Delta T / c_n$, получаем

$$\delta_a + \delta_n = \Delta T / c_{оп}, \quad (20)$$

где $c_{оп}$ — приведенная жесткость концевых опор, $c_{оп} = c_a c_n / (c_a + c_n)$.
 На основании выражений (26), (19) и (20) имеем

$$\Delta S' = \Delta T / c_{пр}, \quad (21)$$

где $c_{пр}$ — условная относительная продольная жесткость системы несущий канат — опоры,

$$c_{пр} = A_{пр} / l, \quad (21a)$$

$A_{пр}$ — условная приведенная продольная жесткость системы несущий канат — опоры [4],

$$A_{пр} = EF / [1 + (k_{оп} EF / l)], \quad (21б)$$

$k_{оп}$ — коэффициент податливости опор, $k_{оп} = 1 / c_{оп}$.

С учетом выражений (19) и (21) уравнение (18) примет вид

$$T_0 \Delta S' + c_{пр} (\Delta S')^2 / 2 = P(h + u) + Q_n u. \quad (22)$$

Уравнение (22) аналогично выражению (5), поэтому провесы каната и динамический коэффициент можно определить по формулам (6), (7), (15) и (16) с учетом того, что для несущего каната с упругоподатливыми опорами относительной продольной жесткости c каната в этих уравнениях соответствует условная относительная продольная жесткость $c_{пр}$ системы несущий канат — опоры.

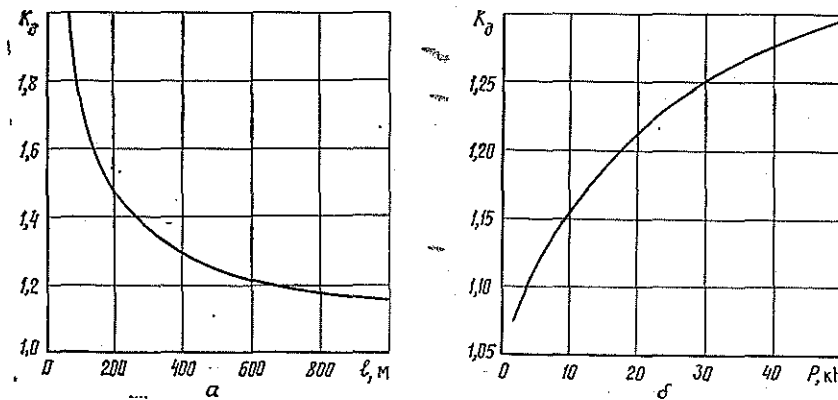


Рис. 2. Графики зависимости: а — $k_d = f(l)$; б — $k_d = f(P)$

Нами исследована зависимость коэффициента динамичности натяжения несущего каната 25,5-ГЛ-В-Н-1568 ГОСТ 3077—80 от конструктивных и эксплуатационных параметров установки.

На рис. 2 приведены графики зависимости коэффициента динамичности от длины пролета несущего каната и от веса груза при следующих исходных данных: $h = 5$ м, $l = 500$ м, $P = 29,43$ кН, $T_0 = 98,1$ кН.

Из графиков следует, что увеличение веса падающего груза приводит к возрастанию коэффициента динамичности, а увеличение длины пролета — к его уменьшению. Исследования показали также, что с повышением монтажного натяжения каната коэффициент динамичности уменьшается и что упругая податливость опор приводит к его снижению.

В результате расчетов получено, что в случае внезапного приложения нагрузки $k_d < 2$, для приведенных исходных данных $k_d = 1,075$.

Установлено, что при падении груза на несущий канат динамические усилия в канате значительно больше статических. Поэтому их необходимо учитывать при выборе допускаемого коэффициента запаса прочности несущего каната для тех установок, где возможно падение дерева на него.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алябьев В. И. Новое в тросовой трелевке // Лесн. пром-сть.—1963.— № 2. [2]. Алябьев В. И. Динамический расчет несущих канатов однопролетных трелевочно-погрузочных установок // Тр. / ЦНИИМЭ.—1964.— № 53.— С. 87—107. [3]. Ананьев А. А., Плодовитов Н. Н. О колебаниях несущего каната кабельного крана при свободной разгрузке // Тр. / Ленингр. политехн. ин-т.—1955.— № 182.— С. 86—95. [4]. Белая Н. М. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития и совершенствования // Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах.—Ужгород: Карпаты, 1969.— С. 158—184. [5]. Качурин В. К. Теория висящих систем.—М.; Л.: Госстройиздат, 1962.— 224 с. [6]. Рекач В. Г. Приложение теории колебаний гибких нитей к расчету подвесных канатных дорог // Тр. / Моск. инж.-строит. ин-т.—1939.— № 2.— С. 57—81. [7]. Сленко И. И. Исследование динамических усилий в несущем канате с закрепленными концами при обрыве и стопорении груза // Лесн. журн.—1977.— № 5.— С. 40—45.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Скобей В. В., Михайлов А. А. Динамический расчет трелевочно-погрузочных устройств с несущим канатом переменной длины КПУ-2 // Тр. / ЦНИИМЭ.—1964.— № 58.— С. 52—77. [9]. Сленко И. И., Пустовойтов А. А. Характер изменения усилий в несущих канатах подвесных установок от нагрузки // Науч. тр. / ЦНИИМЭ.—1974.— № 141.— С. 156—162.

УДК 531.3:625.143

ВЛИЯНИЕ БАЛЛАСТА И ЗАЗОРОВ ПОД ШПАЛОЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОСТЕЛИ ОСНОВАНИЯ

Б. В. УВАРОВ, В. И. ЖАБИН, А. П. ЕЛИСЕЕВ,
В. В. ЩЕЛКУНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Существующий метод расчета верхнего строения узкоколейного железнодорожного пути (колея 750 мм) на прочность [1] основан на использовании модели коэффициента постели C . Для песчаного материала значения C принимают в пределах $15 \dots 40$ Н/см³, независимо от толщины балластного слоя и вида грунта земляного полотна. При определении C не учитывают также зазоры на контакте между нижней постелью шпал и поверхностью балласта, которые, как показали эксперименты, обычно имеют место.

В целях изучения влияния указанных факторов на коэффициент постели выполнен расчет прогибов шпалы и реактивных давлений под

нею. Расчетная схема принята в виде упругого слоя на упругом полупространстве. Согласно опытным данным эпюра реактивного давления по длине шпалы является неравномерной (в расчете ступенчатой) — рис. 1. В расчете использована методика, приведенная в [3]. Исходные данные: длина шпалы — 150 см, ширина — 20 см, коэффициент Пуассона для грунтов земляного полотна и балласта — 0,3, сосредоточенная нагрузка — 25 кН, балластный слой — среднезернистый песок с модулем деформации E_2 , земляное полотно — суглинок с модулем деформации E_1 . Толщина балластного слоя при расчетах принята равной 15, 30, 40 и 50 см.

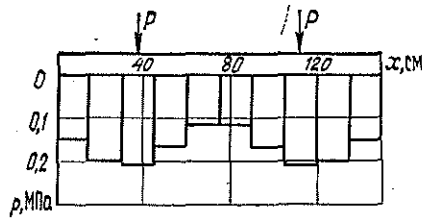


Рис. 1. Распределение реактивных давлений по длине шпалы

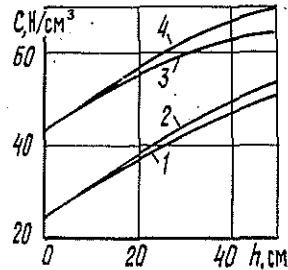
Коэффициент постели определяли по формуле

$$C = 2P/(abu_{cp}), \tag{1}$$

где P — нагрузка от колеса на рельс;
 a, b — соответственно ширина и длина шпалы;
 u_{cp} — средняя осадка, полученная в результате расчетов.

Зависимости коэффициента постели C от толщины балластного слоя h при разных значениях модуля деформации E_1 и E_2 приведены на рис. 2. Во всех случаях с увеличением h в диапазоне от 10 до 50 см значение C возрастает. При $h = 40$ см коэффициент постели приблизительно в 1,5 раза выше, чем при $h = 10$ см. Это необходимо учитывать в расчетах верхнего строения узкоколейных железных дорог.

Рис. 2. Зависимость $C(h)$: 1 — $E_1 = 11$ МПа, $E_2 = 36$ МПа; 2 — $E_1 = 11$ МПа, $E_2 = 40$ МПа; 3 — $E_1 = 19$ МПа, $E_2 = 36$ МПа; 4 — $E_1 = 19$ МПа, $E_2 = 40$ МПа



При изучении влияния зазоров между балластом и нижней постелью шпалы использована расчетная модель для балки, лежащей на упругом полупространстве. В соответствии с методикой, приведенной в [2], расчет сводится к решению следующего интегрального уравнения (начало координат расположено на левом конце балки):

$$\begin{aligned} & 2(1 - \mu_0^2)/(\pi E_0) \int_0^b p(\epsilon) \ln [a/2 + \sqrt{a^2/4 + (x - \epsilon)^2}] d\epsilon - \\ & - 2(1 - \mu_0^2)/(\pi E_0) \int_0^b [p(\epsilon) - p(x)] \ln |x - \epsilon| d\epsilon - \\ & - 2(1 - \mu_0^2)/(\pi E_0) p(x) [x \ln x + (b - x) \ln (b - x) - b] + \\ & + a/(6EI) \int_0^x p(\epsilon) (x - \epsilon)^3 d\epsilon + \Theta p(x) \text{sign} [-p(x)] - y_0 - x\varphi_0 = \\ & = 1/(6EI) \sum_{\nu} P_{\nu} (x - l_{\nu})^3 U(x - l_{\nu}) + S_x(x), \tag{2} \end{aligned}$$

где μ_0 — коэффициент Пуассона основания;
 E_0 — эквивалентный модуль деформации основания;
 $p(x)$ — реактивное давление;

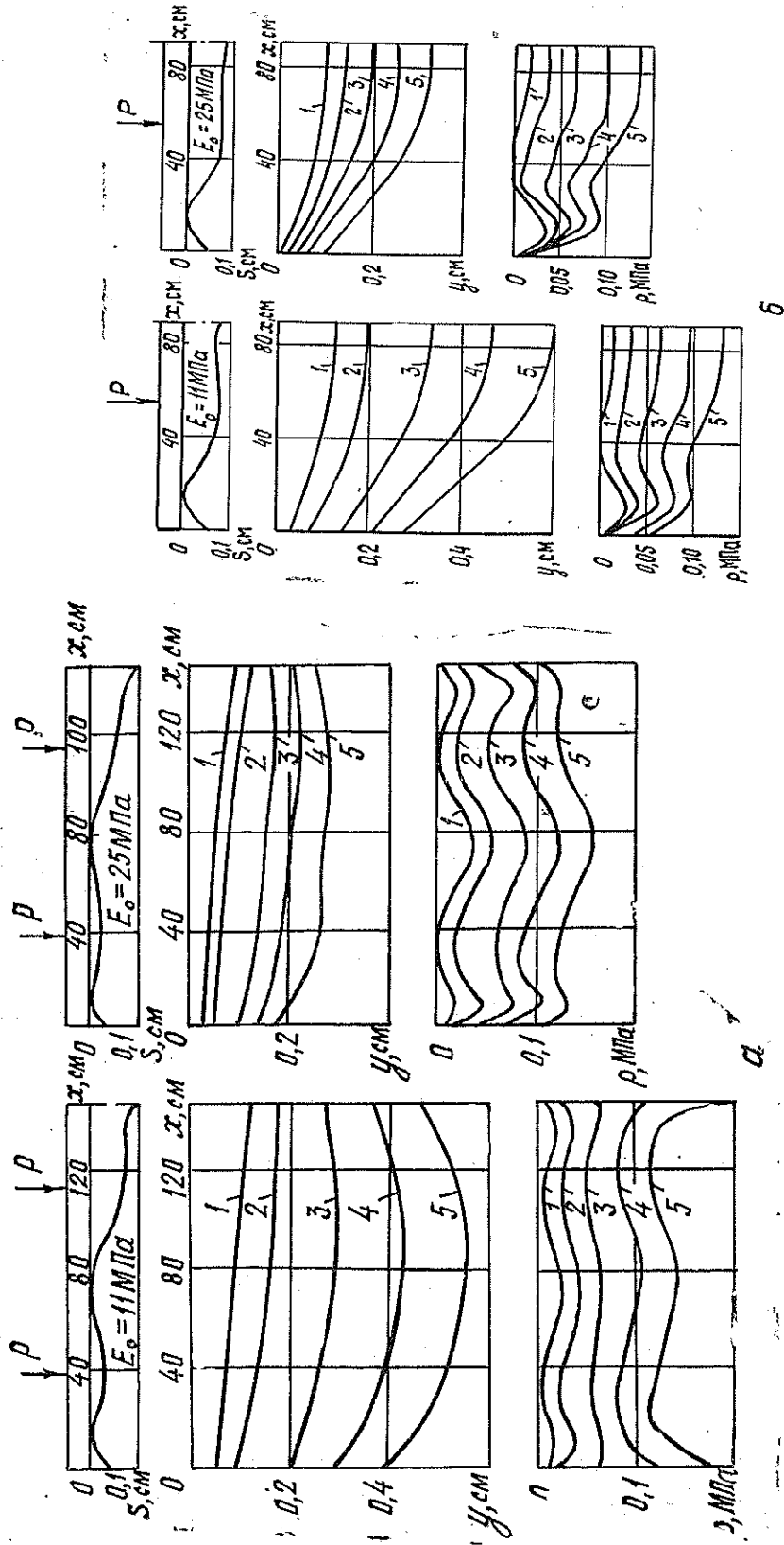


Рис. 3. Прогнбы y и реактивные давления p при несимметричном распределении зазоров S по длине шпала $l = 150$ см (а) и симметричном распределении при $l = 180$ см (б): 1 — $P = 2,5$ кН; 2 — $P = 10$ кН; 3 — $P = 5$ кН; 4 — $P = 15$ кН; 5 — $P = 20$ кН

- x — координата по длине шпалы;
 EI — жесткость шпалы;
 Θ — коэффициент, учитывающий неспособность основания воспринимать растягивающие усилия;
 y_0, φ_0 — соответственно прогиб и угол поворота при $x = 0$, определяемые условиями на правом конце шпалы. При свободных концах эти условия сводятся к уравнениям

$$\begin{cases} \int_0^b p(x) dx = \sum_{\nu} P_{\nu} / a, \\ \int_0^b p(x) dx = \sum_{\nu} P_{\nu} l_{\nu} / a, \end{cases} \quad (3)$$

- P_{ν}, l_{ν} — соответственно сосредоточенная ν -я сила и расстояния до нее от начала координат ($\nu = 1, 2, 3 \dots$);
 U — единичная функция;
 $S(x)$ — функция, показывающая распределение зазоров между шпалой и основанием, обусловленных неровностями его поверхности.

Систему интегральных уравнений (2) и (3) решали методом конечных сумм, в результате находили реактивные давления в заданных точках по длине шпалы. Прогибы шпалы y и изгибающие моменты M определяли затем по формулам

$$y = y_0 + x\varphi_0 + 1/(6EI) \sum_{\nu} P_{\nu} (x - l_{\nu})^3 U(x - l_{\nu}) - a/(6EI) \int_0^x p(\varepsilon) (x - \varepsilon)^3 d\varepsilon;$$

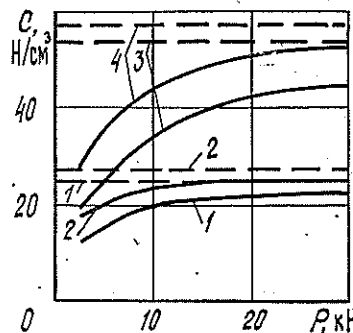
$$M = \sum_{\nu} P_{\nu} [(x - l_{\nu}) U(x - l_{\nu}) - a \int_0^x p(\varepsilon) (x - \varepsilon) d\varepsilon].$$

По данной методике выполняли расчет для шпал длиной 150 и 180 см и шириной 20,8 см, для которых имелись опытные данные по величине зазоров между нижней постелью и балластным слоем. Значения эквивалентного модуля деформации E_0 принимали равными 11 и 25 МПа, а $\mu_0 = 0,3$. Шпалу нагружали двумя сосредоточенными силами P , значения которых составляли 2,5; 5, 10, 15 и 20 кН.

Результаты расчетов приведены на рис. 3, а, б, где показаны экспериментальные профили поверхности балластного слоя под шпалой, эпюры прогибов шпал y и реактивных давлений p .

Влияние зазоров на работу шпал зависит от модуля деформации E_0 , величины зазоров S и нагрузки на шпалу P . С увеличением нагруз-

Рис. 4. Зависимость коэффициента постели C от сосредоточенной силы P : при b , равном 150 (1, 3) и 180 см (2, 4): 1, 2 — $E_0 = 11$ МПа; 3, 4 — $E_0 = 25$ МПа



ки зазоры уменьшаются и уже при $P = 5$ кН исчезают, кроме сечений по концам шпалы (рис. 3, б). При меньших E_0 для устранения зазора требуется меньшая нагрузка.

Наличие зазоров между шпалой и балластным слоем обуславливает нели-

нейную зависимость коэффициента постели от нагрузки. На рис. 4 приведены зависимости $C = f(P)$, полученные с помощью формулы (1), для различных модулей деформации основания и длин шпал. С увеличением нагрузки и исчезновением зазоров C возрастает и приближается к значениям, получаемым по формуле (1) при отсутствии начальных зазоров. Эти предельные значения C показаны на рис. 4 пунктирными линиями.

Проведенные исследования позволяют оценить влияние зазоров между шпалами и балластным слоем на коэффициент постели. Метод расчета верхнего строения узкоколейного железнодорожного пути на прочность должен учитывать нелинейные свойства основания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Правила производства расчетов узкоколейного пути (колея 750 мм) на прочность.— М.: Трансжелдориздат, 1963.— 64 с. [2]. Уваров Б. В. О расчете балок на нелинейно-деформируемом основании, представленном комбинированной моделью // Основания, фундаменты и механика грунтов.— 1971.— № 4.— С. 5—8. [3]. Уваров Б. В., Щелкунов В. В. О расчете слоистого основания под симметрично нагруженными балками и плитами // Лесн. журн.— 1978.— № 5.— С. 38—44.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 12 апреля 1990 г.

УДК 65.011.56:674.09

ОБЩАЯ МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ ЛИНИЙ ДЛЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

Используемые в практике проектирования автоматизированных линий лесного комплекса (АЛЛК) методы расчета основных параметров оборудования для производства сортиментов, пиломатериалов, изделий из древесины и анализа процесса его работы не учитывают характера и результата совокупного воздействия вероятностных факторов на процесс их функционирования. Они базируются, в основном, на простейших приближенных моделях и результатах статистического моделирования лишь отдельных вариантов линий и не могут обеспечить ни сравнительного анализа и оценки эффективности различных вариантов АЛЛК, ни оптимизации и структуры.

Основные причины создавшегося положения, по нашему мнению, следующие:

отсутствие разработанных прикладных математических и технических методов для анализа взаимодействия станков и вспомогательных механизмов;

недостаточная изученность процессов взаимодействия различных видов основного оборудования друг с другом и со вспомогательными механизмами в автоматизированных линиях, технологических потоках и в частности в АЛЛК;

недооценка требований оптимизации параметров АЛЛК и производственных систем в целом;

слабое развитие, материальное, методическое и программное обеспечение САПР проектных и проектно-конструкторских организаций.

Поэтому сейчас актуальной является проблема разработки научных основ создания высокопроизводительных автоматизированных и автоматических линий для лесного комплекса в соответствии с требо-

ваниями технического задания, исключаяющей этап проверки конструкторских решений на опытных образцах. Решение этой проблемы позволит существенно снизить затраты на создание и совершенствование автоматизированных линий и систем машин, а также на производство продукции на них.

Потери рабочего времени и производительности станков в автоматических линиях измеряются коэффициентом наложения потерь K_n . Они зависят от статистических характеристик продолжительности интервалов выпуска станков, их числа и способа соединения в линии, числа и вместимости буферных устройств. Основная статистическая характеристика продолжительности интервалов выпуска — отношение квадрата ее средней к дисперсии. Оно характеризует стабильность интервалов выпуска и в теории массового обслуживания соответствует параметру Эрланга K . Многолетними исследованиями установлено, что для технологического оборудования лесного комплекса $1 \leq K \leq 100$. Этот диапазон охватывает широкий класс автоматических линий — от линий с чисто случайным процессом функционирования до линий, имеющих почти детерминированный характер работы. В результате детального изучения работы АЛЛК в производственных условиях (более 2 тыс. вариантов) и статистического моделирования процесса было получено уравнение для линий, состоящих из a последовательно соединенных станков и $a-1$ буферных устройств вместимостью на M заготовок между ними,

$$K_n = (A + BKM)^{-1}, \quad (1)$$

где $A = K^x(0,633 - 0,600/a)$; $B = 1,130 - 0,065a$;

$$x = \begin{cases} 0,30 & \text{при } 1 \leq K \leq 17, \\ 0,36 & \text{при } 17 \leq K \leq 100; \end{cases}$$

$$0 \leq M \leq 100; \quad 2 \leq a \leq 10.$$

На участке линий из двух станков различной производительности коэффициент наложения потерь для первого станка

$$K_{n1} = \frac{1 - \mu}{1 - \mu^{KM + 3K^x}} \mu^{KM + 3K^x - 1}, \quad (2)$$

для второго

$$K_{n2} = \frac{1 - \mu}{1 - \mu^{KM + 3K^x}}, \quad (3)$$

где μ — соотношение значений номинальной производительности двух последовательно соединенных станков μ_1 и μ_2 .

Полученные выражения позволяют определять фактическую производительность автоматических линий еще на стадии проектирования в зависимости от параметров основного и вспомогательного оборудования, а также от принятой структуры линии. Для обеспечения максимальной эффективности линии желательно выбирать такие параметры составных элементов и структуру линии, чтобы затраты на производство единицы продукции были минимальны. Это достигается структурно-параметрической оптимизацией автоматических линий по критерию приведенных затрат.

Удельные приведенные затраты для линии, состоящей из a станков и $a-1$ буферных устройств между ними,

$$z_d = \frac{az_M + (a-1)z_0}{1 - K_n}, \quad (4)$$

где z_M, z_0 — удельные приведенные затраты для станков и буферного устройства единичной вместимости.

С учетом формулы (1) получаем

$$z_n = [z_M + (a - 1)z_0] \frac{A + BKM}{A + BKM - 1}. \quad (5)$$

Последнее выражение является целевой функцией для оптимизации вместимости буферных устройств. Из него находим оптимальную вместимость буферных устройств в автоматических линиях из a одинаковых станков:

$$M_0 = \frac{1}{BK} \left[\sqrt{BK \frac{z_M}{(a-1)z_0} - A + 1} - A + 1 \right] \quad (6)$$

при $2 \leq a \leq 10$; $1 \leq K \leq 100$.

Целевая функция для определения оптимального по критерию приведенных затрат соотношения значений номинальной производительности двух последовательных станков или участков линии z_c имеет вид

$$z_c = z_1/(1 - K_{н1}) + z_2/(1 - K_{н2}) + Mz_0, \quad (7)$$

где z_1, z_2 — удельные приведенные затраты соответственно по первому и второму участкам.

Подставляя значения коэффициентов наложения потерь из формул (2) и (3) в выражение (7) и дифференцируя его по параметру μ , получаем уравнение связи оптимального соотношения значений номинальной производительности участков (станков) и других параметров:

$$z\mu^{2KM + 3K^x} - (KM + 3K^x)z\mu^{KM + 3K^x + 1} + (KM + 3K^x - 1)(z - 1)\mu^{KM + 3K^x} + (KM + 3K^x)\mu^{KM + 3K^x - 1} - 1 = 0, \quad (8)$$

где z — соотношение удельных приведенных затрат по первому и второму участкам.

В результате статистического анализа этого уравнения получаем эмпирическую формулу для расчета оптимального соотношения значений номинальной производительности

$$\mu_0 = \mu_1/\mu_2 = (z_2/z_1)^{1/m}, \quad (9)$$

где $m = 0,80M + 0,27K + 2,37$.

Аналогично из целевой функции (7) определяем вместимость буферного устройства между двумя станками (участками)

$$M_0 = \frac{1}{K} \left(\sqrt{K \frac{z_1 + z_2}{z_0} - 3K^x + 1} - 3K^x + 1 \right) \mu^{1,66 \lg \frac{z_1 + z_2}{2z_0} - 2}. \quad (10)$$

Каждая пара оптимизируемых параметров — соотношение производительности станков (участков) и вместимость буферных устройств между ними — взаимозависима. Их конечные оптимальные значения можно получить при итерациональных вычислениях по формулам (9) и (10). Такие вычисления полезны для практических задач, когда приходится выбирать тот или иной параметр из ограниченного ряда конкретных величин.

Независимые оптимальные значения вместимости буферного устройства и соотношения производительности станков (участков) можно определить, решая совместно систему двух уравнений, полученных в результате приравнивания нулю частных производных целевой функции (7) по параметрам μ и M .

Оптимальная вместимость буферного устройства между двумя станками (участками) при оптимальном соотношении значений их производительности определяется только их приведенными затратами z_M, z_B , приведенными затратами по буферному устройству единичной вместимости и параметром K :

$$M_0 = \frac{1}{K} \left[\sqrt{K \frac{z_M}{z_0} \left(2 + \frac{z_B - z_M}{\sqrt{z_M z_B}} \right) - 3K^x + 1} - 3K^x + 1 \right], \quad (11)$$

$$\text{при } 1 \leq K \leq 100; \quad 0,1 \leq z_M/z_B \leq 1;$$

$$10 \leq z_M/z_0 \leq 1000; \quad M_0 \geq 0.$$

Оптимальное соотношение значений расчетной производительности при этом

$$\mu_0 = \mu_1/\mu_2 = (z_2/z_1)^{1/m'}, \quad (12)$$

где

$$m' = \left(\frac{z_1 + z_2}{z_0} \right)^{0,4} + 8,687 \lg K.$$

Оптимальные соотношения значений номинальной производительности станков (участков линий) и вместимость буферных устройств между ними дают возможность выбрать оптимальную структуру автоматических и поточных линий и обеспечить наиболее эффективное использование технологического оборудования и минимальные удельные приведенные затраты на производство продукции. Рассмотренный порядок оптимизационного расчета можно рекомендовать для использования при разработке и проектировании новых автоматизированных линий, их реконструкции, а также для проверки принятых конструктивных решений.

Поступила 12 февраля 1990 г.

УДК 630*323 : 658.5.012.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ДЕРЕВЬЕВ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩИХ МАШИН

С. Б. ЯКИМОВИЧ, С. Л. ШУЛЕПОВ

Марийский политехнический институт

Технологические процессы лесосечных работ, характеризующиеся параметрами предмета труда (дерева, хлысты, сортименты, пачки хлыстов и сортиментов и пр.), входящими и выходящими потоками лесоматериалов, подвержены случайным колебаниям. В отрасли имеется достаточно обширная информация о стохастичности потоков предметов труда и времени циклов лесозаготовительных машин [1, 3—5], описывающая дискретные технологические процессы.

В целях интенсификации некоторых операций лесосечных работ необходимо обеспечить непрерывность технологического процесса как на отдельных элементах операций, так и в целом там, где это возможно без существенной реконструкции лесных машин. Например, непрерывное перемещение валочно-пакетирующей машины (ВПМ) типа ЛП-19А в процессе валки — пакетирования исключает затраты времени на передвижение с одной рабочей позиции на другую и, как следствие,

влечет за собой повышение производительности ВПМ на 17...30 % по сравнению с традиционной технологией ее функционирования для лесосек с различными таксационными характеристиками. Реализация непрерывного перемещения ВПМ в процессе валки и пакетирования осуществима посредством технического решения, изложенного в [1].

Обоснование скоростных режимов при совмещении транспортных (перемещение к дереву для подачи его в зону манипулятора) и технологических (наводка захватно-срезающего устройства, спливание, перенос и укладка дерева) операций ВПМ возможно на основе теории массового обслуживания. Условное разделение во времени транспортных и заготовительных операций позволяет выделить два потока деревьев: входящий, характеризующий поступление деревьев в зону манипулятора в процессе непрерывного движения машины; выходящий, характеризующий пропускную способность машины, определяемую интенсивностью обработки деревьев или временем цикла $t_{обр}$. Согласно [5] $t_{обр}$ распределяется по законам Эрланга или нормальному. Параметры первого потока идентифицировали на основе стратегии пассивного эксперимента, который выполняли в связи с отсутствием подробной информации о потоках подобного типа.

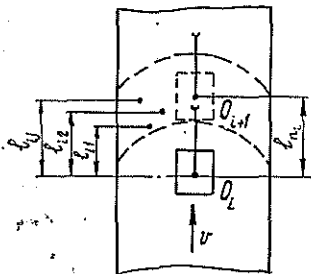
Наблюдения проводили в июне—июле 1988 г. в квартале 55 лесосырьевой базы Визимьярского лесопункта Волжского лесокombината объединения Марилес. Состав древостоев 4С5Б1Ол,Ос,Л, средний объем хлыста 0,2 м³, запас 225 м³/га. Стаж работы оператора ВПМ ЛП-19 более 5 лет.

Поскольку при использовании ВПМ ЛП-19А невозможно совместить транспортные и технологические операции, то в процессе эксперимента применяли специальную методику наблюдений и определения интервалов времени поступления деревьев в зону манипулятора, учитывающую пассивную стратегию. Сущность методики заключалась в следующем. В процессе перемещения машины с одной (i -й) рабочей позиции на другую ($i+1$ -ю) фиксировали (с помощью фотохронометража) время перемещения t_{ni} , отмечали центры позиций O_i (рис. 1) и n_{ni} , принадлежащие i -й позиции. Затем измеряли расстояния l_{ni} между центрами позиций и l_{ij} от i -го центра до j -го пня. Интервал времени поступления j -го дерева в зону манипулятора определяли при камеральной обработке по формуле

$$t_{ij} = (l_{ij}/l_{ni}) \cdot t_{ni}.$$

Число наблюдений (объем выборки n) устанавливали по общеизвестной методике [5] при доверительной вероятности 0,90; оно составило 325. Результаты наблюдений обрабатывали с использованием прикладного программного обеспечения (пакет СОМ1) по СТ СЭВ 545—77, СТ СЭВ 876—78, СТ СЭВ 1190—78, СТ СЭВ 5314—85.

Характеристики эмпирического распределения интервалов времени поступления деревьев в зону манипулятора (t_{ij} , с) следующие: сред-



нее арифметическое значение 14,28, абсолютная ошибка 0,87; дисперсия соответственно 238,52 и 25,2; среднее квадратичное отклонение 15,44 и 0,82; коэффициент вариации 1,08 и 0,045; коэффициент асимметрии 1,4 и 0,257; коэффици-

Рис. 1. Схема проведения линейных измерений на рабочей позиции

ент эксцесса 1,53 и 0,25; мода 1,4 и 15,32; медиана 10,0 и 0,98. Гистограмма частот распределения приведена на рис. 2.

Анализ гистограммы и сопоставление ее с известными законами распределения однозначно определили экспоненциальный закон как наиболее приемлемый для сглаживания. Выражение плотности распределения для сглаживания имеет вид

$$f(t) = 0,07 e^{-0,07t_{ij}}$$

где 0,07 — оценка параметра распределения (средняя интенсивность поступления деревьев в единицу времени. Границы доверительного интервала для параметра распределения: верхняя — 0,078, нижняя — 0,062.

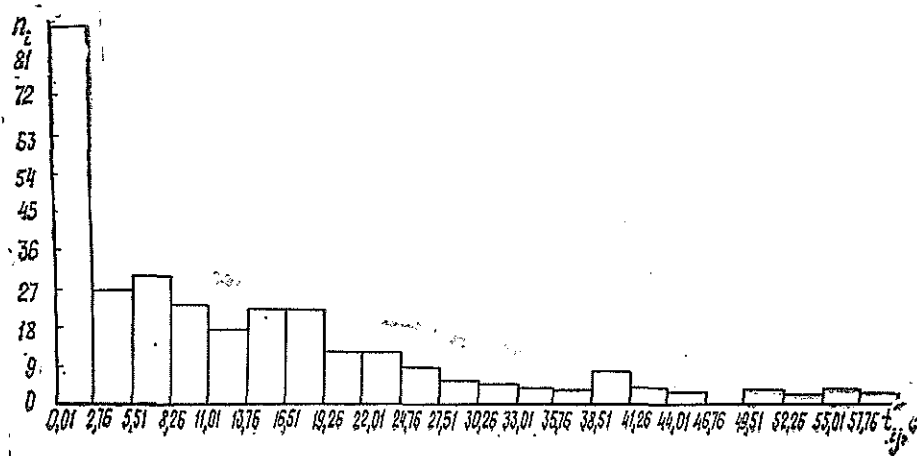


Рис. 2. Гистограмма частот распределения интервалов между последовательными поступлениями деревьев в зону манипулятора ВПМ ЛП-19

На рис. 3 представлены графики теоретической и эмпирической функций и плотностей распределения. Проверка по критерию согласия Пирсона позволила сделать вывод, что распределение интервалов времени поступления деревьев в зону манипулятора ВПМ не противоречит экспоненциальному закону.

Результаты выполненной работы показали, что поток деревьев в пределах непрерывности движения машины стационарен и не имеет последействия. Если двойные и тройные деревья считать за одно требо-

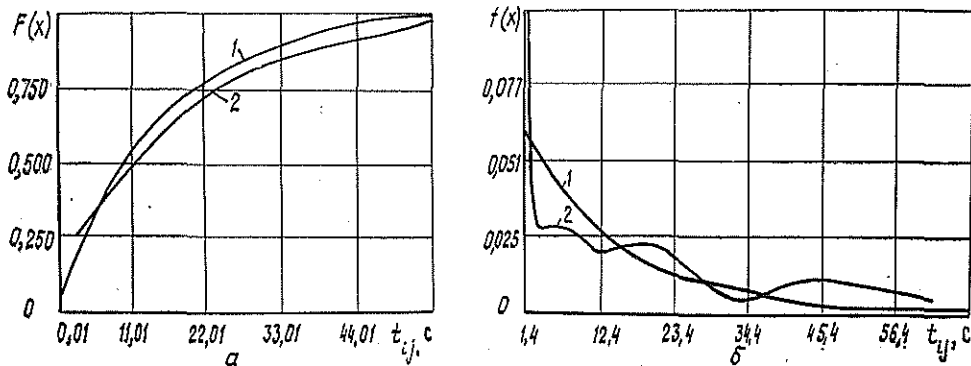


Рис. 3. Графики функций (а) и плотности (б) распределения интервалов между последовательными поступлениями деревьев в зону манипулятора ВПМ ЛП-19: 1 — теоретические кривые; 2 — эмпирические

вание, то можно с незначительным допущением признать анализируемый поток ординарным. Следовательно, поток деревьев, поступающих в зону манипулятора ВПМ в процессе ее непрерывного перемещения, является пуассоновским.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алябьев В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках.—М.: Лесн. пром-сть, 1977.—232 с. [2]. А. с. 1542484 СССР, МКИ А 01 G 23/08. Лесозаготовительная машина / С. Б. Якимович, Р. Х. Мубаракшин, С. Л. Шулепов, Г. З. Зулкарова (СССР).—№ 4424163/23—15; Заявлено 11.05.88; Оpubл. 15.02.90 // Открытия. Изобретения.—1990.—№ 6.—С. 15. [3]. Коротяев Л. В. Параметры деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовительного производства: Учеб. пособие.—Л.: ЛТА, 1982.—80 с. [4]. Пименов А. Н., Рогулин В. Г., Камусин А. А. Оптимизация процессов водного транспорта: Учеб. пособие.—М.: МЛТИ, 1983.—120 с. [5]. Редькин А. К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок.—М.: Лесн. пром-сть, 1988.—256 с.

Поступила 26 апреля 1990 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 684.4.059.1

ОЦЕНКА БЛЕСКА
ПРОЗРАЧНЫХ ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Б. М. РЫБИН

Московский лесотехнический институт

Повышение качества изделий из древесины в значительной степени зависит от улучшения декоративных свойств лаковых покрытий, что требует разработки и внедрения объективных методов их оценки.

Декоративные свойства лаковых покрытий определяются их оптическими свойствами и характеризуются прозрачностью, цветом и блеском. Так как в большинстве случаев натуральная древесина обладает красивой текстурой и цветом, то для отделки предпочитают бесцветные прозрачные покрытия. Поэтому основным переменным фактором декоративных свойств поверхностей, получающихся при формировании и облагораживании лаковых покрытий, является блеск или характер отражения света.

Для оценки блеска прозрачных лаковых покрытий на древесных подложках преимущественно используют рефлектометрический метод, основанный на определении направленно отраженного светового потока от контролируемой поверхности с помощью фотоэлектрического датчика (фотоэлемента). Для оценки блеска используют в большинстве случаев углы падения-отражения света 45 и 60°. Существенным недостатком приборов (блескомеров), работающих на этом принципе, является влияние светлоты и других свойств подложки под прозрачным покрытием на их показания. В приемник блескомера попадают лучи света, отраженные не только от контролируемой поверхности лакового покрытия, но и прошедшие через него и отраженные подложкой.

Установлено, что по характеру отражения света покрытия можно условно разделить на три группы: зеркальные, глянцевые и матовые.

Зеркальные имеют гладкую поверхность, высота неровностей которой не превышает половину длины волны видимого света (примерно 0,25 мкм). Падающий световой поток отражается, не рассеиваясь, и дает зеркальное изображение окружающих предметов.

Глянцевые покрытия имеют неровности с более или менее регулярным шагом, высота которых превышает половину длины волны видимого света. Они обладают ослабленным блеском и изображают окружающие предметы искаженно в зависимости от неровностей покрытий.

Матовые покрытия имеют равномерную шероховатость, неровности без острых углов, вершины и впадины скруглены. Покрытия с такой поверхностью рассеивают падающий свет, но из-за скругления неровностей обладают слабым блеском.

Теоретическое исследование отражения света поверхностью зеркального лакового покрытия и подложки позволило установить основные факторы, оказывающие влияние на показания блескомеров: светлота, шероховатость и анатомические неровности подложки.

Для определения влияния светлоты подложки на показания блескомеров при оценке блеска зеркальных покрытий количественно оценивали световой поток, отраженный поверхностью древесины. Исходя из ос-

новых положений фотометрии, световой поток I , отраженный лаковым покрытием и подложкой, определяли по формуле:

$$I = I_{\text{ч}} + I'_{\text{ч}}$$

или

$$I = I_{\text{ч}} + \frac{1}{I_{\text{с}}} (I_{\text{с}} - I_{\text{ч}})^2 \rho, \quad (1)$$

где $I_{\text{ч}}$ — световой поток, отраженный поверхностью лакового покрытия;

$I'_{\text{ч}}$ — световой поток, отраженный подложкой и прошедший через границу раздела лаковое покрытие — воздух;

ρ — коэффициент отражения света поверхностью древесины;

$I_{\text{с}}$ — падающий световой поток.

Значение $I_{\text{с}}$ можно определить из формулы Френеля

$$I_{\text{с}} = \frac{I_{\text{ч}}}{0,5 \left[\frac{\sin^2(\varphi - \psi)}{\sin^2(\varphi + \psi)} + \frac{\text{tg}^2(\varphi - \psi)}{\text{tg}^2(\varphi + \psi)} \right]}, \quad (2)$$

где

φ — угол падения света;

ψ — угол преломления света, $\sin \psi = \sin \varphi / n$;

n — показатель преломления.

Здесь считаем, что подложка отражает падающие лучи света только с поверхности (прошедшие в подложку лучи полностью поглощаются). В качестве такой подложки может быть использована черная полированная пластинка ультрафиолетового стекла (эталон настройки блескомера).

Если $n = 1,567$ и $\varphi = 45^\circ$, то $I_{\text{ч}} = 0,0595 I_{\text{с}}$. При настройке блескомера на $I_{\text{ч}} = 65$ усл. ед. имеем $I_{\text{с}} = 65 / 0,0595 = 1092$ усл. ед.

Зная падающий световой поток, находим световой поток, отраженный лаковым покрытием. При $n = 1,56$ и $\varphi = 45^\circ$ имеем $I_{\text{ч}} = 0,0588 I_{\text{с}}$ или при $I_{\text{с}} = 1092$ усл. ед. — $I_{\text{ч}} = 64,2$ усл. ед. Подставив эти числовые значения для $\varphi = 45^\circ$ в уравнение (1), получим:

$$I_{45} = 64,2 + 967\rho. \quad (3)$$

Физический смысл уравнения (3) заключается в том, что при поглощающей подложке прибор фиксирует только лучи света, отраженные поверхностью лакового покрытия. При $\rho = 0$ прибор измеряет световой поток $I_{\text{ч}}$, равный 64,2 усл. ед. (для зеркальных лаковых покрытий с $n = 1,56$).

Аналогичные расчеты для угла падения света 60° приводит к уравнению

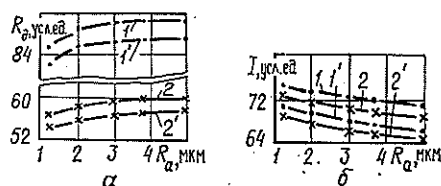
$$I_{60} = 63,57 + 531\rho. \quad (4)$$

Коэффициент отражения света поверхностью древесины в большей степени зависит от диффузного отражения света. Световой поток, проходящий через границу раздела воздух — лаковое покрытие, для $\varphi = 45^\circ$ составляет 94,12 % от падающего на поверхность. Принимая показатели преломления лакового покрытия и древесины соответственно 1,56 и 1,52, угол падения света на поверхность древесины под покрытием $26^\circ 53'$, по формуле (2) определим количество света, направленно отраженного поверхностью подложки (древесины). Оно равно 0,0241 % от падающего света, т. е. не будет оказывать влияние на показания блескомера. Эта же величина для угла $\varphi = 60^\circ$ составит 0,0233 % от падающего света, что также незначительно и не скажется на показаниях блескомеров.

Однако практика показывает, что на светлых подложках влияние светового потока, прошедшего лаковое покрытие и отраженного древесины, существенно и достигает 10 % от потока, фиксируемого прибором. Увеличение отражательной способности подложки объясняется тем, что воздух между полостями клеток не полностью вытеснен лаком и отражение света происходит от границы раздела древесина — воздух. Наличие анатомических неровностей и шероховатости поверхности древесины (R) также способствует возрастанию отраженного светового потока за счет увеличения угла отражения света от наклонных микроплощадок поверхности древесины.

Влияние шероховатости подложки на отраженный световой поток, фиксируемый блескомером, различно при установлении датчика прибора вдоль и поперек направления неровностей. Анализируя представленные на рис. 1 зависимости, видим, что с увеличением параметра шероховатости R_a возрастает диффузное отражение от поверхности подложки. Значения диффузного отражения больше при расположении датчиков поперек направления неровностей подложки, чем при расположении их вдоль направления неровностей. Значения диффузного отражения при измерении вдоль и поперек направления неровностей подложки для датчика с углом падения света 45° больше, чем для датчика с углом падения света 60° .

Рис. 1. Зависимости диффузного R_d (а) и направленного I (б) отражений света на зеркальных покрытиях от шероховатости поверхности R_a древесины березы для датчиков с углами φ : 45° (1, 2) и 60° (1', 2'). Кривые 1, 1' и 2, 2' — для датчиков, расположенных соответственно поперек и вдоль неровностей подложки



С увеличением высоты неровностей подложки происходит снижение направленного отражения, фиксируемого по прибору. Характерно, что для обоих датчиков (с углами 45° и 60°) изменение направленного отражения одинаково, т. е. значения его больше при расположении датчика вдоль направления неровностей подложки. Уменьшение направленного отражения при возрастании шероховатости подложки можно объяснить увеличением диффузного отражения лучей света от поверхности древесины, которые не попадут в приемник блескомера.

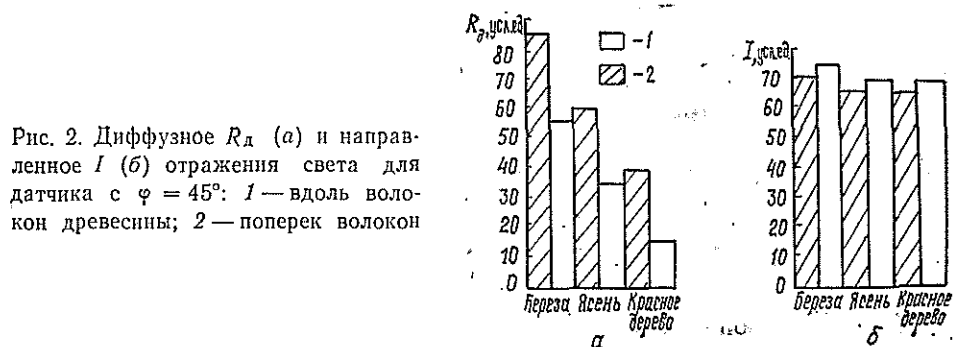


Рис. 2. Диффузное R_d (а) и направленное I (б) отражения света для датчика с $\varphi = 45^\circ$: 1 — вдоль волокон древесины; 2 — поперек волокон

Сравнивая приведенные на рис. 2 результаты исследования по определению отражения света от зеркальных лаковых покрытий на различных породах древесины (датчик с углом падения света 45°), отме-

чаем, что при расположении датчика поперек волокон древесины диффузионное отражение увеличивается, а направленное уменьшается по сравнению с расположением датчика вдоль волокон древесины. Отсюда, чтобы исключить ошибку, обусловленную волокнистым строением и неровностями механической обработки подложки под отделку, измерения следует проводить вдоль наблюдаемых неровностей на поверхности древесины или вдоль волокон. Обращает на себя внимание зависимость диффузного и направленного отражения лаковых покрытий от светлоты подложки. Так, на светлых породах древесины (береза, ясень) показания прибора выше, чем на более темной породе (красное дерево).

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить линейную зависимость между направленным (I_{45}) и диффузным (R_d) отражением для блескомера с углом падения-отражения света 45°

$$I_{45} = 64,13 + 0,17R_d \quad (5)$$

По результатам 287 измерений коэффициент корреляции r уравнения (5) равен 0,79.

Зависимость (5) позволяет определять блеск покрытия с учетом влияния светлоты подложки. Зная отраженные световые потоки (направленный и диффузный), можно найти свободный член уравнения, характеризующий блеск лакового покрытия:

$$I_u = I_{45} - 0,17R_d \quad (6)$$

На основе экспериментальных данных получено корреляционное уравнение ($r = 0,80$) между направленным и диффузным отражением для датчика с углом падения-отражения света 60°

$$I_{60} = 63,43 + 0,093R'_d \quad (7)$$

Сравнивая полученные уравнения (5) и (7), видим, что изменение показаний блескомера для датчика с углом падения-отражения света 60° за счет диффузного отражения подложки меньше, чем для датчика с углом 45° . Применение датчика с углом падения-отражения света 60° не требует корректировки показаний на светлоту подложки при значениях $R'_d \leq 34$ усл. ед. по прибору, так как изменения в определении блеска покрытий составляют менее 5%. Отсюда, при оценке блеска зеркальных лаковых покрытий на древесине предпочтительнее применять блескомеры, имеющие датчики с углом падения-отражения света 60° .

При сравнении попарно уравнений (3) и (5), (4) и (7), полученных для углов падения света 45 и 60° , можно установить связь между диффузным отражением и коэффициентом отражения света (ρ) поверхностью древесины. Свободные члены уравнений, характеризующие блеск лакового покрытия при абсолютно поглощающей подложке, почти равны (64,20 и 64,13; 63,57 и 63,43). Поэтому, выполнив преобразования, составим уравнение:

$$\rho = R_d/57 \quad (8)$$

Оно позволяет определять коэффициент отражения света поверхностью древесины, зная диффузное отражение по прибору. И наоборот, при известном коэффициенте отражения света находить диффузное отражение, оказывающее влияние на показания блескомера при определении блеска лаковых покрытий на древесине.

В результате теоретического и экспериментального исследований установлено, что при оценке блеска глящевых и матовых покрытий значительное влияние на показания блескомеров оказывает также светлота подложки (древесины). Для определения величины светового по-

тока, направленно отраженного шероховатой поверхностью, Л. С. Топорец предлагает следующую формулу:

$$I_3 = I_1 e^{-9,7h^2 \frac{\cos^2 \varphi}{\lambda^2}}, \quad (9)$$

где I_1 — световой поток, отраженный полированной поверхностью, образованной из того же материала, что и контролируемая поверхность;

e — основание натурального логарифма;

h — высота неровностей;

φ — угол зеркального отражения;

λ — длина волны падающего света.

Используя формулы (8) и (9) и ранее определенные I_1 для углов 45 и 60°, а также принимая значение $\lambda = 0,55$ мкм, световой поток, отраженный шероховатой поверхностью покрытия и древесиной, определяем по следующим формулам:

$$I_{45} = 64,2 e^{-16h^2} + 0,19 (1 - 0,0588 e^{-16h^2})^2 R_d; \quad (10)$$

$$I_{60} = 63,57 e^{-8h^2} + 0,115 (1 - 0,0975 e^{-8h^2})^2 R_d. \quad (11)$$

На рис. 3 представлены зависимости блеска, определенного при помощи блескомеров с углами падения-отражения света 45 и 60°, от диффузного отражения света, рассчитанного по формулам (10) и (11) для разных значений высоты неровностей h . Исследовали покрытия глянцевые и матовые, полученные на основе полиуретановых и мочевиномеламиноалкидных лаков. Покрытия готовили на подложках с различной светлотой поверхности.

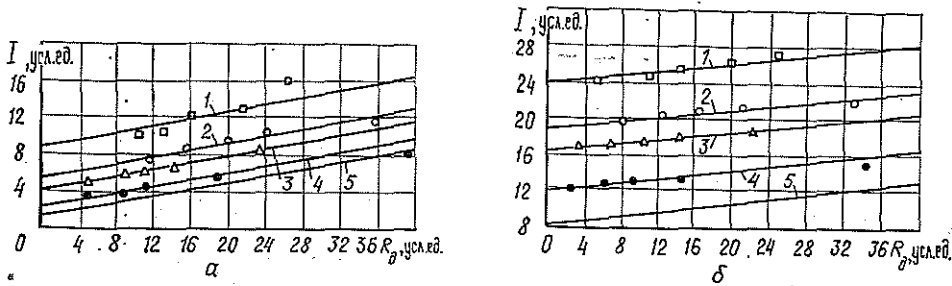


Рис. 3. Зависимости блеска I для датчиков с углами 45° (а) и 60° (б) от диффузного отражения света R_d лаковыми покрытиями на древесине при различных значениях h : 1 — 0,35; 2 — 0,39; 3 — 0,41; 4 — 0,45; 5 — 0,50 мкм

Влияние светлоты подложки на показания блескомеров для покрытий с шероховатой поверхностью остается таким же, как и для зеркальных покрытий, но доля светового потока, отраженного поверхностью древесины, становится значительно больше по сравнению со световым потоком, отраженным лаковым покрытием. Так, при $h = 0,35$ мкм процентное соотношение светового потока, отраженного древесиной и покрытием, составит соответственно 54 и 46 %. Значение R_d принято 57 усл. ед.

Расчеты, выполненные по формуле (11) для тех же значений h и R_d , показывают, что соотношение светового потока, отраженного древесиной и покрытием, составляет 20 и 80 %. Поэтому с увеличением угла падения-отражения света доля светового потока, вносимая подложкой в показания блескомера, уменьшается, но является существенной.

Из формулы (10) видно, что световой поток, отраженный покрытием и древесной, уменьшается с увеличением высоты неровностей покрытия. Так, возрастание h с 0,35 до 0,50 мкм снижает отраженный световой поток примерно в 10 раз. А по формуле (11) повышение h в тех же пределах ведет к уменьшению примерно в 3 раза светового потока, отраженного покрытием.

Выводы

1. При оценке блеска прозрачных лаковых покрытий на показания блескомеров значительное влияние оказывает отражательная способность подложки (светлота).

2. Влияние светлоты подложки тем сильнее, чем меньше направленный отраженный световой поток от контролируемой поверхности покрытия.

3. Выгоднее применять блескомеры с углом падения-отражения света 45 и 60° на зеркальных покрытиях, чем на глянцевых и матовых, где существенно влияет светлота подложки.

4. При оценке блеска зеркальных покрытий на древесине предпочтительнее применять блескомеры, имеющие датчики с углом падения-отражения света 60°.

5. Для оценки блеска глянцевых и матовых покрытий использование блескомеров с углами падения-отражения света 45° и 60° является нецелесообразным, так как на их показания существенное влияние оказывает светлота подложки.

Поступила 1 марта 1990 г.

УДК 674.815-41

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНОГО СТРУЖЕЧНОГО КОВРА С ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

С. М. ПЛОТНИКОВ

Сибирский технологический институт

В настоящее время объем производства древесностружечных плит возрастает, в основном, за счет увеличения выпуска трехслойных плит, которые имеют повышенные прочностные показатели. Осмоленную стружку для внутреннего и наружных слоев плиты готовят в отдельных потоках, поэтому их породный и качественный составы можно изменять независимо друг от друга. Соотношение толщин наружных и внутреннего слоев в трехслойной плите рекомендуется принимать постоянным и равным 1:4:1 (доля наружных и внутреннего слоев составляет соответственно 34 и 66 % [2]). С учетом непрерывного изменения различных технологических факторов, такое соотношение, очевидно, не всегда будет оптимальным.

Нами получена зависимость [3], связывающая соотношение толщин внутреннего и наружных слоев трехслойной плиты с модулями упругости этих слоев. Эта зависимость позволяет максимизировать наиболее важный физико-механический параметр плиты — предел прочности при статическом изгибе:

$$\frac{\beta - \alpha^3(\beta - 1)}{\beta - \alpha(\beta - 1)} = \max, \quad (1)$$

где $\beta = E_n/E_b$ — коэффициент, характеризующий соотношение модулей упругости наружных и внутреннего слоев;

$\alpha = h_{в}/(h_{в} + 2h_{н})$ — коэффициент, показывающий, какую часть толщины плиты составляет внутренний слой;
 $h_{в}, h_{н}$ — толщины внутреннего и наружных слоев.

Графически нелинейная зависимость $\alpha = f(\beta)$ представлена на рис. 1. Она получена при условии, что модули упругости материала по сечению каждого слоя постоянны, т. е. без учета фракционирования стружки по толщине слоев. В общем случае выражение (1) усложнится, и зависимость $\alpha = f(\beta)$ несколько изменится. Она может быть получена экспериментально при измерении прочности на изгиб трехслойной плиты из конкретного древесного сырья.

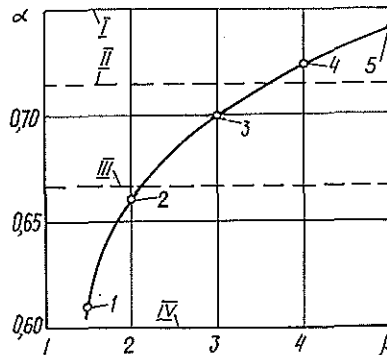


Рис. 1. Зависимость соотношений слоев и модулей упругости при превышении прочности трехслойной плиты относительно однослойной: I — на 16; 2 — на 28; 3 — на 45; 4 — на 57; 5 — на 66 % и соотношении масс стружки в наружных и внутреннем слоях плиты: I — 1:6:1; II — 1:5:1; III — 1;4;1; IV — 1:3:1

В формирующих машинах с объемным дозированием и контролем массы стружки толщина насыпаемого стружечного ковра обратно пропорциональна его плотности. Плотность же исходного ковра (при постоянстве толщины) будет определять плотность изготавливаемой плиты, от которой линейно зависит ее модуль упругости [4]. Поэтому отношение между модулями упругости наружных и внутреннего слоев изготавливаемой плиты можно косвенно определить через отношение толщин соответствующих слоев формируемого ковра

$$\beta = \frac{E_{н}}{E_{в}} = \frac{\rho_{н}}{\rho_{в}} = \frac{\rho_{нк}}{\rho_{вк}} = \frac{h_{нк}}{h_{вк}}, \quad (2)$$

где $E_{н}, E_{в}$ — модули упругости наружных и внутреннего слоев плиты;
 $\rho_{н}, \rho_{в}$ — плотности наружных и внутреннего слоев плиты;
 $\rho_{нк}, \rho_{вк}$ — плотности стружечной массы наружных и внутреннего слоев исходного ковра;
 $h_{нк}, h_{вк}$ — толщины наружных и внутреннего слоев исходного ковра.

Условие (2) позволяет установить, как изменять автоматически структуру трехслойного стружечного ковра в процессе его формирования, чтобы готовая плита имела максимальную прочность на изгиб, независимо от изменения состава сырья [1].

Структурная схема реализаций такой автоматической системы представлена на рис. 2. Она функционирует следующим образом.

С увеличением плотности стружки, движущейся на питающем транспортере 1, например из-за изменения ее породного состава, сигнал с выхода измерителя массы 3 (ленточные весы или радионизотопный плотномер) увеличивается, исполнительный механизм 5 опускает дозирующий валец 4, и масса стружки на питающем транспортере уменьшается до заданного значения. Таким образом осуществляют отрицательную обратную связь по массе стружки в каждой формирующей машине. Общая масса настилаемого на формирующий транспортер 10 трехслойного ковра остается постоянной. Высота расположения дозирующих валцов преобразуется измерителями толщины 6 в электрические сигналы, пропорциональные величинам $h_{н}$ и $h_{в}$, которые делятся один на другой в блоке деления 7. Выходной сигнал с этого блока, пропорциональный величине β , преобразуется блоком нелинейности 8 и инвертирующим усилителем

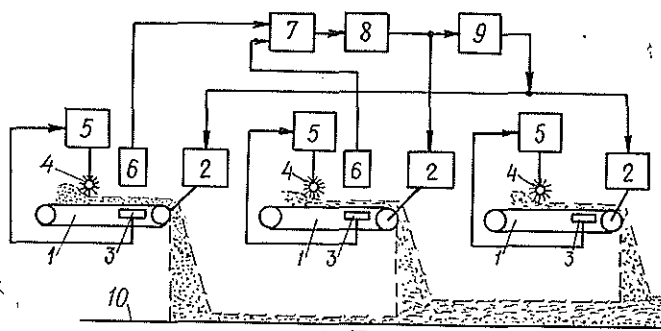


Рис. 2. Структурная схема автоматической системы оптимального формирования трехслойного стружечного ковра

лем 9 в величину α . Прямо пропорционально выходному сигналу блока нелинейности через привод 2 изменяются скорости питающих транспортеров наружных слоев и обратно пропорционально — скорость питающего транспортера внутреннего слоя.

Зависимость $\alpha = f(\beta)$ представляет собой плавную кривую и может быть легко реализована в блоке нелинейности при помощи современных средств микроэлектроники.

Толщина каждого слоя изготавливаемой плиты зависит от количества стружки, подаваемой соответствующим питающим транспортером. Это количество определяется как высотой расположения дозирующих валцов, так и скоростью питающего транспортера. При одинаковой высоте размещения дозирующих валцов всех трех формирующих машин коэффициент α можно найти через соотношение скоростей

$$\alpha = \frac{h_b}{h_b + 2h_n} = \frac{V_b}{V_b + 2V_n}, \quad (3)$$

где V_b , V_n — скорости подачи стружки внутреннего и наружных слоев.

Условие $V_b + 2V_n = \text{const}$ при действии обратной связи по массе стружки в каждом слое обеспечивает постоянство стружечной массы в единице площади формируемого ковра, т. е. постоянство толщины изготавливаемой трехслойной плиты.

Работу системы оптимального формирования трехслойного ковра можно проиллюстрировать следующими примерами.

При одинаковой толщине трех слоев формируемого ковра из одной и той же стружки и одинаковой скорости ее подачи ($V_b = V_n = 2$ м/мин), соотношение масс слоев в ковре (наружный : внутренний : наружный) составит 1 : 1 : 1, а плита будет иметь однородную структуру.

С увеличением относительной толщины внутреннего слоя ковра в 2,12 раза, например из-за возрастания плотности стружки наружных слоев, скорость подачи стружки для внутреннего слоя автоматически устанавливается равной 4 м/мин, а скорость подачи для наружных слоев — 1 м/мин. Отсюда, согласно (3), $\alpha = 4/(4 + 2 \cdot 1) = 2/3$ и оптимальное соотношение слоев составит 1 : 4 : 1. Плита будет иметь наибольший предел прочности на изгиб, превышающий на 30 % предел прочности однородной плиты.

При увеличении относительной толщины внутреннего слоя ковра в 3,6 раза скорости подачи стружки соответственно для внутреннего и наружных слоев устанавливаются равными 4,29 и 0,86 м/мин. Отсюда, согласно (3), $\alpha = 4,29/(4,29 + 2 \cdot 0,86) = 0,714$ и соотношение масс слоев составит 1 : 5 : 1. Плита будет иметь предел прочности, на 53 % превышающий процент прочности однородной плиты.

Во всех трех примерах сумму скоростей питающих транспортеров ($V_b + 2V_n$) поддерживали постоянной (6 м/мин), т. е. количество древесной массы в единице объема плиты не изменялось.

Установка системы оптимального формирования трехслойного стружечного ковра не представляет технических трудностей для формирующих машин, содержащих на питающих транспортерах измерители массы с электрическим выходом. Данная система позволяет авто-

матически формировать такое соотношение слоев в ковре, при котором изготавливаемая плита будет иметь наибольший предел прочности на изгиб при том же количестве древесной массы в единице объема. Это позволит либо уменьшить толщину плиты, либо использовать добавки низкокачественного стружечного сырья без потери прочности древесностружечной плиты.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 1514615 СССР, МКИ В 27 N 3/10. Способ формирования трехслойного стружечного ковра и устройство для его осуществления / С. М. Плотников // Открытия. Изобрет.— 1989.— № 38.— С. 81. [2]. О т л е в И. А. Интенсификация производства древесностружечных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 192 с. [3]. Плотников С. М. Оптимизация структуры стружечного ковра // Лесн. журн.— 1987.— № 1.— С. 119—122.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Мау Н.-А. Zusammenhänge zwischen Eigenschaften, Rohstoffkomponenten und dem Dichteprofil von Spanplatten. Teil 5 // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1983.— N 41.— S. 369—374.

Поступила 3 января 1990 г.

УДК 624.011.1 : 674.028.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ УГЛАМИ К ВОЛОКНАМ

*Б. В. ЛАБУДИН, Е. Н. СЕРОВ, Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ,
В. А. КАТАЕВ*

Архангельский лесотехнический институт

Исследованиями современных деревянных клееных конструкций (ДКК) установлено, что их расчет целесообразно производить по главным напряжениям [6, 7]. Однако в действующих нормах [8] приводятся не все характеристики, необходимые для расчета конструкций по первой теории прочности. Цель настоящей работы — на основании экспериментально-теоретических исследований определить расчетные прочностные характеристики клееной древесины при растяжении под различными углами к волокнам.

При решении поставленной задачи конкретную ориентацию годовых колец древесины не учитывали и рассматривали клееный пакет как трансверсально-изотропное тело с поперечной плоскостью симметрии свойств материала. Применяемая гипотеза не противоречит принятым допущениям относительно такого подхода [1, 3, 7, 8].

В настоящее время расчетные характеристики конструкционных материалов из цельной и клееной древесины определяют либо по данным испытаний элементов натуральных размеров, либо на основании испытаний малых стандартных образцов с последующим вычислением характеристик по методике Е. М. Знаменского [2, 4]. Нами был выбран второй способ. Расчетное сопротивление находили по формуле

$$R = (R^0 / \gamma_m) m_{дл}, \quad (1)$$

где R^0 — нормативное сопротивление клееной древесины;
 $m_{дл}$ — коэффициент, учитывающий длительность нагружения,
 $m_{дл} = 0,66$;
 γ_m — коэффициент надежности по материалу,

$$\gamma_m \geq (1 - \eta_{II}) / (1 - \eta);$$

η_{II} и η — множители, зависящие от принятого уровня обеспеченности (доверительной вероятности) и вида функции плот-

ности распределения соответственно для нормативного и расчетного сопротивлений;

ν_n — коэффициент вариации.

В зависимости от числа образцов, значения множителей принимали по таблице Стьюдента при минимальной обеспеченности 0,95 для нормативного и 0,99 для расчетного сопротивлений.

Нормативное сопротивление клееной древесины вычисляли по формуле, косвенно учитывающей влияние неоднородности пиломатериалов путем введения соответствующих коэффициентов:

$$R^n = R_0^n K_n K_M, \quad (2)$$

где R_0^n — нормативное сопротивление образцов клееной древесины;
 K_n — переходный коэффициент, учитывающий влияние пороков на прочность древесины, $K_n = 0,2 \dots 0,6$;
 K_M — переходный (масштабный) коэффициент, учитывающий влияние размеров рабочего сечения на прочность древесины, $K_M = 0,77 \dots 0,90$.

Нормативное сопротивление образцов клееной древесины определяли по формуле

$$R_0^n = M (1 - \gamma_n \nu_n), \quad (3)$$

где M — среднее значение временного сопротивления малых образцов при стандартных испытаниях.

Форма образцов и методика испытаний на растяжение вдоль волокон соответствовали ГОСТ 16483.23—73, а при растяжении поперек волокон и под углом к ним — ГОСТ 16483.27—73. Образцы клееной древесины вырезали из конструкций натуральных размеров, изготовленных в условиях серийного производства на ЭПЗ «Красный

Таблица 1

α, град	Результаты статистической обработки	R_0^n , МПа	Коэффициенты			R^{II*} , МПа	γ_m	R^* , МПа
			K_n^*	$m_{дл}$	K_M			
0	$M = 81,41$ МПа, $\sigma = 9,84$ МПа, $\nu_n = 0,121$, $m = 3,11$ МПа, $p = 0,038$	65,27	0,37	0,66	0,90	21,74	1,10	13,03
			0,27					
			0,20					
30	$M = 10,68$ МПа, $\sigma = 1,30$ МПа, $\nu_n = 0,121$, $m = 0,46$ МПа, $p = 0,043$	8,55	0,45	0,66	0,86	3,31	1,10	1,98
			0,38					
			0,28					
45	$M = 7,16$ МПа, $\sigma = 1,48$ МПа, $\nu_n = 0,206$, $m = 0,52$ МПа, $p = 0,073$	4,73	0,48	0,66	0,84	1,91	1,23	1,02
			0,44					
			0,32					
60	$M = 2,59$ МПа, $\sigma = 0,43$ МПа, $\nu_n = 0,167$, $m = 0,15$ МПа, $p = 0,059$	1,88	0,52	0,66	0,81	0,79	1,16	0,45
			0,49					
			0,37					
90	$M = 1,56$ МПа, $\sigma = 0,21$ МПа, $\nu_n = 0,134$, $m = 0,07$ МПа, $p = 0,045$	1,22	0,60	0,66	0,77	0,56	1,12	0,33
			0,60					
			0,45					

* Значения соответственно приведены для I, II и III сортов древесины.

Октябрь» в г. Архангельске. Использовали клеенные по ширине пиломатериалы. Толщина склеенных слоев находилась в пределах 33 ± 1 мм (по ГОСТ 20854—84). Порода древесины — сосна, ель; влажность — $7 \dots 8$ %, средняя плотность — $430 \dots 460$ кг/м³. Клей марки ФРФ-50. Температура в лаборатории $20 \dots 22$ °С.

Испытывали пять серий образцов с расположением волокон и клеевых прослоек по отношению к направлению растягивающего усилия в соответствующих сериях под углом α : 0, 30, 45, 60 и 90°.

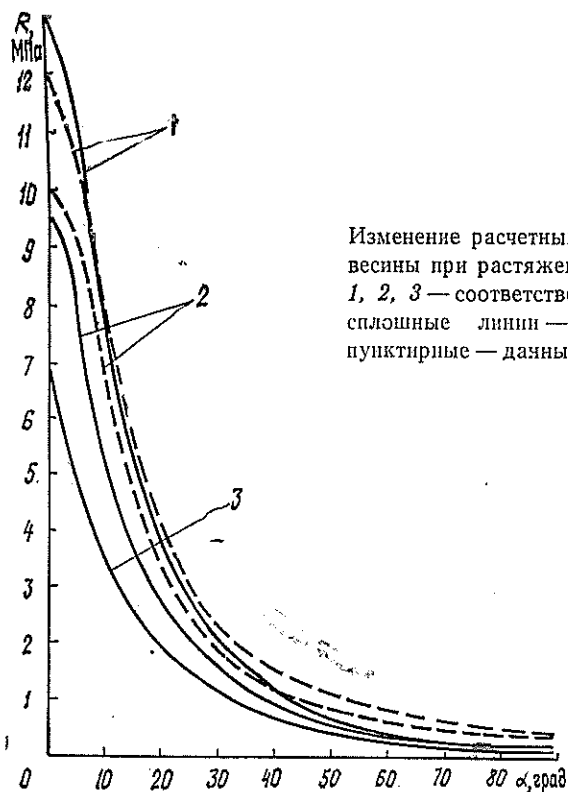
В табл. 1 представлены результаты статистической обработки при растяжении клееной древесины под различными углами с использованием формул (1)—(3). Обработка результатов выполнена по специальной программе, составленной для персональной ЭВМ «Искра 1256».

В табл. 2 приведены рекомендуемые значения расчетных сопротивлений клееной древесины. Зависимости рекомендуемых и нормируемых

Таблица 2

Сорт древесины	Расчетные сопротивления клееной древесины R_{α} , МПа, при растяжении под углом к слоям ДКК, град				
	0	30	45	60	90
I	13,00 (13,03)	2,00 (1,98)	1,00 (1,02)	0,50 (0,45)	0,35 (0,33)
II	10,00 (9,51)	1,70 (1,67)	0,90 (0,93)	0,45 (0,42)	0,35 (0,33)
III	7,00 (7,04)	1,20 (1,23)	0,70 (0,68)	0,35 (0,32)	0,35 (0,25)

Примечание. В скобках приведены для сравнения значения расчетных сопротивлений, полученные по результатам испытаний.



СНиП II-25—80 значений сопротивлений от угла наклона α представлены графически на рисунке.

Из полученных результатов следует, что расчетные сопротивления клееной древесины вдоль и поперек волокон близки нормируемым в СНиП II-25—80 [8, табл. 10] и значениям, приведенным в работе [4, рис. 26]. Как видно из графиков, полученные нами значения расчетных сопротивлений при растяжении под углом от 0 до 30° несколько выше (до 20 %) аналогичных нормируемых, а в диапазоне углов от 30 до 90° меньше тех же нормируемых характеристик (до 50 % и более).

При выполнении расчетов можно рекомендовать брать расчетное сопротивление растяжению поперек волокон $R_{p90} = 0,35$ МПа для всех сортов древесины, так как при растяжении поперек волокон нет необходимости уменьшать значения расчетных сопротивлений, поскольку влияние основных дефектов (косослой, сучки и т. п.), по-видимому, не будет снижать прочность, а наоборот, будет способствовать ее увеличению.

Полученные результаты и предлагаемые расчетные сопротивления могут быть использованы при разработке новой редакции главы СНиП, а также при расчете экспериментальных массивных ДКК по главным напряжениям с целью более полной реализации прочностного потенциала клееной древесины как анизотропного материала.

Дальнейшее совершенствование конструктивных решений, методов расчета и технологии заводского изготовления ДКК [2, 5, 6] с учетом полученных результатов открывает путь к повышению эксплуатационной надежности зданий и сооружений из клееной древесины и снижает их материалоемкость.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 224 с. [2]. Знаменский Е. М. К нормированию расчетных сопротивлений конструкционной древесины // Исследование зависимости прочности деревянных конструкций от технологии их изготовления: Тр. ЦНИИСК.— М., 1982.— С. 28—33. [3]. Митинский А. Н. Упругие постоянные древесины как трансверсально изотропного материала: Тр. ЛТА.— Л., 1949.— № 67.— 51 с. [4]. Пособие по проектированию деревянных конструкций (К СНиП II-25—80) / ЦНИИСК Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1986.— 215 с. [5]. Светозарова Е. И., Серов Е. Н., Лабудин Б. В. Некоторые вопросы совершенствования клееных деревянных конструкций в процессе изготовления // Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 65—68. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Светозарова Е. И., Хапин А. В. Некоторые вопросы исследования прочности клееных балок // Конструкции из клееной древесины и пластмасс: Межвуз. темат. сб. тр.— Л.: ЛИСИ, 1980.— С. 11—19. [7]. Серов Е. Н. Учет трансверсальной изотропии клееной древесины при расчете изгибаемых элементов // Облегченные конструкции из древесины, фанеры и пластмасс: Межвуз. темат. сб. тр.— Л.: ЛИСИ, 1984.— С. 19—30. [8]. СНиП II-25—80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.— М.: Стройиздат, 1982.— 65 с.

Поступила 2 апреля 1990 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ТОЧНОСТИ ПРИ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ РАМНЫМИ И ЛЕНТОЧНЫМИ ПИЛАМИ

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Точность пиления — одно из главных ограничений скорости подачи при резании древесины рамными и ленточными пилами. Ее характери-

зует максимальное отклонение у зубчатой кромки пилы, при пилении от нейтрального (среднего) положения, занимаемого пилой при установившемся холостом движении.

Отклонение зависит от действующих на пилу сил сопротивления резанию, которые могут быть разложены на касательную R , нормальную P и боковую Q составляющие, и способности пилы противодействовать этим силам, которая характеризуется начальной жесткостью пилы J_n и величиной критической силы $P_{кр}$ ($P_{кр}$ — действующая на пилу предельная нормальная сила, при достижении которой пила теряет устойчивость плоской формы изгиба).

Влияние касательной составляющей R на точность пиления мало, в расчетах им обычно пренебрегают. Отклонение пилы [2] может быть определено по формуле

$$y = \frac{Q}{J_n \left(1 - \frac{P^2}{P_{кр}^2}\right)}. \quad (1)$$

Условие точного пиления состоит в том, что отклонение зубчатой кромки пилы при пилении не должно превышать допустимую величину: $y \leq [y]$.

Между равнодействующей горизонтальной силой P_r и направлением подачи имеется суммарный угол встречи пилы Θ , который зависит от точности подготовки Θ_n , установки Θ_y , движения Θ_d пил и подачи распиливаемого материала $\Theta_{под}$:

$$\Theta = \pm \Theta_n \pm \Theta_y \pm \Theta_d \pm \Theta_{под}. \quad (2)$$

Его можно уменьшить за счет повышения перечисленных выше параметров или компенсации одних погрешностей другими. Второе направление основано на опыте и искусстве обслуживающего станок персонала и не может быть правилом. Больше внимание должно быть уделено первому направлению, т. е. повышению качества подготовки к работе инструмента, станка и вспомогательных механизмов.

Силу P_r разложим на две составляющие. Одна $P_r \cos \Theta$ действует на пилу в плоскости ее наибольшей жесткости, вторая $P_r \sin \Theta$ — боковая сила Q . Первая составляющая определяет нормальную силу, действующую на пилу в плоскости ее наибольшей жесткости: $P = P_r \cos \Theta \cos \varphi$ (φ — угол наклона пилы). Ввиду малых значений углов Θ и φ примем $P \approx P_r$ с ошибкой не более 1%. Боковой силой пренебречь нельзя, так как она действует на пилу в плоскости ее наименьшей жесткости и оказывает большое влияние на точность пиления. Полагая $\cos \varphi \approx 1$, имеем уравнение $Q = P \operatorname{tg} \Theta$. Тогда условие точного пиления:

$$y = \frac{P \operatorname{tg} \Theta}{J_n \left(1 - \frac{P^2}{P_{кр}^2}\right)} \leq [y]. \quad (3)$$

Начальная жесткость рамных и ленточных пил исследована в работе [5]. Критическую силу для рамных и ленточных пил при центральном натяжении рассчитаем по формуле [3]

$$P_{кр} = \frac{1,65Nb}{l} \left(\sqrt{2 + \frac{12C}{Nb^2}} - 1 \right). \quad (4)$$

Здесь

N — сила натяжения пилы, Н;
 l — свободная длина пилы, мм;
 b — ширина полотна пилы, мм;
 $C = GI_k$ — крутильная жесткость пилы, Н · мм²;

G — модуль упругости материала пилы при кручении, $G \approx 8 \cdot 10^4$ Н/мм²;
 $I_x \approx bs^3/3$ — момент инерции сечения пилы при кручении, мм⁴;
 s — толщина пилы, мм.

При установке пил с оптимальным эксцентриситетом линии натяжения, удовлетворяющим условию [4] $\varepsilon_{\text{опт}} = 0,098 + 0,3915 Gs^3/Nb$, формула для определения критической силы имеет вид:

$$P_{\text{кр}} = \pi^2/l(Nb/12 + C/b). \quad (5)$$

Из уравнения (3) при условии $y = [y]$ можно определить допускаемую величину силы P

$$P = \frac{P_{\text{кр}} (\sqrt{P_{\text{кр}}^2 \text{tg}^2 \theta + 4[y]^2 j_n^2} - P_{\text{кр}} \text{tg} \theta)}{2[y] j_n}. \quad (6)$$

Силы сопротивления резанию зависят от режимов пиления, удельной работы резания, ширины и высоты пропила. Для расчета касательной силы резания (численно равной касательной силе сопротивления резанию, но противоположного направления) существует методика [1]. Связь между касательной и нормальной силами резания (силами сопротивления резанию) при пиление древесины ленточными пилами выражается коэффициентом $q_n = P/R$. Откуда $R = P/q_n$.

С другой стороны

$$R = \frac{UKb'h}{60v}, \quad (7)$$

где U — скорость подачи, м/мин;
 K — удельная сила резания, Н/мм²;
 b' — ширина пропила, мм;
 h — высота пропила, мм;
 v — скорость резания, м/с.

Выражая скорость подачи и подставляя значения R и P , имеем формулу скорости подачи с ограничением по точности пиления:

$$U_T = \frac{30vP_{\text{кр}} (\sqrt{P_{\text{кр}}^2 \text{tg}^2 \theta + 4[y]^2 j_n^2} - P_{\text{кр}} \text{tg} \theta)}{Kb'hq_n[y] j_n}. \quad (8)$$

При пиление древесины на лесопильных рамах аналогично получаем формулу расчета посылки с ограничением по точности пиления

$$\Delta_T = \frac{HP_{\text{кр}} (\sqrt{P_{\text{кр}}^2 \text{tg}^2 \theta + 4[y]^2 j_n^2} - P_{\text{кр}} \text{tg} \theta)}{Kb'hq_p[y] j_n}. \quad (9)$$

Здесь H — ход пильной рамки, мм;
 $q_p = P_{\text{max}}/R_{\text{ср. п. х}}$ — коэффициент;
 P_{max} — максимальная нормальная сила резания, Н;
 $R_{\text{ср. п. х}}$ — средняя величина касательной силы резания за рабочий ход, Н.

При расчете скоростей подачи с ограничением по точности пиления необходимо знать допустимую величину отклонения пилы $[y]$. Она связана с допуском на толщину пиломатериалов. Для получения пиломатериалов с требуемой точностью необходимо, чтобы поле рассеяния толщины пиломатериалов ω_T не превышало поле допуска A_T , т. е. $\omega_T \leq A_T$. Поле рассеяния толщины пиломатериалов включает в себя поля рассеяния толщины доски от погрешностей настройки станка на задан-

ный размер ω_n и погрешностей пиления ω_p . Оно может быть определено по формуле

$$\omega_T = \sqrt{\omega_n^2 + \omega_p^2}. \quad (10)$$

Так как каждая доска формируется двумя пилами, то $\omega_n^2 = \omega_{n1}^2 + \omega_{n2}^2$ (ω_{n1} , ω_{n2} — поля рассеяния отклонений первой и второй пил соответственно, мм).

Принимаем $\omega_{n1} = 2[y_1]$ и $\omega_{n2} = 2[y_2]$. Тогда, учитывая, что $\omega_T \leq A_T$, имеем:

$$\omega_T \leq \sqrt{A_{yш}^2 + A_{поз}^2 + 4([y_1]^2 + [y_2]^2)}, \quad (11)$$

где $A_{yш}$ — допуск на уширение зубьев, мм;

$A_{поз}$ — допуск на разнотолщинность межпилльных прокладок для лесопильных рам или на позиционирование для однопилльных ленточнопилльных модулей, мм.

Принимая, что смежные пилы, формирующие доски по толщине, находятся в одинаковых условиях, т. е. $y = y_1 = y_2$, и учитывая, что $\omega_T \leq A_T$, записываем:

$$[y] = \sqrt{\frac{A_T^2 - A_{yш}^2 - A_{поз}^2}{8}}. \quad (12)$$

Определим $[y]$ для случая выпилки хвойных пиломатериалов на лесопильных рамах. Поле допуска толщины пиломатериалов хвойных пород толщиной до 32 мм (по ГОСТ 24454—80 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры») — 2 мм; допуск уширения зубьев (по технологическим режимам РПИ 6.1—00 «Подготовка рамных пил») — 0,1 мм; допуск толщины межпилльных прокладок (по ОСТ 13—6—78 «Прокладки межпилльные для вертикальных лесопильных рам») — 0,4 мм. Отсюда $[y] = \sqrt{(4 - 0,01 - 0,16)/8} \approx 0,7$ мм.

Приведем примеры расчета скорости подачи с ограничением по точности пиления.

Пример 1. На ленточнопилльном станке ведут распиловку сосновых брусьев высотой $h = 200$ мм. Скорость резания $v = 40$ м/с; толщина пилы $s = 1,0$ мм; уширение зубьев $s' = 0,5$ мм; ($b' = 2,0$ мм); ширина полотна пилы $b = 100$ мм; сила натяжения рабочей ветви пилы $N = 7$ кН; эксцентриситет линии натяжения $e = 0$; свободная длина пилы (расстояние между осями шкивов) $l = 1800$ мм; коэффициент $q_n = 0,5$ [6]; угол встречи $\theta = 4^\circ$. Определить скорость подачи с ограничением по точности, если допускаемое отклонение $[y] = 0,7$ мм.

Решение. Критическую силу $P_{кр} = 364$ Н определим по формуле (4), удельную работу резания — по методике [1]. Для приведенных условий $K = 58$ Н/мм². Подставив значения $P_{кр}$, θ , $[y]$, h , q_n , K , b' и j_n в формулу (9), найдем $U_T = 40$ м/мин.

Пример 2. На лесопильной раме с ходом пильной рамки $H = 600$ мм ведут распиловку сосновых брусьев высотой $h = 200$ мм пилами толщиной $s = 2,0$ мм с уширением зубьев $s' = 0,85$ мм ($b' = 3,7$ мм). Ширина полотен пил $b = 120$ мм, пилы натянуты с оптимальным эксцентриситетом [4] с силой $N = 50$ кН, свободная длина пил $l = 1200$ мм. Коэффициент $q_p = 2,1$ [7], допускаемое отклонение пилы $[y] = 0,7$ мм, угол встречи $\theta = 1^\circ$.

Решение. Критическую силу $P_{кр} = 7133$ Н определим по формуле (4), удельную работу резания — по методике [5] ($K = 49,8$ Н/мм²). Подставив значения $P_{кр}$, θ , $[y]$, h , q_p , K , b' и j_n в формулу (9), получим величину посылки, обеспечивающей выход пиломатериалов с точностью $\pm 1,0$ мм, $A_T = 35$ мм.

Приведенная методика расчета скорости подачи с ограничением по точности пиления позволяет определить режимы пиления с ограничением по точности; при заданных режимах установить условия, необходимые для обеспечения пиления древесины с требуемой точностью; обосновать допуски на толщину пиломатериалов; оценить эффективность работ по совершенствованию станков, приспособлений и инструментов с целью повышения точности пиления.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бершадский А. Л. Расчет режимов резания древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1967.—173 с. [2]. Прокофьев Г. Ф. Влияние горизонтальной составляющей силы резания на жесткость рамной пилы / ЦНИИМОД.—Архангельск, 1976.—8 с.—Деп. во ВНИПИЭИлеспром 20.01.77, № 286. [3]. Прокофьев Г. Ф. Некоторые вопросы точности рамного пиления // Совершенствование технологии и оборудования лесопильного производства: Науч. тр. ЦНИИМОД.—Архангельск, 1981.—С. 69—75. [4]. Прокофьев Г. Ф. Устойчивость рамных пил // Лесн. журн.—1970.—№ 6.—С. 81—86.—(Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Прокофьев Г. Ф., Ходерян Б. А., Ершов С. В. Начальная жесткость полосовых пил / ЦНИИМОД.—Архангельск, 1985.—23 с.—Деп. во ВНИПИЭИлеспром 17.06.85, № 1589. [6]. Феоктистов А. Е. Ленточнопильные станки.—М.: Лесн. пром-сть, 1976.—152 с. [7]. Экспериментальные исследования сил резания в двухэтажных лесопильных рамах серийной конструкции / С. М. Хасдан, В. А. Коновалов, Ю. М. Поткин, Ф. И. Зыков // Науч. тр. ЦНИИМОД.—Архангельск, 1964.—Вып. 18.—С. 177—193.

Поступила 13 июля 1989 г.

УДК 674.093.26

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ДЕРЕВЯННОЙ БАЛКИ

А. Н. ЧУБИНСКИЙ, А. Л. ЩЕРБАКОВ, Л. М. СОСНА,
Ю. И. ЦОЙ, А. М. БОРОДУЛИН

Ленинградская лесотехническая академия

Действующие стандарты на фанерные плиты предусматривают испытания образцов на изгиб с определением нормальных напряжений. Как и напряжения для образцов из цельной древесины, их рассчитывают по следующей формуле:

$$\sigma_a^{\max} = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

где P — разрушающая нагрузка;
 l — расстояние между опорами;
 b, h — ширина и высота образца.

Определяемые таким образом нормальные напряжения для фанерных плит марки ПФ-В в среднем составляют 86...111 МПа, что ниже требований ГОСТ 8673—82 «Плиты фанерные». Повышение физико-механических свойств фанерных плит возможно путем изменения структуры пакета (набора толщин шпона и взаимного расположения листов).

Для правильной оценки влияния структуры пакета на его механические свойства необходимо изменить методику расчета напряжений. Экспериментальные исследования прочности фанерных плит при изгибе показывают, что разрушение происходит, как правило, по клеевому слою в результате сдвига. В связи с этим, новая методика расчета нормальных напряжений должна учитывать слоистое строение плит и деформации сдвига, имеющие место при изгибе. Это позволит прогнозировать физико-механические свойства фанерных плит на основе свойств шпона различных пород древесины и структуры пакета.

С учетом деформаций сдвига рассмотрим задачу простого изгиба многослойной балки или цилиндрического изгиба многослойной пластины постоянной толщины. Схема

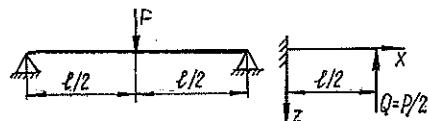


Рис. 1.

загрузки показана на рис. 1. Предположим, что в пределах каждого слоя материал однороден, ортотропен и подчиняется закону Гука. Одна из плоскостей упругой симметрии в каждой точке параллельна

срединной плоскости, вторая — плоскости изгиба. Слои имеют постоянную толщину и расположены параллельно срединной плоскости, т. е. существует симметрия относительно срединной плоскости. По плоскостям контакта слои неразрывно связаны между собой. Схема нумерации слоев и обозначения приведены на рис. 2.

Для принятого расположения плоскостей упругой симметрии при цилиндрическом изгибе пластины имеет место плоская деформация. Для задачи изгиба балки с достаточной точностью можно считать, что напряженное состояние — обобщенное плоское. Основные соотношения для этих двух задач различаются лишь значениями постоянных, что позволяет обе задачи рассматривать совместно. В расчетах ширина пластины b равна 1.

Поставленной задаче посвящено большое количество работ. В классической постановке, базирующейся на гипотезе недеформированных нормалей для анизотропных пластин (гипотезе плоских сечений для балки), основные результаты приведены в работах [3, 4]. Простой способ учета деформаций сдвига для многослойной анизотропной пластины предложен С. А. Амбарцумяном [1]. Это и используется в дальнейшем для определения «основной» части напряжений и перемещений. Для решения задачи предположим:

а) в каждом слое пластины нормальное к срединной плоскости перемещение w_i не зависит от координаты z

$$e_z = \partial w / \partial z = 0; \tag{1}$$

б) при определении продольных перемещений и нормальных напряжений σ_x напряжениями σ_z можно пренебречь;

в) касательные напряжения τ_{xz} в пределах каждого слоя изменяются по заданному закону

$$\tau_{xz, i} = [G_{13, i} f(z) + A_i] \varphi(x), \quad (i = 1, 2, \dots, n), \tag{2}$$

где $\varphi(x)$ — произвольная искомая функция;

A_i — постоянные, определяемые из условий на плоскостях контакта слоев;

$G_{13, i}$ — модули сдвига в плоскости изгиба;

$f(z)$ — функция, определяющая характер изменения касательных напряжений по высоте сечения.

Примем ее в виде квадратной параболы [1, 2]

$$f(z) = \frac{h^2}{8} \left[1 - \left(\frac{2z}{h} \right)^2 \right]. \tag{3}$$

На основании принятых предположений и положения (3) запишем разрешающую систему уравнений для многослойной пластины относительно функций w и φ :

$$D_0 \frac{d^3 w}{dx^3} - P_0 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + K_0 \varphi = 0; \tag{4}$$

$$K_0 = d\varphi/dx = 0, \tag{5}$$

где D_0 — приведенная жесткость,

$$D_0 = 2b \sum_{k=1}^n B_{11, k} \left[\frac{\delta_k^3}{12} + \delta_k \left(z_k + \frac{1}{2} \delta_k \right)^2 \right];$$

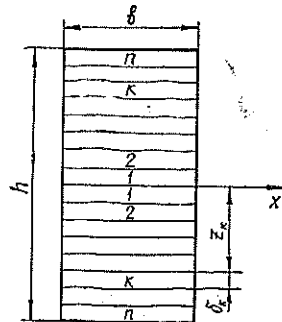


Рис. 2

$B_{11,i} = E_{1,i} / (1 - \nu_{1,i} \nu_{2,i})$ — для пластины;
 $B_{11,i} = E_{1,i}$ — для балки;
 $E_{1,i}$ — модуль упругости материала i -го слоя в направлении оси x ;
 $\nu_{1,i}$ — коэффициент Пуассона, характеризующий сокращение волокон в направлении оси y при растяжении в направлении оси x ;
 $\nu_{2,i}$ — коэффициент Пуассона, характеризующий сокращение волокон в направлении оси x при растяжении в направлении оси y ;
 δ_k — толщина k -го слоя;

$$P_0 = 2b \sum_{k=1}^n B_{11,k} \left[\frac{h^2}{24} (z_{k+1}^3 - z_k^3) - \frac{1}{30} (z_{k+1}^5 - z_k^5) + \frac{A_k}{3G_{13,k}} (z_{k+1}^3 - z_k^3) + \frac{1}{2} R_k (z_{k+1}^2 - z_k^2) \right];$$

$$R_i = \sum_{k=1}^{i-1} \left[\frac{A_k}{G_{13,k}} \delta_k - \frac{A_i}{G_{13,i}} z_i \right], \quad (i = 2, 3, \dots, n);$$

$$K_0 = 2b \sum_{k=1}^n \delta_k^2 \left\{ \frac{1}{2} G_{13,k} \left[\frac{h^2}{4} - \frac{1}{3} (z_k^2 + (z_k + \delta_k)(2z_k + \delta_k)) \right] + A_k \right\}.$$

Разрешающая система только значениями постоянных коэффициентов отличается от аналогичной для однородной ортотропной пластины, что в конечном итоге предопределяет качественную схожесть результатов расчета многослойной и однородной пластины.

Решая систему уравнений при принятых «смягченных» граничных условиях

$$1) \quad x = 0; \quad u|_{z=z_0} = 0; \quad w = 0; \quad \frac{dw}{dx} - C_0 \varphi = 0,$$

где

$$C_0 = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(\frac{h^2}{4} - \frac{z_0^2}{3} \right) + \frac{A_1}{G_{13,1}}, & \text{при } |z_0| \leq \delta_1; \\ \frac{1}{2} \left(\frac{h^2}{4} - \frac{z_0^2}{3} \right) + \frac{A_i}{G_{13,i}} + \frac{R_i}{z_0}, & \text{при } z_i \leq |z_0| \leq z_{i+1}; \end{cases}$$

$$2) \quad x = l/2; \quad Q = b \int_{-n/2}^{n/2} \tau_{xz} dz = \frac{P}{2}; \quad M = b \int_{-n/2}^{n/2} \sigma_{x,i} z dz = 0,$$

после ряда преобразований получаем

$$\sigma_{x,i} = B_{11,i} \frac{Mz}{D_0}; \quad (6)$$

$$\tau_{xz,i} = \frac{Q}{K_0} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{h^2}{4} - z^2 \right) G_{13,i} + A_i \right], \quad (7)$$

где

$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{l}{2} - x \right);$$

$$Q = \frac{P}{2}.$$

Продольные перемещения будут равны

$$u_i = \frac{P}{2} \left\{ \left[-\frac{1}{D_0} \left(l - \frac{1}{2} x \right) x + \frac{1}{K_0} \left(\frac{A_i}{G_{13,i}} - \frac{A_1}{G_{13,1}} - \frac{1}{6} (z^2 - z_0^2) \right) \right] z + \frac{R_i}{K_0} \right\}, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (8)$$

Как следует из (8), u_z зависит от z в третьей степени, т. е. сечения существенно искривлены за счет деформации сдвига. Этот вопрос требует отдельного рассмотрения.

Предложенная методика расчета напряжений использована для обоснования структуры клееных слоистых материалов из шпона. Она позволяет достичь максимально возможных значений предела прочности (σ_a^{\max}) фанерных плит и обосновать требования к физико-механическим свойствам шпона в зависимости от желаемых свойств плитных материалов.

На основании расчетов установлена структура 7-, 11- и 17-слойных фанерных плит марки ПФ-В толщиной 8, 15, 22 мм соответственно. Показано, что максимальное значение σ_a^{\max} может быть достигнуто у фанерных плит, изготовленных из шпона толщиной 1,55 и 1,15 мм, при следующих структурах пакета:

- 1) 1,55; 1,15*; 1,55; 1,55; 1,55; 1,15*; 1,55;
- 2) 1,55; 1,55; 1,15*; 1,55; 1,55; 1,55; 1,55; 1,15*; 1,55; 1,55;
- 3) 1,55; 1,55; 1,55; 1,15*; 1,55; 1,55; 1,55; 1,55; 1,55; 1,55; 1,55; 1,55; 1,55; 1,15*; 1,55; 1,55; 1,55.

Проведенные в лабораторных и промышленных условиях на Пермском фанерном комбинате экспериментальные исследования подтвердили результаты теоретических разработок (см. таблицу).

Результаты испытаний фанерных плит толщиной 22 мм

Схема сборки пакета шпона	Прочность при статическом изгибе, МПа	
	Среднее арифметическое значение	Среднее квадратичное отклонение
1,55; 1,15; 1,55 × 13; 1,15; 1,55	126,0	11,0
1,55 × 4; 1,15; 1,55 × 7; 1,15; 1,55 × 4	132,0	4,5
1,55 × 7; 1,15; 1,55; 1,15; 1,55 × 7	98,7	5,2
1,55 × 8; 1,15; 1,55 × 8	112,0	5,6

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Амбарцумян С. А. Теория анизотропных пластин. М.: Наука, 1967.— 266 с. [2]. Галфаян П. О. Решение одной смешанной задачи теории упругости для прямоугольника. // Изв. АН АрмССР.— 1964.— Т. XVII, № 1.— 63 с. [3]. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела.— М.: Гостехиздат, 1950.— 357 с. [4]. Лехницкий С. Г. Анизотропные пластинки. М.: Гостехиздат, 1957.— 387 с.

Поступила 2 апреля 1990 г.

УДК 621.887

**НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ОРТОТРОПНОГО ЦИЛИНДРА
ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ**

Ю. Ф. ЧЕРНЫШЕВ

Красноярский политехнический институт

В данной работе определены температурно-влажностные напряжения в толстостенной анизотропной деревянной втулке, нагруженной внешним и внутренним давлением. Плотность ее стенок изменяется

* Листы шпона с поперечным расположением волокон.

вдоль радиуса по степенному закону. Модуль упругости древесины зависит от градиента температуры и влажности, т. е. также величина переменная. Ряд частных случаев для этой задачи рассмотрен ранее [1—4, 6—8].

Принимаем, что материал втулки удовлетворяет условию ортогональной анизотропии. Каждый ее элемент имеет три плоскости упругой симметрии: одна совпадает с радиальным направлением, вторая — с тангенциальным, а третья — перпендикулярна первым двум (совпадает с направлением, параллельным продольной оси втулки). В этом случае ее можно рассматривать как тело, обладающее цилиндрической анизотропией, например, втулку, изготовленную из древесины путем высверливания или сложного поперечного, торцового гнутья.

Известно, что модуль упругости древесины зависит от ее температурно-влажностного состояния и плотности. При изготовлении втулок сложным гнутьем с подпрессовкой изнутри или снаружи получаем стенку втулки неодинаковой плотности вдоль ее радиуса. Обычно модуль упругости линейно зависит от плотности материала, поэтому он также будет зависеть и от радиуса втулки. Теоретический и практический интерес представляет случай, когда

$$E_r = E_\theta \rho^\nu,$$

где E_θ , E_r — модули упругости при растяжении-сжатии в тангенциальном направлении наружного слоя цилиндра и слоя с радиусом r соответственно;
 r — текущий радиус;
 r_1 — радиус наружного слоя цилиндра;
 $\rho = r/r_1$ — относительный текущий радиус;
 ν — некоторая, соответствующим образом подобранная величина.

Линейная зависимость между напряжениями и деформациями, описываемая законом Гука, справедлива лишь при постоянных упругих характеристиках материала. Если же модули упругости зависят от температуры и влажности, то эти линейные соотношения верны только для элементарных деформаций $\delta\epsilon_r$, $\delta\epsilon_\theta$ и элементарных напряжений $\delta\sigma_r$ и $\delta\sigma_\theta$.

В полярных координатах для определения напряжений σ_r и σ_θ [5] имеем:

по уравнению равновесия для элементарных напряжений

$$r \frac{d\delta\sigma_r}{dr} + \delta\sigma_r - \delta\sigma_\theta = 0; \quad (1)$$

по условию совместности для элементарных деформаций

$$r \frac{d\delta\epsilon_\theta}{dr} + \delta\epsilon_\theta - \delta\epsilon_r = 0; \quad (2)$$

по обобщенному закону Гука для элементарных деформаций и напряжений

$$\begin{aligned} \delta\epsilon_r &= \frac{1}{E_r} (\delta\sigma_r - \nu_{\theta r} \delta\sigma_\theta) + \alpha_r \delta T + \beta_r \delta W; \\ \delta\epsilon_\theta &= \frac{1}{E_\theta} (\delta\sigma_\theta - \nu_{r\theta} \delta\sigma_r) + \alpha_\theta \delta T + \beta_\theta \delta W, \end{aligned}$$

где α_r , α_θ — коэффициенты линейного расширения в радиальном и тангенциальном направлениях;

β_r , β_θ — коэффициенты усушки;

σ_r , σ_θ — радиальное и тангенциальное напряжения;

$\epsilon_r, \epsilon_\theta$ — радиальная и тангенциальная относительные деформации;

$\nu_{\theta r}, \nu_{r\theta}$ — коэффициенты Пуассона;

r_2 — внутренний радиус;

T и W — интервалы изменения температуры и влажности.

В уравнении (1) и (3) вводим функцию ψ элементарных напряжений

$$\delta\sigma_r = \frac{\psi}{r}; \quad \delta\sigma_\theta = \frac{d\psi}{dr}. \quad (4)$$

Решив совместно уравнения (1)–(4), получим дифференциальное уравнение:

$$\begin{aligned} & \frac{d^2\psi}{dr^2} + \frac{1}{r} \left(1 - \frac{r}{E_\theta} \frac{dE_\theta}{dr} \right) \frac{d\psi}{dr} + \left(\frac{\nu_{r\theta}}{E_\theta} \frac{dE_\theta}{dr} \frac{1}{r} - \frac{E_\theta}{E_r} \frac{1}{r^2} \right) \psi = \\ & = \alpha_\theta E_\theta \frac{d\delta T}{dr} + \beta_\theta E_\theta \frac{d\delta W}{dr} - (\alpha_\theta - \alpha_r) E_\theta \frac{\delta T}{r} - (\beta_\theta - \beta_r) E_\theta \frac{\delta W}{r}. \end{aligned} \quad (5)$$

Такое же дифференциальное уравнение приведено в работе [4] для определения напряжений в ортотропном кольце, причем модуль упругости в этом случае — величина, не зависящая от радиуса.

Принимая $E_\theta = E_\theta \rho^\nu$, $E_\theta/E_r = k^2$ и $\nu_{r\theta} = \nu$, получаем:

$$\frac{d^2\psi}{dr^2} + \frac{1}{r} (1 - \nu) \frac{d\psi}{dr} - (1 - \nu\gamma) \frac{k^2}{r^2} \psi = - \frac{D_1}{r}, \quad (6)$$

где k — показатель анизотропии;

$$D_1 = (\beta_\theta - \beta_r) \delta W E_\theta + (\alpha_\theta - \alpha_r) E_\theta \delta T.$$

Общее решение уравнения (6) имеет вид

$$\psi = C_1 r^{\lambda_1} + C_2 r^{\lambda_2} + \frac{D_1 r}{(1 - \nu\gamma) k^2 + \nu - 1}, \quad (7)$$

где C_1 и C_2 — постоянные интегрирования;

$$\lambda_{1,2} = \frac{\nu \pm \sqrt{\nu^2 + 4(1 - \nu\gamma) k^2}}{2}.$$

С учетом (4) получим выражения для элементарных напряжений

$$\delta\sigma_r = C_1 r^{\lambda_1 - 1} + C_2 r^{\lambda_2 - 1} + \frac{D_1}{(1 - \nu\gamma) k^2 + \nu - 1}; \quad (8)$$

$$\delta\sigma_\theta = C_1 \lambda_1 r^{\lambda_1 - 1} + C_2 \lambda_2 r^{\lambda_2 - 1} + \frac{D_1}{(1 - \nu\gamma) k^2 + \nu - 1}.$$

Введем величину

$$D' = \frac{D_1}{(1 - \nu\gamma) k^2 + \nu - 1}.$$

Используя граничные условия $\delta\sigma_r = -p_1$ (внешнее давление) при $r = r_1$, $\delta\sigma_r = -p_2$ (внутреннее давление) при $r = r_2$ и решив систему линейных уравнений, найдем постоянные интегрирования:

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{-r_2^{\lambda_2 - 1} (p_1 + D') + r_1^{\lambda_1 - 1} (p_2 + D')}{r_1^{\lambda_1 - 1} r_2^{\lambda_2 - 1} - r_1^{\lambda_2 - 1} r_2^{\lambda_1 - 1}}; \\ C_2 &= \frac{-r_1^{\lambda_1 - 1} (p_2 + D') + r_2^{\lambda_2 - 1} (p_1 + D')}{r_1^{\lambda_1 - 1} r_2^{\lambda_2 - 1} - r_1^{\lambda_2 - 1} r_2^{\lambda_1 - 1}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Разделим задачу определения главных напряжений в ортотропной втулке с переменной по радиусу плотностью на три отдельных.

Определим радиальные и тангенциальные напряжения при равномерном стационарном нагреве втулки, приняв $p_1 = p_2 = \delta W = 0$. Введя безразмерные величины $C = r_2/r_1$ и $\rho = r/r_1$ и подставив уравнения (9) в (8), будем иметь:

$$\begin{aligned} \delta\sigma_r &= \left[\frac{(1 - C^{\lambda_2-1}) \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(1 - C^{\lambda_1-1}) \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)} + 1 \right] D'; \\ \alpha\sigma_\theta &= \left[\frac{(1 - C^{\lambda_2-1}) \lambda_1 \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(1 - C^{\lambda_1-1}) \lambda_2 \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)} + 1 \right] D'. \end{aligned} \quad (10)$$

После интегрирования уравнения (10) по переменной δT получим

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \left[\frac{(1 - C^{\lambda_2-1}) \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(1 - C^{\lambda_1-1}) \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)} + 1 \right] \frac{(\alpha_\theta - \alpha_r) \int_{T_1}^{T_2} E_\theta \delta T}{(1 - \mu\nu) k^2 + \nu - 1}; \\ \sigma_\theta &= \left[\frac{(1 - C^{\lambda_2-1}) \lambda_1 \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(1 - C^{\lambda_1-1}) \lambda_2 \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)} + 1 \right] \frac{(\alpha_\theta - \alpha_r) \int_{T_1}^{T_2} E_\theta \delta T}{(1 - \mu\nu) k^2 + \nu - 1}. \end{aligned} \quad (11)$$

Аналогично решаем вторую задачу по определению главных напряжений во втулке при изменении ее влажности, полагая, что $p_1 = p_2 = \delta T = 0$.

В результате имеем

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \left[\frac{(1 - C^{\lambda_2-1}) \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(1 - C^{\lambda_1-1}) \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)} + 1 \right] \frac{(\beta_\theta - \beta_r) \int_{W_1}^{W_2} E_\theta \delta W}{(1 - \mu\nu) k^2 + \nu - 1}; \\ \sigma_\theta &= \left[\frac{(1 - C^{\lambda_2-1}) \lambda_1 \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(1 - C^{\lambda_1-1}) \lambda_2 \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)} + 1 \right] \frac{(\beta_\theta - \beta_r) \int_{W_1}^{W_2} E_\theta \delta W}{(1 - \mu\nu) k^2 + \nu - 1}. \end{aligned} \quad (12)$$

Определим главные напряжения от действия только внешнего и внутреннего давлений (температура и влажность материала втулки не изменяется). Подставив значение постоянных интегрирования (9) в (8) и посчитав $\delta\sigma_r = \sigma_r$ и $\delta\sigma_\theta = \sigma_\theta$, получим:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{p_2 r_1^{\lambda_2-1} - p_1 r_2^{\lambda_2-1}}{r_1^{\lambda_1-1} r_2^{\lambda_2-1} - r_1^{\lambda_2-1} r_2^{\lambda_1-1}} r^{\lambda_1-1} - \frac{p_2 r_1^{\lambda_1-1} - p_1 r_2^{\lambda_1-1}}{r_1^{\lambda_1-1} r_2^{\lambda_2-1} - r_1^{\lambda_2-1} r_2^{\lambda_1-1}} r^{\lambda_2-1}; \\ \sigma_\theta &= \frac{p_2 r_1^{\lambda_2-1} - p_1 r_2^{\lambda_2-1}}{r_1^{\lambda_1-1} r_2^{\lambda_2-1} - r_1^{\lambda_2-1} r_2^{\lambda_1-1}} \lambda_1 r^{\lambda_1-1} - \frac{p_2 r_1^{\lambda_1-1} - p_1 r_2^{\lambda_1-1}}{r_1^{\lambda_1-1} r_2^{\lambda_2-1} - r_1^{\lambda_2-1} r_2^{\lambda_1-1}} \lambda_2 r^{\lambda_2-1}. \end{aligned} \quad (13)$$

После введения безразмерных величин C и ρ формулы (13) примут вид

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{(p_2 - p_1 C^{\lambda_2-1}) \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(p_2 - p_1 C^{\lambda_1-1}) \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)}; \\ \sigma_\theta &= \frac{(p_2 - p_1 C^{\lambda_2-1}) \lambda_1 \rho^{\lambda_1-1}}{C^{\lambda_2-1} (1 - C^{\lambda_1-\lambda_2})} - \frac{(p_2 - p_1 C^{\lambda_1-1}) \lambda_2 \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_1-1} (C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1)}. \end{aligned} \quad (14)$$

Главные напряжения в толстостенном цилиндре, полученные в работах [2, 4—6], являются частными случаями решенной нами задачи. В этом легко убедиться, подставив в формулы (11), (12) и (13) соответствующие постоянные.

Для сравнения значений напряжений в главных направлениях ортотропного цилиндра рассмотрим конкретный пример. Толстостенный цилиндр загружен внешним

давлением p_1 , температура и влажность его не меняются. Подставив $p_2 = 0$ и $p_1 = p$ в (14), получим радиальные и тангенциальные напряжения во втулке:

$$\sigma_r = \left[\frac{\rho^{\lambda_1-1}}{1 - C^{\lambda_1-\lambda_2}} - \frac{\rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1} \right] (-p);$$

$$\sigma_\theta = \left[\frac{\lambda_1 \rho^{\lambda_1-1}}{1 - C^{\lambda_1-\lambda_2}} - \frac{\lambda_2 \rho^{\lambda_2-1}}{C^{\lambda_2-\lambda_1} - 1} \right] (-p). \tag{15}$$

Расчет проведем по формулам (15) и по известным формулам А. Н. Митинского [2] и Г. Ламе [5] для втулки поперечного сечения с подпрессовкой снаружи, изготовленной из древесины лиственницы сибирской ($C = 0,5$). Направление вдоль волокон древесины совпадает с тангенциальным направлением втулки, а радиальное направление древесины — с радиальным направлением втулки. Для лиственницы сибирской $E_a = E_\theta = 3,27 \cdot 10^4$ МПа, $E_r = 8,92 \cdot 10^2$ МПа, $\nu_{r\theta} = \nu_{\theta r} = 0,512$ [8], показатель анизотропии $k = 6,05$, показатель степени, характеризующий изменение плотности древесины по радиусу, $\nu = 1,6$.

Относительный текущий радиус ρ	Значения величин $-\sigma/\rho$ при σ , определенных по формулам					
	(15)		А. Н. Митинского [2]		Г. Ламе [5]	
	σ_r	σ_θ	σ_r	σ_θ	σ_r	σ_θ
0,5	0,000	1,126	0,000	0,365	0,000	2,667
0,6	0,199	1,294	0,066	0,519	0,407	2,259
0,7	0,378	1,643	0,161	1,023	0,653	2,014
0,8	0,565	2,125	0,322	1,972	0,813	1,854
0,9	0,771	2,721	0,587	3,561	0,922	1,745
1,0	1,000	3,426	1,000	6,056	1,000	1,667

Анализируя данные, представленные в таблице, видим, что напряжения, полученные по формуле (15), значительно отличаются от напряжений, определенных по формулам А. Н. Митинского и Г. Ламе. Существенное расхождение величин напряжений по сравнению с напряжениями в изотропной втулке [5] можно объяснить анизотропией втулки [2] и перераспределением напряжений по сечению втулки с переменной плотностью по радиусу (15).

Выражения для главных напряжений могут быть использованы при расчетах прочности деревянных втулок, необходимого натяга втулки в металлической обойме подшипника, а также при определении оптимального зазора между валом и втулкой подшипника при изменении влажности и температуры последней.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Житков П. Н. Плоская задача теории упругости для неоднородного ортотропного тела в полярных координатах // Тр. Воронежского университета, — 1951. Т. XXVII. — С. 87—96. [2]. Митинский А. Н. Напряжения в толстостенной анизотропной трубе под действием наружного и внутреннего давлений // Сб. науч. тр. — Л.: Изд-во ИИЖДТ, 1948. — Вып. 136. — С. 55—61. [3]. Огарков Б. И., Кац Ю. С. Определение напряжений в анизотропном кольце с модулем упругости, изменяющимся вдоль радиуса // Машиностроение. — 1967. — № 9. — С. 40—46. — (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Огарков Б. И. Температурно-влажностные напряжения в анизотропном кольце с учетом зависимости модуля упругости материала от температуры и влажности // Машиностроение. — 1966. — № 5. — С. 26—30. — (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Писаренко Г. С. Сопrotивление материалов. — Киев: Выща шк., 1979. — 694 с. [6]. Плотноиков М. М. Упругие свойства и напряженное состояние анизотропных цилиндров // Машиностроение. — 1963. — № 5. — С. 19—25. — (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Чернышев Ю. Ф. Влажностные напряжения в анизотропном вкладыше подшипника с учетом зависимости модуля упругости материала от влажности // Машиностроение. — 1972. — № 10. — С. 37—40. — (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Чернышев Ю. Ф., Шатохина Л. П. Давление набухания во втулках из древесины лиственницы сибирской // Лесн. журн. — 1989. — № 5. — С. 71—74. — (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 624.011.1

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

Е. Б. РЮМИНА, Г. Б. УСПЕНСКАЯ, Л. М. КОВАЛЬЧУК

ЦНИИМОД, ЦНИИСК

Оценка пилопродукции по потребительским требованиям открывает возможность дальнейшего расширения лесосырьевых ресурсов при гарантированном обеспечении надежности деревянных элементов строительных конструкций и позволяет реализовать вероятностные методы в расчете.

Цель работы — выявить имеющимися методами производственного контроля прочности пиломатериалов возможность обеспечения надежности элементов деревянных конструкций в течение заданного срока службы.

Для исследования использовали элементы натуральных размеров ($50 \times 150 \times 2200$ мм), взятые по принципу случайного отбора из общей партии пиломатериалов, прошедших измерительный контроль на установках «Финногрейдер» и «Компьютерматик», а также визуальную сортировку по параметрам сучков и ширине годичных слоев (ШС).

Протоколы испытаний досок на установке «Финногрейдер» содержали следующие сведения: общее количество сучков (KNS), количество сучков прикромочной зоны (KND), наклон волокон без учета влияния сучков (SLG) и с учетом их влияния (SLK), плотность (DEN), влажность (MC), предел прочности (R_{ϕ}). Были использованы также результаты испытаний на установке «Компьютерматик», оценивающие прочность по модулю упругости (E_k).

По результатам паспортизации, используя метод координат [1], рассчитывали параметры сучков: F — доля площади проекции сучков на поперечное сечение элемента от общей площади сечения; F_{A2} , F_{A3} , F_{A4} и F_{A9} — доля площади проекции сучков на прикромочную растянутую зону от площади проекции этой зоны при ее величине, равной $1/2$, $1/3$, $1/4$ и $1/9$ высоты сечения элемента; F_{B2} , F_{B3} , F_{B4} , F_{B9} , (F_{D2} , F_{D3} , F_{D4} , F_{D9}) — доля площади проекции сучков на припластовую внутреннюю (наружную) зону от площади проекции этой зоны при ее величине, равной $1/2$, $1/3$, $1/4$ и $1/9$ толщины доски.

Испытания элементов до разрушения при изгибе на кромку выполняли на рычажных установках с соотношением длин плеч $1:20$, нагрузку прикладывали в третях пролета. Образцы располагали наиболее слабой кромкой в растянутую зону и устанавливали боковые опоры, предотвращающие потерю устойчивости.

Температурно-влажностный режим (температура воздуха 20 °С, его влажность 65 %) обеспечивал равновесную влажность древесины элементов 12 ± 2 %.

Испытания при постоянной нагрузке не всегда соответствовали реальным условиям работы строительных конструкций, на которые действовали постоянная (собственный вес) и переменная (снеговая, ветровая, полезная и пр.) нагрузки. Переменная составляющая менялась во времени по определенному статистическому закону, что позволило вычислить ее приведенное время $T_{пр}$ и рассчитать режим нагружения, имитирующий сочетания нагрузок [2].

Нами приняты два режима. Первый режим обеспечивал разрушение образцов в течение приведенного времени $10^3 \dots 10^4$ с, имитируя разрушение от сочетания постоянной и ветровой нагрузок, второй — при приведенном времени 10^6 с соответствовал разрушению от совместного действия постоянной и снеговой нагрузок. Степень нагружения принята единой для обоих режимов и равной 1,6 кН, что соответствовало среднему приращению напряжения в образце около 3 МПа. Периодичность приложения нагрузки в первом случае составляла 1 ч, во втором — 7 дн.

Статистическим анализом, выполненным по программе RASPRED-1 на ЭВМ ЕС-1022, установлено, что распределения показателей проч-

Таблица 1

Вид регрессии	Показатели регрессии*					
	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>r</i>	S_{RX}	S_b	S_a
$R_1 = bF + a$	-0,48	45,95	-0,63	5,75	0,09	1,99
$R_1 = bF_{A2} + a$	-0,69	47,08	-0,73	5,06	0,10	1,71
$R_1 = bF_{A4} + a$	-1,01	46,30	-0,68	5,44	0,17	1,83
$R_1 = bF_{A9} + a$	-1,78	44,75	-0,60	5,91	0,37	1,90
$R_1 = bF_{B2} + a$	-0,57	42,33	-0,45	6,63	0,18	2,03
$R_1 = bF_{B3} + a$	-0,58	40,68	-0,33	7,01	0,25	2,07
$R_1 = bF_{B4} + a$	-0,61	39,89	-0,27	7,17	0,34	2,11
$R_1 = bF_{B9} + a$	-0,73	38,43	-0,15	7,36	0,73	2,08
$R_1 = bF_{D2} + a$	-0,62	42,55	-0,54	6,24	0,15	1,72
$R_1 = bF_{D3} + a$	-0,74	41,48	-0,46	6,58	0,22	1,76
$R_1 = bF_{D4} + a$	-0,87	40,90	-0,43	6,72	0,29	1,74
$R_1 = bF_{D9} + a$	-1,52	39,90	-0,36	6,94	0,61	1,68
$R_1 = bШС + a$	-4,13	44,35	-0,35	7,05	1,74	3,40
$R_1 = bKNS + a$	-0,12	42,86	-0,28	7,15	0,07	3,53
$R_1 = bKND + a$	0,41	40,91	0,54	6,20	0,10	1,38
$R_1 = bSLG + a$	0,00	36,78	0,003	7,90	0,04	2,82
$R_1 = bSLK + a$	0,02	35,42	0,12	7,68	0,03	2,93
$R_1 = bDEN + a$	0,03	23,11	0,22	7,26	0,02	9,40
$R_1 = bR_{\Phi} + a$	0,64	15,88	0,54	6,26	0,16	5,19
$R_1 = bE_K + a$	2,73	15,60	0,58	6,03	0,59	4,68
$R_1 = b \lg T_{np} + a$	0,06	36,49	0,001	7,45	5,14	17,54
$R_1 - 0,06 \lg T_{np} - 36,49 =$ $= bF + a$	-0,48	9,42	-0,63	5,74	0,09	1,98
$R_1 - 0,06 \lg T_{np} - 36,49 +$ $+ 0,48 F - 9,42 = bШС +$ $+ a$	-1,95	40,22	-0,21	5,67	1,39	2,74
$R_1 - 0,06 \lg T_{np} - 36,49 =$ $= bR_{\Phi} + a$	0,64	-20,64	0,54	6,26	0,15	5,19
$R_1 - 0,06 \lg T_{np} - 36,49 =$ $= bE_K + a$	2,73	-20,96	0,58	6,03	0,59	4,68
$R_1 - 0,06 \lg T_{np} - 36,49 =$ $= bSLK + a$	0,02	-1,12	0,11	7,68	0,03	2,93
$R_1 - 0,06 \lg T_{np} - 36,49 =$ $= bDEN + a$	0,03	-13,45	0,22	7,26	0,02	9,41
$R_1 - 0,06 \lg T_{np} - 36,49 -$ $- 0,02 SLK + 1,12 =$ $= bDEN + a$	0,02	27,78	0,11	8,03	0,02	10,41

* *b* — коэффициент регрессии, МПа/МПа (для $X = R_{\Phi}$) и МПа/ГПа (для $X = E_K$); *a* — свободный член уравнения регрессии, МПа; *r* — коэффициент корреляции; S_{RX} — стандартная ошибка оценки предела прочности по показателю *X*, МПа; S_b и S_a — стандартные ошибки оценки параметров уравнения *b* и *a*.

ности не противоречат нормальному закону. Это явилось основанием для регрессионного анализа связей показателей длительной прочности элементов с параметрами пороков древесины, оцениваемыми визуально, и результатами испытаний на установках «Финногрейдер» и «Компьютерматик».

Результаты анализа регрессионных моделей представлены в табл. 1 и 2.

Испытания элементов по I режиму нагружения (см. табл. 1) выявили следующие закономерности.

Для визуальной оценки показателей длительной прочности при изгибе деревянных элементов по I режиму нагружения R_1 , также как и для прогнозирования показателей кратковременной прочности, наиболее значимыми являются параметры сучков F и F_4 . Тесноту связи ха-

Таблица 2

Вид регрессии	Показатели регрессии*					
	b	a	r	S_{RX}	S_b	S_a
$R_2 = bF + a$	-0,20	32,93	-0,19	7,35	0,20	3,61
$R_2 = bF_{A2} + a$	-0,31	34,01	-0,23	7,28	0,25	3,84
$R_2 = bF_{A3} + a$	-0,25	32,53	-0,14	7,40	0,32	4,05
$R_2 = bF_{A4} + a$	-0,39	32,89	-0,18	7,48	0,39	3,99
$R_2 = bF_{A9} + a$	-0,09	29,58	-0,03	7,61	0,65	3,26
$R_2 = bF_{B2} + a$	0,20	27,61	-0,14	7,28	0,26	2,67
$R_2 = bF_{B3} + a$	0,29	27,62	-0,18	7,23	0,29	2,21
$R_2 = bF_{B4} + a$	0,38	27,67	-0,19	7,21	0,35	2,07
$R_2 = bF_{B9} + a$	0,72	27,96	-0,18	7,24	0,72	1,95
$R_2 = bF_{D2} + a$	-0,41	32,72	-0,39	6,88	0,17	1,96
$R_2 = bF_{D3} + a$	-0,55	-0,36	-0,36	6,96	0,25	1,85
$R_2 = bF_{D4} + a$	-0,68	31,76	-0,34	7,03	0,34	1,82
$R_2 = bF_{D9} + a$	-1,27	31,12	-0,28	7,17	0,77	1,77
$R_2 = b \text{ IIIС} + a$	-2,53	35,44	-0,41	6,81	1,02	2,82
$R_2 = b \text{ KNS} + a$	-0,14	37,12	-0,34	7,04	0,07	4,24
$R_2 = b \text{ KND} + a$	0,18	30,52	0,23	7,27	0,13	1,66
$R_2 = b \text{ SLG} + a$	0,00	29,83	-0,02	7,43	0,04	2,87
$R_2 = b \text{ SLK} + a$	-0,05	33,39	-0,35	7,07	0,02	2,51
$R_2 = b \text{ DEN} + a$	-0,03	42,12	-0,18	7,36	0,03	12,83
$R_2 = bR_{\Phi} + a$	0,56	13,25	0,58	7,02	0,35	10,38
$R_2 = bE_K + a$	3,19	7,63	0,58	5,94	0,81	5,50
$R_2 = b \lg T_{np} + a$	13,83	-44,96	0,58	6,05	3,47	18,61
$R_2 - 13,82 \lg T_{np} + 44,96 =$ $= bF + a$	-0,25	3,23	-0,20	6,24	0,23	4,05
$R_2 - 13,83 \lg T_{np} + 44,96 +$ $+ 0,25F - 3,23 = b \text{ IIIС} +$ $+ a$	-2,43	36,65	-0,41	6,49	0,97	2,68
$R_2 - 13,83 \lg T_{np} + 44,96 =$ $= bR_{\Phi} + a$	-0,33	8,98	-0,15	8,12	0,41	1,20
$R_2 - 13,83 \lg T_{np} + 44,96 =$ $= bE_K + a$	-1,03	5,54	-0,17	8,18	1,12	7,57
$R_2 - 13,83 \lg T_{np} + 44,96 =$ $= b \text{ SLK} + a$	-0,03	2,92	-0,26	7,93	0,03	2,82
$R_2 - 13,83 \lg T_{np} + 44,96 =$ $= b \text{ DEN} + a$	-0,06	22,02	-0,29	7,88	0,03	13,91
$R_2 - 13,83 \lg T_{np} + 44,96 +$ $+ 0,03 \text{ SLK} + 2,92 =$ $= b \text{ DEN} + a$	0,01	23,94	0,08	7,67	0,03	13,37

* См. в табл. 1.

характеризуют коэффициенты корреляции $-0,63$ и $-0,68$ соответственно. Связь R_1 с ШС менее тесная ($r = -0,35$).

Из числа показателей, оцениваемых установкой «Финногрейдер», наиболее значимым для прогнозирования R_1 является суммарный размер сучков KND ($r = 0,54$), незначимым — показатель SLG, характеризующий влияние наклона волокон.

Корреляция показателя R_1 с R_{ϕ} , прогнозируемым установкой «Финногрейдер», по тесноте подобна связи R_1 с упругой постоянной E_K , рассчитанной по результатам испытаний на установке «Компьютерматик» (коэффициент корреляции $0,54$ и $0,58$ соответственно).

Связь R_1 с логарифмом $T_{\text{пр}}$ незначима. Отсюда следует, что оценку прочности элементов в I режиме нагружения можно выполнять без учета времени эксплуатации по значимым производственным показателям прочности при визуальном и машинном контроле.

Испытания, проведенные по II режиму нагружения (см. табл. 2), позволили сделать следующие выводы.

По результатам регрессионного анализа предела длительной прочности R_2 с визуально оцениваемыми параметрами сучков установлено, что F_{A2} — наиболее значимый. Однако теснота связи его с R_2 ($r = -0,23$) существенно ниже, чем по параметру R_1 . При прогнозировании R_2 возрастает роль показателя плотности древесины, косвенно оцениваемого при визуальной сортировке по ШС ($r = -0,41$).

Из показателей, оцениваемых установкой «Финногрейдер», наиболее значимый — показатель SLK, характеризующий совместное влияние сучков и наклона волокон ($r = -0,35$).

Корреляция R_2 с R_{ϕ} ($r = 0,58$) по тесноте не уступает связи R_2 с упругими постоянными E_K ($r = 0,58$).

Показатель R_2 , в отличие от R_1 , характеризует умеренная теснота связи с логарифмом приведенного времени ($r = 0,58$). Совместный учет визуально оцениваемых параметров F_{A2} и ШС наряду с логарифмом $T_{\text{пр}}$ позволяет повысить точность оценки длительной прочности элементов конструкций, работающих по II режиму нагружения. Множественный коэффициент корреляции, характеризующий точность визуальной оценки R_2 , равен $0,60$.

Для прогнозирования длительной прочности при изгибе во II режиме нагружения следует учитывать расчетное время эксплуатации, а также влияние показателей структурной неоднородности древесины.

По результатам исследований установлены уравнения регрессии для определения нормативов производственных показателей, обеспечивающих расчетные сопротивления элементов деревянных конструкций под действием постоянной и ветровой, а также постоянной и снеговой нагрузок с заданной доверительной вероятностью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боровиков А. М. Паспортизация пиломатериалов.— Архангельск, 1977. 10 с.— Деп. в ВНИПИЭИлеспром 8.12.78, № 325д. [2]. Знаменский Е. М. Об учете характера и длительности действия нагрузок при нормировании расчетных сопротивлений древесины // Науч. тр. / ЦНИИСК.— 1981.— С. 5—21.

Поступила 12 февраля 1990 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16.023.121

СНИЖЕНИЕ РЕВЕРСИИ БЕЛИЗНЫ
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ,
ОТБЕЛЕННОЙ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДАО. А. КУЧИНСКАЯ, Ю. И. ДЬЯЧЕНКО, Т. А. ТУМАНОВА,
С. С. ПУЗЫРЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

При использовании одностадийного процесса отбели термомеханической массы (ТММ) с применением в качестве отбелного реагента пероксида водорода (ПВ) невозможно получить беленый полуфабрикат, не желтеющий при хранении. Для сохранения от пожелтения при хранении стабилизаторы белизны [1, 3].

Данная работа посвящена улучшению отбели ТММ и стабильности белизны. С этой целью проводили обработку образцов различными веществами, которые, согласно их химическим свойствам, могут проявлять стабилизирующее действие [4—7, 9, 10].

Для исследований использовали небеленую ТММ Сыктывкарского ЛПК из древесины ели (исходная белизна 50,8 %, степень помола 64 °ШР). Образцы подвергали предварительной обработке раствором хелатора (натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты — ЭДТА) в течение 30 мин при 60 °С, затем, не отделяя волокнистую массу от жидкой фазы, производили отбелку ПВ в присутствии силиката натрия (ЭДТА — 0,25 %, H₂O₂ — 3 %, силикат натрия — 4 % к массе абс. сухого волокна). Условия отбели: температура раствора — 60 °С, pH — 11, время отбели — 60 мин. Отбеленную массу обрабатывали раствором серной кислоты (pH 4) и промывали водой до нейтральной реакции.

Образцы беленой массы пропитывали водными растворами различных реагентов при расходе стабилизирующего агента 0,25 % к массе абс. сухого вещества. В дальнейшем их использовали для определения белизны (Б) и измерения спектров отражения на лейкометре и спектрофотометре «Specord M40» с интегрирующей сферой фирмы «Carl Zeiss Jena» [8, 13].

Для выявления степени пожелтения применяли световое (естественное освещение и УФ-лучи) и тепловое воздействия. В первом случае отливки выдерживали на открытой поверхности при естественном освещении 75 сут, во втором — 15 ч под УФ-осветителем КФ-4 со светофильтром УФС-6 (340...390 нм), в третьем — 72 ч в термостате при постоянной температуре 105 °С.

Относительный эффект стабилизации рассчитывали по формуле

$$\mathcal{E}_c = \frac{F_c - B_k}{E_c - B_k} 100,$$

где B_0 — белизна образца ТММ после отбели до старения;
 B_c и B_k — белизна после старения под воздействием света или тепла образца ТММ с нанесенным стабилизатором белизны и контрольного образца без стабилизатора соответственно.

Степень пожелтения характеризовали показателем реверсии белизны РС

$$PC = 100 \left[\left(\frac{K}{S} \right)^0 - \left(\frac{K}{S} \right) \right].$$

Здесь $(K/S)^0$ и (K/S) — отношения коэффициентов светопоглощения и светорассеяния до и после оказан-

ного светового и теплового воздействия [13], определяемые по уравнению Гуревича — Кубелки-Мунка для бесконечно толстого образца [2]:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}},$$

где R_{∞} — коэффициент отражения света бесконечно толстым образцом.

Из табл. 1 видно, что результаты по реверсии и стабилизации белизны, полученные после естественного и УФ-облучения, удовлетворительно согласуются, но весьма отличаются от результатов, полученных при тепловой обработке. По-видимому, тепловое воздействие вызывает не только химические реакции с участием хромофоров волокна ТММ, но и разложение некоторых из использованных стабилизаторов.

Таблица 1

Влияние добавок на реверсию белизны ТММ и эффект стабилизации

Стабилизирующие добавки*	РС, %	Эс, %	РС, %	Эс, %	РС, %	Эс, %
	при естественном освещении (75 сут)		при УФ-облучении (15 ч)		при нагревании до 105 °С (72 ч)	
Контроль	5,5	—	3,9	—	5,9	—
ЭДТА	4,8	12,4	3,7	5,6	4,7	20,2
ДТПА	3,5	36,8	3,6	7,9	6,2	—
Салицилат натрия	4,6	16,6	3,7	5,6	6,1	—
Сульфосалицилат натрия	4,4	20,2	3,8	2,3	9,3	—
Тайрон	3,1	43,7	3,6	9,4	3,8	35,2
Тиогликолевая кислота	6,7	—	3,3	15,9	13,6	—
ДМАА	4,9	12,1	4,1	—	6,3	—
ДМАП	2,8	50,0	2,0	25,4	5,2	11,6
Сульфит натрия	5,6	—	4,8	—	4,1	31,0
Дитионит натрия	6,2	—	4,5	—	6,6	—
ГЭДФ	2,6	52,5	3,0	24,6	6,1	—

* ЭДТА — динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты; ДТПА — диэтилентриаминпентауксусная кислота; тайрон — динатриевая соль 1,2-дигидроксибензол-3,5-дисульфокислоты; ДМАА — N,N-диметилацетамид (синтезирован из отходов нефтехимического производства); ДМАП — калиевая соль N,N-диметламинопропионой кислоты; ГЭДФ — 1-гидроксиэтилендифосфоновая кислота.

Тепловое и световое воздействие на ТММ приводит к различной реверсии белизны [1].

Неорганические вещества (сульфит и дитионит натрия), а также тиогликолевая кислота не проявили стабилизирующего эффекта. Наибольшая эффективность была достигнута с препаратами: ДМАП, ГЭДФ, тайрон, ЭДТА, ДТПА. С этими веществами работу продолжили для определения влияния количества нанесенного стабилизатора на эффект стабилизации и выяснения характера их действия.

С этой целью поставили серию опытов по исследованию реверсии белизны ТММ, обработанной растворами тайрона, ГЭДФ, ЭДТА, при естественном освещении. Количество препарата, наносимое на поверхность абс. сухого волокна, варьировали от 0,25 до 3 % к его массе. Как видно из табл. 2, массовая доля и природа нанесенного стабилизатора дают различный защитный эффект. Так, количество наносимого тайрона сравнительно мало влияет на величину РС. Для ГЭДФ и ДМАП повышение доли до 1...3 % ведет к снижению защитного эффекта. В случае применения ЭДТА увеличение доли наносимого вещества до 3 % повышает защитный эффект в 2—3 раза. Особенно хо-

Таблица 2

Влияние стабилизатора на реверсию белизны ТММ при естественном освещении

Стабилизирующие добавки	Массовая доля стабилизатора, %	Белизна, %		Реверсия белизны, %
		Исходная	После старения	
Контроль	—	68,6	<u>61,2</u>	<u>5,1</u>
			<u>58,9</u>	<u>7,2</u>
Тайрон	0,25	68,6	<u>66,0</u>	<u>1,6</u>
			<u>61,1</u>	<u>5,2</u>
	0,5	68,6	<u>67,0</u>	<u>0,9</u>
			<u>60,8</u>	<u>5,4</u>
	1,0	68,8	<u>68,0</u>	<u>1,2</u>
			<u>62,7</u>	<u>4,0</u>
3,0	68,8	<u>65,5</u>	<u>2,0</u>	
		<u>62,2</u>	<u>4,4</u>	
ЭДТА	0,25	70,0	<u>67,2</u>	<u>1,6</u>
			<u>60,0</u>	<u>6,9</u>
	0,5	69,5	<u>67,5</u>	<u>1,1</u>
			<u>60,3</u>	<u>6,4</u>
	1,0	69,2	<u>67,4</u>	<u>1,0</u>
			<u>63,3</u>	<u>3,8</u>
3,0	67,7	<u>66,7</u>	<u>0,6</u>	
		<u>64,1</u>	<u>2,4</u>	
ГЭДФ	0,25	68,5	<u>64,2</u>	<u>2,7</u>
			<u>62,0</u>	<u>4,4</u>
	0,5	68,5	<u>64,5</u>	<u>2,6</u>
			<u>62,2</u>	<u>4,3</u>
	1,0	69,2	<u>65,7</u>	<u>2,1</u>
			<u>60,7</u>	<u>5,9</u>
3,0	68,3	<u>66,1</u>	<u>1,3</u>	
		<u>61,4</u>	<u>6,4</u>	

Примечание. В числителе — данные для 20 сут.; в знаменателе — для 75 сут.

рошие результаты получены через 20 дн. При более длительном старении защитное влияние стабилизаторов во всех случаях снижается.

Поскольку ранее препарат ДМАП не использовали для стабилизации белизны, то при изучении влияния количества наносимого препарата на величину РС определяли старение образцов как под действием УФ-излучения, так и от естественного освещения для различной исходной белизны (табл. 3). Из приведенных данных следует, что применение ДМАП в количестве 0,5...1,0 % к массе абс. сухого волокна приводит к сохранению белизны образцов при воздействии световых лучей. Снижение и повышение количества этого препарата во время обработки ТММ вызывает ухудшение эффекта стабилизации.

В целях изучения характера защитного действия различных стабилизаторов белизны отливки белой ТММ обработаны растворами тех же соединений (ЭДТА, ДТПА, тайрон, ДМАП, ГЭДФ), а также семикарбазида и полиэтиленгликоля. Последние два взяты для сравнения, поскольку известно их применение для снижения потемнения древесной массы или древесины [11, 12]. Препараты наносили из расчета

Таблица 3
Влияние ДМАП на реверсию белизны ТММ

Массовая доля ДМАП, %	Белизна, %					
	при естественном освещении (в числителе данные для 20 сут, в знаменателе — для 75 сут)			при УФ-облучении		
	Исходная	После старения	Реверсия	Исходная	После старения	Реверсия
0,25	61,5	$\frac{57,0}{56,8}$	$\frac{4,2}{4,3}$	70,1	66,6	2,0
0,5	61,9	$\frac{57,8}{57,1}$	$\frac{3,7}{4,4}$	70,4	67,5	1,6
1,0	58,8	$\frac{56,1}{54,1}$	$\frac{2,7}{5,0}$	69,8	67,8	1,1
3,0	57,4	$\frac{52,1}{48,8}$	$\frac{6,2}{11,0}$	65,2	61,5	2,8

1 % к массе абс. сухого волокна, получили спектры отражения этих образцов до и после обработки УФ-излучением в течение 15 ч. Спектральные данные использовали для расчета дифференциальных спектров [13], т. е. зависимостей чисел относительного обесцвечивания DC_λ от длины волны λ (см. рис.). DC_λ для области длин волн 380...600 нм определили по формуле

$$DC_\lambda = 1 - \left[\left(\frac{K}{S} \right)_\lambda - \left(\frac{K}{S} \right)_\lambda^0 \right].$$

Относительные числа обесцвечивания — количественная мера степени удаления или возрастания числа хромофоров под действием излучения.

При интерпретации полученных данных использовали приведенные в работе [6] сведения о диапазонах длин волн, характерных для определенных хромофорных групп:

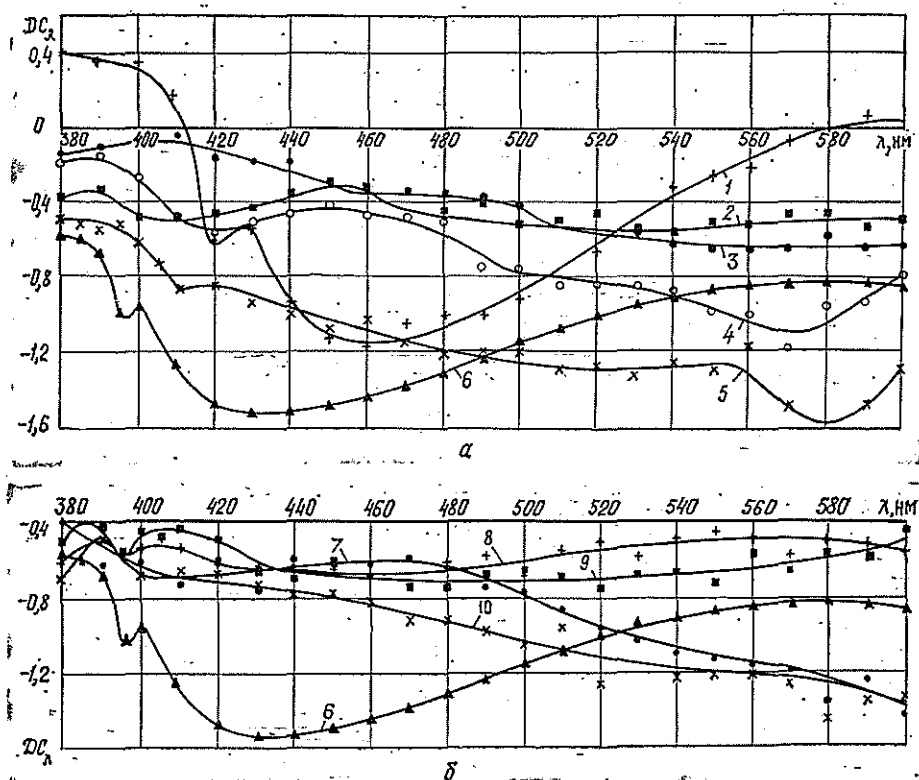
380...420 нм — органические пероксиды, карбонилы алифатической природы, одноядерные *o*- и *n*-хиноны;

450...480 нм — биядерные *o*- и *n*-хиноны;

550...580 нм — комплексы фенольных группировок лигнина с ионами переходных металлов, в основном железа (III).

После облучения не обработанного стабилизаторами белизны образца белевой ТММ (контрольного) увеличивается содержание хромофорных групп всех типов, особенно отвечающих области 420...500 нм (примерно в 1,5 раза), на 60...80 % — содержание хромофоров в области длин волн 380, 540...600 нм. Пожелтение белевой ТММ в большей или меньшей степени связано с образованием хромофоров всех типов. Наибольшее возрастание их числа соответствует образованию *o*- и *n*-хинонов, меньшее — изменению фенольных комплексов Fe (III).

По данным дифференциальных спектров установлено, что обработка образцов ТММ после отбелики приводит к иным закономерностям изменения числа хромофоров при облучении. Это отражается на характере спектров (см. рис.). Как известно [6], полиэтиленгликоль играет роль УФ-фильтра, препятствуя протеканию фитохимических реакций, ведущих к возникновению хромофорных групп. В случае применения этой добавки спектр сглажен, а защитное действие ее проявляется в области 380...525 нм. Однако при более высоких длинах волн возникает больше хромофорных групп, чем в контрольном опыте.



Дифференциальные спектры образцов ТММ, подвергнутых воздействию УФ-излучения, с добавками стабилизаторов: а — тайрон (кривая 1), ДМАП (кривая 2), ЭДТА (кривая 3), ГЭДФ (кривая 4), ДТПА (кривая 5), контрольный образец (кривая 6); б — семикарбазид (кривая 7), тайрон + ЭДТА (кривая 8), ДМАП + тайрон (кривая 9), полиэтиленгликоль (кривая 10)

Аналогично выглядят спектры в случае таких добавок, как семикарбазид, ДТПА, ГЭДФ. Однако образцы ТММ, пропитанные семикарбазидом, при облучении приобретают лимонно-желтую окраску, поэтому он непригоден в качестве стабилизатора белизны.

Влияние ЭДТА и ДМАП отличается от действия вышеупомянутых соединений тем, что в длинноволновой области спектра их защитное действие сохраняется. Это обстоятельство можно было бы связать со свойствами этих добавок как комплексообразующих реагентов, взаимодействующих с ионами Fe (III), но в таком случае непонятно, почему такие комплексообразующие реагенты, как ДТПА и ГЭДФ, не стабилизируют белизну ТММ в указанной области спектра.

Резко контрастирует с остальными спектрами дифференциальный спектр образца ТММ, пропитанного раствором тайрона. В областях 380...410 и 580...600 нм действие УФ-излучения не только не увеличивает, но даже снижает число хромофоров. К сожалению, в спектре этого образца, имеющего слабый защитный эффект в области 420...520 нм, наблюдали максимумы при 420 и 460 нм. Очевидно, действие тайрона иное, чем у остальных добавок. Можно допустить, что он преобразует энергию УФ-излучения в такую форму, которая способствует разрушению хромофорных групп, отвечающих областям 380...410 и 580...600 нм, но почти не препятствует образованию *o*- и *n*-хинонов.

Для проверки действия стабилизирующих добавок в качестве УФ-фильтров измеряли поглощение УФ-излучения (300...400 нм) 0,01 М

растворами ЭДТА, ГЭДФ, ДМАП, тайрона и насыщенным раствором ДТПА на спектрофотометре СФ-46 в стандартных кварцевых кюветках с толщиной слоя 1 см. Ни одно из взятых соединений не поглощает излучение в указанной спектральной области за исключением тайрона, обладающего сильной способностью поглощения, но лишь в области менее 320 нм. Следовательно, он также не эффективен в роли УФ-фильтра для больших длин волн. Однако он способен улавливать энергию коротковолнового УФ-излучения, что подтверждает вышеприведенное предположение о механизме его действия.

Что касается механизма действия других добавок, то можно допустить, что они каким-то образом ингибируют образование таких хромовых группировок, как *o*- и *p*-хиноны, а также органические пероксиды. Для установления механизма стабилизации белизны необходимы дополнительные опыты с модельными соединениями.

Для того чтобы объяснить преимущества тайрона и других соединений, влияющих на пожелтение ТММ по иному механизму, были испытаны образцы, пропитанные последовательно растворами двух веществ (тайрон + ЭДТА, ДМАП + тайрон). Однако такая обработка не дала более высокой стабилизации белизны, а влияние тайрона почти не проявилось.

На основании полученных данных можно рекомендовать для снижения реверсии белизны ТММ, отбеленной ПВ, такие стабилизаторы белизны, как ЭДТА и ДМАП, дающие значительный защитный эффект и действующие в широкой спектральной области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Влияние различных параметров на белизну и ее стабильность при отбелке термомеханической массы пероксидом водорода / Т. А. Туманова, А. Я. Ривкин, С. С. Пузырев и др. // Бум. пром-сть.—1990.—№ 1.—С. 5—7. [2]. Курицкий А. Л., Кундзич Г. А. Оптические методы и приборы в целлюлозно-бумажной промышленности.—М.: Лесн. пром-сть, 1980.—199 с. [3]. Лебедева И. А., Кречетова С. П. Отбелка древесной массы.—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—159 с. [4]. Соколова Л. Ф., Арефьева Л. Н., Пархач М. Е. Стабилизация водных растворов перекиси водорода // Фармация.—1987.—Т. 36, № 4.—С. 74—76. [5]. Cole B. J. W., Sarkanen K. V., Hooper J. E. Sulfur-containing pulp brightness stabilizers // 4-th Intern. Symposium on wood and pulp chemistry, 27—30 April, 1987.—Vol. 1.—P. 321—325. [6]. Gratzl J. S. Lichtinduzierte Vergilbung von Zellstoff-Ursachen und Verhütung // Das Papier.—1985.—Bd. 39, N 10 A.—S. V 15—V 23. [7]. Gupta V. N. Effect of metal ions on brightness, bleachability and colour reversion of groundwood pulp // Pulp Paper Mag. Can.—1970.—Vol. 71, N 18.—P. 69—70, T 391—T. 399. [8]. Jones H. G., Heitner C. Optical measurement of absorption and scattering properties of wood using the Kubelka—Munk equations // Pulp Paper Mag. Can.—1973.—Vol. 74, N 5.—P. T 183—T 186. [9]. Kuitney G. W. The bleaching action of thiols on mechanical pulps // J. Pulp Paper Sci.—1986.—Vol. 12, N 4.—P. 129—131. [10]. Loras V. Bleaching and stabilizing of flash-dried mechanical pulp // Pulp Paper Mag. Can.—1968.—Vol. 69, N 2.—P. 57—63. [11]. Minemura N. Prevention of photo-induced discoloration of wood by semicarbazide // Rinsan Shikenjo Geppo.—1977.—Vol. 311.—P. 18—22. [12]. Minemura N. Control of the photo-induced discoloration of mechanical pulp with polyethylene glycol // Mokuzai Gakkaishi.—1978.—Vol. 24, N 8.—P. 578—588. [13]. Polcin J., Rapson W. H. Spectrophotometric study of wood chromophores in situ. I. The method of differential $\left(\frac{K}{S}\right)_\lambda$ curves related to bleaching and colour reversion // Tappi.—1969.—Vol. 52, N 10.—P. 1960—1965.

Поступила 4 июня 1990 г.

УДК 676.2.026.5

ДИНАМИКА УСАДКИ БУМАГИ ПРИ СУШКЕ

Л. Ф. ЛЕВИНА, Б. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

Усадка, происходящая при сушке волокнистых материалов, в значительной степени обуславливает их механическую прочность [6, 8].

Особенности этого явления изучали в экспериментальной цилиндрической сушилке на типографской бумаге № 1 [2]. Для определения связи между условиями процесса и усадкой эксперименты проводили при варьировании независимых переменных: $\tau_{ц}$ — продолжительность цикла или сумма времени единичного контакта материала с греющей поверхностью и времени движения материала между двумя смежными греющими поверхностями (0,9...1,8 с); P — натяжение сушильного сукна (980...2940 Н/м); $t_{ср}$ — средняя температура греющей поверхности (77...111 °С).

Динамику усадки в ходе сушки выявили на нескольких образцах с одинаковой начальной влажностью (68 %). После измерения длины, ширины и толщины их подвергали тепловой сушке: первый образец выдерживали в сушилке 2 с, второй — 4 с, третий — 6 с и т. д. У всех образцов сразу же после сушки вновь определяли размеры и относительную влажность ω . Результаты получали в виде плоскостной усадки $y_{п}$ (среднее арифметическое между усадкой по длине и ширине образца) и усадки по толщине $y_{т}$.

Характер кривых, представленных на рис. 1, достаточно хорошо согласуется с литературными данными [5]. В начале сушки, при удалении межволоконной капиллярной влаги, усадка подчинена линейному закону, а в период удаления внутриволоконной влаги темпы ее резко возрастают. Взаимное расположение кривых дает основание сделать вывод, что со снижением $t_{ср}$ увеличивается $y_{п}$.

Данные табл. 1 и 2 подтверждают, что зависимости $y_{п} = f(\omega)$ и $y_{т} = f(\omega)$ аналогичны, причем численные значения $y_{т}$ значительно больше $y_{п}$.

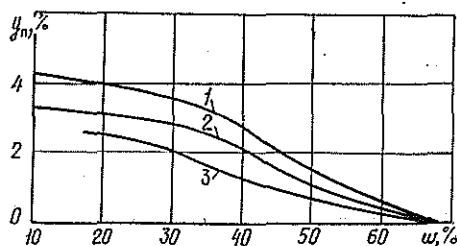
Таблица 1

Динамика усадки (плоскостной и по толщине)
при $\tau_{ц} = 0,9$ с и $P = 1960$ Н/м

$t_{ср}$, °С	ω , %	$y_{п}$, %	$y_{т}$, %	$t_{ср}$, °С	ω , %	$y_{п}$, %	$y_{т}$, %
77,0	65,5	0,0	0,0	99,2	65,0	0,0	0,0
	57,5	1,0	13,4		48,5	1,3	21,1
	39,0	2,5	28,4		18,5	2,6	32,0
	23,0	3,8	28,6		3,5	3,5	33,9
	12,0	5,3	31,3		1,5	4,2	38,3
	5,0	5,2	41,6		1,0	5,1	44,5
86,0	68,0	0,0	0,0	109,0	66,5	0,0	0,0
	58,0	1,2	24,1		25,5	1,9	7,4
	38,0	1,9	27,9		4,0	3,9	27,4
	18,0	3,5	38,3		1,0	4,8	37,2
	5,5	4,7	43,8		0,5	4,5	39,5
	2,7	5,2	46,3				

Усадка по толщине листа по тем же причинам, что и $y_{п}$, вначале растет линейно. Так, при $\tau_{ц} = 1,8$ с изменение влажности листа от 68 до 55 % приводит к возрастанию $y_{т}$ до 7...10 %, а в диапазоне от

Рис. 1. Графики зависимости $y_n = f(\omega)$ при различных значениях $t_{\text{ср}}$: 1—82,5; 2—91,9; 3—111 °С ($P = 1960$ Н/м, $\tau_{\text{ц}} = 1,8$ с)



55 до 45 % — до 30...35 %. При последующей сушке ($\omega = 7$ %) y_{T} медленно увеличивается до 42...47 %.

При $\tau_{\text{ц}} = 0,9$ с характер зависимости $y_{\text{T}} = f(\omega)$ сохранен, но конечные значения y_{T} при прочих равных условиях снижены до 25...45 %. Это можно объяснить тем, что продолжительность сушки при меньших $\tau_{\text{ц}}$ ниже, а $t_{\text{ср}}$ достаточно близки (разница не превышает 5 °С).

Как и y_{n} , усадка по толщине листа в некоторой степени зависит от $t_{\text{ср}}$, снижаясь с ее ростом.

Следует отметить, что при высушивании образцов до влажности 0,5...1 % имеет место еще один резкий скачок усадки как плоскостной, так и по толщине, начинающийся примерно от $\omega = 5$ %. Существование его подтверждено в работе [7]. В указанном диапазоне значений влажности происходит удаление молекул воды, расположенных на стенках волокон в виде наиболее прочно связанного двух-трехмолекулярного слоя, при испарении которого освобождающиеся адсорбционные силы и вызывают столь заметную деформацию листа (табл. 2) [1].

В соответствии с существующей точкой зрения [4] сделана попытка представить деформацию листа как функцию времени сушки. Установлено, что и плоскостная усадка, и усадка по толщине монотонно возрастают с увеличением продолжительности нахождения материала в сушилке τ .

Интерпретация полученных результатов в виде отношения $y_{\text{T}}/y_{\text{n}}$ позволила более четко выявить влияние натяжения сушильного сукна на изменение размеров бумаги. Изменение численной величины P по-разному сказывается на усадке. Данные табл. 3 дают основание сделать вывод о том, что натяжение сукна

Таблица 2

Динамика усадки по толщине при $\tau_{\text{ц}} = 1,8$ и $P = 1960$ Н/м

$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$\omega, \%$	$y_{\text{T}}, \%$	$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$\omega, \%$	$y_{\text{T}}, \%$
82,5	68,5	0,0	104,2	68,5	0,0
	68,0	0,6		65,0	4,8
	66,5	11,8		56,5	14,0
	48,5	31,5		48,0	23,9
	37,0	40,6		40,0	38,2
	24,0	37,0		8,0	47,0
91,9	12,5	46,3	111,0	66,0	0,0
	6,0	42,5		62,0	5,0
	68,5	0,0		49,5	11,3
	65,0	4,2		35,5	12,3
	55,5	7,7		25,5	27,0
	50,0	32,7		9,0	42,6
	37,5	35,8			
	25,5	41,2			
	12,0	43,5			

практически не влияет на y_{n} , хотя и сдерживает ее, вследствие чего изменение длины и ширины полотна происходит, в основном, на участках свободного хода. Что же касается y_{T} , то увеличение натяжения сукна влечет за собой рост силы прижима полотна к поверхности цилиндра, обуславливающей деформацию листа по толщине, и создает благоприятные условия для возникновения прочностных связей.

Изложенное подтверждают графики, представленные на рис. 2. Анализ кривых с учетом независимости плоскостной деформации от P

Таблица 3
Динамика плоскостной усадки
при $t_{ср} = 91,9 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{ц} = 1,8 \text{ с}$

P , Н/м	ω , %	$y_{п'}$, %	P , Н/м	ω , %	$y_{п'}$, %
980	68,5	0,0	1960	37,5	3,9
	53,5	1,8		25,5	3,6
	41,0	2,7		12,0	4,8
	29,0	3,1	2940	68,5	0,0
	17,0	4,7		60,0	0,3
1960	68,5	0,0	46,5	1,5	
	55,5	1,2	33,0	2,1	
	50,0	2,0	20,0	3,2	
			13,0	4,5	

показывает, что y_{τ} прямо связана с натяжением сукна и растет с увеличением последнего. На начальной стадии сушильного процесса (приблизительно 8...10 с при $\tau_{ц} = 0,9 \text{ с}$ и 12...14 с при $\tau_{ц} = 1,8 \text{ с}$; начальная температура греющей поверхности $t_{н} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$) усадка по толщине протекает особенно интенсивно, отношение $y_{\tau}/y_{п}$ возрастает до 12...21 и постепенно снижается, достигая к концу обезвоживания 8...10.

Если на рис. 2 видно, что время достижения максимального значения $y_{\tau}/y_{п}$ зависит от продолжительности цикла, возрастающая с увеличением $\tau_{ц}$, то интерпретация результатов в координатах $y_{\tau}/y_{п} = f(\omega)$ (рис. 3) позволяет прийти к выводу, что при всех исследованных режимах влажность бумаги определяет характер изменения величины $y_{\tau}/y_{п}$ в ходе сушки.

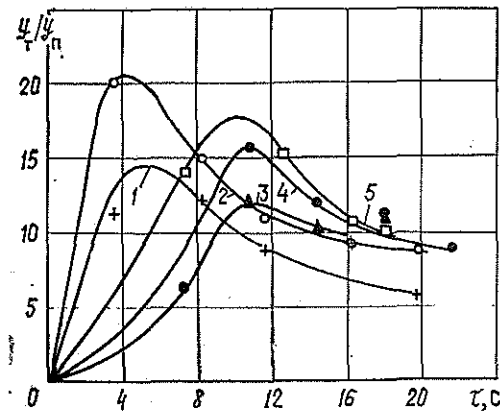
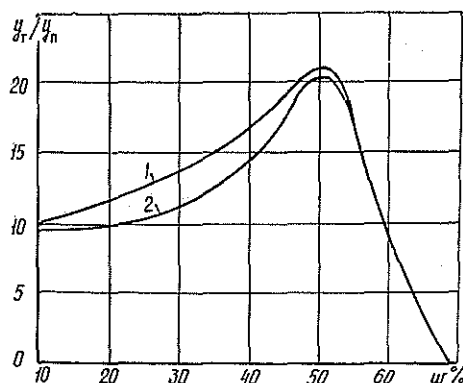


Рис. 2. Графики зависимости $y_{\tau}/y_{п} = f(\tau)$ при различных значениях P и $\tau_{ц}$: 1 — 980 Н/м, 0,9 с; 2 — 1960 Н/м, 0,9 с; 3 — 980 Н/м, 1,8 с; 4 — 1960 Н/м, 1,8 с; 5 — 2940 Н/м, 1,8 с

Численно соотношение деформации листа по толщине и в плоскости изменяется в диапазоне значений ω от 68 до 53 %, достигая максимальной величины при 50...51 %, после чего наступает ее плавное снижение. Из анализа графиков (см. рис. 1, 3) видно, что резкий рост $y_{\tau}/y_{п}$ наблюдается в первом периоде сушки [3] при испарении свободной межволоконной влаги и малом линейном увеличении усадки в плоскости. В области значений влажности менее 50 % при удалении внутриволоконной влаги, сопровождающемся возникновением прочностных связей и заметным усилением плоскостной деформации бумаги, соотношение $y_{\tau}/y_{п}$ начинает снижаться. Нельзя не отметить также и то, что $\tau_{ц}$ не влияет на $y_{\tau}/y_{п}$ в диапазоне значений влажности от 68 до 55 %. При дальнейшем снижении ω кривые (см. рис. 3) раздваиваются, хотя значения $y_{\tau}/y_{п}$ для разных $\tau_{ц}$ достаточно близки. По всей вероятности, наблюдаемый результат имеет место вследствие комплексного воздействия ряда факторов, к которым следует отнести условия обогрева бумаги и отвода образующихся паров, диапазон колебаний температуры полотна как в пределах цикла, так и по всей зоне сушки, число

Рис. 3. Графики зависимости $y_{\tau}/y_n = f(\omega)$ при различных значениях τ_n : 1 — 0,9; 2 — 1,8 с ($P = 1960 \text{ Н/м}$)



конвективных участков, проходимых бумагой в единицу времени и общую продолжительность сушки, так как все эти параметры связаны с продолжительностью цикла.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гуляев Л. С. Взаимодействие системы целлюлоза — вода: Автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук.—Л.: ЛТА, 1980.—18 с. [2]. Левина Л. Ф. Исследование сушки с непрерывным подогревом сукна и ее влияние на свойства типографской бумаги № 1: Дис. ... канд. техн. наук.—Красноярск: СТИ, 1976.—178 с. [3]. Левина Л. Ф., Левин Б. Д. Исследование влияния режимных параметров сушки на свойства бумаг и интенсивность процесса при непрерывном подогреве сукна // Межвуз. сб. науч. тр.—Л.: ЛТА, 1978.—Вып. 6.—С. 17—21. [4]. Фляте Д. М. Свойства бумаги.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—680 с. [5]. Brecht W. Verhalten der Papiere bei Änderung ihres Feuchtigkeitsgehaltes // Das Papier.—1959.—Vol. 13, N 9/10.—P. 201—207. [6]. Jaime G. Neue Beiträge zur Theorie der Entstehung der Blattfestigkeit // Das Papier.—1961.—N 10A.—P. 581—600. [7]. Marchessault R., Lodge W., Mason S. The effect of sublimation drying on the physical properties of paper // Svenst Papperstidn.—1956.—Vol. 59, N 24.—P. 850—869. [8]. Page D. N., Grace J. H. The delimitation of the fiber walls by beating and refining // Tappi.—1967.—Vol. 50, N 10.—P. 489—495.

Поступила 30 марта 1990 г.

УДК 541.127:547.458

ОБ АДЕКВАТНОМ ОПИСАНИИ КИНЕТИКИ ГИДРОЛИЗА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

С. А. ПАЮСОВ, В. С. КРЫЛОВ, Л. Н. ШАРЫПОВА

Уральский лесотехнический институт

Коренное совершенствование технологии гидролиза невозможно без создания фундаментальной теоретической концепции механизма совокупных реакций гидролиза и, в частности, без достаточно надежных теоретических гипотез и методологических инструментов их познания.

До сих пор подобным инструментом исследования процесса гидролиза остается классическое кинетическое уравнение первого порядка [17]

$$c = c_M/c_{M0} = e^{-kt}, \quad (1)$$

где c_{M0} , c_M — начальное и текущее количество основного реагента;
 k — константа скорости реакции первого порядка;
 t — время.

Формальная описательность при помощи этого уравнения некоторых участков кинетических кривых позволяет исследователям в области гидролиза делать ошибочные заключения о первом порядке процесса в целом [5]. Гидролиз отдельного сахара, например сахарозы [4], конечно же, можно описать таким уравнением. Но гидролиз растительного сырья в целом не является одностадийным мономолекулярным процессом. Поэтому интерпретация его уравнением (1) принципиально невозможна, не говоря уже о непригодности заключений о его механизме, в частности, по энергии активации, теряющей в этом многостадийном процессе познавательный смысл.

Если процесс гидролиза представлять суммой только мономолекулярных реакций, идущих по разным механизмам, то можно с уверенностью утверждать, что он аппроксимируется кинетическим уравнением, по форме совпадающим с широко известным уравнением Ерофеева — Колмогорова, но по способу получения принципиально отличающимся от него. Допустим, что в реакции параллельно идет несколько элементарных мономолекулярных процессов, представляемых пропорциональностями:

$$\begin{aligned} -\frac{dn}{dt} &= \alpha n; & -\frac{d \ln n}{dt} &= \gamma \ln n; \\ -\frac{d \ln \ln n}{dt} &= \delta \ln n; & -\frac{dn \ln n}{dt} &= \sigma n, \end{aligned} \quad (2)$$

где n — число частиц одного из начальных реагентов (преимущественно с наименьшим начальным содержанием n_0); $\gamma, \sigma, \delta, \alpha$ — коэффициенты пропорциональности.

Интегрируя после разделения переменных уравнения (2), получаем

$$\begin{aligned} n &= n_0 e^{-\alpha t}; & \ln n &= e^{-\gamma t} \ln n_0; \\ \ln n &= (\delta t \ln n_0 + 1)^{-1} \ln n_0; & & \\ (\ln n)^2 + 2 \ln n &= (\ln n_0)^2 + 2 \ln n_0 - 2\sigma t. & & \end{aligned} \quad (3)$$

Введем унифицирующую замену

$$n = n_0 c, \quad (4)$$

делающую представление химико-кинетического материала независимым от объема среды реакции и абсолютных единиц измерения кинетических данных, допустим, от содержания реагента.

Тогда уравнения (3) примут вид

$$\begin{aligned} c &= e^{-\alpha t}; & c &= e^{-(1 - e^{-\gamma t}) \ln n_0}; \\ c &= e^{\{(\delta t \ln n_0 + 1)^{-1} - 1\} \ln n_0}; & & \\ c &= e^{(\ln n_0 + 1) \left\{ \sqrt{1 - \frac{2\sigma t}{(\ln n_0 + 1)^2}} - 1 \right\}}. & & \end{aligned} \quad (5)$$

Для того, чтобы свести уравнение (5) к одному виду, используем приближение:

$$1 - at \simeq e^{-at}, \quad (6)$$

где a — коэффициент пропорциональности.

Однако это приближение верно только при значениях $at < 0,1$. Полагая это и принимая приближения (6), мы не будем гарантированно описывать конец реакции, когда $at > 0,1$. Жертвуя правильным описанием конечного периода реакции в приоритет начальному, введем следующие приближения:

$$\begin{aligned}
 1 - e^{-\gamma t} &= \gamma t; & (\delta t \ln n_0 + 1) &= e^{\delta t \ln n_0}; \\
 e^{-\delta t \ln n_0} - 1 &= -\delta t \ln n_0; \\
 1 - \frac{2\sigma t}{(\ln n_0 + 1)^2} &= e^{-\frac{2\sigma t}{(\ln n_0 + 1)^2}}; \\
 e^{-\frac{\sigma t}{(\ln n_0 + 1)^2}} - 1 &= -\frac{\sigma t}{(\ln n_0 + 1)^2}.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

С учетом приближений (7) уравнение (5) представим в виде

$$\begin{aligned}
 c &= e^{-\alpha t}; & c &= e^{-\gamma t \ln n_0}; \\
 c &= e^{-\delta t (\ln n_0)^2}; & c &= e^{-\frac{\sigma}{(1 + \ln n_0)} t}.
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Уравнения (8) по виду отвечают первому порядку и могут быть линейно скомбинированы путем суммирования в двойной логарифмической форме с введением коэффициента вероятностного вклада b_i каждой отдельной мономолекулярной стадии (2, 8) в общий мономолекулярный механизм реакции в целом. Поскольку, как было условлено в начале статьи, элементарных стадий может быть любое число (не только 4), эту линейную комбинацию значений $\ln(-\ln c)$ представим:

$$\begin{aligned}
 b_x \ln x + b_x \ln t, & \quad \ln x_x + y_x \ln t; \\
 b_\gamma \ln (\gamma \ln n_0) + b_\gamma \ln t, & \quad \ln x_\gamma + y_\gamma \ln t; \\
 b_\delta \ln [\delta (\ln n_0)^2] + b_\delta \ln t, & \quad \ln x_\delta + y_\delta \ln t; \\
 b_\sigma \ln \left(\frac{\sigma}{1 + \ln n_0} \right) + b_\sigma \ln t, & \quad \ln x_\sigma + y_\sigma \ln t; \\
 \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\
 b_i \ln f(i, n_0) + b_i \ln t, & \quad \ln x_i + y_i \ln t; \\
 \ln(-\ln c) &= \ln x + y \ln t.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Отсюда следует, что

$$c_{\text{ЕК}} = e^{-x t^y}. \tag{10}$$

Итак, получено уравнение (10-ЕК), совпадающее по виду с известным уравнением Ерофеева — Колмогорова.

Из приведенного способа его получения становятся понятными широкие описательные возможности и применимость не только к топкинетическим реакциям [13], но и вообще к описанию совокупности мономолекулярных процессов разной химической природы в одной реакции. Из-за приближений при получении это уравнение действительно не может адекватно описать окончание равновесных реакций, показав уменьшение содержания исходных реагентов, в то время как они уже находятся в равновесии.

Из других способов интерпретации кинетики гидролиза известны безуспешные попытки применения кинетического уравнения второго порядка [11] и разделение процесса на несколько стадий [1—3, 16] по Эйрингу. Не исчезают из публикаций и эмпирические приближения [7].

Рассмотрим некоторые процессы реакции не как вероятностную сумму только мономолекулярных процессов, но и как включающие в себя эквивалентные бимолекулярные реакции кинетического вида [4]:

$$1/c_{\text{МТ}} - 1/c_{\text{МО}} = kt \tag{11}$$

или в унифицированной форме по условию (4)

$$c = e^{-\ln(n_0 t + 1)}; \quad n_0 v = k = kc_{\text{мо}}, \quad (12)$$

где k — унифицированная константа скорости;
 v — коэффициент пропорциональности.

Комбинацию моно- и бимолекулярных процессов получаем из выражений (9) и (12)

$$\ln(-\ln c) = \ln x + y \ln t + \ln \ln(v n_0 t + 1). \quad (13)$$

Применяя к последнему слагаемому приближение (6), имеем:

$$v n_0 t + 1 = e^{v n_0 t}. \quad (14)$$

Тогда уравнение (13) примет вид

$$\ln(-\ln c) = \ln x + y \ln t + \ln(v n_0 t). \quad (15)$$

Однако хорошо известно, что при очень малых (как и при очень больших) значениях $v n_0 t$ их логарифмы могут быть аппроксимированы прямой:

$$\ln(v n_0 t) = zt. \quad (16)$$

С учетом (16) преобразуем уравнение (15)

$$\ln(-\ln c) = \ln x + y \ln t + zt$$

или

$$c_{\text{ПК}} = e^{-xt^y e^{zt}}. \quad (17)$$

Таким образом, получим ранее найденное [9, 10, 12] кинетическое уравнение Паюсова-Крылова (17-ПК) для описания моно- и бимолекулярных параллельных процессов в ординарной реакции или в любой ее стадии, если реакция осуществляется последовательно.

Уравнение 17-ПК можно вывести и из предположения, что на комбинацию мономолекулярных реакций, отражаемую уравнением (9), накладываются эффекты ускорения (замедления) неизвестной (по молекулярности и порядку) природы. Действительно, если в производной двойного логарифма выражения (9):

$$d \ln(-\ln c)/dt = y/t \quad (18)$$

представим логарифмическую скорость не постоянной, а с некоторым постоянным ускорением (замедлением):

$$y = y + zt \quad (19)$$

или

$$d \ln(-\ln c)/dt = (y + zt)/t = y/t + z, \quad (20)$$

то после интегрирования приходим к уравнению 17-ПК.

В таблице приведены экспериментальные унифицированные ($c_0 = 1$) содержания основного реагента в некоторых реакциях [6—8, 14, 15], а также рассчитанные по уравнениям 17-ПК и первого порядка с соответствующими коэффициентами x , y , z и k . Из данных таблицы видно, что уравнение 17-ПК гораздо лучше описывает кинетику приведенных реакций, чем авторское по уравнению первого порядка. В последнем случае, так называемая, константа скорости в действительности не является таковой. Расхождение в величинах коэффициента z в инверсии сахарозы по данным [4] и [7] можно объяснить разницей условий проведения процесса. В эксперименте [4] влияние бимолекулярных факторов на общий механизм реакции было несколько выше.

Кинетические показатели некоторых реакций

Тип реакции	Коэффициенты уравнений					Унифицированные содержания основного реагента			Константа скорости реакции k , с^{-1} , по уравнению первого порядка
	$k_{\text{ср}}$	x	y	z	Эксперимент с_3	Расчет по уравнению			
						первого порядка с_1	(17) с ПК		
Инверсия сахара [7]	$0,897 \cdot 10^{-6}$	$0,98 \cdot 10^{-6}$	0,993	$4,73 \cdot 10^{-1}$	0,925	0,926	0,925	$0,904 \cdot 10^{-6}$	
» [4]	—	$1,04 \cdot 10^{-6}$	0,988	$5,06 \cdot 10^{-9}$	0,790	0,793	0,792	$0,911 \cdot 10^{-6}$	
» [4]	—	$1,04 \cdot 10^{-6}$	0,988	$5,06 \cdot 10^{-9}$	0,683	0,684	0,683	$0,898 \cdot 10^{-6}$	
» [4]	—	$1,04 \cdot 10^{-6}$	0,988	$5,06 \cdot 10^{-9}$	0,546	0,543	0,543	$0,886 \cdot 10^{-6}$	
» [4]	—	$1,04 \cdot 10^{-6}$	0,988	$5,06 \cdot 10^{-9}$	0,472	0,466	0,467	$0,882 \cdot 10^{-6}$	
Гидролиз хлопковой шелухи 2 %-й серной кислотой при 373 К [6]	$0,355 \cdot 10^{-3}$	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,406	0,414	0,415	$0,917 \cdot 10^{-6}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,350	0,344	0,346	$0,882 \cdot 10^{-6}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,202	0,200	0,202	$0,892 \cdot 10^{-6}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,440	0,653	0,430	$0,684 \cdot 10^{-3}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,370	0,528	0,376	$0,552 \cdot 10^{-3}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,267	0,278	0,281	$0,366 \cdot 10^{-3}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,192	0,078	0,185	$0,229 \cdot 10^{-3}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,100	0,006	0,095	$0,159 \cdot 10^{-3}$	
» [6]	—	$7,09 \cdot 10^{-2}$	0,347	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,050	0,000	0,052	$0,138 \cdot 10^{-3}$	
Гидролиз целлюлозы (после механической деструкции) соляной кислотой при 393 К [14]	$0,482 \cdot 10^{-3}$	$3,93 \cdot 10^{-2}$	0,385	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0,612	0,749	0,612	$0,818 \cdot 10^{-3}$	
» [14]	—	$3,93 \cdot 10^{-2}$	0,385	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0,500	0,560	0,504	$0,578 \cdot 10^{-3}$	
» [14]	—	$3,93 \cdot 10^{-2}$	0,385	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0,378	0,314	0,362	$0,405 \cdot 10^{-3}$	
» [14]	—	$3,93 \cdot 10^{-2}$	0,385	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0,250	0,176	0,260	$0,385 \cdot 10^{-3}$	
» [14]	—	$3,93 \cdot 10^{-2}$	0,385	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0,176	0,099	0,181	$0,362 \cdot 10^{-3}$	
» [14]	—	$3,93 \cdot 10^{-2}$	0,385	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0,125	0,055	0,121	$0,346 \cdot 10^{-3}$	

Продолжение таблицы

Тип реакции	Коэффициенты уравнений			Унифицированное содержание основного реагента		Константа скорости реакции k , с^{-1} , по уравнению первого порядка	
	$k_{\text{ср}}$	x	y	z	Экспонент ϵ_z		Расчет по уравнению первого порядка ϵ_1
Гидролиз целлюлозного сосны (ненасыщенного хлористым водородом) 41 %-й соляной кислотой при 20 °С [15]	$0,907 \cdot 10^{-4}$	$1,79 \cdot 10^{-3}$	0,635	$2,57 \cdot 10^{-5}$	0,547	0,520	$0,887 \cdot 10^{-4}$
	$0,676 \cdot 10^{-4}$	$1,70 \cdot 10^{-1}$	0,134	$9,79 \cdot 10^{-7}$	0,629	0,885	$0,257 \cdot 10^{-3}$
Гидролиз древесины сосны 41 %-й соляной кислотой при 0...30 °С [8]					0,314	0,271	$0,804 \cdot 10^{-4}$
					0,082	0,073	$0,868 \cdot 10^{-4}$
					0,008	0,020	$0,118 \cdot 10^{-3}$
					0,596	0,784	$0,143 \cdot 10^{-3}$
					0,582	0,694	$0,100 \cdot 10^{-3}$
					0,560	0,614	$0,804 \cdot 10^{-4}$
					0,549	0,481	$0,554 \cdot 10^{-4}$
					0,531	0,371	$0,439 \cdot 10^{-4}$
					0,490	0,142	$0,247 \cdot 10^{-4}$
					0,456	0,054	$0,182 \cdot 10^{-4}$
				0,442	0,003	$0,944 \cdot 10^{-5}$	
				0,368	0,000	$0,578 \cdot 10^{-5}$	
				0,297	0,000	$0,468 \cdot 10^{-5}$	

Укажем, в связи с этим, что с уменьшением роли бимолекулярных факторов в реакции коэффициент z будет уменьшаться до нуля, уравнение 17-ПК преобразуется в 10-ЕК. Если при этом число элементарных молекулярных стадий также будет уменьшаться, то коэффициент y будет стремиться к 1, а уравнение 10-ЕК трансформируется в обычное уравнение первого порядка.

Таким образом, вычисляя по экспериментальным кинетическим содержаниям реагента (наименьшего по начальному содержанию в неэквивалентной реакции) коэффициенты y и z , можно судить о преобладании в реакции моно- или бимолекулярных механизмов. Из таблицы следует, что все приведенные в ней реакции идут необратимо и могут быть управляемыми.

В заключение отметим, что уравнение 17-ПК наиболее адекватно описывает процессы гидролиза растительного сырья, что делает его эффективным инструментом для познания их химической природы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гидролитическое растворение органических веществ при гидролизе синезеленых водорослей / И. П. Сточний, Т. П. Волощук, И. Ф. Щелокова, В. М. Квасников // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.—1976.—№ 18.—С. 3—4. [2]. Зорин И. Ф., Зорина Р. И., Федоров О. К. Влияние структуры полисахаридов на значение параметров уравнения химической кинетики // Лесн. журн.—1986.—№ 2.—С. 83—87.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Кинетика маломодульного гидролиза гемицеллюлоз осины в присутствии 1 %-й H_2SO_4 / И. И. Корольков, С. П. Яблочкина, В. А. Быков, В. П. Леванова // Химия древесины.—1984.—№ 3.—С. 30—33. [4]. Киреев В. А. Курс физической химии.—М.: Химия, 1975.—633 с. [5]. Конкин А. А., Роговин З. А. Исследование процесса гидролиза целлюлозы и амилозы // Гидролиз. пром-сть.—1950.—№ 6.—С. 8—11. [6]. Корольков И. И., Хоменко Н. Д. О кинетике гидролиза полисахаридов гемицеллюлоз различных видов растительного сырья // Химия древесины.—1984.—№ 3.—С. 27—29. [7]. Корольков И. И., Шарков В. И., Гарманова Е. Н. Кинетика образования сахара из гемицеллюлоз при гидролизе их разбавленной серной кислотой // Гидролиз. пром-сть СССР.—1954.—№ 1.—С. 4—5. [8]. Коротков Н. В., Чалов Н. В. Кинетика гидролиза полисахаридов древесины сосны 41...48 %-й соляной кислотой // Сб. тр. ВНИИгидролиз.—М., 1969.—Т. 18.—С. 66—95. [9]. Крылов В. С., Паюсов С. А. Определение концентрации реагирующих веществ // Информ. листок / Свердлов. ЦНТИ.—1986.—№ 306—87. [10]. Крылов В. С., Паюсов С. А. Способ определения константы скорости реакций первого порядка по небольшому числу экспериментальных данных // Химия и хим. технология.—1988.—Т. 31, № 3.—С. 51—53. [11]. Мадело Г. В., Дудкин М. С., Рыжих Г. А. Кинетика гидролиза гемицеллюлоз древесины тополя в процессе бисульфитной варки // Сб. тр. УкрНИИБ.—М., 1971.—С. 11—18. [12]. Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Унифицированное представление данных для описания кинетических процессов целлюлозного и гидролизного производств // Основные направления научно-технического прогресса в лесном комплексе Коми АССР: Тез. докл. науч.-техн. конф.—Сыктывкар, 1988.—С. 79—81. [13]. Химические и физико-химические изменения в волокнах льна в зависимости от способа приготовления льнотресты / А. М. Шишко, И. Н. Абрампальский, Д. В. Мацкевич, Т. В. Мурашкевич // Химия древесины.—1984.—№ 1.—С. 95—98. [14]. Чалов Н. В., Горячих Е. Ф., Шарков В. Н. Гидролиз полисахаридов, превращенных в гидролизуемое состояние методом механо-химической обработки // Сб. тр. ВНИГС.—М., 1965.—Т. XIV, № 14.—С. 166—179. [15]. Чалов Н. В., Лешук А. Е., Пааскиви Л. Б. Влияние предварительного насыщения растительных материалов газообразным хлористым водородом на процесс гидролиза полисахаридов // Сб. тр. ВНИИгидролиз.—М., 1971.—№ 19.—С. 119—123. [16]. Чалов Н. В., Пааскиви Л. Б. Гидролиз целлюлозы 38...41 %-й соляной кислотой при 20 °С // Лесн. журн.—1964.—№ 2.—С. 137—143.—(Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 547.992

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПИРОЛИЗА ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

В. И. БОРОДИН, В. А. ТРУХАЧЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Пиролиз технических лигносульфонатов (ЛСТ) постоянно привлекает внимание исследователей [2, 5, 8, 10].

Одним из перспективных вариантов переработки ЛСТ является глубокий пиролиз в среде газоразрядной плазмы — плазмохимический пиролиз (ПХП). В отличие от других методов ПХП позволяет получать дополнительно ацетилен — ценный мономер для органического синтеза [2]. Результаты экспериментов по ПХП гидролизного лигнина в плазме гелия и аргона приведены в работах [1, 2, 8]. Однако этих данных недостаточно для определения возможного выхода ацетилена при пиролизе другого вида сырья, а также для установления оптимальных условий проведения процесса.

В настоящей работе изложены результаты численного термодинамического анализа формирования состава химических продуктов, энергетических затрат ПХП технических лигносульфонатов — наиболее трудноутилизуемых отходов целлюлозно-бумажной промышленности, и определены условия максимального выхода ацетилена.

В работах [3, 4] показано, что реальные высокотемпературные плазмохимические процессы в значительной мере подчинены законам равновесной термодинамики. Выбор оптимальной схемы пиролиза ЛСТ может быть осуществлен на основе термодинамических расчетов с учетом превращения как органической, так и минеральной составляющих. В данной работе рассмотрены вопросы переработки только органической части ЛСТ.

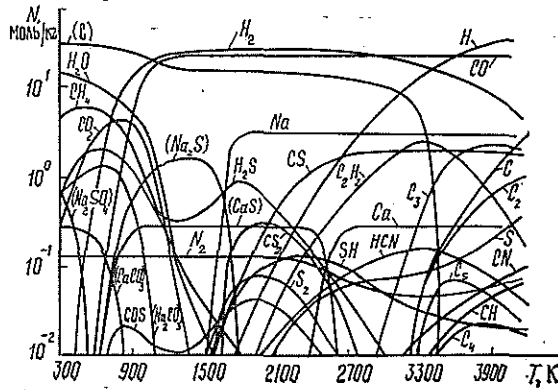
Расчеты проводили по программе «АСТРА» [7], методическую основу которой составляют фундаментальные законы термодинамики совместно с законами сохранения массы, энергии и заряда. Это дало возможность построить достаточно общую математическую модель образования газообразных и конденсированных веществ.

Расчеты состава продуктов и соответствующих энергозатрат проводили для различных условий пиролиза непосредственно самих ЛСТ, а также для смесей их с водой, водородом, аргоном, воздухом, азотом, кислородом, окисью углерода и с комбинацией этих газов, которые могут быть использованы в качестве плазмообразующей среды. Так же учитывали около 300 химических соединений, образующихся при высокотемпературном пиролизе ЛСТ (элементные составы взяты по работам [6, 7, 9]).

На рис. 1 представлена типичная зависимость равновесного состава продуктов пиролиза ЛСТ (N) от температуры. Доминирующий компонент газовой фазы ПХП — синтез-газ ($\text{CO} + \text{H}_2$). При температурах выше 2000 К в продуктах пиролиза присутствует заметное количество ацетилена.

Результаты численного эксперимента по оптимизации выхода ацетилена показали, что максимальный выход его при ПХП различных ЛСТ наблюдали в интервале температур 2700...3400 К. Концентра-

Рис. 1. Химический состав продуктов пиролиза ЛСТ на натрий-кальциевом основании (в скобки заключены продукты в конденсированной фазе)



ция ЛСТ в исходной смеси определяет содержание ацетилена: с ее уменьшением температура максимума выхода последнего падает.

Исследование зависимости выхода ацетилена от состава исходной пиролизуемой смеси показало (рис. 2, кривая 1), что с ростом влажности ЛСТ концентрация ацетилена в продуктах пиролиза быстро уменьшается, снижаясь до нуля при влажности большей 20 %. Аналогичная зависимость выявлена при добавлении в смесь кислорода. Вводя в исходную смесь водород, можно увеличить выход ацетилена более, чем в два раза. Однако при добавлении водорода свыше 10 % наблюдается эффект насыщения (рис. 2, кривая 2).

Добавка в пиролизуемую смесь инертных газов или соединений с сильной связью в молекулах (монооксид углерода, азот) мало влияет на образование ацетилена. Незначительно сказывается и изменение давления смеси. Так, увеличение давления в 25 раз (от 0,02 до 0,5 МПа) приводит к росту содержания ацетилена в продуктах пиролиза на 3 %.

Минеральные составляющие ЛСТ при температуре более 2600 К находятся в газообразном состоянии. При этом натрий, кальций, магний, присутствующие в атомарной форме, не могут влиять на образование ацетилена. Более 90 % серы содержится в виде CS, несколько процентов — в соединениях SH, H₂S и в атомарном состоянии. Таким образом, сера, присоединяя атомы водорода и углерода, уменьшает аналогично кислороду выход ацетилена (десятки процентов от общего содержания ацетилена в смеси).

Наблюдаемое сильное сокращение выхода ацетилена при добавлении кислорода или воды можно объяснить снижением количества углерода, способного участвовать в образовании ацетилена, за счет соединения его с кислородом до устойчивого соединения CO, которое даже при высоких температурах практически не участвует в реакции формирования состава пиролизной смеси.

Таким образом, выход ацетилена определяется только наличием в пиролизуемой смеси водорода и углерода, не связанного с кислородом и серой. Приведенные на рис. 3 графики дают возможность оценить максимальный выход ацетилена в молях на 1 кг смеси в зависимости от содержания водорода и углерода в исходной смеси. Под содержанием углерода здесь подразумевают разность между полным

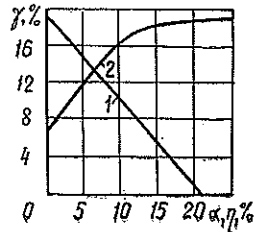


Рис. 2. Зависимость от отношения массы ацетилена к массе органической части ЛСТ γ от влажности ЛСТ η (1) и отношения массы добавляемого водорода к сухой массе ЛСТ α (2)

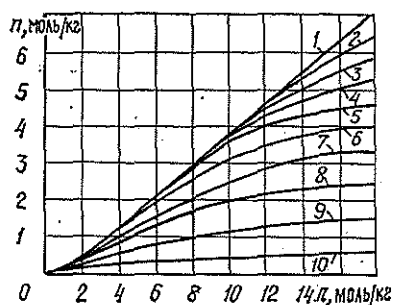


Рис. 3. Зависимость концентрации ацетилена n от концентрации углерода, не связанного с кислородом и серой, n_C при содержании в смеси водорода n_{H_2} : 210 (1), 175 (2), 156 (3), 137 (4), 117 (5), 96 (6), 74 (7), 50 (8), 30 (9), 10 моль/кг (10)

числом молей углерода, кислорода и серы, находящихся в 1 кг исходной пиролизуемой смеси.

Наряду с определением состава продуктов пиролиза ЛСТ, проводили расчеты энергетических затрат, как разности энтальпий пиролизуемой системы в конечном и исходном состояниях. Необходимые значения энтальпий образования ЛСТ определяли на основе известных теплот их сгорания [6]. На рис. 4 изображены температурные зависимости удельных энергозатрат (Q) при пиролизе ЛСТ в смеси с водородом. Минимальные энергозатраты наблюдали при ПХП смесей с высокими концентрациями ЛСТ, с их уменьшением энергозатраты возрастали в связи с нагревом примесного газа. Однако, как показали расчеты, непосредственно на химические превращения необратимо расходуется меньшая часть потребляемой энергии (см. рис. 4, кривая 5), остальная их часть может быть рекуперирована.

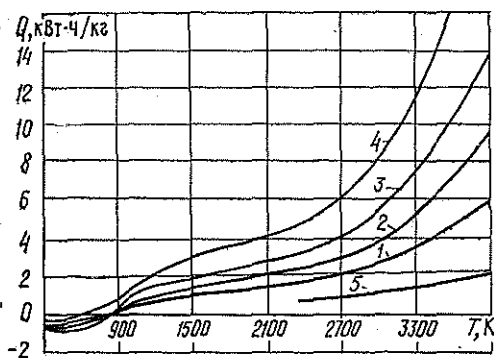


Рис. 4. Энергетические затраты на пиролиз ЛСТ с добавками водорода: 0 (1), 8 (2), 20 (3), 50 % (4) и на химические превращения при пиролизе (5)

На основании результатов проведенного термодинамического анализа можно сделать вывод, что высокотемпературный ПХП лигносульфонатов обеспечивает возможность получения ацетилена в максимальных количествах (16...20 % от органической составляющей сухой массы ЛСТ) с энергетическими затратами 1...5 кВт·ч на 1 кг сухого вещества ЛСТ в зависимости от условий организации процесса пиролиза. Использование полученных расчетных данных, приведенных на графиках, позволяет оценивать выход ацетилена при ПХП любого вида древесного сырья с учетом исходного состава смеси.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зайцев В. М., Пиялкин В. Н., Цыганов Е. А. Пиролиз гидролизного лигнина в низкотемпературной плазме // Гидролизн. и лесохим. пром-сть.— 1975.— № 3.— С. 10—12. [2]. Перспективы использования древесины в качестве органического сырья / Под ред. В. П. Карливанна.— Рига: Ин-т химии древесины АН ЛатвССР,

1982.—225 с. [3]. Плазмохимические реакции и процессы / Под ред. Л. С. Полака.—М.: Наука, 1977.—380 с. [4]. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Г. Б. Синярев, Н. А. Ватолин, Б. Г. Трусов, Г. К. Моисеев.—М.: Наука, 1982.—280 с. [5]. Родионова З. М., Савиных В. И., Лебедева З. И. Направленный пиролиз древесины: Обзор. инф.—М.: ВНИПИЭИлеспром, 1982. (Лесохимия и подсоска, вып. 3).—32 с. [6]. Санников В. А. Вторичные энергетические ресурсы целлюлозно-бумажной промышленности.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—232 с. [7]. Сапотницкий С. А. Использование сульфитных щелоков.—М.: Лесн. пром-сть, 1981.—224 с. [8]. Фенгел Д., Вегнер Г. Древесина // Пер. с англ.; Под ред. А. А. Леоновича.—М.: Лесн. пром-сть, 1988.—512 с. [9]. Чудаков М. И. Промышленное использование лигнина.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—210 с. [10]. Goldstein I. S. Chemical from woods // *Unasylnva*.—1979.—V. 31, N 125.—P. 2—9.

Поступила 5 июля 1989 г.

УДК 547.992.3 : 543.253

ИССЛЕДОВАНИЕ НИТРОЛИГНИНОВ

О. Ф. ГОРБУНОВА, Г. М. БОГОЛИЦЫНА, Е. Н. КОРОБОВА

Архангельский лесотехнический институт

Лигнины, как выделенные, так и находящиеся в древесине, легко вступают во взаимодействие с азотной кислотой, образуя нитролигнины, растворимые в щелочи, воде и органических растворителях [7, 8]. В связи с большим разнообразием нитрующих агентов, условий нитрования и видов используемого сырья свойства продуктов, получаемых при нитровании, заметно различаются [1, 10, 11, 14].

Цель настоящей работы — сравнить физико-химические свойства препаратов, получаемых из сульфатных (лиственного и хвойного) и гидролизных лигнинов при нитровании их азотной кислотой в сопоставимых условиях.

Для получения нитропрепаратов к охлажденной (до 5...10 °С) 58...60 %-й азотной кислоте при перемешивании и охлаждении добавляли суспензию лигнина в воде (массовое соотношение лигнина и 100 %-й кислоты — 1:1,5, воды и кислоты — 3:1). Раствор перемешивали в течение двух часов при охлаждении до комнатной температуры. Смесь оставляли на сутки. Осадок отфильтровывали (отфуговывали), промывали небольшими порциями охлажденной воды и сушили на воздухе. Таким образом получали нерастворимую в водно-кислой среде фракцию нитролигнина, представляющую собой оранжево-коричневый аморфный порошок (фракция 1). Маточный раствор после отделения нитролигнина упаривали в вакууме, создаваемом водоструйным насосом, при температуре водяной бани 75...80 °С примерно до 1/3...1/4 от начального объема. Охлаждали льдом, при этом выпадали кристаллы, которые отделяли с помощью вакуум-фильтрации (фракция 2). Маточный раствор далее упаривали до получения водорастворимой желто-коричневой смолы (фракция 3). Перед дальнейшими анализами все фракции высушивали в вакуум-сушильном шкафу. Выход первой фракции составил 37,4...38,8 % из сульфатного и 78,3 % из гидролизного лигнинов, второй — 22,2...28,3 % и 12,6 % соответственно, третьей — 21,5...35,0 %.

Метоксильные группы определяли методом деметилирования водистым калием и ортофосфорной кислотой, карбоксильные — кальций-ацетатным методом, фенольные — барий-хлоридным с учетом содержания карбоксильных групп, общие карбонильные — методом оксимирования, хинонные — по окислительному эквиваленту [4]. Пирокатехиновые группы определяли по реакции с сульфатом железа и тартратом калия-натрия в фосфатном буферном растворе [5].

УФ-спектры записаны на спектрофотометре СФ-46 при концентрации лигнинов 40 мг/л [4]. Полярографические исследования выполняли на полярографе ПУ-1 в трехэлектродном переменного-токового режиме ТАСТ с принудительным отрывом ртутных капель (время жизни капли 7 с, время задержки 1,1 с, переключатель «Диапазон тока» установлен в положении «2,5» (0,25 · 10), амплитуда 30 мВ, концентрация препарата 500 мг/л) на фоне 0,05 М гидроксида-хлорида лития при продувке гелием. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный электрод, анода — донную ртуть.

Полимолекулярный состав препаратов определяли методом гель-хроматографии на сефадексе G-75, элюент — диметилсульфоксид. Полученные гель-хроматограммы в координатах «оптическая плотность — объем элюирования» пересчитаны для сопо-

ставления результатов в координатах «оптическая плотность — коэффициент распределения (K_d)» и нормировали по площади. Площадь под кривой гель-хроматограмм делили на три участка и рассчитывали относительное содержание высокомолекулярных ($K_d < 0,3$), среднемoleкулярных ($0,3 < K_d < 0,7$) и низкомолекулярных ($K_d > 0,7$) фракций. Среднемoleкулярную молекулярную массу (M_w) для нитропрепаратов определяли на ультрацентрифуге методом неустановившегося равновесия, а для сульфатного лигнина — гель-хроматографии [9]. Содержание азота определяли газометрически [6].

Исходя из данных элементного состава (С—20,9%; О—73,8%; Н—5,3%), отсутствия метоксильных, фенольных и карбонильных групп, высокого содержания карбоксильных групп (13,5...15,5 мг-экв/г) и положительной реакции с уксуснокислым кальцием, считаем, что кристаллическая фракция 2 является дигидратом щавелевой кислоты, несколько загрязненным продуктами деструкции лигнина. Перекристаллизованной из воды получена бесцветная фракция.

Результаты исследования нитролигнинов и водорастворимых препаратов показали (табл. 1), что деметилирование, образование карбонильных и карбоксильных групп идет в значительной степени в гетерогенной среде. На это указывает низкое содержание метоксильных (2,43...2,95%), повышенное содержание карбоксильных (3,78...7,38 мг-экв/г) и карбонильных групп (2,48...4,48 мг-экв/г) в полученных нитролигнинах по сравнению с исходными. Фракция водорастворимой смолы деметилирована и окислена еще в большей степени. Величина среднемoleкулярной молекулярной массы для этой фракции (из сульфатного лигнина составила 2400 по сравнению с 6300 и 5000 для нитролигнина и исходного сульфатного лигнина соответственно. Исследование методом гель-хроматографии распределения по молекулярным массам показало, что нитролигнин из гидролизного лигнина имел долю высокомолекулярной фракции в 2,0—2,5 раза больше, чем нитролигнин из сульфатных лигнинов.

Таблица 1

Характеристика лигнинов и продуктов нитрования

Препараты	Функциональные группы				Содержание фракций, % с K_d		
	—OCH ₃ , %	—COOH, мг-экв/г	—CO, мг-экв/г	—OH (фенольные), мг-экв/г	менее 0,3	от 0,3 до 0,7	более 0,7
Сульфатный лигнин хвойной древесины Соломбальского ЦБК:							
Исходный	12,03	1,29	1,47	2,46
Фракция 1	2,43	7,38	4,48	1,75	10,6	44,8	44,6
То же, восстановленная гидросульфитом	2,10	2,64	1,38	2,32
Фракция 3	0,45	10,69	1,76	0,15	0,9	7,9	91,2
Сульфатный лигнин лиственной древесины из полуупаренного черного щелока Архангельского ЦБК:							
Исходный	15,23	1,42	1,26	2,67	10,0	30,7	59,2
Фракция 1	2,44	5,65	2,66	2,10	13,8	23,5	59,3
Фракция 3	0,86	9,74	2,35	0,72	3,1	9,1	87,7
Гидролизный лигнин Архангельского гидролизного завода:							
Исходный	8,90	0,60	1,67	1,93
Фракция 1	2,95	3,72	2,48	1,93	35,8	40,9	22,9
Фракция 3	0,34	9,57	0,72	1,67	8,6	9,4	81,8
Сульфатный лигнин осины лабораторной варки при 160 °С							
Фракция 1	3,44	6,91	4,48	2,0	15,8	21,2	62,6

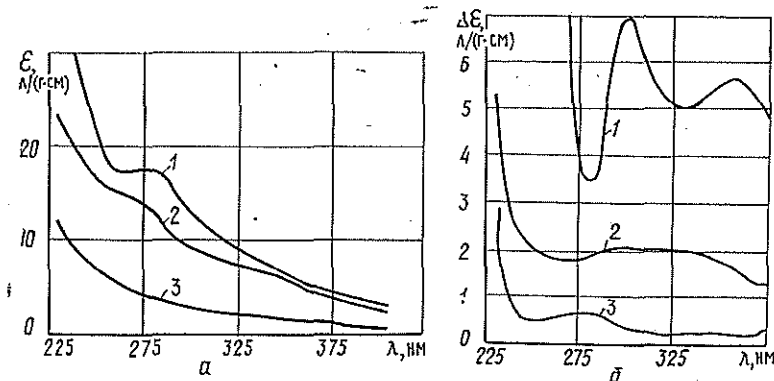


Рис. 1. УФ-спектры в буферном растворе с рН6 (а) и дифференциальные спектры (б) препаратов лигнина из упаренного черного щелока листовного потока Архангельского ЦБК: 1 — исходный; 2 — фракция 1; 3 — фракция 2

На УФ-спектрах (рис. 1, а) для фракций нитролигнина отмечено значительное снижение поглощения в области 230...330 нм, а для водорастворимой фракции — по всей исследуемой области 230...400 нм по сравнению с исходными лигнинами. Дифференциальные УФ-спектры исходного сульфатного лигнина (рис. 1, б, кривая 1) и нитропрепаратов (кривые 2 и 3) еще в большей степени свидетельствуют о существенных изменениях фенольных структур, особенно водорастворимой фракции, происходящих при действии на лигнин азотной кислоты. На дифференциальном УФ-спектре нитролигнина, восстановленного гидросульфитом натрия, отмечено некоторое снижение поглощения в области 300...400 нм и увеличение поглощения в области 240...260 нм (рис. 2, кривые 1 и 3), по-видимому, вследствие образования бензоидных структур за счет восстановления хиноидных. В результате обработки нитролигнина гидросульфитом натрия содержание карбонильных групп снижалось в 2,0—2,5 раза (до 1,33 мг-экв/г) по сравнению с необработанными (4,48 мг-экв/г), при этом повышение содержания пирока-техиновых единиц в восстановленном нитролигнине не отмечено. Следовательно, хиноидные группы в нитролигнине могут быть представлены хинонметидными или парахинонными структурами.

Данные полярографических исследований нитропрепаратов показали (табл. 2) наличие на полярограммах трех групп пиков в областях: —0,2...—0,25 В: —0,4...—0,8 В и —1,4...—1,6 В. При этом препарат, выделенный после обработки нитролигнина гидросульфитом натрия, давал волну только при —1,3 В. Поскольку при обработке гидросульфитом восстанавливаются хиноидные и нитрогруппы, то волны в области —0,4...—0,8 В можно отнести к группам именно этого типа

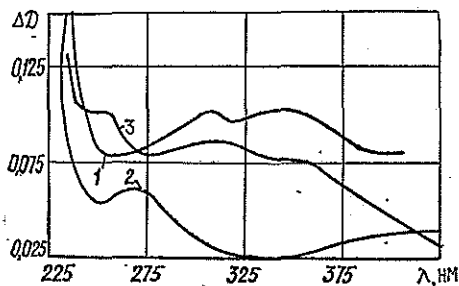


Рис. 2. Дифференциальные УФ-спектры нитропрепаратов из сульфатного лигнина Солombsальского ЦБК: 1 — фракция 1; 2 — фракция 3; 3 — фракция 1, восстановленная гидросульфитом натрия

Таблица 2
Потенциалы полярографических волн нитропрепаратов.
на фоне гидроксида-хлорида лигнина

Препараты	Высота пика, мм, при потенциале —Е, В										Хинон- ные группы, мг-экв/г	Азот, %
	0,35... 0,30	0,42... 0,47	0,55... 0,60	0,68... 0,75	0,83... 0,87	1,20... 1,35	1,40... 1,50					
Фракция 1: из гидролизного лигнина из сульфатного лигнина: хвойной древесины Соломбаль- ского ЦБК то же, восстановленная гидро- сульфитом лиственной древесины Архангель- ского ЦБК осины лабораторной варки	140	—	—	45	—	66	77	—	—	—	1,32	3,45
Фракция 3: из гидролизного лигнина из сульфатного лигнина: хвойной древесины Соломбаль- ского ЦБК лиственной древесины Архангель- ского ЦБК	180	—	—	101	—	86	141	—	—	—	2,47	5,70
	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—
	124	—	—	102	66	80	132	—	—	—	1,95	5,00
	132	—	—	105	—	117	128	—	—	—	1,54	5,78
	50	17	38	38	26	78	76	—	—	—	0,66	1,67
	42	48	83	110	103	125	132	—	—	—	1,04	3,45
	55	26	79	119	88	140	140	—	—	—	1,38	3,83

[2, 3, 12, 13]. Соотношение содержания азота и величин пиков при потенциале $-0,68 \dots -0,75$ В для сульфатных и гидролизного лигнинов показывают (см. табл. 2), что за этот пик в нитролигнинах ответственны нитрогруппы. Для растворимых препаратов в области $-0,4 \dots -0,8$ В отмечено значительно большее число пиков (3—4), указывая на более сложный состав водорастворимой смолы. Соотношение величин пиков при потенциале $-0,2 \div -0,25$ В и содержание хинонных карбо-

нилов для исследуемых препаратов, растворимых и нерастворимых в кислой среде, свидетельствуют об ответственности хиноидных карбониллов за наличие этого пика. Это, до некоторой степени, подтверждено возрастанием поглощения при $\lambda = 250$ нм на УФ-спектре восстановленного нитролигнина по сравнению с исходным.

Сравнительные исследования нитропрепаратов, полученных из сульфатных (хвойного и листовного) и гидролизного лигнинов, свидетельствуют о значительно большей способности сульфатных лигнинов к окислению и деструкции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гоготов А. Ф., Чупка Э. И. Электронно-акцепторные свойства нитролигнинов // Химия и технология древесной целлюлозы: Межвуз. сб. науч. тр.—Л.: ЛТА, 1983.—С. 112—115. [2]. Горбунова О. Ф., Богомолов Б. Д. О полярнографических волнах лигнина на фоне гидроокиси лития // Лесн. журн.—1973.—№ 3.—С. 114—118.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Горбунова О. Ф., Богомолов Б. Д. Влияние обработки нитрующими агентами на полярнографическое поведение лигнинов // Химия древесины.—1988.—№ 6.—С. 69—74. [4]. Закис Г. Ф., Можейко Л. Н., Тельшева Г. М. Методы определения функциональных групп.—Рига: Зинатне, 1975.—173 с. [5]. Закис Г. Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных.—Рига: Зинатне, 1987.—230 с. [6]. Клымова В. А. Основные микрометоды анализа органических соединений.—М.: Химия, 1967.—207 с. [7]. Лигнины (структура, свойства и реакции) / Под ред. К. В. Сарканена, К. Х. Людвиг; Пер. с англ.—М.: Лесн. пром-сть, 1975.—629 с. [8]. Никитин В. М. Теоретические основы делигнификации.—М.: Лесн. пром-сть, 1931.—294 с. [9]. Соколов О. М. Определение молекулярных масс лигнинов на ультрацентрифуге и методом гель-фильтрации // Учеб. пособие.—Л.: ЛТА, 1978.—74 с. [10]. Чудаков М. И. Промышленное использование лигнина.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—199 с. [11]. Anderssen L., Samuelson O. Treatment of Kraft lignin with nitrogen dioxide and oxygen // Svensk papperstidning.—1984.—N 9.—R. 59—60. [12]. Penttinen K., Lindberg J. J. Polarographic investigation on nitroguaiacols // Suomen Kemistilehti.—1969.—B. 42.—P. 203—207. [13]. Schwabe K. Polarographie und Chemische konstitution organischer verbindungen. Akademie-Verlag-Berlin, 1957.—B. 8.—447 s. [14]. Rozmarin Ch., Cazacu G., Macoveanu M. Caracterizarea fizico-chimicala unor celofignine modificate // Rev. padur. Ind lemn. Celul. si hirtie.—1983.—32, N 4.—P. 172—175.

Поступила 20 июля 1990 г.

УДК [547.597.1 : 51] : 541.11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МОНОЦИКЛИЧЕСКИХ ИЗОМЕРОВ 3-КАРЕНА ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИМИ АДДИТИВНЫМИ МЕТОДАМИ

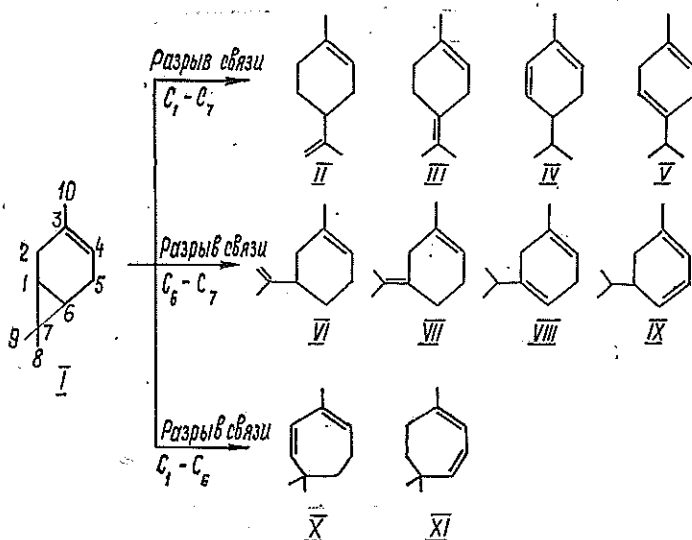
А. И. ЛАМОТКИН, И. В. МАМОНЕНКО, И. Л. ШУЛЬГИН

Белорусский технологический институт

Один из распространенных в природе терпеновых углеводов — 3-карен (3, 7, 7-триметилбицикло [4, 1, 0]гепт-3-ен. Так, в значительных количествах он содержится в эфирных маслах, продуцируемых хвойными породами деревьев (до 40 % в *Pinus silvestris* L. [5]). В настоящее время актуален вопрос увеличения выпуска продуктов вторичной и более глубоких степеней переработки индивидуальных терпеновых углеводов и, в частности, 3-карена. Рассматривая 3-карен в качестве сырья для органического синтеза, необходимо учитывать его способность к изомеризации в моно- и бициклические углеводороды при контакте с веществами кислого или основного характера.

В большинстве известных составов изомерных продуктов 3-карена доминируют моноциклические углеводороды рядов *m*- и *n*-ментана, причем последние преобладают. По данным работы [1], в состав продуктов изомеризации входят углеводороды ряда триметилциклогептана, образование которых происходит, по мнению авторов, путем разрыва циклогексанового кольца 3-карена. В целом состав и соотношения продуктов изомеризации определяют термодинамические и кинетические параметры процесса.

Теоретически, непосредственно из 3-карена через карбокатионы и карбанионы, возможно образование моноциклических изомеров при разрыве циклопропанового кольца по схеме:



На этой схеме обозначено: I — 3-карен; II, III, IV, V — *n*-ментадены 1, 8, —1, 4 (8), —1, 5, —1, 4 соответственно; VI, VII, VIII, IX — *m*-ментадены 1, 8, —1, 5 (8), —1, 4, —1, 3 соответственно; X, XI — 1, 5, 5-триметилциклогептадиены 1, 6, —1, 3 соответственно.

Представляет научный и практический интерес нахождение наиболее выгодного пути изомеризации 3-карена в моноциклические углеводороды через наиболее термодинамически стабильные изомеры.

Количественным критерием оценки термодинамической стабильности веществ являются величины стандартной свободной энергии Гиббса (ΔG_f^0), которые можно рассчитать, если известны стандартная энтальпия образования (ΔH_f^0) и стандартная абсолютная энтропия (S_{298}^0).

Анализ литературы показал, что терпеновые углеводороды малоизучены с термодинамической точки зрения. Для рассматриваемых в настоящей работе моноциклических углеводородов экспериментальные данные по энтальпиям образования имеются только для двух соединений ряда *n*-ментана: II и IV [9]. Термодинамические свойства терпеновых углеводородов этого ряда исследовали полуэмпирическими методами, получившими в последнее время широкое распространение и признание.

Это позволяет получать необходимые результаты с высокой степенью точности и значительно меньшими, чем в эксперименте, затратами труда и времени. Так, в работе [8] авторы, используя молекулярно-

механический метод и разработанную Эленджером вычислительную программу ММ-2, рассчитали энтальпии образования всех теоретически возможных *n*-ментадиенов.

Аддитивный метод Бенсона применяли для нахождения стандартных энтальпий образования, а аддитивный метод О'Нила и Бенсона — абсолютных энтропий десяти *n*-ментадиенов [2]. Авторы работ [3, 4], используя разработанный ими аддитивный метод для циклических углеводородов, рассчитали стандартные энтальпии образования девяти *n*-ментадиенов. Во всех случаях получили удовлетворительную сходимость рассчитанных значений с имеющимися экспериментальными. Данных по термодинамическим свойствам углеводородов VI—XI нами в литературе не найдено.

Из имеющихся в настоящее время методов для решения поставленной в данной работе задачи были выбраны полуэмпирические аддитивные методы, хорошо себя зарекомендовавшие при определении термодинамических свойств терпеновых углеводородов. Их практическая основа — богатый экспериментальный материал, теоретическая основа обстоятельно изложена с квантово-механических позиций в монографии [6]. Стандартная энтальпия образования, стандартная абсолютная энтропия, а также изобарные молярные теплоемкости (c_p^1) при 300 и 800 К были рассчитаны методом Бенсона [7] для всех рассматриваемых моноциклических терпенов. Полученные значения $c_p^0_{300}$ и $c_p^0_{800}$ позволяют учесть влияние температуры на величины энтальпии образования, энтропии и энергии Гиббса для интервала 300...800 К в приближении линейной зависимости $c_p^0(T)$. Аддитивный метод Бенсона оперирует вкладом атомов, входящих в структуру молекулы, с учетом их полного первого окружения и поправки на характер цикла. При расчете стандартной абсолютной энтропии принимали во внимание число возможных оптических изомеров и изомеров вращения молекулы.

Для повышения достоверности результатов исследования стандартные энтальпии образования ментадиенов II—IX были также получены методом, изложенным в работах [4, 6]. Соединения X—XI по этой методике не рассчитывали, из-за отсутствия в литературе данных по соответствующим вкладам для семичленных циклических систем. Особенность метода Кабо и Роганова — отсутствие неаддитивной поправки на характер цикла. Влияние этой величины учтено непосредственно во вкладе эффективного атома введением новой характеристики, названной «циклическостью». Метод оперирует вкладом атомов с учетом их неполного первого окружения, что, в известной степени, снижает его селективность.

Все расчеты проводили для идеальноегазового состояния веществ, погрешность расчета энтальпий авторы обоих методов оценивали в 5...6 кДж/моль, а для энтропии и теплоемкости — 4...5 Дж/(моль × К). На основании вычисленных значений энтальпий образования и абсолютных энтропий рассчитаны значения стандартной свободной энергии образования Гиббса. Результаты расчетов, а также значения энтальпий образования *n*-ментадиенов II и IV, полученных из данных экспериментов [4, 9], приведены в таблице.

Как видно из таблицы, значения энтальпий, рассчитанные с учетом цикличности, более близки к имеющимся экспериментальным данным, чем значения, рассчитанные методом Бенсона. В то же время он не выявил различий в термодинамических свойствах соединений III и IX, фиксируемых в методе Бенсона. Равенство значений термодинамических характеристик у некоторых аналогов по положению двойной связи в изомерах *n*- и *m*-рядов свидетельствует о близости их термодинамических свойств. Использование значений энтальпий образования,

Термодинамические свойства терпеновых углеводородов

Угле- водо- роды	ΔH_f^{298} , кДж/моль				S_{298}^0 , Дж/(моль · К)	ΔG_f^{298} , кДж/моль	c_p^0 , Дж/(моль · К) при температуре, К	
	Экспериментальные		Рассчитан- ные				300	800
	по [3]	по [7]	по Ка- бо	по Бен- сону				
II	$-2,6 \pm 3,0$	$-2,51 \pm 2,57$	-2,7	2,5	447,0	197,6	190,2	410,2
III	—	—	-19,6	-14,2	442,9	182,1	191,2	408,2
IV	$-9,8 \pm 3,5$	$-9,20 \pm 2,57$	-10,8	-4,6	428,6	196,0	191,6	415,1
V	—	—	-12,3	-9,6	435,0	189,1	196,7	403,8
VI	—	—	-2,7	2,5	447,0	197,6	190,2	410,2
VII	—	—	-19,6	-14,2	442,9	182,1	191,2	408,2
VIII	—	—	-12,3	-9,6	435,0	189,1	196,7	403,8
IX	—	—	-10,8	-6,1	429,9	194,1	191,6	403,2
X	—	—	—	3,5	401,3	212,2	193,1	407,8
XI	—	—	—	2,0	404,2	209,8	191,5	408,4

Примечание. S_{298}^0 , ΔG_f^{298} , c_p^0 — рассчитанные по методу Бенсона.

полученных методом Кабо и Роганова, для определения величин стандартной свободной энергии образования Гиббса при 298 К не меняет порядок в ряду относительной термодинамической стабильности изомеров: III = VII > V = VIII > IX > IV > II = VI > XI > X.

На основании результатов, полученных полуэмпирическими аддитивными методами, можно сделать вывод, что из моноциклических изомеров 3-карена наиболее термодинамически стабильны в газовой фазе III (терпинолен) и VII (сильвитерпинолен), а наименее — X и XI. С точки зрения термодинамики, в условиях кислотного катализа путь изомеризации 3-карена через терпинолен и сильвитерпинолен является более выгодным, а в условиях основного — через IX и IV (α -фелландрен), как наиболее термодинамически стабильных из возможных на первой стадии продуктов изомеризации по карбанионному механизму.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бардышев И. И., Базыльчик В. В. Изомеризация 3-карена под действием Al_2O_3 активированной $AlCl_3$ // Журн. прикл. химии.—1968.—№ 4.—С. 855—860. [2]. Гурьян Б. А., Николаева Т. А., Ивашкевич Г. X. Исследование термодинамики изомеризации моноциклических терпеновых углеводородов // Лесн. журн.—1987.—№ 4.—С. 77—80. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Кабо Г. Я., Роганов Г. Н. Принципы аддитивности энтальпий циклических углеводородов // Докл. АН БССР.—1986.—Т. XXX, № 9.—С. 832—835. [4]. Кабо Г. Я., Роганов Г. Н., Филипенко З. А. Термодинамика изомеризации *n*-ментadiенов и аддитивность свойств циклических углеводородов // Журн. физ. химии.—1987.—Т. XI, № 11.—С. 2885—2889. [5]. Терпеноиды хвойных растений / В. А. Пенгерова, Ж. В. Дубовенко, В. А. Радугин, Э. Н. Шмидт.—Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1987.—96 с. [6]. Яровой С. С. Методы расчета физико-химических свойств углеводородов.—М.: Химия, 1978.—256 с. [7]. Benson S. W. Thermochemical Kinetics.—New York: Wiley, 1976.—313 p. [8]. Bestmann H. J., Kobold U., Vostrowsky O. Gasphasen-Dehydratisierung von *p*-Menthenolen durch Reaktions-gaschromatographie. Korrelation der Eliminierungsprodukte mit Bildungsenthalpien aus Kraftfeldrechnungen // Liebigs Ann. Chem.—1986.—N 2.—S. 234—241. [9]. Cox J. D., Pilcher G. Thermochemistry of organic and organometallic compounds.—L.—New York: Acad. Press, 1970.—643 p.

Поступила 29 сентября 1989 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 684:331

**ОПТИМИЗАЦИЯ
УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ РУЧНОГО ТРУДА
ДЛЯ МЕБЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Л. Б. ИВАНОВ, И. В. ГЕЛЬМАН, И. И. ИСАЕВА,
Т. А. ШАГАЛОВА*

Ленинградская лесотехническая академия

Цель настоящей работы — оптимизация удельных затрат ручного труда (УЗРТ) как условие роста производительности труда (ПТ) для типовых предприятий мебельной промышленности Северо-Западного экономического района. Оценки степени сокращения УЗРТ рассмотрены как решения задач оптимизации по двум критериям:

$$\text{УЗРТ} \rightarrow \min; \quad \text{ПТ} \rightarrow \max \quad (1)$$

при естественных параметрических, функциональных и критериальных ограничениях.

В основу алгоритма оптимизации положен статистический анализ зависимостей УЗРТ (y) и ПТ (z) от факторов роста ПТ. Их система для мебельных предприятий формируется переменными:

- x_1 — коэффициент выбытия активной части основных производственных фондов (ОПФ);
- x_2 — коэффициент годности активной части ОПФ;
- x_3 — электровооруженность труда в расчете на год, тыс. кВт · ч/чел.;
- x_4 — коэффициент интенсивности использования активной части ОПФ;
- x_5 — коэффициент прироста активной части ОПФ;
- x_6 — техническая вооруженность труда в расчете на год, тыс. р./чел.;
- x_7 — средний разряд работ;
- x_8 — коэффициент специализации;
- x_9 — материалотдача;
- x_{10} — доля стоимости машин и механизмов в общей стоимости ОПФ.

Построение системы факторов роста ПТ основано на концепции процесса производства как единства средств труда, предметов труда и живого труда. Показатели x_1, \dots, x_{10} сформированы в рамках такого подхода. Переменные x_3, x_6, x_{10} характеризуют уровень научно-технического прогресса; x_1, x_2, x_4, x_5, x_9 — совершенствование хозяйственного механизма и организации труда; x_8 — совершенствование отраслевой структуры; x_7 — уровень квалификации.

Численные значения УЗРТ (y) равны отношению числа рабочих, выполняющих работу вручную при наличии машин и механизмов и без них, к общей численности промышленно-производственных рабочих и выражаются в долях единицы.

Значения ПТ (z) в расчете на год (тыс. р./чел. · ч) определяются как отношение чистой продукции к трудозатратам (фактически отработанному времени).

Статистическая совокупность данных по показателям x_1, \dots, x_{10}, y, z была построена на основе статистической отчетности всех 12 ме-

бельных предприятий ТНПО Севзапмебель за 1984—1987 гг. Вычисления по стандартным программам первичной обработки данных показали, что объем информации (48 наблюдений) достаточен для статистически достоверных выводов.

Рассматриваемые предприятия разнородны по объемам выпускаемой продукции, ее ассортименту и показателям x_i, y, z . Поэтому объектами статистического анализа целесообразно считать подмножества наборов $(x_1, \dots, x_{10}, y, z)$, получающиеся при расчленении первоначальной статистической совокупности на более однородные группы. Такие группы названы типовыми предприятиями. Они формируются следующим образом.

Первоначальную группировку производят по результативному признаку y , так как основным объектом оптимизации являются УЗРТ. Если в полученных группах переменные x_i, z достаточно однородны, то каждую группу рассматривают как типовое предприятие. Если в каких-нибудь из первоначальных групп велик разброс значений некоторых показателей x_k, z , то по ним выполняют дополнительные группировки. В этом случае типовыми предприятиями считают первоначальные однородные группы и подгруппы, получившиеся после дополнительных группировок.

Таким образом, типовое предприятие является объектом информационным, а не физическим: индивидуальное предприятие в разные годы может относиться к различным типам.

Важная характеристика типового предприятия — граничные значения переменных x_1, \dots, x_{10}, y, z .

При расчленении рассмотренной в работе статистической совокупности на более однородные группы дополнительная группировка оказалась необходимой только в одной из трех первоначальных групп и только по одной переменной x_3 . В итоге были получены четыре типовых предприятия. Для первого (10 наблюдений) $0,39 < y < 0,65$; для второго (17 наблюдений) $0,27 < y \leq 0,39$; $4,28 \leq x_3 \leq 9,22$; для третьего (7 наблюдений) $0,27 < y \leq 0,39$; $13,49 \leq x_3 \leq 16,62$; для четвертого (14 наблюдений) $0,14 < y \leq 0,27$.

Неравенства, относящиеся к остальным x_i, z и их граничным значениям, здесь не приводятся из-за недостатка места.

Сформулируем основные положения методики решения задачи (1).

Вначале для каждого типового предприятия на основе имитационных экспериментов строят статистически оптимальные варианты уравнений регрессии, выражающие зависимости y и z^{-1} от двух или трех переменных из x_1, \dots, x_{10} :

$$y = f(x_i), \quad i = \overline{1, 10}; \quad (2)$$

$$z^{-1} = \varphi(x_i), \quad i = \overline{1, 10}. \quad (3)$$

Мы не рассматриваем здесь схему статистического анализа, подробно описанную ранее*. Подчеркнем только, что в уравнения (2) и (3) должны входить одни и те же наборы переменных x_k , а формулы, выражающие y и z^{-1} через x_k , должны принадлежать одному и тому же классу зависимостей. Такие пары моделей регрессии далее называются согласованными. Как правило, в уравнения (2) и (3), наряду с x_i, y, z , входят обратные им величины и логарифмы.

Следующий этап решения — формулировка принципа оптимальности, согласно которому задача (1) переводится в скалярную задачу

* Анализ удельных затрат ручного труда на мебельных предприятиях ВПО Севзапмебель / Л. Б. Иванов, И. В. Гельман, И. И. Исаева, Т. А. Шагалова // Лесн. журн.— 1987.— № 6.— С. 96—99.— (Изв. высш. учеб. заведений).

математического программирования. При этом сумма отклонений показателей y и z^{-1} (или $\lg y$ и $\lg z^{-1}$) от минимальных значений (в пределах фиксированного типового предприятия) должна быть минимальной:

$$\{y - y_{\min} + [z^{-1} - (z^{-1})_{\min}][(z^{-1})_{\max} - (z^{-1})_{\min}]^{-1}\} \rightarrow \min \quad (4)$$

или

$$\{\lg y - (\lg y)_{\min} + [\lg z^{-1} - (\lg z^{-1})_{\min}][(\lg z^{-1})_{\max} - (\lg z^{-1})_{\min}]^{-1}\} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Множитель $[(z^{-1})_{\max} - (z^{-1})_{\min}]^{-1}$ в уравнении (4) [или $[(\lg z^{-1})_{\max} - (\lg z^{-1})_{\min}]^{-1}$ в выражении (5)] служит для приведения критерия ПТ к безразмерному виду.

Множество допустимых решений задачи (4) [или (5)] определяется совокупностью параметрических, функциональных и критериальных ограничений. Сформулируем эти ограничения. Пусть $x_{i \min}$, $x_{i \max}$, y_{\min} , y_{\max} , z_{\min} , z_{\max} — граничные значения переменных x_i , y , z для данного типового предприятия. Если переменная x_i непосредственно входит в какую-нибудь из пар согласованных моделей (2), (3), то искомое решение должно удовлетворять неравенствам

$$x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max}, \quad (6)$$

являющимся параметрическими ограничениями.

Если в какой-нибудь паре согласованных моделей независимая переменная x_i выступает как аргумент промежуточной переменной x_i^{-1} или $\lg x_i$, то следует рассматривать неравенства

$$(x_{i \max})^{-1} \leq x_i^{-1} \leq (x_{i \min})^{-1} \quad (7)$$

или

$$\lg x_{i \min} \leq \lg x_i \leq \lg x_{i \max}, \quad (8)$$

которые являются функциональными ограничениями.

При равносильности задачи (1) требованию (4) в качестве критериальных ограничений принимаем неравенства

$$f(x_i) \geq y_{\min}; \quad \varphi(x_i) \geq (z_{\max})^{-1}. \quad (9)$$

В случае равносильности задачи (1) требованию (5) критериальными ограничениями являются неравенства

$$\lg f(x_i) \geq \lg y_{\min}; \quad \lg \varphi(x_i) \geq \lg (z_{\max})^{-1}. \quad (10)$$

Таким образом, для каждого варианта согласованных моделей регрессии ставится вполне определенная задача математического программирования. Ее решением является набор показателей $x_{i \text{opt}}$, при достижении которых величины y и z принимают оптимальные для данного варианта значения y_{opt} , z_{opt} .

Оценка качества оптимального решения в данном варианте

$$\Delta = |y_{\text{opt}} - y_{\min}| + |(z_{\text{opt}} - z_{\max})(z_{\max} - z_{\min})^{-1}| \quad (11)$$

выражает меру отклонения оптимального вектора $(y_{\text{opt}}, z_{\text{opt}})$ от вектора индивидуальных экстремумов (y_{\min}, z_{\max}) . Множитель $(z_{\max} -$

* Здесь и далее индекс «opt» используется для обозначения оптимальных значений показателей.

$-z_{\min})^{-1}$ приводит показатель ПТ к безразмерному виду. Наилучшим считаем вариант, в котором значение Δ минимально.

Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип предприятия	y_{opt}	z_{opt}	Оптимальные решения
1	0,402	4,978	$x_3 \text{ opt} = 18,50; x_9 \text{ opt} = 1,932$
2	0,275	4,274	$x_3 \text{ opt} = 5,78; x_9 \text{ opt} = 2,408$
3	0,355	4,416	$x_3 \text{ opt} = 16,62; x_9 \text{ opt} = 1,336$
4	0,147	8,849	$x_3 \text{ opt} = 9,43; x_5 \text{ opt} = 0,001; x_6 \text{ opt} = 4,24$

Рассмотрим более детально оптимизацию УЗРТ для первого типового предприятия. В табл. 2 приведены варианты согласованных моделей регрессии УЗРТ и ПТ.

Таблица 2

Вариант	Согласованные модели регрессии
1	$y = 1,579x_1 + 3,696x_3^{-1}$ $z^{-1} = 1,879x_1 + 2,550x_3^{-1}$
2	$\lg y = -0,216 \lg x_3 + 0,055 \lg x_5$ $\lg z = 0,541 \lg x_3 + 0,175 \lg x_5$
3	$\lg y = -0,148 \lg x_3 - 0,730 \lg x_9$ $\lg z = -0,150 \lg x_3 + 3,103 \lg x_9$

Приведем расчеты, соответствующие первому варианту согласованных моделей. Используя статистическую информацию для первого типового предприятия, находим: $y_{\min} = 0,397$; $z_{\min} = 1,120$; $z_{\max} = 4,980$; $(z_{\max})^{-1} = 0,201$; $x_{1 \min} = 0,031$; $x_{1 \max} = 0,296$; $(x_3 \max)^{-1} = 0,054$; $(x_3 \min)^{-1} = 0,188$.

Принцип оптимальности (4) переходит в

$$4,294x_1 + 7,381x_3^{-1} - 0,687 \rightarrow \min, \quad (12)$$

а неравенства (6), (7) и (9) принимают вид

$$0,031 \leq x_1 \leq 0,296; \quad 0,054 \leq x_3^{-1} \leq 0,188;$$

$$1,579x_1 + 3,696x_3^{-1} \geq 0,397; \quad 1,879x_1 + 2,550x_3^{-1} \geq 0,201. \quad (13)$$

Задача (12), (13) является задачей линейного программирования по отношению к x_1 и x_3^{-1} . Решая ее, получаем

$$y_{\text{opt}} = 0,397; \quad z_{\text{opt}} = 3,401 \text{ при } x_{1 \text{ opt}} = 0,031; \quad x_3 \text{ opt} = 10,64. \quad (14)$$

Аналогично рассматриваем задачи, соответствующие второму и третьему вариантам согласованных моделей, с заменой принципа оптимальности (4) на (5). Для второго варианта

$$y_{\text{opt}} = 0,518; \quad z_{\text{opt}} = 4,416 \text{ при } x_3 \text{ opt} = 18,50; \quad x_5 \text{ opt} = 0,589; \quad (15)$$

для третьего

$$y_{\text{opt}} = 0,402; \quad z_{\text{opt}} = 4,978 \text{ при } x_3 \text{ opt} = 18,50; \quad x_9 \text{ opt} = 1,932. \quad (16)$$

Сравнивая результаты (14), (15), (16) по критерию (11), получаем $\Delta = 0,393$; $\Delta = 0,150$ и $\Delta = 0,006$ соответственно. Таким образом, наилучшим является результат (16); он и включен в итоговую табл. 1. Аналогично получены результаты оптимизации для предприятий второго, третьего и четвертого типов.

В заключение отметим, что оптимальные значения УЗРТ и ПТ формируются, главным образом, за счет показателей электровооруженности труда и материалоотдачи.

Поступила 23 июля 1990 г.

УДК 338.4 : 676

ПЕРЕСТРОЙКА И РАЗВИТИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. С. СОМИНСКИЙ

Ленинградский технологический институт ЦБП

Для успеха преобразований в народном хозяйстве на всей территории страны исключительно важен обмен опытом. Его не может обеспечить устная, а также радио- и телеинформация. Необходимы красочные, яркие журналы, пропагандирующие передовой опыт арендного подряда, хозяйственного расчета, конкретной деятельности кооперативов с деловыми советами, расчетами, дискуссией. Для всего этого нужна бумага.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) в полной мере ощутила отношение к себе, как к отрасли второстепенной рядом с производством нефти, газа, стали, машиностроением. Не строится ни одно новое предприятие ЦБП, а существенное расширение действующих упирается в нехватку сырья и химикатов, отсутствие развитого отечественного машиностроения, низкий уровень научно-технических разработок.

Ухудшается обеспечение ЦБП древесиной. Эта отрасль получает самую худшую, бросовую древесину, несмотря на то, что объем лесозаготовок в СССР самый большой в мире и планируется его увеличение, вопреки резонным возражениям защитников природы. Для сравнения заметим, что в Финляндии древесины заготавливают в 7 раз меньше, чем в нашей стране, а бумаги производят больше.

Многие действующие целлюлозно-бумажные предприятия стали объектом жесткой критики, ибо загрязняют реки, водоемы и воздушную среду. Но критика не достигает цели, так как необходимы в первую очередь не новые очистные сооружения, а радикальные изменения технологии. А их-то всерьез и не планируют.

В свое время, когда было ликвидировано отраслевое министерство ЦБП (в 1980 г.), большие надежды возлагались на единое руководство лесным комплексом. Можно было ожидать, что Минлесбумпром (ныне Минлеспром) сумеет преодолеть глубокое отставание в производстве бумаги и картона. Но этого не произошло. За 9 лет после образования Минлесбумпрома темпы прироста мощностей резко снизились, а степень отставания ЦБП заметно возросла. Среднегодовой прирост мощностей, достигавший в 1961—1975 гг. 7...8 % в год, в 1976—1985 гг. снизился до 1,9...2,3 %, а в 1986—1990 гг.— до 1,2...1,5 %. В 90-е гг. отрасль входит без задела, что чревато серьезными последствиями.

За 1988—1990 гг. производство и потребление бумаги на душу населения еще больше сократилось. По абсолютному объему производства нашу страну догнали и перегнали Китайская Народная Респуб-

ка, где ежегодный прирост производства составляет 500...600 тыс. т, а также ФРГ. Теперь СССР занимает шестое место в мире.

Мировая практика показывает, что продукция ЦБП пользуется устойчивым и все возрастающим спросом. При издании книг и журналов массовыми, многомиллионными тиражами рентабельность достигает 800...900 %, и можно было бы только за этот счет полностью закрыть дефицит бюджета от снижения производства винно-водочных изделий. Причем книга, журнал, газета в отличие от всех иных видов промышленной продукции личного потребления не нуждаются в сопряженных расходах для применения (в топливе, ремонте, услугах).

Бумага для печати — не единственный вид продукции ЦБП. Не меньшее значение имеют бумага для упаковки, картон и изделия из них. Применение бумажных мешков, пакетов, картонных коробок и ящиков позволяет заметно сократить потери при транспортировке и хранении продукции сельского хозяйства, легкой и тяжелой промышленности.

Следует упомянуть и санитарно-гигиенические изделия на основе бумаги. Спрос на туалетную бумагу, пеленки, салфетки, простыни, хирургические комплекты и пр. удовлетворяется примерно на 3...5 %.

По нашим расчетам, капиталовложения в ускоренное развитие ЦБП и соответствующих мощностей полиграфии могли бы окупиться в 2-3 года при выполнении ряда условий. Очевиден и социальный эффект. Свыше 80 % бумаги и более 2/3 производства картона — это товары народного потребления.

Первое условие развития ЦБП — ориентация на вовлечение в переработку отходов лесопиления и деревообработки. Эти отходы составляют свыше 70 млн м³ в год, т. е. намного больше, чем все современное потребление древесины в ЦБП. Но они крайне распылены, рассредоточены по многим десяткам тысяч пилорам, и никто не хочет заниматься их концентрацией и утилизацией. В лучшем случае изготавливают брикеты, плиты, а чаще сжигают или сбрасывают в отвал. Если сопоставить расходы на сбор, транспортировку и превращение этих отходов в высококачественное сырье для ЦБП и затраты на лесозаготовку, да еще в новых районах, баланс будет безусловно в пользу применения отходов. Разумеется, при этом придется отказаться от многолетней практики сооружения предприятий-гигантов. Ныне семь предприятий ЦБП поглощают свыше 40 % всей древесины, поставляемой отрасли. За тысячи километров везут древесину на целлюлозно-бумажные предприятия, а рядом бездумно уничтожают древесные отходы.

Переработка отходов требует ориентации на мелкие, частично средние предприятия. Они должны быть типовыми, высокоавтоматизированными, экологически чистыми, собираться из готовых модулей. Небольшие предприятия необходимы и для переработки макулатуры, еще одного важного источника сырья для ускоренного развития ЦБП. Сбор и переработка макулатуры поставлены пока очень плохо. Сдатчики макулатуры, в особенности население, выступают в роли жалких просителей, тогда как могли бы обеспечить на 25...30 % потребности бумажников в сырье. Макулатуру практически не используют для печатных видов бумаги, а применяют для картона (да и то низких сортов) и упаковочной бумаги. Причинами являются и необоснованно низкие цены на макулатуру, и неудовлетворительная организация ее сбора, сортировки, переработки, облагораживания, и ориентация на крупные предприятия. Есть еще и своеобразный снобизм и иждивенчество. Так, в СССР, в отличие от стран Запада, ни одно из предприятий по выработке газетной бумаги не применяет макулатуру.

У сырьевой базы ЦБП большие преимущества: во-первых, она возобновляема, во-вторых, использует дешевое вторичное сырье.

Второе условие преодоления отставания ЦБП — крутой поворот от устаревшей технологии изготовления волокнистых полуфабрикатов к новой, прогрессивной — производству высококачественной древесной массы (под давлением, термо- и химико-термомеханическим способом) с выходом по древесине 94...96 %. Такая древесная масса частично или полностью заменяет целлюлозу. Для ее отбеливания применяют перекись водорода, продукт абсолютно безвредный. Применение древесной массы выгодно не только экономически. На порядок снижается загрязнение окружающей среды, а отходов, составляющих при выработке целлюлозы более 50 %, здесь попросту нет. Но пока лишь на трех предприятиях изготавливают новые виды древесной массы.

Снижению удельного расхода волокна на изготовление бумаги и картона и, соответственно, уменьшению загрязнений способствует технология так называемого мелования, т. е. нанесения на бумагу и картон покровного слоя. Свойства мелованной продукции выше. В мировой ЦБП доля такой продукции в общем объеме производства составляет более 50 %, в нашей стране примерно в 10 раз меньше.

Существенному снижению загрязнений способствует замкнутый водооборот. Осуществить его нелегко. Но это куда дешевле, чем строить очистные сооружения. В Финляндии расход воды на 1 т бумаги и картона примерно в 10—12 раз ниже, чем на наших предприятиях. И рыба резвится в озерах, куда стекают стоки предприятий ЦБП. А рыба — лучший контролер.

Третье условие — опережающее развитие отечественного машиностроения для ЦБП. В отличие от многих других отраслей, здесь нет нужды в создании новых мощностей. В конце 60-х гг. были введены в эксплуатацию два крупных предприятия по изготовлению бумагоделательного и целлюлозного оборудования. Петрозаводский и Ижевский. Они вместе с рядом специализированных средних и мелких предприятий обеспечивают все потребности ЦБП. Но данные предприятия лишь на 15...20 % загружены заказами своей отрасли, большая часть производства не имеет пока никакого отношения к ЦБП.

Многие годы у машиностроителей и бумажников идут споры. Машиностроители жалуются на отсутствие заказов, а бумажники сетуют, что поставляемое отечественными машиностроителями оборудование имеет низкое качество и по техническому уровню очень отстает от мирового. Пока идут эти споры, техника, применяемая в ЦБП, катастрофически стареет, более 70 % ее требует замены. Привычное приобретение импортной техники становится все затруднительнее. Приходится содержать в отрасли целую армию ремонтников (свыше 30 % общей численности занятых в ЦБП), чтобы как-то поддерживать в рабочем виде разнокалиберную и устаревшую физически и морально технику. На ремонт расходуется почти столько же средств, сколько составляют амортизационные отчисления.

Чтобы реализовать возможности роста ЦБП, недостаточно перераспределить инвестиции в народном хозяйстве и получить дополнительные вложения в лесной комплекс, а с ними строительные мощности и материально-технические ресурсы. Все это необходимо, но не приведет к желаемым результатам, пока не будет преодолено отставание от современного уровня научно-технического обеспечения. А это требует чрезвычайных усилий.

По доле средств, выделяемых на научно-технические разработки, ЦБП уже многие годы находится на одном из последних мест среди отраслей тяжелой и легкой промышленности. Не лучше обстоит дело и у машиностроителей для этой отрасли. На предприятиях ЦБП нет ни одной крупной исследовательской лаборатории с комплексом опытных установок. Не на чем отрабатывать новые технические решения и ма-

щиностроителям. Многочисленный инженерный корпус предприятий ЦБП почти не участвует в научных разработках. Даже мелкие задания, связанные с совершенствованием имеющейся техники и технологии, предприятия стремятся «сбросить» на маломощные отраслевые институты. ЦБП не имеет принципиальной, тщательно обоснованной экономической и экологической стратегии научно-технического прогресса.

Существенным резервом роста отрасли может быть создание крупного научного потенциала в Ленинградском технологическом институте ЦБП — единственном в мире комплексном высшем учебном заведении, готовящем специалистов всех профилей отрасли. Недавно в состав этого института (впервые в практике вузов СССР) передана бумажная фабрика им. А. М. Горького. Образован учебно-научно-производственный комплекс. Но чтобы он заработал в полную силу и его деятельность ощутили сказалась на росте отрасли, надо полностью реконструировать фабрику, превратить ее из отсталой, убыточной, применяющей технику начала XX в., в современное предприятие опытно-промышленного типа.

Уже сегодня необходимо существенно развить фундаментальные исследования в области свойств целлюлозы, теории строения бумаги и картона, теории композиционных материалов на основе целлюлозы, принципиально новых конструкторских разработок. Более 5 лет назад Академия наук СССР приняла решение организовать с участием ЛТИ ЦБП академический институт по изучению древесины и способов ее химической переработки. Но оно до сих пор не выполняется, и мы явно утрачиваем позиции в международном научно-техническом соревновании.

Решению многих научно-технических проблем могла бы помочь их совместная работа с участием специалистов зарубежных стран, в частности Финляндии, где ЦБП занимает ведущее положение в народном хозяйстве страны и 90 % продукции этой отрасли поставляется на экспорт в высокоразвитые страны. Пока таких совместных работ очень мало.

Закономерен вопрос: может ли Минлеспром СССР вывести производство бумаги, картона и изделий из них из глубокого прорыва? Ответ однозначен: не может. Само образование и дальнейшее, увы, продолжающееся функционирование этого министерства, по нашему глубокому убеждению, является большой ошибкой. В самом деле, как можно было рассчитывать на успех, объединяя под единым управлением принципиально разные отрасли с коренными отличиями в технике, технологии, в содержании и характере труда, в экономике и организации производства. Лесозаготовки — типично добывающая отрасль, тяготеющая к сельскому хозяйству, с очень своеобразной спецификой работ. Деревообработка — типичная перерабатывающая отрасль промышленности, имеющая немало общего с машиностроением. И, наконец, целлюлозно-бумажная промышленность — отрасль, по всем признакам относящаяся к химическому комплексу. К этому перечню надо добавить производство фанеры и плит, лесохимию, лесосплав, а с некоторых пор и лесное хозяйство, которыми занимается данное министерство. Наконец, нельзя не принять во внимание гигантские пространства нашей страны, исключительное разнообразие природных условий при том, что в СССР сосредоточена четверть лесов Земли.

Как можно из Москвы протянуть управляющие руки министерства до сибирской и дальневосточной тайги, охватив одновременно многолесный пока Северо-Запад, богатый лиственной древесиной Центр и южные леса Грузии, Украины, Казахстана, Киргизии? Или другой вопрос: о волокнистом сырье сельскохозяйственного происхождения: соломе злаков, стеблях хлопчатника, тростнике, кустарниках. В ряде стран

это сырье соперничает с древесиной при изготовлении бумаги и картона. В СССР оно для нужд ЦБП практически не используется, хотя его ресурсы огромны и, в отличие от лесных, возобновляются несравненно быстрее, да и размещены куда равномернее.

Выход видится нам в образовании десятков, а может быть сотен, крупных региональных лесопромышленных объединений. С учетом реально сложившейся материально-технической базы, природных условий и особенностей такие объединения (ассоциации, акционерные общества, концерны и т. д.) могут быть лесозаготовительными, деревообрабатывающими (например мебельные или стандартного домостроения), целлюлозно-бумажными. Они могут сочетать в данном регионе (объединении) все стадии от лесозаготовок до производства мебели и целлюлозно-бумажной продукции из отходов деревообработки, комбинироваться с отраслевым машиностроением и рядом химических производств. Не исключено, а экономически даже оправдано комбинирование производства бумаги и картона с полиграфией. Вполне возможно формирование объединений вертикального типа, специализированных в какой-либо отрасли или подотрасли (например производстве фанеры, обоев, коробочного картона и пр.) и охватывающих предприятия нескольких, тяготеющих друг к другу регионов.

Разумеется, для страны в целом понадобится ряд централизованных функций: информации, согласования и координации действий многочисленных объединений, осуществления государственного надзора и прогнозирования, разработки научно-технической политики и стратегии, увязки с развитием других отраслей промышленности и народного хозяйства. В Финляндии эти и ряд других функций успешно выполняет Центральный Союз лесной промышленности (ЦСЛП). Его членами являются два научно-исследовательских института по механизации переработки древесины, производству целлюлозы и бумаги. Оба института выполняют исследования в основном за счет средств, добровольно перечисляемых им предприятиями, и только около 1/4 работ — по договорам. Другие члены ЦСЛП: Общество деревоперерабатывающей промышленности, Союз лесопильных заводов, Союз фанерных заводов, Союз предприятий по изготовлению древесностружечных плит, Ассоциация работодателей лесной промышленности, Ассоциация работодателей по лесной транспортировке, Кооператив по транспортировке (Трансфенника) и четыре общества маркетинга: Финнпап (бумага), Финнборд (картон), Финнцелл (целлюлоза), Конверта (изделия из бумаги и картона). Общества маркетинга, имеющие свои отделения и представительства во многих странах мира, в свою очередь, функционируют за счет средств и отчислений предприятий.

В нашей великой лесной державе необходимо, видимо, создать Государственный комитет лесной промышленности и лесного хозяйства, однако без каких-либо управляющих функций.

Древесина — природный полимер, и в не очень отдаленной перспективе она может широко заменить нефть и газ. Конечно, на основе разумного использования лесных ресурсов и их приращения. А на первом этапе надо сделать все, чтобы удовлетворить внутренние потребности, чтобы бумага и картон перестали относиться к дефицитным продуктам, чтобы мы могли продавать продукцию ЦБП на международном рынке вместо круглого леса, нефти и газа.

Поступила 28 сентября 1990 г.

УДК 630*68

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ХОЗРАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. П. ПЕТРОВ, А. Н. ПАНИЮТИН

Ленинградская лесотехническая академия

Структура комплексного лесного предприятия (КЛП) определяется сочетанием объемов лесозаготовок, деревопереработки и лесохозяйственных работ. При оптимальном соотношении составляющих производств в КЛП обеспечивается эффективное использование производственных фондов, рабочей силы, улучшается восстановление лесов, возрастают их рекреационные и защитные функции в соответствии с задачами охраны природы и рационального природопользования.

Известны примеры различных типов высокоэффективных комплексных предприятий по объему и структуре хозяйственной деятельности, однако некоторые типы дают негативные результаты (не используются производственные мощности перерабатывающих производств, отсутствуют достаточные трудовые ресурсы и т. п.). Поэтому поиск оптимальной структуры КЛП должен быть обеспечен оптимизационными расчетами.

На формирование структуры КЛП значительное влияние оказывают факторы общеэкономического и отраслевого характера, такие как потребности в древесине и продуктах ее переработки, объем и структура деревоперерабатывающих производств и др. В связи с этим структуру и размеры производств в каждом конкретном случае следует устанавливать, исходя из условий использования и воспроизводства лесных ресурсов.

Оптимизация структуры КЛП должна обеспечить полноту и эффективность использования и воспроизводства лесных ресурсов. С переводом лесохозяйственной деятельности комплексного предприятия на хозрасчет создаются условия для равноэффективного и равностимулирующего развития всех видов деятельности предприятия [1, 2]. КЛП получают возможность самостоятельно, в зависимости от результатов, планировать деятельность различных подразделений с учетом совместного использования техники и рабочей силы лесным хозяйством и лесной промышленностью. В этих условиях структура КЛП оптимизируется по следующей схеме.

1. Критерием оптимальности выступает максимум расчетной прибыли, полученной от всех составляющих КЛП производств:

$$P_0 = P_1 + P_2 + P_3 \rightarrow \max,$$

где P_0 — прибыль КЛП;
 P_1, P_2, P_3 — прибыль, полученная от лесозаготовок, деревопереработки и лесохозяйственной деятельности соответственно.

2. Размер лесопользования в КЛП рассчитывают как сумму главного и промежуточного лесопользования. Объем главного пользования определяют уровнем расчетной лесосеки, промежуточного — принимают по данным лесоустройства.

3. Заготовленная древесина реализуется либо в круглом виде, либо поступает на переработку в деревоперерабатывающие производства.

4. Структуру деревоперерабатывающих производств устанавливают по выражению

$$Q_r = \eta_r V_r,$$

где Q_r — объем производства готовой продукции r -м деревоперерабатывающим производством;
 V_r — объем сырья, поступившего в r -е деревоперерабатывающее производство;
 η_r — норма выхода готовой продукции в r -м производстве.

5. Площади, пройденные рубками главного пользования, подлежат лесовосстановлению с оплатой искусственных или естественных молодых насаждений, в соответствии с существующими стандартами. Их размер определяется соотношением

$$S_1 = V_1 / W_1,$$

где S_1 — площадь рубок главного пользования, га;
 V_1 — объем древесины от рубок главного пользования, м³;
 W_1 — средний запас древесины, м³/га.

6. Площади, пройденные рубками ухода, находят из соотношения

$$S_2 = V_2 / W_2,$$

где S_2 — площадь под рубками ухода, га;
 V_2 — объем вырубаемой древесины, м³;
 W_2 — выборка древесины, м³/га.

Насаждения, пройденные рубками ухода, принимают и оплачивают по установленным ценам.

7. Оптимизационные расчеты базируются на системе данных об условиях деятельности КЛП. Это информация о таксационных характеристиках лесосырьевой базы, технико-экономические характеристики перерабатывающих производств, действующая система норм и нормативов, данные об оптовых ценах на лесоматериалы и продукцию переработки и т. д. Информация должна быть доступной и достоверной, обеспечивать правильность проводимых расчетов.

Для описания экономико-математической модели структуры КЛП в условиях хозрасчетной деятельности введем следующие обозначения:

k — индекс породно-размерно-качественной (ПРК) группы древесины, $k = 1, 2, \dots, \xi$;
 d — индекс сортимента, $d = 1, 2, \dots, D$;
 r — индекс деревоперерабатывающего (ДПП) производства, $r = 1, 2, \dots, R$;
 l — индекс вида готовой продукции ДПП, $l = 1, 2, \dots, L$;
 k' — индекс вторичного сырья, $k' = 1, 2, \dots, \xi'$;
 j — индекс лесохозяйственного мероприятия, $j = 1, 2, \dots, J$.

Условные обозначения заданных показателей:

Q_d — объем обязательных поставок d -го сортимента, м³;
 Q_{rl} — планируемый объем производства l -й готовой продукции в r -м ДПП, м³;
 Q_j — объем j -го лесохозяйственного мероприятия по данным лесостроительства;
 M_r — производственная мощность существующих r -х ДПП, м³;
 M_r — типовая мощность r -х вновь вводимых ДПП, м³;
 A_k — ПРК состав древесины;
 $\eta_{kdr l}$ — норма выхода l -й продукции на r -м ДПП из d -го сортимента k -й ПРК группы древесины;
 $\gamma_{k'kdr l}$ — норма образования вторичных ресурсов k' -го вида при раскряжке и переработке первичного сырья в ДПП;

f_r — удельные капитальные вложения на строительство r -го ДПП, р./м³;

F — лимит капитальных вложений на развитие производства, которыми располагает КЛП, р.;

T — трудовые ресурсы КЛП;

t_j — удельная трудоемкость проведения j -го лесохозяйственного мероприятия;

t_{kd} — удельная трудоемкость производства d -го сортимента k -й ПРК группы древесины (включая заготовку по главному пользованию);

t_{kdrl} — удельная трудоемкость производства l -й продукции на r -м ДПП из d -го сортимента k -й ПРК группы древесины (включая заготовку по главному пользованию);

$t_{k'rl}$ — удельная трудоемкость использования k' -го вида вторичных ресурсов в r -м ДПП при изготовлении l -й продукции.

Условные обозначения показателей критерия оптимальности:

P'_j — прибыль от проведения j -го лесохозяйственного мероприятия, р./га;

P''_{kd} — прибыль, полученная от реализации d -го сортимента, изготовленного из k -й ПРК группы древесины, р./м³;

P''_{kdrl} — прибыль, полученная r -м ДПП от реализации d -го сортимента k -й ПРК группы древесины, р./м³;

P'''_{kdrl} — прибыль, полученная от производства l -й продукции на r -м ДПП из d -го сортимента k -й ПРК группы древесины, р./м³;

$P'''_{k'rl}$ — прибыль, полученная от производства l -й продукции на r -м ДПП из k' -го вида вторичных ресурсов, р./м³.

Условные обозначения искоемых переменных:

y_j — объем проведения j -го лесохозяйственного мероприятия;

x_{kd} — объем производства d -го сортимента из k -й ПРК группы древесины;

x_{kdrl} — объем использования для производства l -й продукции на r -м ДПП d -го сортимента, изготовленного из k -й ПРК группы древесины;

$x_{k'rl}$ — объем k' -го вида вторичных ресурсов, используемых на r -м ДПП для получения l -й продукции;

z_r — искоемая переменная, характеризующая коэффициент кратности типовой мощности.

Целевая функция имеет вид

$$\sum_j^J P'_j y_j + \sum_{k,d}^{\xi, D} P''_{kd} x_{kd} + \sum_{k,d,r,l}^{\xi, D, R, L} P''_{kdrl} x_{kdrl} + \sum_{k,d,r,l}^{\xi, D, R, L} P'''_{kdrl} x_{kdrl} + \sum_{k',r,l}^{\xi', R, L} P'''_{k'rl} x_{k'rl} \rightarrow \max.$$

На искоемые переменные налагаются условие неотрицательности и ограничения, отражающие основные условия и факторы, от которых зависит работа КЛП.

Условие соответствия лесосырьевых ресурсов ПРК составу древесного сырья:

$$\sum_d^D x_{kd} + \sum_{d,r,l}^{D, R, L} x_{k'rl} = A_k, \quad k = \overline{1, \xi}.$$

Условие выполнения обязательных поставок сортиментов:

$$\sum_k^{\xi} x_{kd} \geq Q_d, \quad d = \overline{1, D}.$$

Условие образования вторичных ресурсов:

$$\sum_{k,d,r,l}^{\xi,D,R,L} \gamma_{k'kd} (x_{kd} + x_{kdr}) + \sum_{k,d,r,l}^{\xi,D,R,L} \gamma'_{k'kdr} x_{kdr} - \sum_{r,l}^{R,L} x_{k'rl} - x_{k'} = 0, \quad k' = \overline{1, \xi'}.$$

Ограничение по лимиту капитальных вложений на развитие производства, которыми располагает КЛП:

$$\sum_r^R f_r M'_r z_r \leq F.$$

Условие обеспечения сырьем деревоперерабатывающих производств:

$$\sum_{k,d,l}^{\xi,D,L} x_{k:rl} + \sum_{k',l}^{\xi',L} x_{k'rl} - M'_r z_r = M_r, \quad r = \overline{1, R}.$$

Условие выполнения заданий по выпуску продукции деревоперерабатывающими производствами:

$$\sum \eta_{k:rl} x_{kdr} + \sum \eta_{k'rl} x_{k'rl} \geq Q_{rl}, \quad \begin{cases} r = \overline{1, R}. \\ l = \overline{1, L}. \end{cases}$$

Условие выполнения намечаемых лесохозяйственных мероприятий (для некоторых мероприятий возможно невыполнение):

$$y_j \left\{ \begin{matrix} = \\ \leq \end{matrix} \right\} Q_j, \quad j = \overline{1, J}.$$

Условие соответствия трудоемкости выполняемых работ наличным трудовым ресурсам:

$$\sum t_j y_j + \sum t_{k,d} x_{kd} + \sum t_{kdr} x_{kdr} + \sum t_{k'rl} x_{k'rl} \left\{ \begin{matrix} = \\ \leq \end{matrix} \right\} T.$$

Таким образом, реализация данной модели на ЭВМ с использованием типовой машинной программы для симплекс-метода позволяет получить оптимальную структуру производств КЛП с учетом поставленных ограничений. Включение лесохозяйственной деятельности в модель требует выполнения всех лесоводственных требований. В условиях хозрасчета это означает оплату лесохозяйственной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Исаев А. С. Задачи отрасли на новом этапе // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 9.— С. 2—6. [2]. Летагин В. И. Новый хозяйственный механизм и неотложные меры по приведению его в действие // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 10.— С. 11—14.

Поступила 4 июня 1990 г.

УДК 338.244.42

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ФОРМЫ ХОЗРАСЧЕТА

Н. Ю. СУХОПАРОВ

Московский лесотехнический институт

В соответствии с Законом о государственном предприятии (объединении) и дополнениями к нему [1, 4] предприятие вправе самостоя-

тельно выбирать любую форму хозрасчета, в том числе основанные: на нормативном распределении прибыли, на нормативном распределении дохода, на аренде предприятия. Условно назовем их I, II и III формы соответственно.

Выбор формы определяется: порядком налогообложения и распределения результатов хозяйственной деятельности (прибыль от реализации или валовой доход); уровнем самостоятельности и ответственности трудового коллектива за результаты своего труда («человеческий фактор»).

Сравнительный анализ форм хозрасчета и предварительное обоснование их выбора могут быть выполнены на основе прогнозирования результатов хозяйственной деятельности предприятия и сопоставления I, II и III форм по соответствующим им действующим методикам [3, 6, 7]. Для этого введены следующие допущения.

1. В качестве критерия на данном этапе принимают хозрасчетный доход; для I формы это сумма прибыли, направляемая в фонды экономического стимулирования (ФЭС) и фонд заработной платы (ФЗП), исчисленный по действующей (для I формы) методике [5].

2. Исходная форма хозрасчета — I. Порядок распределения прибыли определяют по методике [7].

3. В случае перехода на II или III форму:

а) сохраняются нормативы платы за фонды, трудовые ресурсы, кредит;

б) сохраняются плановые отчисления (в абсолютной сумме) в бюджет и министерству (для III формы — фиксированная арендная плата), т. е.

$$(1 - \lambda) RP = (1 - \eta) RD, \quad (1)$$

где λ — утвержденный норматив отчислений от расчетной прибыли средств, остающихся в распоряжении предприятия для исходной I формы;

RP — плановая расчетная прибыль, исчисленная в соответствии с [7] для исходной I формы, тыс. р.;

η — норматив (доля) отчислений от расчетного дохода средств, остающихся в распоряжении предприятия для II (III) формы;

RD — плановый расчетный доход, исчисленный по [6] или [3], отвечающих II или III формам, тыс. р.

Предположения 1—3 не противоречат Закону о предприятии и соответствуют сложившейся практике пересчета финансового плана при переходе на II и III формы. Вышестоящие органы сохраняют абсолютный размер отчислений в бюджет и в министерство (п. 3 б), регулируя нормативы отчислений от дохода для II формы или арендный процент (от стоимости арендованного имущества) [2] для III формы. Поэтому в обоих вариантах доля отчислений, остающаяся в распоряжении предприятия, может быть рассчитана из соотношения (1):

$$\eta = 1 - (1 - \lambda)(RP/RD). \quad (2)$$

В соответствии с п. 1 имеем

$$RD = RP + U, \quad (3)$$

где U — плановые затраты на заработную плату (ЗЗП) в себестоимости реализованной продукции, тыс. р.

Учитывая норматив отчислений от расчетной прибыли средств, остающихся в распоряжении предприятия, принятый в условном примере (табл. 1) для I формы:

Таблица 1

Показатели тыс. р.	Базовая форма I	Предлагаемые формы	
		II	III
Выручка от реализации	70 000	70 000	70 000
Расходы на доставку; реализация, распределяемая в особом порядке	1 000	1 000	1 000
Материальные и приравненные к ним затраты	44 500	44 500	44 500
Затраты на заработную плату (<i>U</i>)	5 000	—	—
Себестоимость реализованной продукции	49 500	—	—
Прибыль от реализации	19 500	—	—
Валовой доход	—	24 500	24 500
Прибыль, распределяемая в особом порядке	500	500	500
Плата за фонды	3 000	3 000	3 000
Плата за трудовые ресурсы	900	900	900
Проценты за кредит	100	100	100
Расчетная прибыль (<i>RP</i>)	15 000	—	—
Расчетный доход (<i>RD</i>)	—	20 000	20 000
Сумма отчислений в бюджет	5 250	5 250	5 250
Сумма отчислений министерству	7 500	7 500	7 500
Прибыль в ФЭС	2 250	—	—
Хозрасчетный доход (<i>DX</i>)	7 250	7 250	7 250
ФЗП (<i>F</i>), исчисленный по [5]*	5 000	—	—

* Справочные данные.

$$\lambda = 1 - 5250/15000 - 7500/15000 = 0,15,$$

по формуле (2) можно рассчитать соответствующий норматив отчислений от расчетного дохода:

$$\eta = 1 - (1 - 0,15)(15000/20000) = 0,3625.$$

Фактический хозрасчетный доход (*DX*) (с учетом предположений 1—3) при работе по I, II или III форме в соответствии с действующими методиками [7, 6, 3] в конце года будет сформирован по-разному:

1) в пределах плановых значений источников хозрасчетного дохода;

2) в размере отклонения от плановых значений:

$$y = RP' - RP, \quad (4)$$

где *y* — отклонение ожидаемой расчетной прибыли (*RP'*) от планового уровня (*RP*);

$$d = RD' - RD, \quad (5)$$

где *d* — отклонение ожидаемого расчетного дохода (*RD'*) от планового уровня (*RD*);

$$z = d - y = RD' - RD - RP' + RP = U' - U, \quad (6)$$

где *z* — разница между *d* и *y*, представляющая отклонение ожидаемых ЗЗП в себестоимости реализованной продукции (*U'*) от запланированного уровня (*U*);

$$f = F' - F, \quad (7)$$

где f — отклонение ожидаемого ФЗП, исчисленного по методике [5] для I формы (F') от запланированного уровня (F).

Основные отличия механизма формирования хозрасчетного дохода с принятыми обозначениями (4)—(7) сведены в табл. 2.

Таблица 2

Составные части	Источники формирования хозрасчетного дохода		
	I форма	II форма	III форма
В пределах плана	1. Часть расчетной прибыли (λRP)	Часть расчетного дохода ($\eta RD = \lambda RP + U$) как следствие (2) и (3)	
В размере отклонения	2. ФЗП, исчисленный по [5] (F)	Часть отклонения от планового значения расчетного дохода (ηd), где $d = y + z$	Вся величина отклонения от планового значения расчетного дохода (d)
	1. Часть отклонения от планового значения расчетной прибыли: а) если план перевыполнен ($y > 0$), то $0,7y$ б) если $y < 0$, то λy 2. Отклонение от планового ФЗП (f)		

Ожидаемую величину хозрасчетного дохода (с учетом используемых предположений) для I, II и III форм по соответствующим методикам [7, 6, 3] можно выразить в виде

$$DX(I) = \lambda RP + G + F' \pm H; \quad (8)$$

$$DX(II) = \eta(RD + d) \pm H; \quad (9)$$

$$DX(III) = \eta RD + d \pm H, \quad (10)$$

где G — арифметическое выражение; согласно [7]

$$G = \begin{cases} \lambda y, & \text{если } y \leq 0. \\ 0,7y, & \text{если } y > 0; \end{cases}$$

H — сумма трех статей распределения прибыли: премии по все-союзному соревнованию, дополнительные отчисления в ФМП или в фонд оплаты труда за выполнение поставок по договорам, внереализационные прибыли (убытки) и потери.

Для сопоставления ожидаемых величин хозрасчетного дохода необходимы следующие преобразования:

1) подставить $d = y + z$ [следствие (6)] в формулы (9) и (10);

2) найти разность между ожидаемым доходом при различных формах:

$$\Delta(I/II) = DX(I) - DX(II); \quad (11)$$

$$\Delta(I/III) = DX(I) - DX(III); \quad (12)$$

$$\Delta(II/III) = DX(II) - DX(III); \quad (13)$$

3) ввести обозначение

$$x = F' - U, \quad (14)$$

где x — отклонение ожидаемого ФЗП, исчисленного по [5] для I формы (F') от планового уровня ФЗП в себестоимости реализованной продукции (U),

в уравнения (11)—(13). Окончательно получим разность в ожидаемом хозрасчетном доходе между I и II, I и III, II и III формами:

$$\Delta(I/II) = \begin{cases} x - \eta z + (\lambda - \eta) y & | y \leq 0, \\ x - \eta z + (0,7 - \eta) y & | y > 0; \end{cases} \quad (15)$$

$$\Delta(I/III) = \begin{cases} x - z + (\lambda - 1) y & | y \leq 0, \\ x - z + 0,3y & | y > 0; \end{cases} \quad (16)$$

$$\Delta(II/III) = (\eta - 1)(y + z). \quad (17)$$

Любые две из формул (15)–(17) определяют (с принятыми допущениями), насколько одна из форм хозрасчета предпочтительнее других. Например, если $\Delta(I/II) > 0$, то I форму следует предпочесть II; если $\Delta(I/II) = 0$, то обе формы равноценны; если $\Delta(I/II) < 0$, то следует выбрать II форму.

Входящие в уравнения (15)–(17) параметры x , y и z по-разному влияют на систему предпочтений форм. Если ожидаются высокий темп прироста товарной продукции (полностью определяющий величину ФЗП при I форме) по сравнению с прошлым годом и неустойчивая реализация в планируемом периоде (определяющая ЗЗП в себестоимости реализованной продукции и, следовательно, фонд оплаты труда при II и III формах), т. е. $x > 0$, то при прочих равных условиях ($y = 0$, $z = 0$) I форма предпочтительнее II и III на величину x . Если ожидается перевыполнение плана по расчетной прибыли ($y > 0$), то при $x = 0$ и $z = 0$ III форма предпочтительнее II и I, так как при работе по III форме весь прирост прибыли остается на предприятии. В случае невыполнения плана прибыли ($y < 0$) I форма предпочтительнее II формы, а II — предпочтительнее III. Значительное снижение доли материальных затрат в себестоимости реализованной продукции и, следовательно, увеличение ЗЗП ($z > 0$) при $x = 0$ и $y = 0$ приведет к предпочтению III и II форм относительно I и III формы относительно II (при III форме вся экономия материальных затрат поступает в фонд оплаты предприятия).

Для определения параметров x , y , z по формулам (14), (4) и (6) необходимо оценить случайные величины: ожидаемый ФЗП, исчисленный по методике [5] для I формы:

$$F' = F_0 (1 + N\Delta Q'/100), \quad (18)$$

где F_0 — фактический ФЗП базового (предыдущего) года, тыс. р.;
 N — норматив прироста (снижения) ФЗП на 1 % прироста (снижения) выпуска товарной продукции, %;
 $\Delta Q'$ — ожидаемый темп прироста товарной продукции по сравнению с предыдущим годом, %;

ожидаемую расчетную прибыль RP' ;

ожидаемые ЗЗП в себестоимости реализованной продукции U' .

Пусть в рассматриваемом условном примере ($\lambda = 0,15$; $\eta \approx 0,36$) на основе статистического анализа данных за предыдущий период построены временные тренды и с их помощью получены оценки: $U' = 4900$ тыс. р. и $\Delta Q' = 10$ %. Тогда при $F_0 = 4930$ тыс. р. и $N = 55$ % $F' \approx 5200$ тыс. р. Если RP' не удалось аппроксимировать временным трендом и закон распределения этой величины неизвестен, то берут три — пять наиболее вероятных, резко отличающихся друг от друга значений этого показателя и проводят многовариантные расчеты.

Пусть из экспертных оценок специалистов предприятия отобраны три варианта наиболее вероятных значений RP' : А — 16 200 тыс. р.; В — 15 050 тыс. р.; С — 14 000 тыс. р. Тогда расчетом по формулам (14), (6) и (4) с учетом плановых данных (см. табл. 1) получены:

$$x = 5200 - 5000 = 200 \text{ тыс. р.}; \quad z = 4900 - 5000 = -100 \text{ т. с. р.}$$

во всех вариантах (так как в рассматриваемом примере эти значения получены методом статистического анализа с достаточно высоким уровнем надежности);

$$y = 16200 - 15000 = 1200 \text{ тыс. р. (вариант А);}$$

$$y = 15050 - 15000 = 50 \text{ тыс. р. (вариант В);}$$

$$y = 14000 - 15000 = -1000 \text{ тыс. р. (вариант С).}$$

Разность ожидаемого хозрасчетного дохода (тыс. р.) при работе по разным формам хозрасчета для вариантов А, В и С рассчитана по формулам (16) и (17). Результаты расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Вариант	$\Delta(I/II)$	$\Delta(II/III)$
А	-60	-701
В	285	32
С	1150	701

Анализ выражения (15) показывает, что при заданных $x = 200$ тыс. р. и $z = -100$ тыс. р. (поскольку $\lambda < \eta$) выражение $\Delta(I/II) > 0$ при любых y , т. е. I форма всегда предпочтительнее II. Поскольку показатель y характеризуется высоким уровнем неопределенности (возможны три значения в широком диапазоне), то для анализа полученных решений (табл. 3) необходимо определить критическое значение этого параметра ($y_{кр}$). Если фактическая реализация случайной величины y выйдет за пределы $y_{кр}$, то полученная ранее система предпочтений форм хозрасчета (по табл. 3) изменится. Для расчета критического значения ($y_{кр}$) каждое из уравнений (15)–(17) следует приравнять нулю и выразить y . Анализ выражения (16) показывает, что при $y < 0$ $\Delta(I/III)$ всегда (в рассматриваемом примере) больше нуля. При $y > 0$ из формулы (16)

$$y_{кр}(I/III) = \frac{x-z}{0,3} = 1000 \text{ тыс. р.,} \quad (19)$$

из уравнения (17)

$$y_{кр}(II/III) = -z = 100 \text{ тыс. р.} \quad (20)$$

Таким образом, для условного предприятия в зависимости от ожидаемого отклонения расчетной прибыли от планового уровня y можно (с учетом принятых допущений) определить систему предпочтения форм хозрасчета (в первом приближении): если $y > 1000$ тыс. р., то III форма }- I форма }- II форма; если $1000 > y > 100$ тыс. р., то I форма }- III форма }- II форма; если $y < 100$ тыс. р., то I форма }- II форма }- III форма. В конкретной ситуации необходимы дополнительные исследования для уточнения оценки y в полученных диапазонах, определяемых критическими значениями: $y_{кр}(I/III)$, $y_{кр}(II/III)$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Закон СССР «О государственном предприятии (объединении)» // Полный хозяйственный расчет и самофинансирование.— М.: Правда, 1988.— С. 5—34. [2]. Об аренде (Основы законодательства Союза ССР и союзных республик). // Хозрасчет и рынок.— М.: Правда, 1990.— С. 139—150. [3]. Общие методические положения по аренде государственного предприятия трудовым коллективом // Аренда — архимедов рычаг.— М.: Правда, 1988.— С. 133—136. [4]. О внесении изменений и дополнений в Закон СССР «О государственном предприятии (объединении)» // Эконом. газета.— № 34.— С. 5. [5]. Типовое положение об образовании фонда заработной платы на 1988—1990 гг. ... // Полный хозяйственный расчет и самофинансирование.— М.: Правда, 1988.— С. 250—253. [6]. Типовое положение о нормативном методе распределения дохода на 1988—1990 гг. ... // Там же.— С. 241—244. [7]. Типовое положение о нормативном методе распределения прибыли на 1988—1990 гг. ... // Там же.— С. 245—249.

Поступила 12 июля 1990 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*378.7

**УЧЕТ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ
ПРИ РАСЧЕТЕ РЕЕВОГО БОНА**

В. М. АЗАРЕНКОВ

КомингпроНИИлеспром

В работах [1, 2] приведены формулы для расчета реевого бона без учета ветровой нагрузки. Цель настоящей статьи — показать необходимость учета этой величины как доли от ширины полосы молевого леса.

Из опыта лесосплава известно, что в начальный период навигации, когда скорости течения максимальны, влияние ветра не так существенно, как в период, когда они снижаются.

Влияние ветровой нагрузки мы предлагаем учитывать введением коэффициента уменьшения допустимой ширины полосы леса из-за действия ветра q_v :

$$q_v = b'_л / b_л \tag{1}$$

где $b'_л$ — допустимая ширина полосы леса с учетом действия ветра при расчетном угле между направлением течения и реевым боном (α_p , град), м;
 $b_л$ — максимально допустимая ширина полосы леса без учета действия ветра при том же угле α_p , м.

Для определения численного значения коэффициента q_v запишем уравнение

$$Q_л = Q'_л + Q'_в \tag{2}$$

где $Q_л$ — нормальное воздействие полосы леса шириной $b_л$ на бон, Н;
 $Q'_л$ — нормальное воздействие полосы леса шириной $b'_л$ на бон, Н;
 $Q'_в$ — нормальное воздействие полосы леса шириной $b'_л$, обусловленное действием ветра, Н.

При этом подразумевается, что реевый бон должен располагаться под одним и тем же углом α_p к потоку.

Обозначения сил и численные значения расчетных коэффициентов приняты из [3]:

$$Q_л = k_л b_л v_п^2 L_б \sin \alpha_p \tag{3}$$

$$Q'_л = k_л b'_л v_п^2 L_б \sin \alpha_p \tag{4}$$

$$Q'_в = k_в b'_л v_в^2 L_б \tag{5}$$

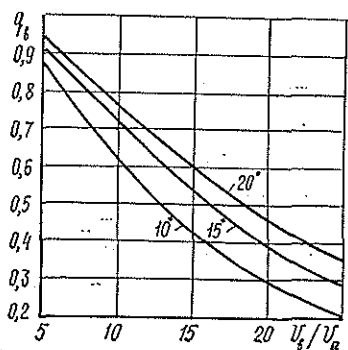
где $k_л$ — коэффициент сопротивления леса, Н · с²/м⁴;
 $v_п$ — средняя поверхностная скорость течения, м/с;
 $L_б$ — длина бона, м;
 $k_в$ — опытный коэффициент давления ветра на полосу леса;
 $v_в$ — расчетная скорость ветра, м/с.

Подставив выражения (3)—(5) в уравнение (2), после преобразований получим

$$b'_л = b_л \left(\frac{1}{1 + \frac{k_в v_в^2}{k_л v_п^2 \sin \alpha_p}} \right) \tag{6}$$

Отсюда

$$q_v = \frac{b'_л}{b_л} = \frac{1}{1 + \frac{k_в v_в^2}{k_л v_п^2 \sin \alpha_p}} \tag{7}$$



Графики изменения коэффициента q_v в зависимости от угла α_p и отношения скорости ветра к скорости течения для однорядного бона без козырька при скорости ветра 12 м/с приведены на рисунке.

Во всех случаях с увеличением отношения U_v/U_n или снижением скорости течения потока коэффициента q_v и соответственно допустимая ширина полосы леса уменьшаются.

Например, при скорости течения $U_n = 0,6$ м/с и скорости ветра 12 м/с, что соответствует отношению $U_v/U_n = 20$, по графику находим значение $q_v = 0,3$ при рабочем угле $\alpha_p = 10^\circ$. Это означает, что при учете ветровой нагрузки и заданных условиях допустимая ширина полосы леса b'_d составит 30 % от рассчитанной без учета действия ветра.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Азаренков В. М. О расчете реевого лесонаправляющего сооружения // Лесн. журн.—1988.— № 3.— С. 41—45.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Азаренков В. М. Определение нагрузки на головную опору реевого бона // Лесн. журн.—1988.— № 6.— С. 118—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Справочник по водному транспорту леса / Под ред. В. А. Щербакова.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 383 с.

УДК 662.921

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОННОЙ ТОПКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ СЕРЫ

В. Э. ОБУХОВСКИЙ, А. А. ДОМНИЧЕВ, Б. Д. КАЦНЕЛЬСОН,
В. К. ЛЮБОВ, Т. Г. ЗАГОСКИНА

Северо-Западное отделение ВНИПИэнергопром
Архангельский лесотехнический институт

Циклонный способ сжигания находит все более широкое применение в различных отраслях промышленности для повышения эффективности сжигания жидких топлив и технологического сырья.

Циклонная топка для сжигания жидкой серы была введена в эксплуатацию в кислотном отделении сульфитно-бумажного производства Архангельского ЦБК и предназначена для получения SO_2 , используемого в производстве сульфитной целлюлозы и бумаги. Циклонная топка ЦКТИ-НХЗ была реконструирована СЗО ВНИПИэнергопром с целью увеличить производительность с 60 до 80 т/сут (по сере) и улучшить общие показатели ее работы.

Топка одноступенчатая с воздушным охлаждением (рис. 1). Холодный воздух до поступления в топку проходит в межобшивочное пространство, где несколько подогревается, одновременно играя роль теплоизолятора и обеспечивая газоплотность топки.

Подачу воздуха из межобшивочного пространства в рабочий объем осуществляют через два тангенциальных секционированных сопла, установленных в циклоне, и двадцать четыре радиальных сопла аэромеханического пережима за циклоном. Воздух на горение и дожигание газов подавали тремя вентиляторами ВВД-11 (один из них резервный).

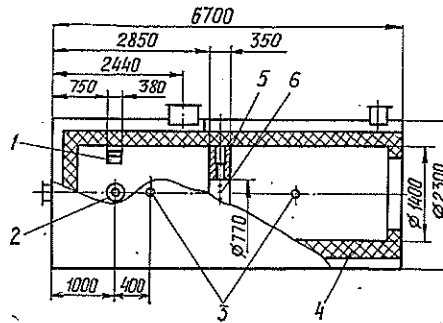
Воздушный режим регулировали с помощью шиберов на подводящих воздуховодах и заслонок на соплах циклона. Жидкая сера поступала в топку через две форсунки.

После выгорания основной части топлива в циклонной топке и догорания серы в аэромеханическом пережиме газы по газоходу отводили в скруббер.

Для определения технико-эксплуатационных показателей работы циклонной топки провели комплексные испытания при номинальной и 50 % от номинальной нагрузках с исследованием аэродинамической структуры газового потока и особенностей горения серы.

Расходы воздуха определяли измерительными диафрагмами и трубками Прандтля по стандартной методике [3]. Характер изменения температуры и концентраций O_2 и SO_2 исследовали в двух сечениях: в циклоне и газоходу за пережимом.

Рис. 1. Циклонная топка для сжигания серы: 1 — сопла циклона; 2 — форсунка; 3 — лючок; 4 — футеровка; 5 — пережим; 6 — сопла пережима



Отбор проб газа осуществляли водоохлаждаемым газозаборным устройством, параллельно проводили замеры температуры газов методом двух термопар [1]. Концентрации кислорода и сернистого газа определяли с помощью газоанализатора ГХГ-100, а кроме того, концентрацию сернистого газа — йодометрическим методом. Наличие мехнедожога определяли по выпадению осадка желтого цвета при барботировании газов через колбу с водой.

Измерения скоростей вели в неизотермических условиях трехканальным водоохлаждаемым цилиндрическим зондом с диаметром приемной части 0,048 м. Для обеспечения надежной его работы исследования проводили только во втором сечении. Полученные результаты обрабатывали по общепринятой методике [3].

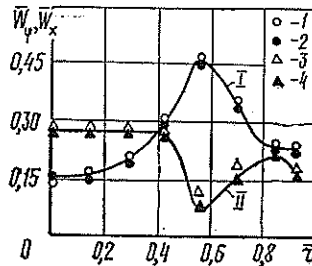
Производительность циклонной топки определяли как путем непосредственного замера изменения уровня серы в баках-отстойниках, так и расчетным путем по концентрации SO₂ во втором сечении и после промывки и охлаждения газа. Расхождение в результатах, полученных тремя различными методами, не превышало 4 %.

При испытаниях топки на номинальной нагрузке (80 т/ч) воздух в количестве примерно 94 % от общего поступал в циклон через тангенциальные сопла со скоростью около 50 м/с. Остальную часть воздуха подавали к пережиму, скорость его на выходе из радиальных сопел пережима составляла приблизительно 40 м/с.

Испытания топки при половинной нагрузке проводили аналогично, но оставшуюся часть воздуха подавали к пережиму со скоростью на выходе из сопла примерно 20 м/с.

Проведенные исследования аэродинамики в неизотермических условиях показали, что из распределения тангенциальных скоростей газового потока в сечении газохода за пережимом (рис. 2) можно условно выделить зону ядра потока с безразмерным

Рис. 2. Изменение тангенциальной (кривая I) и осевой (кривая II) компоненты скорости потока по сечению газохода при номинальной (1, 3) и 50 % от номинальной (2, 4) нагрузках



радиусом ($\bar{r}_я = 0,84$) и пристенную зону. При этом максимальное значение безразмерной тангенциальной компоненты скорости ($\bar{w}_{\phi m}$) составляет 0,45 при $\bar{r}_{\phi m} = 0,57$ ($\bar{r}_{\phi m}$ — безразмерный радиус), а тангенциальной составляющей на границе ядра потока ($\bar{w}_{\phi я}$) — 0,21.

Ее определяли из уравнения $\bar{w}_{\phi я} = w_{\phi я} / w_v$ (где w_v — скорость воздуха на выходе из тангенциальных сопел циклона).

Расчеты, выполненные без учета неизотермичности процесса и влияния шероховатости стенок топки по методике [2], показали, что для первого сечения циклонной камеры $\bar{w}_{\phi m} = 1,08$ и $\bar{w}_{\phi я} = 0,96$ при $\bar{r}_{\phi m} = 0,67$ и $\bar{r}_я = 0,84$.

Характерная особенность распределения осевой безразмерной составляющей скорости (w_x) во втором сечении — наличие осевой зоны ($0 \leq \bar{r} < 0,43$) с преобладанием прямого движения газов $w_x / \bar{w}_{\phi} \approx 1,69$ и кольцевого вихря ($0,43 < \bar{r} < 0,84$). В пристенной зоне ($\bar{r} \geq 0,84$) наблюдали незначительный периферийный вихрь.

Данные газового анализа показали, что при номинальной и половинной нагрузках поля температур и газового состава в целом подобны. Для сечения циклона в приосевой зоне наблюдали максимальную концентрацию SO_2 и минимальную O_2 (рис. 3). В периферийной зоне данного сечения концентрация SO_2 изменяется в пределах 3...5 %, а газовая смесь обогащена кислородом приблизительно на 16 %. Такое распределение концентраций соответствует полученным температурным полям. Среднеинтегральная температура газов в сечении газохода за пережимом при номинальной нагрузке составляла примерно 1300 К, а при половинной — 1225 К. Более высокие значения температуры в газоходе за пережимом по сравнению с собственно топкой ($\bar{T} = 1150$ К) свидетельствуют об эффективном дожигании газов в аэромеханическом режиме.

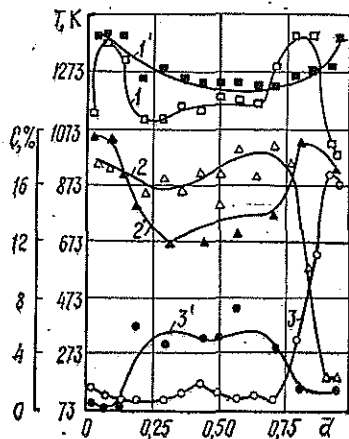


Рис. 3. Изменение температуры (кривые 1, 1'), концентрации SO_2 (кривые 2, 2') и O_2 (кривые 3, 3') в зависимости от сечения: циклонной топки — кривые 1, 2, 3; газохода — кривые 1', 2', 3'

Во втором сечении поля газового состава сглажены. Среднее значение концентрации SO_2 при номинальной нагрузке равно 15,4 %.

В результате балансовых опытов выявлено, что метод определения концентрации SO_2 на ГХП-100 дает заниженные результаты (до 20 %). Для сравнения на рис. 3 приведены данные, полученные йодометрическим методом.

При проведении испытаний механический недожог обнаружен только в периферийной зоне сечения циклона, а в сечении газохода он отсутствовал.

Общее время работы топки в период испытаний составило 168 ч, аэродинамическое сопротивление топки при номинальной нагрузке — 3,69 кПа, теплонапряжение объема — 2,32 МВт/м³ и сечения — 5,57 МВт/м². При этом были достигнуты следующие показатели:

Максимальная производительность по сжигаемой сере	98 т/сут
Среднесуточная производительность	78...86 т/сут
Концентрация SO_2 в топочных газах	13,70...15,88 %
Коэффициент избытка воздуха в топке	1,3...1,5.

Характерные особенности циклонной топки — стабильность работы, широкий диапазон регулирования, малая инерционность, наличие резерва по топливу и воздуху.

К недостаткам можно отнести грубый распыл и неравномерность работы форсунок, необходимость их сравнительно частой замены, длительный розжиг. Однако испытания подтвердили целесообразность широкого использования циклонных топок для сжигания серы.

Внедренная и находящаяся в постоянной эксплуатации циклонная топка на Архангельском ЦБК полностью обеспечила комбинат необходимым продуктом, что позволило заменить три вращающиеся камерные топки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ключников А. Д. К методу определения действительной температуры газового потока по показаниям двух термопар // Теплоэнергетика.— 1966.— № 12.— С. 80—83. [2]. Сабуров Э. Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1982.— 239 с. [3]. Третьяков В. И., Фингер Е. Д., Авдеева А. А. Теплотехнические испытания котельных установок.— М.: Энергия, 1977.— 296 с.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 630*231 : 06.091

НАУЧНАЯ ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ

(к 60-летию Брянского лесотехнического института)

В исследовании естественного возобновления брянских лесов прослеживается особая преемственность. Еще в конце XIX в. В. Д. Огневский выявил причины, тормозящие возобновление сосны после сплошных рубок: сухость почвы на многих вырубках, неурожай семенных деревьев в первые годы, разрастание травяного покрова и листовенных пород. Поэтому Г. Ф. Морозов поставил перед созданным в 1906 г. Брянским опытным лесничеством задачу изучить рубки и лесовозобновление в зависимости от состояния живого и мертвого покрова, почвы и других условий жизни самосева.

В первые десятилетия существования лесничества роль травяного покрова изучал К. М. Крыжановский, а его динамику на вырубках — Е. И. Хухрянская (1940). Изучению сплошных рубок много времени посвятил один из первых лесничих (впоследствии профессор) А. В. Тюрин, описавший результаты своих опытов 1910—1919 гг. в книге «Основы хозяйства в сосновых лесах». Он показал преимущество непосредственного примыкания лесосек перед чересполосным, при котором больше деревьев засыхает или вываливается, почва вследствие бокового освещения полосы зарастает злаками, а ее минерализация вызывает большие затруднения. Лучшим средством очищения лесосек является создание огневых площадью не менее 4 м². Установив, что половину урожая семян дает 1/10 часть деревьев (самых крупных), а четверть — 1/40 их часть, А. В. Тюрин предложил на лесосеках шириной более 50 м оставлять семенники из таких деревьев на 5 лет, а в сухих борах на более длительный срок. Он отметил «взрывы» плодоношения ели (1904, 1913, 1918, 1925 гг.), когда на 1 га спелого ельника черничного выпадало 3...17 млн семян массой 14...75 кг.

Исследование плодоношения сосны продолжил научный сотрудник Опытного лесничества В. П. Разумов (1940), доказавший, что урожай увеличивается до достижения деревьями определенного возраста (в брусничнике 130 лет). Ранее (1931) он установил, что в силу особенностей сосняков зеленомошниковых возможны успешные рубки не столько с последующим, но и сопутствующим возобновлением при выборке не менее 34...40 % запаса, что имеет большое значение для сохранения водоохраных свойств брянских лесов. Уже будучи профессором и заведующим кафедрой лесоводства, В. П. Разумов (1977) описал опыт лесничих по равномерно-постепенным рубкам. В первый прием полнота сосняка снижается до 0,5, проводится рыхлая почва или сжигание порубочных остатков. Через 8 лет (по его рекомендациям через 4-5 лет) полнота снижается до 0,3, и через такой же срок в третий прием древостой вырубается полностью.

Некоторые особенности заселения и роста самосева сосны на вырубках установил Е. Д. Манцевич (1957).

По данным Е. М. Остроумова (1957, 1964), рыхлая горизонтальная А₁ в сосняке брусничном и лишайниковом свежем, а также на вырубках способствовало повышению численности самосева сосны на 10...80 %, абсолютная густота которого на вырубках в первую осень составила соответственно 90 и 450 тыс. шт./га, а через 6 лет — около 1 тыс. шт./га. Такое воздействие возобновлению лучше проводить в апреле и первой половине мая.

Пользуясь планом опытных лесосек, мы обследовали сформировавшиеся древостой и пришли к выводу, что с помощью равномерно-постепенных рубок и последующих рубок ухода можно вырастить сосняки как зеленомошной группы типов леса, так и молиновые, голубично-пушищевые на избыточно увлажненной почве и липняковые свежие на относительно богатых почвах (Разумов, Тихонов, 1985).

На одной постоянной пробной площади им. проф. В. П. Разумова (№ 1Т) в квартале 72 в результате трех приемов рубки (1917, 1925, 1933 гг.) сформировался сосняк бруснично-черничный, запас которого соответствует среднему запасу культур В. П. Тимофеева, созданных в 1924 г. Но стволы в естественном древостое крупнее по диаметру, накопление наличного запаса идет интенсивнее (в 1984 г. — 320 м³, в 1989 г. — 356 м³), что отражает перспективу их долголетия. Под пологом сосняка появились дубки третьей величины (6 м). Надо полагать, что в соседнем трофотопе (С₂) дуб сформирует II ярус, даст дополнительный запас ценной древесины, а переносом кальция в подстилку будет сдерживать действие кислых осадков. Нами заложена такой объект рубки в квартале 74, где под разреженным сосняком орляковым формируется новое поколение из сосны и дуба. Аспиранты И. Н. Антюхов и А. П.

Кисляковская изучают формирование двухъярусных сосново-дубовых насаждений и экологию угнетенного дуба.

Меньший успех был достигнут в результате проведения в сосняках довоенных группово-постепенных рубок из-за частичной смены сосны елью. По исследованиям П. Н. Вашкулат, более равномерное распределение самосева сосны достигается после рубки интенсивностью до 50 % в виде большого числа котловин. Подобный принцип с образованием множества «кокон» при меньшей интенсивности оказался эффективным и при добровольно-выборочных рубках в сосняках на бедных и сухих почвах, где рубками нельзя нарушать почвозащитной роли леса (Чистилин, 1984).

Преимственность исследований, проводимых кафедрой лесоводства в опытном лесничестве, наблюдалась и при разработке технологии лесосечных работ, обеспечивающей сохранение подроста. Бывший лесничий, известный проф. В. П. Тимофеев (1940), обобщая 10-летний опыт проведения постепенных рубок в лесничестве, предложил для сосняков полосные рубки. В первый прием в средней 20-метровой полосе выбирают 75...80 % запаса, в смежных интенсивность постепенно убывает. Валку деревьев проводят вершиной на середину первой полосы под углом к волоку до 45°. При последующих приемах прежние волокни не используют, а для лучшего сохранения подроста их закладывают в боковых полосах. Доц. М. Я. Оскрётковым (1963) осуществлена такая рубка на 50-метровых пасаках с изреживанием средней 20—25-метровой полосы на 40...60 %. В последующие приемы волокни размещали по границе пасаек. Такая рубка по праву должна называться брянской полосно-постепенной.

Изучая возобновление и рост ели, В. П. Тимофеев (1936) сделал вывод, что из ее подроста создаются лучшие по производительности насаждения на относительно богатых почвах. В елово-широколиственных лесах он организовал эксперимент, раскрывающий механизм отрицательного воздействия опада дуба, клена и лещины на возобновление ели.

В. П. Тимофеев (1940) выделил три фактора, определяющих выбор способа рубки: эффективность лесозаготовки, требования по сохранению лесной среды и обеспеченность ускоренного возобновления главной породы с минимальными затратами. Именно эти требования перечисляются теперь в Основах лесного законодательства Союза ССР и союзных республик.

В. М. Обновленский предложил несколько путей восстановления ельников (1931), изучил влияние микрорельефа на возобновление ели (1935). Вместе с Б. В. Гроздовым (1934) они установили, что 2—3-летние сроки примыкания недостаточны для возобновления ели, и впервые разработали шкалу оценки возобновления по соотношению площадей, занятых древесными породами.

На основании первого обобщения результатов исследования лесовозобновления кафедрой лесоводства (Б. Д. Жилкин, В. П. Разумов, М. Я. Оскрётков) в послевоенный период были составлены правила рубок в Брянском лесном массиве.

Продолжая исследования хвойно-широколиственных лесов, Маевский (1964) констатировал, что в результате сплошных рубок эти ценные леса сменяются осинниками. Асп. В. П. Тарасенко (1961), ныне доктор наук, наметил пути восстановления хвойно-широколиственных древостоев. Главный лесничий Л. А. Чмутов зимой 1966/67 гг. заложил опытную группово-постепенную рубку, третий прием которой осуществлен нами в 1988 г. В результате почти на половине площади лесосеки вместо старого фаутного леса появилось новое поколение дуба. Исследование естественного возобновления дуба, начатое асп. И. В. Шершневым, будет продолжено по целевой программе Госкомлеса.

Площадь наиболее устойчивых естественных лесов может быть увеличена и за счет сохранения второго яруса ели при рубке мелколиственных древостоев. Эксперименты такого вида постепенных осветительных рубок, как и многих других, были заложены в разное время и продолжают нами в виде комплексных рубок. Лесоводственный анализ их провел асп. Б. П. Сахаров (1968), а соискатель В. Г. Благоразумов (1963) решил и технико-экономические задачи. Теперь к исследованиям закономерностей формирования древостоев из второго яруса приступил Ленинский стипендиат студент А. Н. Жежкун.

Опыт брянских ученых, исследования отечественных и зарубежных лесоводов обобщены в монографии «Теория и практика рубок леса» (Тихонов, Зябченко, 1990). В ней затронуты проблемы естественного лесовозобновления и в рекреационных лесах при проведении ландшафтных рубок. О необходимости формирования красивых опушек вдоль железной дороги и оставления величественных деревьев у просек, дорог до их полного отмирания еще в 1915 г. высказывался куратор Брянского опытного лесничества проф. М. М. Орлов. Глубокое исследование с разработкой практических рекомендаций по формированию лесопарковых ландшафтов — очередная задача брянской научной школы естественного лесовозобновления.

А. С. Тихонов

Брянский технологический институт

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3 : 630*

ВСЕСОЮЗНЫЙ СЪЕЗД ЛЕСНИЧИХ

23—24 ноября 1990 г. в Москве проходил I Всесоюзный съезд лесничих, созданный Госкомлесом СССР. Проведение его в историческом Колонном зале Дома союзов, приветствие Президента страны, присутствие Председателя Совета Министров СССР — все это подчеркивает значимость съезда.

Состоявшийся съезд нельзя считать продолжением дореволюционных лесных съездов, которые проводились в более широких рамках: объединяли лесовладельцев, лесопромышленников, лесоводов (не только лесничих, но и лесоустроителей, ученых). В прошлом съезды посвящались обычно какой-либо крупной региональной проблеме (лесное хозяйство Севера, дубравное хозяйство, возобновление сосны в южных районах и т. д.). Они проходили в условиях устойчивого и престижного лесного хозяйства, хотя и тогда были свои сложности, видимые нам в ретроспективе.

О необходимости возрождения авторитета лесничего впервые на высоком официальном уровне заявил министр лесного хозяйства РСФСР И. Е. Воронов. По его инициативе 21—23 июля 1966 г. в Свердловске было проведено Всероссийское совещание лесничих, ставшее по существу съездом лесничих России. Этот форум, а затем региональное совещание и съезды лесничих в других союзных республиках, прошедшие в конце 80-х годов, выявили обилие больших вопросов и подготовили почву для проведения Всесоюзного съезда лесничих.

Съезд съезда вызван причинами социально-профессионального характера: падением престижности работы лесничих в связи с общим регрессом лесного хозяйства, возрастающей социальной незащищенностью тружеников леса. Из хозяина леса лесничий превратился в работника, вынужденного нарушать лесоводственные принципы и устои, нормы профессиональной этики.

На съезде присутствовало около тысячи делегатов. С докладом «Роль лесничего в организации рационального природопользования» выступил Председатель Госкомлеса СССР акад. А. С. Исаев. Он сделал всесторонний обзор развития лесного хозяйства страны за послеоктябрьский период. Многочисленные преобразования в лесном хозяйстве, разрушившие хорошо зарекомендовавшую себя структуру государственной лесной службы, привели к катастрофическому состоянию лесов страны, разорительной практике лесопользования, недостойной цивилизованного государства. В связи с ошибочностью экономической системы бесплатного использования природных ресурсов лесохозяйственная отрасль, управляющая огромными ресурсами, лишена возможности зарабатывать средства, достаточные для своего развития. Требуется реализация целенаправленной лесной стратегии на длительную перспективу. Эта перспектива определена концепцией развития лесного хозяйства страны, разработанной Госкомлесом СССР.

В докладе подчеркнуто, что коренное изменение отношения общества к лесам, резкое возрастание их экологической значимости требует определить новые цели и направления развития лесного хозяйства страны. Выбор этих целей охватывает все стороны лесохозяйственного производства. Большое значение в обновлении лесного хозяйства приобретает необходимость развития лесохозяйственной науки, лесостроительства, механизации, решения социальных задач. При этом в условиях рыночных отношений наиболее совершенной остается государственная форма управления лесами.

Значительное внимание уделено социальным и духовным процессам как важнейшей составной части системы управления лесным хозяйством, незаменимой роли лесничего, социальной защищенности специалистов лесного хозяйства.

Выступления делегатов и гостей съезда были проникнуты болью и озабоченностью судьбой наших лесов. Речь шла о недопустимости муниципализации лесов (акад. А. В. Яблоков), необходимости разделения функций лесфондодержателя и лесопользователя (чл.-кор. Д. П. Столяров), о принадлежности лесов всему государству и народу (В. А. Шубин, В. П. Романовский, Б. А. Ковалев и др.), роли лесных специалистов в обществе, конкретных путях улучшения лесного хозяйства. Председатель Совмина СССР Н. И. Рыжков в своем выступлении отметил необходимость единой государственной лесной политики, созидательные функции лесоводов.

Съезд обсудил и единодушно принял Всесоюзный регламент статуса лесничего в системе государственной лесной охраны, кодекс чести лесничего, обращение к Верховному Совету СССР, Верховным Советам союзных и автономных республик, местным Советам народных депутатов и гражданам СССР и развернутое решение.

Был одобрен проект Основ лесного законодательства Союза ССР и союзных республик. Съезд постановил просить Президента СССР, Советы народных депутатов СССР, союзных и автономных республик, Советы Министров СССР, союзных и автономных республик передать все леса в ведение органов лесного хозяйства страны; создать единую систему государственного управления лесами и лесным хозяйством в СССР, обеспечивающую их двойное подчинение: Советам народных депутатов и вышестоящим органам лесного хозяйства.

Первый съезд лесничих СССР выразил уверенность, что работники лесного хозяйства достойно выполнят свой профессиональный долг и возродят былую славу отечественного лесоводства.

И. С. Мелехов, Г. А. Чибисов

Московский лесотехнический институт
Архангельский институт леса и лесохимии

НЕКРОЛОГИ

ПАМЯТИ НАТАЛИИ МИХАЙЛОВНЫ БЕЛОЙ

30 октября 1990 г. на 76-м году перестало биться сердце Наталии Михайловны Белой — крупного ученого в области механизации лесного хозяйства и лесной промышленности, доктора технических наук, профессора Львовского лесотехнического института. Более 40 лет жизни Н. М. Белой были связаны с Львовским лесотехническим институтом, его становлением и развитием. Здесь она начинала свою научно-педагогическую деятельность ассистентом, а затем, защитив в 1954 г. кандидатскую и в 1967 г. докторскую диссертации, работала доцентом и профессором.

С 1959 г. по 1961 г. Н. М. Белая была деканом лесоинженерного факультета. На протяжении 26 лет руководила кафедрой строительной механики. В течение последних трех лет работала профессором кафедры прикладной механики, передавая свои знания и опыт студентам и научным работникам.

Более 20 лет Наталия Михайловна возглавляла созданную ею научную школу канатного транспорта леса, активно пропагандировала результаты исследований в этом направлении, опубликовала свыше 150 работ и подготовила 18 кандидатов технических наук. По ее предложению в рабочие планы лесоинженерных специальностей ЛЛТИ была включена дисциплина «Канатный транспорт леса».

Н. М. Белая была прекрасным педагогом, воспитала не одно поколение инженеров лесной и деревообрабатывающей промышленности. Она пользовалась большим авторитетом среди сотрудников, студентов и производственников.

За большой вклад в подготовку инженеров, плодотворную учебно-методическую и научно-исследовательскую работу проф. Н. М. Белая была награждена десятью правительственными наградами.

Большую научно-педагогическую работу Наталия Михайловна сочетала с активной общественной деятельностью. Она была председателем совета наставников института, членом райкома КПУ и парткома института, ответственным редактором республиканского межвузовского сборника, членом редколлегии «Лесного журнала».

Светлая память о Наталии Михайловне Белой — выдающемся ученом, замечательном педагоге — навсегда сохранится в сердцах коллег, учеников, друзей и всех тех, кто знал ее.

Коллектив Львовского лесотехнического института
Редакция «Лесного журнала»

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. К. Мякушко, П. Г. Плюта. Взаимосвязь температур почвы и воздуха в лесных биогеоценозах и ее экологическое значение	3
Е. И. Успенский. Авиационный способ обработки почвы в слово-лиственных молодняках	6
Е. С. Мальцев. Влияние способа обработки почвы на сохранность и рост культур сосны на осушенном торфянике	10
Ю. М. Дебринюк. О корненошенности почвы в смешанных насаждениях дуба черешчатого и ели обыкновенной	13
С. А. Родин. Рост и динамика физиологических показателей саженцев ели в питомнике	16
А. П. Рябоконь. Продуктивность сосновых насаждений и качество древесины в них при ускоренном выращивании на пилочник и балансы	19
Б. П. Чураков. Распространение серого шютте в Барнаульском ленточном бору	24

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. И. Морозов. Устойчивость подвижного состава в кривых при перевозке длинных рельсовых плетей	28
Д. Г. Шимкович. Оптимизация формы челюстей грейферных механизмов при зачерпывании круглых лесоматериалов	34
И. И. Сленко. Об усилиях в несущих канатах при ударных нагрузках	38
Б. В. Уваров, В. И. Жабин, А. П. Елисеев, В. В. Щелкунов. Влияние балласта и зазоров под шпалой на коэффициент постели основания	42
Д. Л. Дудюк. Общая методика оптимизации параметров и технологической компоновки линий для лесного комплекса	46
С. Б. Якимович, С. Л. Шулепов. Определение характеристик потока деревьев при непрерывном режиме работы валочно-пакетирующих машин	49

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Б. М. Рыбин. Оценка блеска прозрачных лаковых покрытий	53
С. М. Плотников. Формирование трехслойного стружечного ковра с оптимальной структурой	58
Б. В. Лабудин, Е. Н. Серов, Ю. А. Варфоломеев, В. А. Катаев. Исследование прочности клееной древесины при растяжении под различными углами к волокнам	61
Г. Ф. Прокофьев. Определение скорости подачи с ограничением по точности при пилении древесины рамными и ленточными пилами	64
А. Н. Чубинский, А. Л. Щербаков, Л. М. Сосна, Ю. И. Цой, А. М. Бородулин. Напряженное состояние многослойной деревянной балки	68
Ю. Ф. Чернышев. Напряженное состояние ортотропного цилиндра переменной плотности	71
Е. Б. Рюмина, Г. Б. Успенская, Л. М. Ковальчук. Прогнозирование длительной прочности элементов деревянных конструкций по результатам производственного контроля	76

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

О. А. Кушинская, Ю. И. Дьяченко, Т. А. Туманова, С. С. Пузырев. Снижение реверсии белизны термомеханической массы, отбеленной пероксидом водорода	80
Л. Ф. Левина, Б. Д. Левин. Динамика усадки бумаги при сушке	86
С. А. Паюсов, В. С. Крылов, Л. Н. Шарыпова. Об адекватном описании кинетики гидролиза растительного сырья	89
В. И. Бородин, В. А. Трухачева. Термомеханический анализ высокотемпературного пиролиза лигносульфонатов	96
О. Ф. Горбунова, Г. М. Боголицына, Е. Н. Коробова. Исследование нитролигнинов	99

- А. И. Ламоткин, И. В. Мамоненко, И. Л. Шульгин. Определение термодинамической стабильности моноциклических изомеров 3-карена полуэмпирическими аддитивными методами 103

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Л. Б. Иванов, И. В. Гельман, И. И. Исаева, Т. А. Шагалова. Оптимизация удельных затрат ручного труда для мебельных предприятий 107
- В. С. Соминский. Перестройка и развитие целлюлозно-бумажной промышленности 111
- А. П. Петров, А. Н. Панютин. Моделирование структуры хозрасчетных комплексов лесных предприятий 116
- Н. Ю. Сухопаров. Сравнительный анализ и предварительное обоснование выбора формы хозрасчета 119

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- В. М. Азаренков. Учет ветровой нагрузки при расчете реевого бона 125
- В. Э. Обуховский, А. А. Домничев, Б. Д. Кацнельсон, В. К. Любов, Т. Г. Загоскина. Исследование работы циклонной топки для сжигания серы 126

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- А. С. Тихонов. Научная школа естественного лесовозобновления (к 60-летию Брянского лесотехнического института) 129

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- И. С. Мелехов, Г. А. Чибисов. Всесоюзный съезд лесничих 131

НЕКРОЛОГИ

- Коллектив Львовского лесотехнического института, редакция «Лесного журнала». Памяти Натальи Михайловны Белой 133

- Рефераты 138
- Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 1990 г. 141

CONTENTS

FORESTRY

<i>V. K. Mjakushko, P. G. Pljuta.</i> Relationship between Soil and Air Temperature in Forest Biogeocoenosis and its Ecological Importance	3
<i>E. I. Uspensky.</i> Aerial Treatment in Spruce-and-Larch Young Stands	6
<i>E. S. Malyeeshov.</i> Influence of Soil Treatment Method on Conservation and Growth of Artificial Pine Stands on Drained Peatbog	10
<i>Yu. M. Debrinjuk.</i> On Root Population of Soil in Mixed Common Oak and Spruce Stands	13
<i>S. A. Rodin.</i> Growth and Physiological Indices Dynamics of Spruce Transplants in Arboretum	16
<i>A. P. Rjabokon'.</i> Productivity and Wood Quality of Pine Stands Depending on their Accelerated Growth (for saw'og and pulpwood)	19
<i>B. P. Churakov.</i> Distribution of Grey Shjutte in Barnaul Band Pine Forest . .	24

FOREST EXPLOITATION

<i>S. I. Morozov.</i> Stability of Rolling-Stock at Curved Road Sections When Transporting Long Welded Rails	28
<i>D. G. Shimkovich.</i> Optimization of Grab Mechanism Jams' Form at Round Timber Grabbing	34
<i>I. I. Stepko.</i> On Forces in Conveying Ropes at Urgent Loads	38
<i>B. V. Uvarov, V. I. Zhabin, A. P. Yeliseev, V. V. Shchelkunov.</i> Influence of Pallastand Clearance under Sleepers on Modulus of Subgrade Reaction	42
<i>D. L. Dudjuk.</i> General Methods of Line Parameter Optimization and Basic Arrangement for Forest Complex	46
<i>S. B. Yukimovich, S. L. Shu'tepov.</i> Determination of Trees Flow Characteristic at Continuous Operation Conditions of Felling-Bunching Machine	49

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>B. M. Ryeegin.</i> Assessment of Transparent Varnish Coating Lustre	53
<i>S. M. Plotnikov.</i> Forming of Three-Layer Optimal Structure Carpet	58
<i>B. V. Labudin, E. N. Serov, Yu. A. Varfolomeev, V. A. Kataev.</i> Investigation of Laminated Wood Tensile Strength at Different Grain Angles	61
<i>G. F. Prokof'ev.</i> Determination of Feed Rate with Limitation on Accuracy at Frame and Band Sawing of Wood	64
<i>A. N. Chubinsky, A. L. Shcherbakov, L. M. Sosna, Yu. I. Tsoi, A. M. Borodulin.</i> Stressed Condition of Multiply Timber Beam	68
<i>Yu. F. Chernyeeshov.</i> Strained Condition of Orthotropic Cylinder of Varying Density	71
<i>E. B. Rjumina, G. B. Uspenskaya, L. M. Koval'chuk.</i> Forecasting of Wood Construction Members Durability by Process Control Results	76

CHEMICAL WOODWORKING

<i>O. A. Kuchinskaya, Yu. I. D'jachenko, T. A. Tumanova, S. S. Puzyeerev.</i> Decrease in Whiteness Reversion of Thermomechanical Pulp Bleached by Peroxide of Hydrogen	80
<i>L. F. Levina, B. D. Levin.</i> Dynamics of Paper Shrinkage at Drying	86
<i>S. A. Pajusov, V. S. Kryeetov, L. N. Sharyeepova.</i> On adequate Kinetics Description of Plant Raw Materials Hydrolysis	89
<i>V. I. Borodin, V. A. Trukhachjova.</i> Thermomechanical Analysis of Lignosulfonates' High Temperature Pyrolysis	96
<i>O. F. Gorbunova, G. M. Bogolitsyena, E. N. Korobova.</i> Investigation of Nitrolignin	99

- A. I. Lamotkin, I. V. Mamonenko, I. L. Shul'gin.* Determination of Thermodynamic Stability of Monocyclic Isomer 3-Carene by Half-Empirical Additive Methods 103

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- L. B. Ivanov, I. V. Gel'man, I. I. Isaeva, T. A. Shagalova.* Optimization of Manual Labor Specific Expenses for Furniture Plants 107
- V. S. Sominsky.* Perestroika and Development of Pulp and Paper Industry . . 111
- A. P. Petrov, A. N. Panjutin.* Modelling of Self-Supporting Integrated Forestry Enterprises' Structure 116
- N. Yu. Sukhoparov.* Comparative Analysis and Estimation of Self-Support Form Choice 119

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- V. M. Azarenkov.* Wind Load Account at Fin Boom Calculation 125
- V. E. Obukhovskiy, A. A. Domnichev, B. D. Katsnel'son, V. K. Ljubov, T. G. Zagoskina.* Investigation of Sulphur Cyclone Furnace Operation 126

FROM VUSES' LIFE

- A. S. Tikhonov.* Scientific School of Natural Forest Regeneration (Towards the 60th Anniversary of the Brjansk Forestry Engineering Institute) 129

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

- I. S. Melekhov, G. A. Chibisov.* All-Union Foresters' Congress 131

OBITUARIE

- Staff of the L'vov Forestry Engineering Institute, the Editors of Lesnoy Zhurnal.* In Memory of Nataliya M. Belaya 133

- Précis 138
- Index 141

РЕФЕРАТЫ

УДК 630*181.22

Взаимосвязь температур почвы и воздуха в лесных биогеоценозах и ее экологическое значение. МЯКУШКО В. К., ПЛЮГА Н. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 3—6.

Обосновано применение в лесных биогеоценологических исследованиях показателя ВТГ, с достаточной степенью точности позволяющего диагностировать состояние лесонасаждений, оценить их устойчивость и определить хозяйственные мероприятия по улучшению лесорастительных условий. Освещена роль нижних ярусов в процессе стабилизации внутренней среды биогеоценоза. Библиогр. список: 17 назв.

УДК 630*231.324

Авиационный метод в елово-лиственных молодняках. УСПЕНСКИЙ Е. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 6—10.

Изложены экспериментальные материалы по динамике горизонтальной и вертикальной структуры елово-лиственных молодняков после проведения авиационного химухода. Даны рекомендации по его применению в зависимости от структуры молодняка. Табл. 3. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*232.216

Влияние способа обработки почвы на сохранность и рост культур сосны на осушенном торфянике. МАЛЫШЕВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 10—12.

Рассмотрены результаты трехлетних исследований влияния различных способов сплошной предпосадочной обработки почвы на сохранность и годичный прирост сосны по высоте. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*181.36

О корненошенности почвы в смешанных насаждениях дуба черешчатого и ели обыкновенной. ДЕБРИНЮК Ю. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 13—16.

Рассмотрен характер взаимоотношений между корневыми системами дуба и ели в парцеллах. Установлено отсутствие антагонизма между ними, что свидетельствует о возможности выращивания высокопродуктивных насаждений из дуба черешчатого и ели обыкновенной. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*232.41

Рост и динамика физиологических показателей саженцев ели в питомнике. РОДИН С. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 16—19.

Исследована связь фенофаз развития саженцев ели в питомнике с суммой активных температур и динамикой содержания основных метаболитов в хвое и корнях растений. Даны рекомендации о сроках пересадки саженцев на лесокультурную площадь. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*24:630*812

Продуктивность сосновых насаждений и качество древесины в них при ускоренном выращивании на выловочник и балансы. РЯБОКОНЬ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 19—24.

Показано, что разреживание сосновых насаждений в сочетании с обрезкой сучьев позволяет улучшить товарную структуру выращиваемых древостоев. Дана качественная характеристика древесины в насаждениях сосны с различным хозяйственным уходом. Ил. 3. Табл. 5. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*443

Распространение серого шютте в Барнаульском ленточном бору. ЧУРАКОВ Б. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 24—27.

Рассмотрены вопросы зараженности соснового подроста и хвой отдельных деревьев серым шютте в ленточных борах. Приведены характерные признаки болезни, вызываемой изучаемым грибом. Установлено увеличение зараженности соснового подроста серым шютте по мере улучшения лесорастительных условий, уменьшения полноты насаждений и усиления степени рекреационного воздействия на них. Табл. 4. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 625.143.482

Устойчивость подвижного состава в кривых при перевозке длинных рельсовых плетей. МОРОЗОВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 28—34.

Рассмотрена методика определения поперечной и направляющей сил и условия устойчивости платформ состава, нагруженного пакетом рельсовых плетей, против опрокидывания платформ и схода колес с рельсов в кривых участках пути. Ил. 4. Табл. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*377

Оптимизация формы челюстей грейферных механизмов при зачерпывании круглых лесоматериалов. ШИМКОВИЧ Д. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 34—38.

Установлены границы пульсаций нагрузок на челюсти грейфера. Сформулирована многокритериальная задача оптимизации их формы. Приведены результаты расчета. Ил. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 539.381:625.576.4

Об усилиях в несущих канатах при ударных нагрузках. СЛЕПКО И. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 38—42.

Исследованы динамические усилия в несущих канатах однопролетных установок при ударных нагрузках. Рассмотрена работа несущего каната с жестким закреплением его концов, а также с упругоподатливыми концевыми опорами. Получено выражение для определения коэффициента динамичности усилий в несущем канате при ударных нагрузках. Ил. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 531.3:625.143

Влияние балласта и зазоров под шпалой на коэффициент постели основания. УВАРОВ Б. В., ЖАВИН В. И., ЕЛИСЕЕВ А. П., ЩЕЛКУНОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 42—46.

Предложен метод расчета влияния зазоров под шпалой, толщины и вида балласта на коэффициент постели основания. Задача решена численно на ЭВМ. Приведены результаты расчета. Ил. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 65.011.56:674.09

Общая методика оптимизации параметров и технологической компоновки линий для лесного комплекса. ДУДЮК Д. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 46—49.

На основании общей математической модели АЛЛК предложены аналитические выражения для расчета коэффициента наложения потерь рабочего времени, а также определения оптимальных по критерию удельных приведенных затрат отношения значений номинальной производительности станков (участков) и вместимости буферных устройств между ними.

УДК 630*323:658.5.012.1

Определение характеристик потока деревьев при непрерывном режиме работы валочнопакетирующих машин. ЯКИМОВИЧ С. Б., ШУЛЕПОВ С. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 49—52.

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению характеристик потока деревьев, поступающих в зону манипулятора при непрерывном перемещении ВПМ. Сглаживание эмпирического распределения произведено на основе экспоненциального закона. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 684.4.059.1

Оценка блеска прозрачных лаковых покрытий. РЫБИН Б. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 53—58.

Определены факторы, оказывающие влияние на показання фотоэлектрических блескомеров. Приведены условия оценки блеска прозрачных лаковых покрытий и даны рекомендации по выбору блескомеров для различных групп и покрытий. Ил. 3.

УДК 671.815-11

Формирование трехслойного стружечного ковра с оптимальной структурой. ПЛОТНИКОВ С. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 58—61.

Предложена система, позволяющая автоматически формировать трехслойный стружечный ковер. При этом поддерживается такое соотношение слоев, что изготавливаемая древесно-стружечная плита имеет максимальную прочность на изгиб. Ил. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.011.1:674.028.9

Исследование прочности клееной древесины при растяжении под различными углами к волокнам. ЛАБУДИН Б. В., СЕРОВ Е. Н., ВАРФОЛОМЕЕВ Ю. А., КАТАЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 61—64.

Приведены результаты экспериментального определения прочности клееной древесины, выполненные на малых образцах при растяжении под углами 0, 30, 45, 60, 90 градусов к направлению волокон, а также расчетные сопротивления, полученные по методике ЦНИИСК. Полученные результаты можно использовать при разработке новой редакции главы СНиП. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.053:621.933.6

Определение скорости подачи с ограничением по точности при пилении древесины рамными и ленточными пилами. ПРОКОФЬЕВ Г. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 64—68.

Изложена методика расчета скорости подачи (с ограничением по точности) с учетом силы резания, жесткости, устойчивости и допускаемых отклонений рамных и ленточных пил. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.093.26

Напряженное состояние многослойной деревянной балки. ЧУВИНСКИЙ А. Н., ЩЕРБАКОВ А. Л., СОСНА Л. М., ЦОЙ Ю. И., БОРОДУЛИН А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 68—71.

Определены нормальные и касательные напряжения, возникающие в многослойной балке (пластине) при изгибе. Доказана необходимость учета касательных напряжений при расчете прочности многослойных элементов. Предложены схемы наборов толщин шпона для изготовления фанерных плит марки ПФ-В, обеспечивающих максимальную прочность. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.887

Напряженное состояние ортотропного цилиндра переменной плотности. ЧЕРНЫШЕВ

Ю. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 71—75.

Приведено решение задачи по определению главных напряжений в неоднородном толстостенном цилиндре, у которого модуль упругости изменяется вдоль радиуса по степенному закону и зависит от влажности и температуры. Цилиндр нагружен внешним и внутренним давлением. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 621.011.1

Прогнозирование длительной прочности элементов деревянных конструкций по результатам производственного контроля. РЮМИНА Е. Б., УСПЕНСКАЯ Г. Б., КОВАЛЬЧУК Л. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 76—79.

Предложены уравнения регрессии, связывающие показатели длительной прочности элементов деревянных конструкций с параметрами пороков древесины. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 676.16.023.121

Снижение реверсии белизны термомеханической массы, отбеленной пероксидом водорода. КУЧИНСКАЯ О. А., ДЬЯЧЕНКО Ю. И., ТУМАНОВА Т. А., ПУЗЫРЕВ С. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 80—85.

Исследовано влияние ряда стабилизирующих добавок на снижение реверсии белизны термомеханической массы (ТММ), отбеленной пероксидом водорода. На основании сравнения дифференциальных спектров образцов показано влияние стабилизаторов белизны на образование различных хромофорных групп. Выявлены наиболее эффективные стабилизаторы белизны ЭДТА и калиевая соль диметиламинопропионовой кислоты. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 676.2.026.5

Динамика усадки бумаги при сушке. ЛЕВИНА Л. Ф., ЛЕВИН Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 86—89.

Изложены результаты исследования усадки типографской бумаги № 1 в ходе сушки в цилиндрической сушилке. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 511.127:517.158

Об адекватном описании кинетики гидролиза растительного сырья. ПАЮСОВ С. А., КРЫЛОВ В. С., ШАРЫПОВА Л. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 89—95.

Предложено кинетическое уравнение для описания процессов гидролиза растительного сырья, более адекватно отражающее их природу, чем традиционные. Табл. 1. Библиогр. список: 17 назв.

УДК 547.992

Термодинамический анализ высокотемпературного пиролиза лигносульфонатов. БОРОДИН В. И., ТРУХАЧЕВА В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 93—99.

С помощью термодинамических расчетов определены энергетические затраты и спектр химических продуктов, образующихся при высокотемпературном плазмохимическом пиролизе технических лигносульфонатов. Наиболее ценный продукт, образующийся при этом, — ацетилен, для которого выявлены оптимальные условия выхода. Получены графики, позволяющие оценивать выход ацетилена при высокотемпературном пиролизе любого вида древесного сырья. Ил. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 547.992.3:543.253

Исследование нитролигнинов. ГОРБУНОВА О. Ф., БОГОЛИЦЫНА Г. М., КОРОБОВА Е. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 99—103.

Представлены результаты нитрования сульфатного и гидролизного лигнинов азотной кислотой. Выделены продукты нитрования в виде трех фракций: аморфного порошка (нитролигнин), кристаллической фракции (щавелевая кислота) и смолообразной фракции (смесь окисленных ароматических продуктов). Выход полученных фракций зависит от вида используемого лигнина.

УДК [547.597.1:51]:541.11

Определение термодинамической стабильности моноциклических изомеров 3-карена полуэмпирическими аддитивными методами. ЛАМОТКИН А. И., МАМОНЕНКО И. Б., ШУЛЬГИН И. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 103—106.

Изучены термодинамические свойства десяти моноциклических терпеновых углеводородов, образующихся при раскрытии циклопропанового кольца 3-карена в условиях кислотного или основного катализа. При помощи полуэмпирических аддитивных методов были определены для идеальноегазового состояния веществ значения стандартной энтальпии образования и абсолютной энтропии при 298 К, молярной изобарной теплоемкости при 300 и 800 К. Рассчитаны значения стандартной свободной энергии Гиббса и построен ряд относительной термодинамической стабильности рассматриваемых моноциклических изомеров 3-карена. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 684:331

Оптимизация удельных затрат ручного труда для мебельных предприятий. ИВАНОВ Л. Б., ГЕЛЬМАН И. В., ИСАЕВА И. И., ШАГАЛОВА Т. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 107—111.

Разработана методика оптимизации удельных затрат ручного труда как фактора роста производительности труда и даны решения соответствующих задач для типовых предприятий мебельной промышленности Северо-Западного экономического района. Табл. 2.

УДК 338.4:676

Перестройка и развитие целлюлозно-бумажной промышленности. СОМИНСКИЙ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 111—115.

Рассмотрены основные требования и объективные возможности развития ЦБП в условиях перестройки и преодоления ее отставания. Обоснованы предложения по коренному изменению организации управления в отрасли. Особо отмечена необходимость увеличения и лучшего использования научного потенциала отрасли.

УДК 630*68

Моделирование структуры хозяйственных комплексов лесных предприятий. ПЕТРОВ А. П.,

ПАНЮТИН А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 116—119.

Приведена экономико-математическая модель структуры комплексных лесных предприятий в условиях их хозяйственной деятельности. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 338.214.42

Сравнительный анализ и предварительное обоснование выбора формы хозрасчета. СУХОПАРОВ Н. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 119—124.

На базе прогнозирования и сопоставления результатов хозяйственной деятельности по условному предприятию проведен сравнительный анализ форм хозрасчета. Дано предварительное обоснование выбора модели хозрасчета. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*378.7

Учет ветровой нагрузки при расчете реевого бона. АЗАРЕНКОВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 125—126.

Предложено ветровую нагрузку на полосу молевого леса и через нее на реевый бон учитывать с помощью коэффициента уменьшения ширины полосы леса. Приведен график изменения этого коэффициента в зависимости от отношения скорости ветра и скорости течения потока для однорядного бона без козырька. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 662.921

Исследование работы циклонной топki для сжигания серы. ОБУХОВСКИЙ В. Э., ДОМНИЧЕВ А. А., КАЦНЕЛЬСОН Б. Д., ЛЮБОВ В. К., ЗАГОСКИНА Т. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 126—128.

Приведены результаты испытания реконструированной циклонной топki для сжигания серы на двух нагрузках с исследованием аэродинамической структуры газового потока и особенностей горения серы. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*231:06.091

Научная школа естественного лесовозобновления (к 60-летию Брянского лесотехнического института). ТИХОНОВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 120—130.

УДК 061.3:630*

Всесоюзный съезд лесничих. МЕЛЕХОВ И. С., ЧИБИСОВ Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 6, с. 131—132.

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,

ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»

в 1990 г.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Анев В. Н., Дехтерева Л. П., Мелехов Е. И. Методика количественной оценки эффективности действия арборицидов на сеянцы березы. № 5—24.
- Астрологова Л. Е. Возобновление ели под пологом сосняка черничного свежего. № 5—13.
- Бабич Н. А., Травникова Г. И. Структура фитомассы сосняков искусственного происхождения борового экологического ряда. № 3—10.
- Барабин А. И., Стрельцова Н. А. Экономическое обоснование заготовки семян ели на Европейском Севере в урожайные годы. № 4—21.
- Бирюков В. И. Рост культур тополей в различных условиях произрастания. № 3—7.
- Бугаев В. А. Природоохранные мероприятия в лесоустроительном проекте. № 1—3.
- Василецко А. В. Влияние лазерного облучения семян на ускорение роста сеянцев сосны обыкновенной. № 4—14.
- Высоцкий А. А., Лавриненко Н. Н. Структура насаждений сосны по смолопродуктивности деревьев. № 3—28.
- Гутман А. Л. Построение модели оптимальной густоты древостоя на основе эколого-физиологической модели динамики лесных насаждений. № 2—6.
- Дебринюк Ю. М. О корненаселенности почвы в смешанных насаждениях дуба черешчатого и ели обыкновенной. № 6—13.
- До динь Шам, Нго Киэ. Характеристика накопления опада и подстилки в сосновых лесах Южного Вьетнама. № 2—9.
- Ермаков В. Е., Машковский В. П. Распределение плотности вероятностей коэффициентов видового состава в сосновых лесах. № 5—7.
- Землянухин А. И., Скрынников Б. М. Пути повышения кондиционности семян. № 5—17.
- Ивашов А. В., Суслова Г. Н. О зимующем запасе яйцевого паразита *Trihogramma telengal* Sor. зеленой дубовой листовёртки *Tortrix vitridana* L. в дубравах Крыма. № 5—9.
- Ивонин В. М., Прахов А. В. Можжевельник казачий как закрепитель меловых оврагов. № 4—3.
- Косарев В. П., Умаров М. У., Стульнева И. Х., Эжнева З. С. Влияние осушения болот на анатомическое строение древесины сосны обыкновенной. № 2—19.
- Кузнецов Ю. А. Скорость продвижения фронта пожара по сухим травостоям безлесных участков. № 3—21.
- Лебедев А. В. Влияние рекреации на состояние и устойчивость деревьев ели в северной подзоне тайги. № 2—13.
- Лобов А. А. О закономерностях и особенностях динамики лесного фонда в Амурской области. № 2—23.
- Луганский Н. А., Калинин В. А. Влияние атмосферных промышленных загрязнений на семеношение и качество семян сосны. № 1—7.
- Малышев Е. С. Влияние способа обработки почвы на сохранность и рост культур сосны на осушенном торфянике. № 6—12.
- Мамаев Ю. Б. Очаги стволовых вредителей в лиственничниках Тувинской АССР поврежденных сибирским шелкопрядом. № 2—16.
- Матвеев П. М., Усольцев В. А. Экология и моделирование послепожарного опада и возобновления лиственницы на многолетней мерзлоте. № 1—14.
- Моисеев А. Д., Писарева С. Д. Распространение соснового подкорного клопа в культурах сосны, испытывающих воздействие промышленных выбросов. № 1—10.
- Моисеев В. С., Никифорчин И. В., Карпов Л. Н., Светлов Е. Г. Учет и формирование подраста, подлеска и травяно-кустарничкового покрова в зеленой зоне Ленинграда. № 5—3.
- Мякушко В. К., Плюта П. Г. Взаимосвязь температур почвы и воздуха в лесных биогеоценозах и ее экологическое значение. № 6—3.
- Попова Л. Г., Юринова А. А., Киприанов А. И. Стимуляция образования хлорофилла в хвост ели и сосны препаратами на основе черных сульфатных щелоков. № 4—11.
- Попова Л. Г., Юринова А. А., Кузьмина М. В., Евдокимов А. П., Киприанов А. И. Влияние препаратов на основе сульфатных черных щелоков на приживаемость и рост саженцев ели и сосны. № 3—16.
- Родин С. А. Рост и динамика физиологических показателей саженцев ели в питомнике. № 6—16.
- Рябконов А. П. Продуктивность сосновых насаждений и качество древесины в них при ускоренном выращивании на пиловочник и балансы. № 6—19.
- Самошкин Е. Н., Иванов В. П., Крючкова Л. А. Парааминобензойная кислота — новый биостимулятор роста сеянцев и саженцев сосны. № 4—25.
- Свиридов Л. Т. Исследование прочности крепления крылаток к лесным семенам. № 3—25.
- Смирнов А. П. Бонитирование лесорастительных условий в осушенных сосняках. № 3—3.
- Соколов П. А. Целевое использование липняков. № 1—26.
- Телешек Ю. К., Агапонов Н. Н. Пути повышения эффективности террасирования крутосклонов под лесные насаждения. № 4—17.
- Термена Б. К. Биозоологический подход к оценке древесных интродуцентов. № 2—3.
- Третьяков С. В. Полнодревесность стволов сосны и ели в смешанных древостоях. № 2—26.
- Успенский Е. И. Абрихмуход в слово-лиственных молодняках. № 6—6.
- Цыплаков В. В., Федоров О. Е., Гришин Ю. М. Об интенсивности роста сеянцев дуба в пнях ранее срубленных деревьев. № 4—8.
- Чураков Б. П. Распространение серого шюте в Барнаульском ленточном бору. № 6—24.
- Шапкин О. М., Горбунов Е. А. Теоретические и практические аспекты выращивания новогодних елей. № 5—20.
- Якимчук В. А., Гончаров В. В. Обоснование рационального типа рабочего органа для лесомеханического каналокопателя. № 1—21.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Анисимов Г. М., Кочнев А. М., Сергеев В. П., Памфилов Д. В. Повышение устойчивости заданного направления движения колесной трелевочной системы. № 5—29.
- Анисимов Г. М., Памфилов Д. В., Валажонков В. Д., Сергеев В. П., Кочнев А. М. Повышение эксплуатационной эффективности колесной трелевочной системы. № 2—49.

- Библюк Н. И., Бойко А. А. Определение коэффициента жесткости пакета хлыстов при изгибе и кручении. № 2—38.
- Бойко С. П., Сотонин С. Н. Теоретические исследования доступности деревьев для рабочих органов валочно-пакетирующих машин на неплоских рубках. № 5—36.
- Вторина З. Д. О некоторых технологических параметрах выгрузки бревен из грейфера. № 2—46.
- Грехов Г. Ф., Салминин Э. О. Математическая модель для выбора оптимального лесовозного автомобильного поезда. № 2—30.
- Дудюк Д. Л. Обоснование рациональной системы машин для производства сортиментов. № 5—41.
- Дудюк Д. Л. Общая методика оптимизации параметров и технологической компоновки линий для лесного комплекса. № 6—46.
- Есафов В. Д., Смирнов Н. Н. Транспортная система для перевозок крупногабаритных грузов по бездорожью. № 3—49.
- Есафова З. Я., Есафов В. Д. Обоснование оптимальной кинематической схемы крупнопильных станков циклического действия для продольной распиловки. № 1—34.
- Жуков А. В., Кирильчик А. И. Динамика криволинейного движения лесовозного автопоезда. № 3—33.
- Жуков А. В., Петрович О. В., Кирильчик А. И. Методика оценки кинематических параметров трасовой системы управления лесовозного автопоезда. № 1—29.
- Зуев С. А., Кольниченко Г. И. Стохастическое моделирование дорог в задачах движения троллейных лесовозных автопоездов. № 4—50.
- Ильин Б. А. О направлениях совершенствования лесовозного автомобильного транспорта. № 2—42.
- Капустин Р. П., Шувалов А. В. Исследование работоспособности карданных валов автолесовозов. № 4—47.
- Кедлер Э. А. Параметрическая оптимизация системы привода бензиномоторных пил. № 1—49.
- Келлер Э. А. Определение амплитуд крутильных колебаний системы привода бензиномоторных пил. № 3—43.
- Келлер Э. А. Идентификация параметров силового воздействия активного блока моторной пилы. № 4—35.
- Коваленко Н. П., Данченко О. И., Худяков А. Д. Результаты исследования плотности осушаемых торфяников. № 3—38.
- Кочнев А. М., Валяжонков В. Д., Памфилов Д. В. Исследование упругодемпфирующих свойств гидропривода механизма складывания трелевочных тракторов. № 1—43.
- Леонов А. Л. Математическая модель оптимизации параметров механизма прижима сучкорезного ножа. № 2—52.
- Морозов В. С. Об оценке напряженного состояния оснований зимних дорог на болотах. № 1—37.
- Морозов В. С. О расчете на прочность оснований зимних автомобильных дорог на болотах. № 3—52.
- Морозов С. И. Методика определения сил действующих на рельсовую плеть при транспортировке ее в кривых. № 2—33.
- Морозов С. И. Определение сил действующих на рельсовые плети в кривых участках пути. № 4—29.
- Морозов С. И. Устойчивость подвижного состава в кривых при перевозке длинных рельсовых плетей. № 6—28.
- Ощипок И. Н. К вопросу о влиянии ветра на ралку деревьев. № 3—45.
- Слепко И. И. Об усилиях в несущих канатах при ударных напрузках. № 6—38.
- Слепко И. И., Береговой И. Н. Об определении напряжений вторичного изгиба в несущих канатах. № 5—46.
- Стуков В. П. Расчеты элементов балочного пролетного строения методом «упругооседающих и упругоповорачивающихся опор». № 4—39.
- Уваров Б. В., Жабин В. И., Елисеев А. П., Щелкунов В. В. Влияние балласта и зазоров под шпалой на коэффициент постели основания. № 6—42.
- Харитонов В. Я. Гидродинамика поперечного перемещения бревен по воде стойками. № 1—52.
- Шимкович Д. Г. Сравнительная оценка методов расчета нагрузок при зачерпывании круглых лесоматериалов. № 5—51.
- Шимкович Д. Г. Оптимизация формы челюстей грейферных механизмов при зачерпывании круглых лесоматериалов. № 6—31.
- Якимович С. Б., Шулепов С. Л. Определение характеристик потока деревьев при непрерывном режиме работы валочно-пакетирующих машин. № 6—49.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВСИНЫ И ДРЕВСИНОВЕДЕНИЕ

- Алфимов А. В., Малоогов В. Г., Огородник В. В., Федосеев Л. А. Исследование влияния режимов резания и температуры на структурные превращения древесины и засаливание алмазно-абразивного инструмента. № 2—69.
- Алябьев В. М., Горбатов Н. М., Знаменский Г. П. Регулирование напряжения в электрических сетях лесопромышленных предприятий при помощи реактивных устройств. № 4—54.
- Апостол А. В., Янин Л. Ф. Технология изготовления и тепловой расчет подшипников из прессованной древесины для роликовых сушилок. № 2—82.
- Беспознавший И. А., Настенко А. А., Панфилова С. Я. Исследование стыковой электросварки ленточных пил с применением формирующих устройств. № 2—78.
- Васильев А. Н. Тепловые схемы производства древесноволокнистых плит. № 4—70.
- Васильев А. Н., Балакин А. Г. Расчет циклонов с безотрывным пограничным слоем. № 1—74.
- Васильев В. В., Рошмаков Б. В., Комарова Е. Е. Выделение формальдегида из различных слоев древесностружечной плиты. № 5—56.
- Виттонин И. С. Зависимость физико-механических свойств древесины явора от ее влажности. № 1—56.
- Вихров Ю. В., Бобарыко П. С., Дорошко А. В., Рыбалтовская Л. П. Физико-механические свойства древесины археологического члена XV века. № 3—67.
- Вольнский В. Н. Особенности проявления масштабного фактора при изгибе древесины. № 2—75.
- Вольнский В. Н. О форме зависимости механических показателей древесины от влажности. № 5—59.
- Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К., Щекин В. А. Гигроскопичность термообработанной древесины. № 3—63.
- Елсаков С. Г. Математическое моделирование раскроя пиловочного сырья неправильной формы с использованием сплайн-функции. № 3—70.
- Елсаков С. Г., Калитевский Р. Е. О раскрое пиловочных бревен неправильной формы. № 2—60.
- Езев Л. Х. Физико-механические свойства древесины болотного кипариса, произрастающего в Узбекистане. № 5—72.
- Ковзун Н. И. Метод определения частоты остановок лесопильной рамы для перенастройки пил поставка на заданную толщину пиломатериалов. № 1—62.
- Ковзун Н. И. О пересмотре стандарта на межпильные прокладки для вертикальных лесопильных рам. № 3—77.
- Ковзун Н. И. Влияние усушки древесины на разнотолщинность досок. № 4—74.
- Лабудин Б. В., Серов Е. Н., Варфоломеев Ю. А., Катаев В. А. Исследование прочности клееной древесины при растяжении под различными углами к волокнам. № 6—61.
- Маджевич Д. Д., Котелович Л. Р. Рациональные параметры центрального стружечного станка для переработки крупной фракции щепы и ЦБГ. № 1—66.

- Павликов В. Ю., Стрижев Ю. Н. К вопросу моделирования работы бассейна для гидротермической обработки фанерного сырья. № 4—58.
- Плотников С. М. Формирование трехслойного стружечного ковра с оптимальной структурой. № 6—58.
- Полубояринов О. И., Назаров И. В., Макарьева Т. А. Физические свойства древесины березовых капов. № 1—59.
- Прокофьев Г. Ф. Определение скорости подачи с ограничением по точности при пилении древесины рамными и ленточными пилами. № 6—34.
- Прокофьев Г. Ф., Варфоломеев Ю. А. Применение кривошипно-кулисного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи лесопильной рамы. № 3—73.
- Ремизов В. Г., Козлов М. В., Таршие Ю. Д. Математическая модель лущения фанерного шпона. № 3—83.
- Рюмина Е. Б., Успенская Г. Б., Ковальчук Л. М. Статистические показатели длительной прочности цельных и склеенных по длине деревянных элементов строительных конструкций. № 5—70.
- Рюмина Е. Б., Успенская Г. Б., Ковальчук Л. М. Прогнозирование длительной прочности элементов деревянных конструкций по результатам производственного контроля. № 6—76.
- Рыбин Б. М. Оценка блеска прозрачных лаковых покрытий. № 6—53.
- Сопотун А. И., Беца М. Т. О корректности краевых условий при решении задачи Дирихле для случая резания древесины. № 4—62.
- Стахийев Ю. М., Ершов С. В. Максимально допустимая, оптимальная и универсальная частоты вращения круглой пилы. № 4—66.
- Тюрников П. Ф., Дементьев А. В. Система автоматического учета массового расхода технологической щепы на пневмотранспорте. № 1—78.
- Чернышев Ю. Ф. Температурное давление во втулках из древесины лиственницы сибирской. № 5—66.
- Чернышев Ю. Ф. Напряженное состояние ортотропного цилиндра переменной плотности. № 6—71.
- Чубинский А. Н., Глушковский А. А., Сосна Л. М., Цой Ю. И., Щербаков А. Л. Управление процессом прессования фанеры и фанерных плит. № 5—64.
- Чубинский А. Н., Щербаков А. Л., Сосна Л. М., Цой Ю. И., Бородулин А. М. Напряженное состояние многослойной деревянной балки. № 6—68.
- Штейн Е. М., Ерохин В. Н. К расчету технологической производительности коробдирочных барабанов. № 1—72.
- Шубин Г. С. Некоторые вопросы влагопереноса в процессе сушки древесины. № 2—57.
- Шубин Г. С., Чемаданов А. В. Новые данные о влиянии испарения на теплообмен при конвективной сушке (на примере древесины). № 2—58.
- Гамова И. А., Ерыхов Б. П., Тиме Н. С., Лихачева Л. И. Изучение структуры модифицированных карбамидоформальдегидных олигомеров. № 2—93.
- Гамова И. А., Сидоренко В. Д., Носова М. В., Эльберт А. А. Модификация древесины для получения целлюлознопрессованных изделий. № 5—87.
- Гамова И. А., Тиме Н. С., Лихачева Л. И., Эльберт А. А. Композиционное карбамидоформальдегидное связующее для древесностружечных плит пониженной токсичности. № 1—95.
- Горбунова О. Ф., Боголицына Г. М., Коробова Е. Н. Исследование нитролignинов. № 6—99.
- Дейнеко И. П., Костюквич Н. Г., Измайлова Н. Ф. Свойства кислородно-уксуснокислой целлюлозы. № 1—100.
- Ерыхов Б. П., Крымер М. Г., Головков А. С., Евсеев А. А., Щербин Л. А. Исследование структуры ди-электрического слоя электростатической бумаги с использованием высокочастотного резонансного метода. № 3—95.
- Ерыхов Б. П., Крымер М. Г., Головков А. С., Морев А. В., Пилия М. А. Особенности структуры и свойств электропроводных покрытий электрографической бумаги, наполненных гидрофиллизованными наполнителями. № 1—83.
- Исаева Л. В., Леванова В. П., Суворов А. В., Григорюк Г. П. Изменение содержания и состава смолистых веществ в гидролизном лигнине при получении лечебного лигнина. № 2—90.
- Кинюнский А. Я., Выродов В. А., Степанова Г. А. Кинетические закономерности полимеризации скипидара (без пинена) и его компонентов в присутствии титанового катализатора. № 3—100.
- Коваринский И. Н., Азаров В. И., Машута Н. П., Бондарь А. А. Крахмалокарбамидоформальдегидный клей для поверхностной проклейки бумаги. № 2—101.
- Коршаков А. В., Никифоров А. О., Терентьев О. А. Оптимизация процесса эмульгирования в роторно-статорном аппарате. № 5—76.
- Крылов В. С., Паюсов С. А., Шарыпова Л. Н. Расчетное определение равновесий химических реакций ЦБП. № 4—96.
- Кудрявцева И. В., Терентьев О. А., Шинкин А. И. Проблемы экологии в лесном комплексе. № 3—104.
- Кучинская О. А., Дьяченко Ю. И., Туманова Т. А., Пузырев С. С. Снижение реверсии близости термомеханической массы, отбеленной пероксидом водорода. № 6—80.
- Кучинская О. А., Пузырев С. С., Дьяченко Ю. И., Туманова Т. А. Спектрофотометрическое исследование реверсии близости термомеханической массы под воздействием УФ-облучения. № 4—92.
- Ламоткин А. И., Бутко Т. А., Каленникова С. И., Проневич А. И. Растворимость терпеномаленных смол в воде. № 1—89.
- Ламоткин А. И., Мамоненко И. В., Шульгин И. Л. Определение термодинамической стабильности моноциклических изомеров 3-карена полуминеральными аддитивными методами. № 6—103.
- Левин Б. Д., Романченко П. Г. О сушке лигнина собирающими телами. № 1—89.
- Левина Л. Ф., Левин Б. Д. Динамика усадки бумаги при сушке. № 5—83.
- Мамуня Е. И., Лебедев Е. В., Мишак В. Д., Прудар-Тудор О. К. Влияние фракционного состава наполнителя на свойства древесно-полимерных материалов. № 5—92.
- Некрасов В. В., Фесенко А. В., Соколов О. М. О сольватации лигносульфонатов в водных растворах. № 1—90.
- Никандров А. Б., Шевченко С. М., Амичина С. А., Шубин В. Г. Каталитическая активность антрахинонов с углеводородными заместителями при щелочной варке. № 4—83.
- Паюсов С. А., Крылов В. С., Шарыпова Л. Н. Об адекватном описании кинетики гидролиза растительного сырья. № 6—89.
- Смирнова Р. Е., Бутко Ю. Г., Вакуленко С. А., Роженов В. С., Солодова С. В. Сульфитно-фосфорная варка целлюлозы. № 1—86.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Бабкин В. А. К теории ротационного вискозиметра при переходном течении волокнистой суспензии. № 4—99.
- Бениасер Э. М., Кирюшина М. Ф., Зарубин М. Я. Влияние органических растворителей на скорость щелочного сольволиза целлюлозы. № 5—81.
- Борodin В. И., Трухачева В. А. Термомеханический анализ высокотемпературного пиролиза лигносульфонатов. № 6—96.
- Бышев А. В., Мельничук Н. М., Савицкий Е. Е., Левина В. В. Влияние скручивания на физико-механические свойства единичных целлюлозных волокон. № 1—92.
- Выродов В. А., Кинюнский А. Я., Степанова Г. А. Кинетика взаимодействия твердых полимеров терпенов с маленным ангидридом. № 2—85.

- Соколов О. М., Бабикина Н. Д., Кочергина Г. Г., Коробова Е. Н., Фесенко А. В. Гель-хроматография лигнинов на сефадексе. № 5—79.
- Соколов О. М., Демин В. А., Карманов А. П., Коробова Е. Н. Кинетика деполлимеризации и изменения ММР хлопковой целлюлозы под действием гипохлоритной окислительной системы. № 4—78.
- Суханова Г. П., Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д. Влияние степени помола целлюлозы на десорбцию сорбированных гемицеллюлоз. № 5—97.
- Терентьев О. А., Смирнова Э. А., Куров В. С. Влияние турбулентности потока на реологические параметры бумажной массы. № 2—97.
- Шишаков Е. П., Шкут В. М., Цыкунова Т. В., Федорова О. И., Шевчук О. М., Назаревич В. Г. Повышение биологической доброкачественности гидролизатов древесины внесением азотнокислых и комплексных солей на стадии инверсии. № 2—104.
- Эльберт А. А., Коврижных Л. П., Хотилович П. А. Использование лигносульфонатов в производстве древесностружечных плит. № 3—89.
- Пластинин А. В., Воронцов Ю. Ф. Новые данные о взаимозаменяемости труда и основных производственных фондов. № 1—113.
- Прегер В. А. Аренда и лесослав. № 3—123.
- Сенько Е. И. Обоснование условий экономической доступности ресурсов грибов. № 5—109.
- Сняжневич И. М. Теоретические предпосылки усиления экологической направленности хозяйственного механизма. № 1—116.
- Соминский В. С. Перестройка и развитие целлюлозно-бумажной промышленности. № 6—111.
- Стрыковский В. Общественные затраты на производство и заготовку древесного сырья в Польше. № 4—116.
- Сухопаров Н. Ю. Сравнительный анализ и предварительное обоснование выбора формы хозрасчета. № 6—119.
- Тростинская В. П., Белыева Т. П. Классификация и структура мотивов текучести кадров на фанерных предприятиях. № 3—113.
- Хитрина Г. С. Аренда лесов в системе хозрасчетных отношений лесного комплекса. № 2—111.
- Чупров Н. П., Ярунова Т. П. Исследование уровня интенсивности лесного хозяйства Европейского Севера. № 1—119.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Абрамкин В. В., Жуковский П. Оптимизация плана производства деталей ящичной тары с применением ЭВМ. № 4—108.
- Блинов А. О. О теоретических основах разработки региональных программ. № 5—107.
- Бычков В. П. О комплектовании состава автопарка. № 2—115.
- Бычков В. П., Заложных В. М. Оптимизация распределения средств на развитие автомобильного транспорта. № 3—120.
- Гейзлер П. С. Экономико-математическая модель внутрирайонного размещения лесозаготовительного производства. № 3—116.
- Гейзлер П. С., Зайцев В. С. Научно-технический прогресс в лесопромышленном комплексе Белорусской ССР. № 4—112.
- Елизаров А. Ф. Определение экономической доступности деконцентрированного эксплуатационного лесного фонда при лесоустройстве. № 5—104.
- Желиба Б. Н. Взаимозаменяемость ресурсов при интенсификации лесного хозяйства. № 1—104.
- Жуковский П. Построение и исследование динамической модели управления мебельным предприятием (системный подход). № 2—118.
- Иванов Л. Б., Гельман И. В., Исаева И. И., Шагалова Т. А. Оптимизация удельных затрат ручного труда для мебельных предприятий. № 6—107.
- Кулишкина С. Г., Грязнов С. Е., Фурсова Л. К. Эколого-экономические условия внедрения безотходных технологий на лесозаготовках. № 5—112.
- Лобовиков М. А., Хусанова А. З. Схема финансирования лесокультурного производства при переходе на хозрасчет. № 2—108.
- Люткевич О. М., Мышкина Г. В. Об оценке комплексности и эффективности использования древесных ресурсов в объединениях Минлеспрома УССР. № 5—115.
- Мосягин В. И. Методы определения морального износа ведущего оборудования гидрорезных производств. № 4—104.
- Мосягин В. И., Жарова Т. А., Коцева В. К., Мальцева В. В., Эйсснер С. В. Учет и распределение расходов по содержанию и эксплуатации оборудования в мебельном производстве. № 3—110.
- Мурашкин Н. В. Комплексная оценка экономического ущерба от простоев техники на предприятиях лесной промышленности. № 1—109.
- Перепелицкий С. Н., Курнова Е. Б. Применение современных математических методов при управлении предприятиями и объединениями лесного комплекса. № 5—100.
- Петров А. П., Панюгин А. Н. Моделирование структуры хозрасчетных комплексных лесных предприятий. № 6—116.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Азаренков В. М. Учет ветровой нагрузки при расчете реевого бона. № 6—125.
- Алашкевич Ю. Д., Галин Г. В., Селедчик В. В., Лахио А. Г., Кабанов Г. П. Совершенствование организации ремонтных работ на предприятиях ЦБП. № 5—124.
- Андрущенко А. П. Опад и прирост в средневозрастном сосновом насаждении свежей субори после изреживания. № 1—127.
- Блинов А. О., Шумкова И. М. Интенсификация производства и хозрасчет в территориальном объединении. № 3—131.
- Бойченко А. М., Емельянов И. П. Методические вопросы ретроспективной оценки урожая пицек у кедрового стланника. (*Pinus pumila* (Pall.) Regel). № 2—124.
- Вторнина З. Д. Исследование усилия в замыкающем канате грейфера при наборе пачки бревен. № 5—119.
- Гельфанд Е. Д. Новый растворитель для целлюлозы. № 1—135.
- Ивонин В. М., Засоба В. В. Влияние искусственных насаждений на урожайность сельскохозяйственных культур. № 1—129.
- Исупова Т. С. О влиянии скорости резания на граничные значения частот колебаний полотна ленточной пилы. № 5—122.
- Карамышев В. Р. К расчету упругопредохранительной муфты лесохозяйственных машин. № 2—126.
- Маковский Ю. Л., Красовский Н. Г. Применение атомно-абсорбционного анализа для изучения модифицирования древесного волокна алумохромфосфатами. № 5—128.
- Малюгин Т. Т. Об определении некоторых параметров фрезерования почв. № 3—129.
- Обуховский В. Э., Домничев А. А., Кацельсон Б. Д., Любов В. К., Загоскина Т. Г. Исследование работы циклонной точки для сжигания серы. № 6—126.
- Огурцов В. В. Моделирование установок для сортировки пиломатериалов по механическим свойствам методом изгиба. № 4—128.
- Пономарев Д. А., Шергина С. В., Калинин Г. А. Пиролиз диоксид-лигнина в присутствии антипиренов. № 5—120.
- Попов В. М., Белокуров В. П. Термодинамика процесса сушки древесины. № 4—122.
- Прокофьев А. С. Разрушение коротких клееных деревянных балок. № 4—126.
- Рыков Р. И., Цыренжапов Б. Ц. Температурно-влажностные характеристики сечения деревянных конструкций при пожаре. № 4—124.
- Таргонский П. Н. Особенности цветения брусники на южной границе ее сплошного распространения. № 3—127.
- Таргонский П. Н. Влияние температурных условий на цветение и плодоношение

- брусники в Центральном Полесье Украины. № 5—127.
- Хабаров Ю. Г., Пальмова С. В., Гельфанд Е. Д. Влияние вида коагулянта на эффективность очистки лигносодержащих сточных вод сульфат-целлюлозного производства № 1—132.
- Якубовский А. В., Хромчак И. И., Бернар Б. И. Энергетические показатели процесса шлифования цементно-стружечных плит абразивными кругами. № 2—129.

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Капаназе А. Д. Павел Захарович Виноградов-Никитин (1869—1938). № 5—132.
- Мерзленко М. Д. Классик русского лесоводства (к 150-летию со дня рождения Митрофана Кузьмича Турского). № 2—132.
- Редько Г. И. Лесной знатель Ф. Г. Фокель в России. № 5—129.

ЗА РУБЕЖОМ

- Тепляков В. К. Подготовка специалистов в области лесного хозяйства в США (по материалам стажировки). № 3—133.
- Тепляков В. К. О повышении квалификации преподавателей лесных вузов США. № 4—131.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- Тихонов А. С. Научная школа естественного лесовозобновления (к 60-летию Брянского лесотехнического института). № 6—129.

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Мальков Ю. Г. Симпозиум ИЮФРО по уходу за молодняками. № 2—135.
- Мелехов И. С., Чибисов Г. А. Всесоюзный съезд лесничих. № 6—131.
- Столяров Д. И. Тревоги и заботы общества лесоводов СССР. № 4—134.
- Чибисов Г. А. Международный симпозиум «Северные леса: состояние, динамика и антропогенное воздействие». № 5—143.
- Швиденко А. З., Чибисов Г. А. Международный симпозиум. № 2—134.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Мозолевская Е. Г., Трофимов В. Н. Учебные пособия по экологии. № 2—137.

ЮБИЛЕИ

- Бабич Н. А., Травникова Г. И., Наквасина Е. Н., Беляев В. В., Гаевский Н. П., Сунгуров Р. В., Чмыр А. Ф., Брановицкий М. Л. Георгию Ивановичу Редько—60 лет. № 5—137.
- Коллектив ВНИИЛМ. Юбилей академика ВАСХНИЛ Николая Александровича Моисеева. № 1—137.
- Коллектив кафедры ЦБП Ленинградской лесотехнической академии. Профессору Д. М. Фляте 60 лет. № 1—136.
- Коллектив кафедры экономики и организации производства Белорусского технологического института. Анатолий Давыдович Янушко (к 60-летию со дня рождения). № 1—138.
- Московский лесотехнический институт. Архангельский лесотехнический институт. Архангельский институт леса и лесохимии. Редакция «Лесного журнала». Ивану Степановичу Мелехову—85 лет. № 4—136.
- Портной В. Н. Профессор Иван Митрофанович Зима (к 90-летию со дня рождения). № 4—137.
- Ректорат и общественные организации Ленинградского технологического института ЦБП. Юбилей профессора Ю. Г. Бутко. № 1—137.
- Ректорат, партком, профком, коллектив лесомеханического факультета Львовского лесотехнического института, редакционная коллегия «Лесного журнала». Наталия Михайловна Белая (к 75-летию со дня рождения). № 4—136.

- Редакция и редакция «Лесного журнала». Большое спасибо, Анна Ивановна! № 3—137.

НЕКРОЛОГИ

- Коллектив Львовского лесотехнического института, редакция «Лесного журнала». Памяти Наталии Михайловны Белой. № 6—133.